

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN

TEMA:

"MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE MONTAJE EN INDUSTRIAS DE MANUFACTURAS DE CALZADO DE CUERO"

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de: Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión de sistemas de planeación y control de la producción de bienes industriales

AUTOR: Edisson Fernando Salazar Herrera

PROFESOR REVISOR: Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg.

Ambato – Ecuador

Enero 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: "MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE MONTAJE EN INDUSTRIAS DE MANUFACTURAS DE CALZADO DE CUERO", del señor Edisson Fernando Salazar Herrera, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato enero, 2017

EL TUTOR

……..

Ing. John Paúl Reyes Vásquez Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: "MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE MONTAJE EN INDUSTRIAS DE MANUFACTURAS DE CALZADO DE CUERO", es absolutamente original, personal y auténtico por lo que el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato enero, 2017

……..

Edisson Fernando Salazar Herrera

CC: 1804179560

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato enero, 2017

……..

Edisson Fernando Salazar Herrera

CC: 1804179560

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes calificadores, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE MONTAJE EN INDUSTRIAS DE MANUFACTURAS DE CALZADO DE CUERO" presentado por el señor Edisson Fernando Salazar Herrera, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

……

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

……..	….……
Ing. Rosa Elizabeth Galleguillos Pozo	Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega
DOCENTE CALIFICADOR	DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios por haberme dado fuerzas y bendiciones para poder culminar con esta meta.

A mis padres Marco y Lilia por ser el pilar fundamental en este logro alcanzado, además del esfuerzo que han realizado por darme el estudio y su amor incondicional, siendo el mayor motivo para seguir adelante.

A mi hermano Patricio el cual me ha enseñado lo importante del estudio con sus consejos y apoyo, inculcándome la perseverancia y responsabilidad para seguir adelante, muchas gracias.

Edisson Fernando Salazar Herrera

AGRADECIMIENTO:

A Dios, por bendecirme y estar conmigo en cada paso para culminar mis estudios.

A mis padres, hermano y familiares por el constante apoyo brindado y a mi novia Evelyn, por su comprensión, ayuda y compañía en todo momento para culminar un sueño anhelado.

A la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial porque en sus instalaciones me forme con grandes maestros y conocí a grandes amigos.

A mi tutor Ing. John Paúl Reyes Vásquez Mg. por ofrecerme su conocimiento y dedicación siendo un aporte fundamental para concluir mis estudios con éxito.

Edisson Fernando Salazar Herrera

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA v
DEDICATORIA: vi
AGRADECIMIENTO: vii
ÍNDICE DE CONTENIDO viii
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xvi
RESUMEN xvii
ABSTRACT xviii
INTRODUCCIÓN xxi
CAPÍTULO I 1
EL PROBLEMA 1
1.1 Tema 1
1.2 Planteamiento del problema 1
Contextualización 1
1.3 Delimitación 3
1.3.1 De contenido 3
1.3.2 Espacial 3
1.3.3 Temporal 4
1.4 Justificación 4
1.5 Objetivos 5
1.5.2 Objetivo general 5
1.5.2 Objetivos específicos 5
CAPÍTULO II 6
MARCO TEÓRICO 6
2.1 Antecedentes investigativos 6
2.2 Fundamentación teórica 8
2.2.1 Cadena de Valor 8
2.2.2 Sistemas de producción 8

2.2.3 Estrategias de producción e inventario 9
2.2.4 Principio pull de producción 10
2.2.5 Pronóstico 10
2.2.6 Planeación de la producción 13
2.2.7 Estrategias de planificación de la producción 13
2.2.8 Programa de producción maestro 14
2.2.9 Teoría de restricciones 16
2.2.10 Inventario 16
2.2.11 Capacidad 17
2.2.12 Productividad 17
2.2.13 Medidas de tendencia central 18
2.2.14 Jornadas de trabajo según el código del trabajo 19
2.2.14 Proceso de montaje 20
2.3 Propuesta de solución 20
CAPÍTULO III 22
METODOLOGÍA 22
3.1 Modalidades de la investigación 22
3.1.1 Bibliográfica-documental 22
3.1.2 De campo 22
3.1.3 Experimental 22
3.2 Población y muestra 23
3.3 Recolección de información 23
3.4 Procesamiento y análisis de datos 23
3.5 Desarrollo del proyecto 24
CAPÍTULO IV 25
DESARROLLO DE LA PROPUESTA 25
4.1 Análisis del proceso productivo de calzado 26
4.1.1 Cadena de valor de la industria de calzado 27
4.1.2 Mapa de procesos 28
4.1.3 Flujograma del proceso de la elaboración de calzado de cuero. 29
4.1.4 Descripción del sub ensamble de montaje 32
4.1.5 Entrevistas 35
4.2 Identificación de los tiempos de producción del proceso de montaje 36

4.2.1 Levantamiento de procesos 37
4.2.2 Análisis de estudio de tiempos y movimientos 66
4.2.3 Capacidad de producción del proceso de montaje 69
4.2.4 Modelo de planificación de producción propuesto para el área de montaje .. 73
4.2.5 Identificación de restricciones 74
4.3 Análisis de la demanda 76
4.3.1 Datos históricos de ventas 77
4.3.2 Pronóstico de ventas 81
4.3.3 Planes agregados de producción para el proceso de montaje 87
4.3.4 Aplicación del plan agregado propuesto en las Empresas A y B 103
4.4 Sincronizacion de la producción 109
4.4.1 Plan maestro de producción 109
4.4.2 Análisis de la curva de la demanda 113
4.4.3 Obtención de órdenes de producción 118
4.5 Experimentación de la programación de operaciones 119
4.5.1 Cálculo de la capacidad media ponderada 119
4.5.2 Programa diario de producción 123
4.5.3 Análisis de recursos de la situación actual y el modelo de producción propuesto 127
4.6 Integrar los resultados de la investigación 127
4.6.1 Análisis trimestral de resultados 127
4.6.2 Calendario de días de trabajo 135
4.6.3 Ingreso de datos al software de producción 139
4.7 Análisis de resultados 141
4.7.1 Eficiencia de la capacidad de producción 141
4.7.2 Medición del error del pronóstico 144
4.7.2 Productividad parcial laboral 149
4.7.3 Cálculo de los costos por el tiempo total de horas trabajadas al mes 152
4.7.4 Eficacia del modelo propuesto 154
CAPÍTULO V 155
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 155
5.1 Conclusiones 155
5.2 Recomendaciones 157

BIBLIOGRAFÍA 159
ANEXOS 161
Anexo 1: Listado de modelos 161
Anexo 2: Formato de entrevista 164
Anexo 3: Gráficas de pronóstico de los modelos 165
Anexo 4: Diseño del macros hoja Excel curva de demanda 168
Anexo 5: Curva de la demanda mensual 170
Anexo 6: Diseño del macros hoja Excel capacidad-turnos 174
Anexo 7: Programación de turnos 175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de suela modelo casual 38
Tabla 2. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de suela modelo deportivo de mujer 39
Tabla 3. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de suela modelo seguridad industrial 40
Tabla 4. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de horma modelos casual, deportivo y seguridad industrial 41
Tabla 5. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de cortes modelos casual, deportivo y seguridad industrial 42
Tabla 6. Levantamiento de procesos de montaje en conformado de talón modelos casual, deportivo y seguridad industrial 43
Tabla 7. Levantamiento de procesos de montaje en reformado de puntas modelos casual y deportivo 44
Tabla 8. Levantamiento de procesos de montaje en colocación de pega en laterales modelos casual, deportivo y seguridad industrial 45
Tabla 9. Levantamiento de procesos de montaje en armado de puntas modelos casual y deportivo 46
Tabla 10. Levantamiento de procesos de montaje en armado de puntas modelo seguridad industrial 47
Tabla 11. Levantamiento de procesos de montaje en armado de laterales y talón modelos casual, deportivo y seguridad industrial 48
Tabla 12. Levantamiento de procesos de montaje en rayado modelos casual, deportivo y seguridad industrial 49
Tabla 13. Levantamiento de procesos de montaje en cardado modelos casual, deportivo y seguridad industrial 50
Tabla 14. Levantamiento de procesos de montaje en aplicación de pegamento modelos casual y deportivo 51
Tabla 15. Levantamiento de proceso de montaje en aplicación de pegamento modelo seguridad industrial 52
Tabla 16. Levantamiento de procesos de montaje en reactivado de pega modelos casual, deportivo y seguridad industrial 53
Tabla 17. Levantamiento de procesos de montaje en prensado modelos casual, deportivo y seguridad industrial 54
Tabla 18. Levantamiento de procesos de montaje en enfriado modelos casual, deportivo y seguridad industrial 55
Tabla 19. Levantamiento de procesos de montaje en deshormado modelos casual, deportivo y seguridad industrial 56
Tabla 20. Levantamiento de procesos de montaje en acabado modelos casual, deportivo y seguridad industrial 57

Tabla 21. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de horma modelo seguridad a inyección 58
Tabla 22. Levantamiento de procesos de montaje en armado de puntas modelo seguridad a inyección 59
Tabla 23. Levantamiento de procesos de montaje en rayado modelo seguridad a inyección 60
Tabla 24. Levantamiento de procesos de montaje en cardado modelo seguridad a inyección 61
Tabla 25. Levantamiento de procesos de montaje en inyección de suela modelo seguridad a inyección 62
Tabla 26. Levantamiento de procesos de montaje en refilado de suela modelo seguridad a inyección 63
Tabla 27. Levantamiento de procesos de montaje en enfriado modelo seguridad a inyección 64
Tabla 28. Levantamiento de procesos de montaje en acabado modelo seguridad inyección 65
Tabla 29. Resumen del estudio de tiempos del modelo casual 66
Tabla 30. Resumen del estudio de tiempos del modelo deportivo 67
Tabla 31. Resumen del estudio de tiempos del modelo seguridad industrial 68
Tabla 32. Resumen del estudio de tiempos del modelo seguridad a inyección 69
Tabla 33. Cálculo de la capacidad por turno modelo casual 71
Tabla 34. Cálculo de capacidades por turno modelo deportivo 72
Tabla 35. Cálculo de capacidades por turno modelo seguridad industrial 72
Tabla 36. Cálculo de capacidades de producción modelo seguridad industrial a inyección 73
Tabla 37. Identificación de restricción - Capacidad de producción 75
Tabla 38. Identificación de restricciones - Recursos materiales 75
Tabla 39. Datos históricos de ventas 2014-2016 78
Tabla 40. Factor estacional mensual modelo casual 82
Tabla 41. Desestacionalización de datos modelo casual 83
Tabla 42. Análisis de regresión para los datos desestacionalizados del modelo casual . 83
Tabla 43. Pronóstico de regresión con ajuste estacional modelo casual 85
Tabla 44. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa A 86
Tabla 45. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa B 86
Tabla 46. Necesidad de recurso humano modelo casual- Empresa A 88
Tabla 47. Necesidad de recurso humano modelo deportivo mujer – Empresa A 88
Tabla 48. Necesidad de recursos humanos modelo seguridad industrial – Empresa A.. 89
Tabla 49. Necesidad de recursos humano modelo seguridad línea a inyección 90
Tabla 50. Cálculo del salario mensual del trabajador 91
Tabla 51. Costo de hora suplementaria 91
Tabla 52. Costos de Equipos de Limpieza Empresa A 92

Tabla 53. Costos de Equipos de Limpieza Empresa B 92
Tabla 54. Datos consumo energético Empresa A 93
Tabla 55. Datos consumo energético Empresa B 93
Tabla 56. Proyección de costos energéticos mensual Empresa A 94
Tabla 57. Proyección de costos energéticos mensual Empresa B 94
Tabla 58. Plan Agregado 1– Fuerza de trabajo constante, inventario e inventario agotado – Empresa A..... 96
Tabla 59. Plan Agregado 2 – Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa A 97
Tabla 60. Plan Agregado 3– Mano de obra constante, tiempo extra, producción por pedido – Empresa A..... 98
Tabla 61. Plan Agregado 1– Fuerza de trabajo constante, inventario e inventario agotado – Empresa B..... 99
Tabla 62. Plan Agregado 2 – Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa B 100
Tabla 63. Plan Agregado 3– Mano de obra constante, tiempo extra, producción por pedido – Empresa B..... 101
Tabla 64. Resumen de Costos de Planeación Agregada Empresa A 102
Tabla 65. Resumen de Costos de Planeación Agregada Empresa B 102
Tabla 66. Demanda Planificada Empresa A 104
Tabla 67. Demanda planificada modelo casual Empresa A 105
Tabla 68. Demanda planificada modelo deportivo de mujer Empresa A 105
Tabla 69. Demanda planificada modelo seguridad industrial Empresa A..... 106
Tabla 70. Demanda planificada otros modelos Empresa A..... 106
Tabla 71. Demanda Planificada Empresa B 107
Tabla 72. Demanda planificada seguridad industrial a inyección Empresa B..... 108
Tabla 73. Demanda planificada otros modelos Empresa B 108
Tabla 74. Pronóstico de la demanda anual total 109
Tabla 75. Plan maestro mensual de producción..... 110
Tabla 76. Plan maestro semanal de producción..... 111
Tabla 77. Curva de la Demanda Modelo Casual - Marzo 2016 113
Tabla 78. Distribución de tallas modelo casual 115
Tabla 79. Distribución de tallas modelo deportivo de mujer..... 116
Tabla 80. Distribución de tallas modelo seguridad industrial 117
Tabla 81. Distribución de tallas modelo seguridad a inyección 117
Tabla 82. Orden de producción - Semana 2 Marzo 2017 119
Tabla 83. Cálculo del promedio ponderado línea convencional..... 121
Tabla 84. Cálculo del promedio ponderado línea inyección 121
Tabla 85. Cálculo de turnos a trabajar línea convencional 122
Tabla 86. Cálculo de turnos a trabajar línea a inyección 122
Tabla 87. Conversión Semanas – Días línea convencional 123
Tabla 88. Conversión Semanas – Días línea a inyección 123
Tabla 89. Datos para la programación de montaje convencional - inyección 124
Tabla 90. Programación de días de fabricación de calzado 126
Tabla 91. Resumen de resultados Marzo 2017 132

Tabla 92. Resumen de Resultados Abril 2017 133
Tabla 93. Resumen de Resultados Mayo 2017 134
Tabla 94. Simbología para diagramas de Gantt 135
Tabla 95. Cálculo de la eficiencia para la capacidad de la producción línea convencional 142
Tabla 96. Cálculo de la eficiencia para la capacidad de la producción línea inyección 143
Tabla 97. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016 – Línea Convencional 145
Tabla 98. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016- Línea Convencional 146
Tabla 99. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016– Línea a inyección 147
Tabla 100. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016 - Línea a inyección 148
Tabla 101. Cálculo de la productividad laboral línea convencional 150
Tabla 102. Cálculo de la productividad laboral línea a inyección 151
Tabla 103. Costo real y propuesto de producción mensual línea convencional 153
Tabla 104. Costo real y propuesto de producción mensual línea a inyección 153
Tabla 105. Eficacia del modelo en la línea convencional 154
Tabla 106. Eficacia del modelo en la línea a inyección 154

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Proceso de planeación de producción 15
Fig. 2. Líneas de calzado de las industrias manufactureras de calzado de cuero 26
Fig. 3. Cadena de valor de la industria manufacturera de calzado 27
Fig. 4. Mapa de proceso de las industrias manufactureras de calzado de cuero 29
Fig. 5. Diagrama sinóptico del proceso de elaboración de calzado de cuero 30
Fig. 6. Línea de fabricación de montaje convencional 33
Fig. 7. Círculo de trabajo de montaje convencional 33
Fig. 8. Línea de fabricación de montaje a inyección 34
Fig. 9. Máquina inyectora de poliuretano para calzado 34
Fig. 10. Análisis de ventas de los modelos de calzado Empresa A período 2014-2016. 79
Fig. 11. Análisis de ventas de los modelos de calzado Empresa B período 2014-2016. 80
Fig. 12. Estacionalidad del pronóstico mensual modelo casual 85
Fig. 13. Plan maestro mensual por modelo 110
Fig. 14. Cuadro de dialogo función buscar objetivo 114
Fig. 15. Distribución de tallas modelo casual 116
Fig. 16. Distribución de tallas modelo deportivo de mujer 116
Fig. 17. Distribución de tallas modelo seguridad industrial 117
Fig. 18. Distribución de tallas modelo seguridad a inyección 118
Fig. 19. Necesidad de producción línea convencional y a inyección 129
Fig. 20. Cronograma de producción Marzo 2017 136
Fig. 21. Cronograma de producción Abril 2017 137
Fig. 22. Cronograma de producción de Mayo 2017 138
Fig. 23. Interfaz para el ingreso de órdenes de producción 139
Fig. 24. Parametrización de sub ensambles 140
Fig. 25. Calendario general de producción de lso sub ensambles 141
Fig. 26. Diagrama comparativo de capacidad de producción línea convencional 143
Fig. 27. Diagrama comparativo de capacidad de producción línea a inyección 144
Fig. 28. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016- Línea convencional 146
Fig. 29. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016 – Línea Convencional. 147
Fig. 30. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016 – Línea a inyección 148
Fig. 31. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016- Línea a inyección 149
Fig. 32. Comparación de productividad actual y propuesta línea convencional 151
Fig. 33. Comparación de productividad actual y propuesta línea a inyección 152

RESUMEN

El desarrollo de la investigación emplea un grupo de herramientas enfocadas al análisis de los procesos y líneas de fabricación del área de montaje para desarrollar mejoras en los índices de eficiencia y productividad del sub ensamble. Este estudio busca diseñar un modelo de planificación adaptable a cualquier empresa dedicada a la elaboración de calzado; no obstante, en el documento se establece un caso de estudio respecto a un par de empresas pertenencientes a la Cámara de Calzado de Tungurahua (CALTU) sobre el que se aplica el modelo propuesto.

El estudio inicia con la identificación de las condiciones generales de los procesos del área en estudio y la baja productividad generada por el incorrecto uso de los recursos tangibles e intangibles, para lo cual se hace uso de la aplicación de la planificación agregada, plan maestro de producción, cálculo de la capacidad real de producción en base a la combinación de modelos y la definición de los tiempos de entrega en cada línea de fabricación.

Mediante el desarrollo de la investigación se concluye que el modelo de planificación de la producción en montaje refleja un continuo crecimiento de la eficiencia y productividad, que se respaldan con comparativas respecto a la situación actual de una de las empresas participantes y la situación propuesta en el estudio. En base a ello, se establece que la eficiencia de la capacidad para la línea convencional tuvo un incremento del 3% al 24% en cada mes; mientras que la línea a inyección describe un incremento constante mensual del 11%. En cuanto a la productividad parcial laboral se obtiene un incremento del 25% para los dos escenarios de ventas utilizados respecto a la productividad actual de la empresa en el montaje convencional, mientras que para la línea a inyección se obtiene un incremento del 29%.

ABSTRACT

The development of the investigation employs a group of tools focused on the analysis of the processes and the lines of manufacture of the assembly area to develop improvements in the qualifiers of efficiency and productivity of the assembly. This study search to design a planning model adaptable to any company dedicated to manufacture of footwear; however, the document establishes a case study regarding a group of companies belonging to the Tungurahua Footwear Chamber (CALTU) on which the proposed model is applied.

The study begins with the identification of the general conditions of the processes of the area under study and the low productivity generated by the incorrect use of the tangible and intangible resources, for which use is made of the application of the aggregate planning, master plan Production, calculation of actual production capacity based on the combination of models and the definition of delivery times in each manufacturing line.

Through the development of the research, it is concluded that the planning model of production in assembly reflects a continuous growth of efficiency and productivity, which are supported by comparative with respect to the current situation of one of the participating companies and the situation proposed in the study. Based on this, it is established that the efficiency of the capacity for the conventional line had an increase from 3% to 24% in each month; while the line at injection describes a constant monthly increase of 11%. As for the partial productivity of labor, a 25% increase is obtained for the two sales scenarios used in relation to the company's current productivity in the conventional assembly, while for the injection line an increase of 29% is obtained.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

TÉRMINOS

Círculo de trabajo: Es un pequeño grupo de empleados que realizan un trabajo igual o similar en un área de trabajo común, y que trabajan para el mismo supervisor.

Demanda: Se define como la cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos en los diferentes precios del mercado por un consumidor o por el conjunto de consumidores (demanda total o de mercado).

Diagrama de Gantt: Herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

Eficiencia: Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.

Índices: Es un indicador que mide el comportamiento de la producción generada por la industria manufacturera en el corto plazo.

Inventario: Representa la existencia de bienes almacenados destinados a realizar una operación, sea de compra, alquiler, venta, uso o transformación.

Inyectora: Consta en fundir un material para inyectarlo dentro de un molde, una vez que ha sido inyectado el material se enfría dentro del molde y se solidifica.

Línea de fabricación: Es un proceso de manufactura en donde las partes son añadidas conforme el ensamble semi-terminado se mueve de estación en estación de trabajo en donde las partes son agregadas en secuencia hasta que se produce el ensamble final.

Productividad: Es la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

Pronóstico: Es la predicción de lo que sucederá con un elemento determinado dentro del marco de un conjunto dado de condiciones.

Rendimiento: Proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue.

ACRÓNIMOS

FISEI: Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

CALTU: Cámara de Calzado de Tungurahua

TN: Tiempo normal

TS: Tiempo estándar

CP: Capacidad de producción

FE: Factor estacional

DD: Datos desestacionalizados

CU: Capacidad utilizada

HN: Hora normal

HS: Hora suplementaria

PL: Productividad laboral

IP: Incremento de productividad

SS: Señal de Seguimiento

MAD: Desviación media absoluta

MAPE: Porcentaje de error medio absoluto

INTRODUCCIÓN

Mantener al cliente satisfecho representa una de las actividades más complejas para una empresa, ya que engloba el desarrollo e interacción de múltiples operaciones que deben coordinarse con el objeto de que tanto la calidad como el tiempo de entrega sean los estipulados; caso contrario se abre la posibilidad de perder al cliente o generar costos innecesarios por atrasos o inclumplimiento en la entrega de pedidos.

La planificación de la producción comprende un proceso necesario para el adecuado desarrollo de cualquier empresa, tanto manufacturera como de servicios, pues a través de ésta se da paso a la toma de desiciones en cuanto al volumen, inventario, recursos y tiempo de elaboración. A través de una planificación adecuada se puede optimizar el proceso productivo de una organización al reducir costos directos e indirectos sobre los diversos recursos e incrementando la eficiencia del mismo.

El escenario en las empresas manufactureras de calzado de cuero no es diferente, pues requieren de la coordinación de operaciones de manera que se apoye al crecimiento de las actividades y rentabilidad de las empresas. Para ello, es necesario aplicar métodos y herramientas estadísticas, de planificación y programación de la producción que permitan obtener una guía confiable para la distribución de actividades.

El desarrollo de la planificación es fundamental no sólo para un macro proceso de producción, ya que esta herramienta puede emplearse sin inconvenientes dentro de sub ensambles, tal como lo demuestra la investigación ya que se centra en el área de montaje y toma en consideración sus propios parámetros y condiciones. Por esta razón, se requiere la participación de múltiples empresas del sector productor de calzado con el fin de analizar las actividades y limitantes del área de montaje, generando un modelo de planificación de la producción centrada en el sub ensamble mediante el software Excel.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

"MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE MONTAJE EN INDUSTRIAS DE MANUFACTURAS DE CALZADO DE CUERO"

1.2 Planteamiento del problema

Contextualización

El constante desarrollo tecnológico y las exigencias cada vez más fuertes de un mercado competitivo generan un considerable crecimiento industrial, dentro del cual se incluye el sector productivo del calzado que se ha visto afecto por falencias en el control y gestión de los diversos recursos, lo que impide que se mantenga un equilibrio entre las necesidades planteadas por el cliente y la eficiencia del proceso productivo.

De allí, surge la necesidad de emplear métodos de mejora sobre la programación y la planificación de la producción que influyen en la reducción del caos que se presenta en el desarrollo de las actividades laborales ante la aparición de una anomalía que pueden generar: retrasos en la entrega de pedidos, desperdicios de recursos y graves conflictos a la hora de tomar decisiones.

A nivel mundial, la fabricación de zapatos sobrepasó por primera vez la barrera de los 22.000 millones de pares para el año 2013. China fue, una vez más, el país productor de calzado por excelencia, fabricando casi dos de cada tres pares de zapatos vendidos en el año en mención [1]. Este sector productivo presenta mejoras indiscutibles en lo que respecta a calidad y precio del producto; considerando a la competitividad como un proceso más complejo y arriesgado para cientos de países, dado que no se toman en cuenta aspectos que optimicen los procesos productivos y permitan la reducción considerable de

costos en base a cambios en el proceso de manufactura y aprovechamiento de los recursos humanos y materiales.

En el Ecuador, el panorama para los productores de calzado no es diferente, pues dicho sector ha sido víctima del caos productivo por varios años impidiendo que se desarrolle comercialmente dentro del mercado mundial. Tras la invasión de calzado peruano, brasileño, colombiano y chino, especialmente, y la salvaguardia a cada par importado que el Gobierno aplicó en 2009 para frenar su ingreso, la industria local del calzado vivió un repunte que seis años después se evidencia en mayor producción y creación de talleres. Según datos de la Cámara Nacional del Calzado (CALTU), que agrupa a 70 socios a nivel nacional, en 2008 había 600 productores que sacaban al mercado 15 millones de pares; en 2014 llegaron a más de 5 mil con 35 millones de pares [2].

La industria del calzado en el Ecuador se ha fortalecido pues la producción anual del sector en mención es de 32 millones de pares de zapatos, que representan un monto de USD 560 millones en ventas, con un consumo per cápita de 2,13 pares por habitante, generando más de 100 mil fuentes de empleo directas e indirectas [3]. Resulta importante considerar que, la producción de calzado en el país es una rama con perspectiva al desarrollo de la productividad del mismo, este sector industrial es muy diversificado, presenta además una gran variedad de productos para el mercado internacional [4], siempre que se pueda generar una reducción en los costos de fabricación que le permita crear una ventaja comercial frente a sus países competidores.

Tungurahua produce el 50% de la producción nacional de calzado, esto es 13,5 millones de pares de zapatos por año [5]. Al ser el principal productor de calzado en el Ecuador se establece la necesidad de manejar una correcta planificación de la producción, debido a que una serie de factores tales como: falencias en el proceso de fidelización de los clientes, tiempos de demora excesivos, desperdicios de recursos, conflictos de logística, entre otros, han influido negativamente sobre los márgenes de ganancias que pueden obtener las organizaciones tungurahuenses, dificultando considerablemente su crecimiento en el mercado nacional.

Uno de los puntos de mayor relevancia dentro del proceso productivo de calzado se enmarca en la sección de montaje que se ve afectada por una conflictiva ejecución de sus

actividades lo que ocasiona un incremento en los tiempos improductivos que inciden a su vez en la oferta de un producto menos competitivo y a mayor costo.

Los múltiples errores en la programación de la producción dan lugar a continuas demoras en la entrega del producto además, de conflictos en lo que respecta al flujo de materiales entre las distintas áreas de producción (troquelado y aparado) debido a los cuellos de botella y al incorrecto análisis e identificación de las restricciones de producción y operación en el proceso mencionado.

La ineficiente planificación de la producción en el área de montaje originan la reducción en el volumen de la producción diario, retrasos en los tiempos de entrega del producto, mayor cantidad de producto almacenado en inventario y el ineficiente uso del recurso humano, lo cual incide directamente en la disminución de productividad y eficiencia del sistema de producción de montaje.

Uno de los principales detonantes para que la calidad del producto disminuya se centra en la carencia de estudios sobre restricciones del proceso que limitan la capacidad de producir una determinada cantidad de elementos en la jornada de trabajo o período de tiempo analizado; dicho evento genera a la vez conflictos graves en la toma de decisiones sobre métodos de mejora de productividad en el proceso de manufactura parcial y total.

1.3 Delimitación

1.3.1 De contenido

Campo: Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización

Área académica: Industrial y Manufactura

Línea de investigación: Industrial

Sublínea de Investigación: Gestión de sistemas de planeación y control de la producción de bienes industriales

1.3.2 Espacial

El presente proyecto de investigación se desarrolla en dos empresas productoras de calzado de cuero, pertenecientes a la Cámara de Calzado de Tungurahua (CALTU).

1.3.3 Temporal

El proyecto de investigación se desarrolla en el período académico Abril 2016 – Enero 2017 a partir de la aprobación del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4 Justificación

La investigación de este tema resulta de gran interés para las industrias productoras de calzado de cuero de tipo mediana, pertenecientes a la CALTU, que se consideran como beneficiarias del estudio planteado, ya que, a través de éste se logra desarrollar un modelo de planificación de la producción que optimize el uso de recursos humanos y materiales en el área de montaje; brindando a las organizaciones una propuesta de solución ante la problemática definida, de manera que adquieran la oportunidad de aplicar una herramienta capaz de generar una ventaja competitiva frente a las exigencias del mercado tanto nacional como internacional.

El modelo de planificación de la producción planteado busca cumplir con las demandas del mercado en base a un grupo de políticas de producción que interrelaciona los sub ensambles, generando una carga uniforme entre ellos y considerando las restricciones que se dan en el proceso de montaje del calzado y la importancia de cumplir con la orden diaria exigida por la alta gerencia.

El diseño y aplicación de un modelo de planificación de la producción en la sección de montaje de calzado de cuero se establece como un aporte fundamental para el desarrollo de un proyecto de investigación orientado a la optimización operacional del sector industrial de calzado, el cual se basa en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas durante el desarrollo de la cadena de valor de las empresas en mención, con lo cual se conseguirán una serie de beneficios para el desarrollo de este sector productivo.

La elaboración del proyecto resulta factible debido a que existe un amplio acceso a fuentes de información en lo que respecta a la planificación de la producción; además de ello, se cuenta con el apoyo de las empresas productoras de calzado pertenecientes a la CALTU para la obtención de la información necesaria o toma de datos a requerir. Es por ello que este proyecto se considera como un aporte fundamental para la carrera de Ingeniería en Procesos de Automatización de la Universidad Técnica de Ambato, ya que

brinda a las organizaciones manufactureras la oportunidad de aplicar este tipo de modelos de planificación con el fin de ayudar en la toma de desiciones y analizar los valores tentativos de productividad y eficiencia del sistema productivo.

1.5 Objetivos

1.5.2 Objetivo general

Diseñar un modelo de planificación de la producción para el proceso de montaje en industrias de manufacturas de calzado de cuero.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar los procesos de producción para la elaboración de calzado de cuero en empresas seleccionadas de la CALTU.
- Estudiar los tiempos de producción del proceso de montaje en la fabricación de calzado como requerimiento para la planificación de la producción.
- Estimar la demanda futura para la programación de producción en el proceso de montaje de calzado de cuero.
- Sincronizar la producción con la demanda del proceso de montaje para generar una carga uniforme en industrias manufactureras de calzado.
- Experimentar la programación de operaciones de producción del proceso de montaje de cuero para evaluar su eficacia.
- Integrar los resultados de esta investigación al proyecto optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

La globalización del mercado representa una ampliación en la visión de negocio de toda industria, el aumento del entorno empresarial constituye un reto en cuestión de competitividad pero a la vez una oportunidad de ingresar a nuevos mercados. Los mismos definen los requerimientos de la industria, estos requerimientos reflejan un alto sentido de personalización, puesto que en la última década, el rápido cambio de los productos se está convirtiendo en un estilo de vida. Los clientes esperan una mejor calidad, mayor variedad y mejor rendimiento de los productos. Es así como los sistemas de manufactura buscan un nuevo enfoque que se adecue eficientemente a estas necesidades. Puntualmente, la función de programación de la producción representa un desafío estrechamente ligado a las tendencias del sector, la asignación de recursos debe desarrollarse de forma flexible, de tal manera que se adecue a las necesidades de producción dinámicas [6].

Al determinar las prioridades de producción mediante el margen de contribución tradicional y el margen de volumen de trabajo (throughput) por producto, se identificó que éste último obtuvo una mayor utilidad operacional representada en un 14,05%. Tras ajustar la secuencia de productos debido a la disponibilidad de los materiales, la combinación óptima de productos no cambio, y la utilidad operacional obtenida inicialmente mediante el margen throughput se mantiene. Sin embargo, para obtener el throughput máximo se deben fabricar todas las cantidades en la secuencia establecida [7].

Se identificaron las restricciones del sistema productivo para el desarrollo de un modelo matemático, siguiendo la metodología de la investigación de operaciones, específicamente la técnica de programación lineal, en conjunto con la teoría de

restricciones. Como resultado se obtuvieron las cantidades óptimas de fabricación al menor costo para el período seleccionado. Además, el estudio permitió evidenciar una capacidad productiva no utilizada, a partir de lo cual se identificaron escenarios y oportunidades para el aprovechamiento de sus recursos [8].

La aplicación de los buffers de inventario se propone como una herramienta de gestión para el suministro de crudo material en la industria del calzado. Esto permite aumentar competitividad y una disminución significativa de la inversión en los materiales almacenados en bodegas. Teniendo en cuenta esto, es necesario concentrar todos los materiales en el centro almacén para establecer un óptimo nivel de inventario o tampones. Como resultado, el modelo mejora la forma cómo inventario de materiales en la industria del calzado es administrado para el reabastecimiento. Dando prioridad a los materiales de baja en stock. Esto genera el 18,7% del ahorro anual en costos de inventario [9].

Los resultados obtenidos del presente proyecto permitieron que a nivel gerencial se considere la metodología TOC como una de las acciones a consideras dentro de los objetivos del área de producción del año 2013. El objetivo principal de la organización al aplicar esta metodología es manejar inventarios adecuado de producto en proceso como de producto terminado utilizada el menos número de recursos y sin generar horas extras excesivas [10].

Se pudo constatar a través del caso en estudio, que el método de programación lineal, es una técnica sistemática e innovadora, la cual permite combinar y minimizar al máximo cada uno de los recursos más importantes que tiene la empresa objeto de estudio. Y de esta manera tomar la decisión más adecuada, en que se puede llevar a cabo la producción dentro de las empresas enfocadas a la industria de cuero en general. Se presenta una oportunidad de estudios posteriores sobre implementación y experimentación del modelo establecido en otras empresas del sector curtidor, con el objetivo de generar mayores ventajas y ahorros económicos [11].

El realizar el modelamiento del proceso productivo con un enfoque en procesos y la aplicación de la teoría de restricciones para poder eliminar las restricciones del sistema y plantear alternativas de cambio han permitido obtener un sistema de mejoramiento continuo que permite obtener mayor rentabilidad en la Planta de envasado [12].

Se propone un modelo de programación de la producción mediante la aplicación de una meta heurística para lograr la reducción del tiempo de terminación del último trabajo (makespan). Se eligió como objeto de estudio una empresa del sector textil y a partir de la codificación de un algoritmo genético simple se desarrolló una metodología de programación de la producción para configuraciones tipo línea de flujo (flow shop) híbrida flexible. El algoritmo arroja resultados de buena calidad con tiempos computacionales bastante razonables y con coeficientes de variación del orden de 2%, en relación a los valores del makespan. Este modelo también muestra un nivel de eficiencia comparable a otras aplicaciones encontradas en la literatura, en las cuales se utilizan algoritmos evolutivos. Se concluye que a partir de la codificación del sistema productivo y sus principales restricciones, el algoritmo genético ejecuta bien la programación de producción reduciendo el makespan [13].

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Cadena de Valor

La cadena de valor consiste en actividades que agregan valor y que no la agregan, requeridas para diseñar, ordenar y ofrecer un producto o servicio desde el concepto hasta el lanzamiento, desde la orden hasta la entrega y desde las materias primas hasta los clientes.

Se aplica la candena de suminstros, la reducción de desperdicios se relaciona con la optimización de las actividades que agregan valor y la eliminación de actividades que no agregan valor y que forman parte de la cadena de valor [14].

2.2.2 Sistemas de producción

Un sistema de producción se definirá como aquello que toma un insumo y lo transforma en una salida o producto con valor inherente. Al pensar en sistemas de producción vienen a la mente grandes operaciones de manufactura, pero otros sistemas son muy diferentes. En los sistemas de producción, casi siempre se piensa en la porción que se puede ver, que es el proceso de transformación.

Para estudiar los sistemas de producción es necesario considerar muchas de sus componentes que incluyen productos, clientes, materia prima, proceso de transformación, trabajadores directos e indirectos y los sistemas formales e informales que organizan y

controlan todo el proceso. Estas componentes llevan a acciones y decisiones que deben tomarse en cuenta para que un sistema de producción opere adecuadamente [14].

2.2.3 Estrategias de producción e inventario

Las estrategias para los procesos de manufactura difieren de las que se formulan para los servicios no solo por el poco contacto y participación del cliente, sino también por la habilidad para usar inventarios. Las estrategias de fabricación por pedido, de ensamble por pedido y de fabricación para mantener en inventario, son tres formas de inventarios que deben coordinarse con la opción de proceso elegida [15].

Estrategias de fabricación por pedido

Los fabricantes que elaboran productos en bajos volúmenes, de acuerdo con las especificaciones del cliente, aunada con procesos de trabajo o por lotes pequeños. Esta estrategia permite un alto grado de personalización y típicamente usa procesos de trabajo o por lotes pequeños. Los procesos son complejos, con alta divergencia debido a que la mayoría de los productos, componentes y unidades ensambladas se fabrica a la medida de las necesidades, el proceso de manufactura tiene que ser flexible para dar cavidad a toda la variedad [15].

Estrategias de ensamble por pedido

Es un método para producir una amplia variedad de productos a partir de relativamente pocas unidades ensambladas y componentes, después de haber recibido los pedidos de los clientes. Las prioridades competitivas típicas son la variedad y tiempos de entrega rápidos. La estrategia de ensamble por pedido a menudo comprende un proceso en línea para el ensamblaje y un proceso por lotes para la fabricación debido a que se dedican a fabricar componentes estandarizados y unidades ensambladas en altos volúmenes, los procesos de fabricación se centran en crear las cantidades adecuadas de inventarios para los procesos de ensamblaje [15].

Estrategias de fabricación para mantener en inventario

Empresas manufactureras que mantienen artículos en inventario para entrega inmediata minimizando así el tiempo de entrega al cliente. Esta estrategia es factible para productos estandarizados con altos volúmenes y pronósticos razonablemente precisos.

Se trata de la estrategia elegida de inventario para procesos en línea o de flujo continuo. Esta estrategia también es aplicable en situaciones en las que la empresa fabrica un producto único para un cliente específico, siempre que los volúmenes sean suficientemente altos [15].

2.2.4 Principio pull de producción

Una característica que distingue a un sistema pull es su enfoque para manejar la interdependencia, en particular en las operaciones de manufactura. Con el fin de fabricar un producto, el trabajo se divide en tareas individuales, por lo común procesos de manufactura o de ensamble. Estas tareas son interdependientes y deben coordinarse.

La salida de cada operación depende de la entrada de una (o más) operaciones anteriores, es decir, la operación 2 depende del material que fluye de la operación 1, y la operación 3 depende de la operación 2. Sin embargo, si la operación 3 se detiene, no se afectan las operaciones anteriores; continuarán el procesado del material y esto creará inventario en proceso, hasta que se llenen los "amortiguadores". Para reducir la interdependencia entre las anteriores y posteriores y mantener la salida de la línea de producción, es común introducir amortiguadores entre las operaciones. Estos amortiguadores separan las operaciones y eliminan la interdependencia a menos que el amortiguador se vacíe cuando se detiene una máquina anterior [14].

2.2.5 Pronóstico

Los pronósticos son vitales para toda organización de negocios, así como para cualquier decisión importante de la gerencia. El pronóstico es la base de la planificación corporativa de largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos representan el fundamento para realizar presupuestos y controlar costos. El marketing depende del pronóstico de ventas para planificar productos nuevos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. Con los pronósticos, el personal de producción y operaciones toma decisiones periódicas que comprenden la selección de procesos, planificación de capacidades y distribución de instalaciones, además de decisiones continuas acerca de la planificación de la producción, programación e inventario [16].

Variaciones estacionales en los datos

La estacionalidad puede aplicarse en forma horaria, diaria, semanal, mensual o en otros patrones recurrentes. De manera similar, comprender las variaciones estacionales es importante para planear la capacidad en las organizaciones que manejan picos en la carga de trabajo.

El pronóstico de series de tiempo implica la revisión de la tendencia de los datos a lo largo de una serie de tiempo. La presencia de estacionalidad hace necesario ajustar los pronósticos con una recta de tendencia. Las estaciones se expresan en términos de la cantidad en que difieren los valores reales de los valores promedio en la serie de tiempo. Analizar los datos en términos de meses o trimestres suele facilitar la detección de los patrones estacionales.

A continuación se presentan los pasos que seguiría una compañía que tiene "estaciones" de un mes:

- Encontrar la demanda histórica promedio de cada estación (o mes en este caso) sumando la demanda medida en ese mes de cada año y dividiéndola entre el número de años con datos disponibles.
- Calcular la demanda promedio de todos los meses dividiendo el promedio total de la demanda anual entre el número de estaciones.
- Calcular un índice estacional para cada estación dividiendo la demanda histórica real de ese mes entre la demanda promedio de todos los meses.
- Estimar la demanda total anual para el siguiente año.
- Dividir esta estimación de la demanda total anual entre el número de estaciones, después multiplicarla por el índice estacional para ese mes. Esto proporciona el pronóstico estacional [17].

Regresión lineal

El análisis de regresión líneal es un modelo de pronóstico que establece una relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Este modelo es de la forma:

$$Y = a + bX \tag{1}$$

Se conoce como la ecuación de regresión donde “Y” es la variable dependiente y la variable a pronosticar, “X” es la variable independiente, “a” es la intersección con el eje “y”, y b es la pendiente de la línea de tendencia. Una vez conocidos estos valores constantes, en la ecuación de regresión puede introducirse un valor futuro para “X” y calcular el valor correspondiente de “Y” (el pronóstico) [18].

Medición de Errores

El término error se refiere a la diferencia entre el valor de pronóstico y lo que ocurrió en realidad. En estadística, estos errores se conocen como residuales. Siempre y cuando el valor del pronóstico se encuentre dentro de los límites de confianza

La **desviación absoluta media** (**DAM**) es el error promedio en los pronósticos mediante valores absolutos. Es valiosa porque, al igual que la desviación estándar, mide la dispersión de un valor observado en relación con un valor esperado y se calcula con las diferencias entre la demanda real y la demanda pronosticada sin importar el signo. Es igual a la suma de las desviaciones absolutas dividida entre el número de puntos de datos.

Una medida adicional de error con frecuencia útil es el **error porcentual absoluto medio (EPAM)**. Esta medida determina el error respecto del promedio de demanda. Por ejemplo, si la DAM es de 10 unidades y el promedio de demanda es de 20 unidades, el error es grande e importante, pero relativamente insignificante en un promedio de demanda de 1 000 unidades. El EPAM se calcula al tomar la DAM y dividir entre el promedio de demanda.

Una **señal de seguimiento** es una medida que indica si el promedio pronosticado sigue el paso de cualquier cambio ascendente o descendente de la demanda. Como se utiliza en el pronóstico, la señal de seguimiento es el número de desviaciones absolutas medias que el valor pronosticado se encuentra por encima o por debajo de los hechos reales. Una señal de seguimiento (TS) se calcula con la suma aritmética de las desviaciones pronosticadas dividida entre la desviación absoluta media [14].

2.2.6 Planeación de la producción

Cuando la demanda varía, los niveles de producción deseados no son obvios. Debe determinarse un plan de producción. La meta es hacer coincidir la tasa de producción y la tasa de demanda, para fabricar los productos cuando se necesitan.

Igual que con los pronósticos, la producción se planea para diferentes horizontes de tiempo a través de un enfoque jerárquico. Es común que se desarrollen tres planes con distintos horizontes,en forma secuencial.

La función de planeación de la producción puede ser muy compleja. Varios factores afectan esta complejidad, incluyendo el número de productos, el patrón de demanda y la incertidumbre, el número de períodos en el horizonte, los procesos alternativos para hacer el producto, la subcontratación, el tiempo extra y el inventario [19].

2.2.7 Estrategias de planificación de la producción

En esencia, hay tres estrategias de planificación de producción, que comprenden cambios en el tamaño de la mano de obra, horas de trabajo, inventario y acumulación de pedidos.

Estrategia de ajuste. Igualar el índice de producción con el índice de pedidos contratado y despedir empleados conforme varía el índice de pedidos. El éxito de esta estrategia depende de tener un grupo de candidatos a los que se les pueda capacitar con rapidez y de dónde tomar empleados cuando aumente el volumen de pedidos. Como es obvio, hay impactos emocionales. Cuando la acumulación de pedidos es baja, es probable que los empleados quieran reducir el ritmo de trabajo por el temor a ser despedidos tan pronto como se cubran [16].

Mano de obra estable, horas de trabajo variables. Variar la producción ajustando el número de horas trabajadas por medio de horarios laborales flexibles u horas extra. Al variar el número de horas, es posible igualar las cantidades de la producción con los pedidos. Esta estrategia ofrece continuidad a la mano de obra y evita muchos de los costos emocionales y tangibles de la contratación y despidos relacionados con la estrategia de ajuste [16].

Estrategia de nivel. Mantener una mano de obra estable con un índice de producción constante. La escasez y el superávit se absorben mediante la fluctuación de los niveles de

inventario, pedidos acumulados y ventas perdidas. Los empleados se benefician con un horario estable a expensas de niveles de servicio a clientes potencialmente más bajos y un mayor costo de inventario. Otra preocupación es la posibilidad de que los productos inventariados se vuelvan obsoletos.

Cuando solo se utiliza una de estas variables para absorber las fluctuaciones de la demanda, se conoce como estrategia pura; dos o más estrategias combinadas constituyen una estrategia mixta. Como puede imaginar, las estrategias mixtas son más frecuentes en la industria [16].

Subcontratación. Además de estas estrategias, los gerentes también pueden subcontratar parte de la producción. Esta estrategia es similar a la de ajuste, pero las contrataciones y despidos se cambian por la decisión de subcontratar o no. Cierto nivel de subcontratación es necesario para ajustarse a las fluctuaciones en la demanda. Sin embargo, a menos que la relación con el proveedor sea muy fuerte, un fabricante pierde cierto control sobre la programación y la calidad.

Para desarrollar un plan agregado de producción adecuado es necesario calcular la cantidad de las horas de producción mensual y la cantidad real que se puede producir, para lo cual se emplean las ecuaciones 4 y 5, respectivamente [16].

$$\text{Horas produc. disponible} = \text{Días por mes} * \left(8 \frac{\text{h}}{\text{día}}\right) * \text{No. trabajadores} \tag{2}$$

$$\text{Producción Real} = \frac{\text{Horas de producción disponible}}{\text{Tiempo estándar de producción}} \tag{3}$$

2.2.8 Programa de producción maestro

El programa de producción maestro (MPS, Master Production Schedule) especifica qué debe hacerse (es decir, el número de productos o artículos terminados) y cuándo. Este programa debe estar en concordancia con el plan de producción. El plan de producción establece el nivel global de producción en términos generales.

También incluye una variedad de entradas, incluidos planes financieros, demanda del cliente, capacidades de ingeniería, disponibilidad de mano de obra, fluctuaciones del

inventario, desempeño del proveedor y otras consideraciones. Cada una de estas entradas contribuye a su manera con el plan de producción.

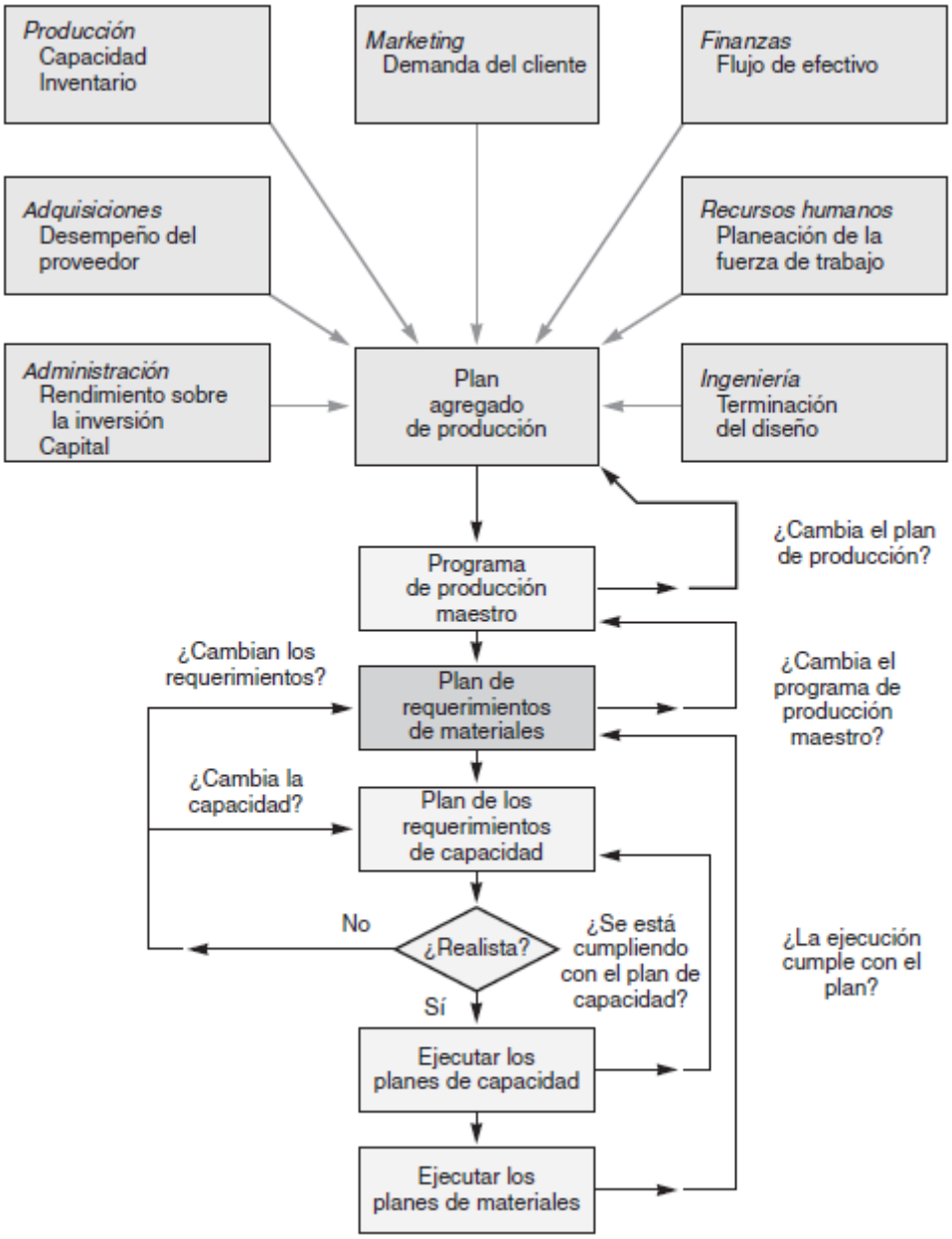


Fig. 1. Proceso de planeación de producción [17]

El plan de producción descrito en la Fig. 1 establece los límites superior e inferior para el programa de producción maestro. El resultado de este proceso de planeación de la producción es el programa de producción maestro.

El programa de producción maestro nos dice qué se requiere para satisfacer la demanda y cumplir con el plan de producción. Este programa establece qué artículos hacer y cuándo hacerlos [17].

2.2.9 Teoría de restricciones

El concepto fundamental en que descansa la teoría de restricciones es que toda planificación hacia la generación de un producto o servicio consiste, básicamente, de una serie de procesos vinculados.

Cada proceso tiene una capacidad específica para generar una producción determinada por la operación, y en casi todos los casos existe un proceso que limita o restringe el rendimiento de la operación completa.

Si un método de Teoría de Restricciones se considera apropiado para ayudar a mejorar un sistema de negocio, se recomienda seguir un procedimiento de cinco pasos para implementarlo:

- **Identificar la restricción.** Esto implica la necesidad de analizar el proceso completo para determinar qué proceso limita el rendimiento. El concepto no restringe este análisis únicamente a los procesos operativos.
- **Explotar la restricción.** Esto se refiere a encontrar métodos para maximizar la utilización de la restricción con el objetivo de obtener un rendimiento productivo.
- **Subordinar todo a la restricción.** La utilización efectiva de la restricción es lo más importante. Todo lo demás es secundario.
- **Elevar la restricción.** Esto significa, esencialmente, encontrar formas de incrementar las horas disponibles de la restricción, incluyendo su propio aumento.
- Una vez que la operación deja de ser restrictiva, encontrar la nueva restricción y repetir los pasos [19].

2.2.10 Inventario

Todas las empresas mantienen un suministro de inventario por las siguientes razones:

- Para mantener la independencia entre operaciones. El suministro de materiales en el centro de trabajo permite flexibilidad en las operaciones. La independencia de las estaciones de trabajo también es deseable en las líneas de ensamble. El tiempo necesario para realizar operaciones idénticas varía de una unidad a otra.
- Para cubrir la variación en la demanda. Si se conoce con precisión la demanda del producto, quizá sea posible producirlo en la cantidad exacta para cubrir la demanda.

- Para permitir flexibilidad en la programación de la producción. La existencia de un inventario alivia la presión sobre el sistema de producción para tener listos los bienes.
- Protegerse contra la variación del tiempo de entrega de materias primas. Al pedir material a un proveedor ocurren demoras por distintas razones: una variación normal en el tiempo de envío, un faltante del material, pedidos acumulados, un pedido perdido o un embarque de material incorrecto o defectuoso.
- Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido. Hay costos relacionados con los pedidos. Por tanto, mientras mayor sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce [16].

2.2.11 Capacidad

El término capacidad implica el índice de producción que se puede alcanzar. La capacidad de producción es el porcentaje de productos que se espera del proceso durante un período determinado [16]:

$$\text{Capacidad} = \frac{1}{\text{Tiempo del ciclo}} \tag{4}$$

El concepto de "nivel de operación" se trata del nivel de capacidad para el que se diseñó el proceso y por ende se refiere al volumen de producción en el cual se reduce al mínimo el costo promedio por unidad.

Una medida muy importante es el índice de utilización de la capacidad, el cual revela la cercanía del mejor punto de operación [16]:

$$\text{Indice de utilización de la capacidad} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Mejor nivel de operación}} \tag{5}$$

2.2.12 Productividad

La productividad es la proporción entre productos e insumos. Es una medida común para saber si un país, industria o unidad de negocios utiliza bien sus recursos (o factores de producción). Como la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones.

En este sentido, la productividad se define como [16]:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} \tag{6}$$

En donde se establece que las salidas comprende la cantidad de producto elaborado, mientras que las entradas incluyen valores referentes a los recursos empleados para la producción requerida tales como la mano de obra, horas de trabajo, insumos empleados, costos, entre otros.

2.2.13 Medidas de tendencia central

Un promedio es un valor típico o representativo de un conjunto de datos. Como estos valores típicos tienden a encontrarse en el centro de los conjuntos de datos, ordenados de acuerdo con su magnitud, a los promedios se les conoce también como medidas de tendencia central.

Se pueden definir varios tipos de promedios; los más usados son la media aritmética, la mediana, la moda, la media geométrica y la media armónica. Cada una de ellas tiene ventajas y desventajas de acuerdo con el tipo de datos y el propósito de su uso [20].

Media aritmética ponderada

En algunos casos los valores varían su grado de importancia de modo que es posible que queramos acomodarlos de acuerdo con ello. Despúes, será posible proceder al cálculo de una media ponderada, que es una media que se obtiene asignando distintos pesos a los valores, tal como lo indica la ecuación [20]:

$$\text{Media ponderada: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(w_i - x_i)}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{7}$$

Donde:

w_i = valor de peso para x_i o ponderación

x_i = valor de medición en el periodo i

2.2.14 Jornadas de trabajo según el código del trabajo

Para definir la jornadas ordinarias y suplementarias que se asigna a un trabajador se requieren considerar lo establecido en el capítulo V del Código del Trabajo respecto de la de la duración máxima de la jornada de trabajo, de los descansos obligatorios y de las vacaciones.

De las jornadas y descansos

Art. 47.- De la jornada máxima.- La jornada máxima de trabajo será de ocho horas diarias, de manera que no exceda de cuarenta horas semanales, salvo disposición de la ley en contrario. El tiempo máximo de trabajo efectivo en el subsuelo será de seis horas diarias y solamente por concepto de horas suplementarias, extraordinarias o de recuperación, podrá prolongarse por una hora más, con la remuneración y los recargos correspondientes.

Art. 48.- Jornada especial.- Las comisiones sectoriales y las comisiones de trabajo determinarán las industrias en que no sea permitido el trabajo durante la jornada completa, y fijarán el número de horas de labor. La jornada de trabajo para los adolescentes, no podrá exceder de seis horas diarias durante un período máximo de cinco días a la semana.

Art. 49.- Jornada nocturna.- La jornada nocturna, entendiéndose por tal la que se realiza entre las 19H00 y las 06H00 del día siguiente, podrá tener la misma duración y dará derecho a igual remuneración que la diurna, aumentada en un veinticinco por ciento.

Art. 50.- Límite de jornada y descanso forzosos.- Las jornadas de trabajo obligatorio no pueden exceder de cinco en la semana, o sea de cuarenta horas hebdomadarias. Los días sábados y domingos serán de descanso forzoso y, si en razón de las circunstancias, no pudiere interrumpirse el trabajo en tales días, se designará otro tiempo igual de la semana para el descanso, mediante acuerdo entre empleador y trabajadores.

Art. 55.- Remuneración por horas suplementarias y extraordinarias.- Por convenio escrito entre las partes, la jornada de trabajo podrá exceder del límite fijado en los artículos 47 y 49 de este Código, siempre que se proceda con autorización del inspector de trabajo y se observen las siguientes prescripciones:

- Las horas suplementarias no podrán exceder de cuatro en un día, ni de doce en la semana;
- Si tuvieren lugar durante el día o hasta las 24H00, el empleador pagará la remuneración correspondiente a cada una de las horas suplementarias con más un cincuenta por ciento de recargo. Si dichas horas estuvieren comprendidas entre

las 24H00 y las 06H00, el trabajador tendrá derecho a un ciento por ciento de recargo. Para calcularlo se tomará como base la remuneración que corresponda a la hora de trabajo diurno;

- En el trabajo a destajo se tomarán en cuenta para el recargo de la remuneración las unidades de obra ejecutadas durante las horas excedentes de las ocho obligatorias; en tal caso, se aumentará la remuneración correspondiente a cada unidad en un cincuenta por ciento o en un ciento por ciento, respectivamente, de acuerdo con la regla anterior. Para calcular este recargo, se tomará como base el valor de la unidad de la obra realizada durante el trabajo diurno; y,
- El trabajo que se ejecutare el sábado o el domingo deberá ser pagado con el ciento por ciento de recargo [21].

2.2.14 Proceso de montaje

Los procesos generales que se deben seguir para elaborar un par de zapatos son troquelado del cuero, aparado de los cortes, montaje y terminado. El montaje es uno de los procesos con mayor impacto en la producción. Donde se une a la suela el corte aparado utilizando una horma con la finalidad de darle la forma deseada por el diseñador, conforme a las características antropométricas del pie. La producción de calzado se obtiene ya sea con métodos de montaje manual o semi automatizado; no se cuenta en el país con instalaciones de calzado automatizadas en su totalidad. El montaje manual demanda de artesanos con habilidades adquiridas a lo largo de varios años de experiencia. El montaje semi automatizado requiere de maquinarias de inyección de la suela directamente en el corte aparado, demandando de grandes inversiones para los empresarios nacionales. La distribución de montaje frecuentemente está dada por la configuración de puestos de trabajo, donde la materia prima fluye desde el armado de puntas hasta el abrillantado del calzado terminado [9].

2.3 Propuesta de solución

El presente estudio plantea un modelo de planificación de la producción en el área de montaje aplicado sobre la muestra de los modelos de calzado definidos para esta investigación; para su desarrollo se toma en consideración el uso de herramientas como: el análisis del estudio de tiempos, cálculo de la capacidad productiva, identificación de restricciones, desarrollo del plan mestro de producción y cálculo de turnos por pedido,

con los cuales se pueda proporcinar a las organizaciones de la posibilidad de tomar desiciones sobre la programación diaria de producción influyendo en la mejora del proceso y el aprovechamiento de los recursos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidades de la investigación

El presente proyecto se realiza con una metodología de investigación de tipo aplicada, debido a que se toma información y conocimientos previos de manera que sean aplicados para el desarrollo del modelo de planificación propuesto con el objeto de mejorar los requerimientos establecidos entre el cliente y la empresa examinada.

3.1.1 Bibliográfica-documental

Se aplica una investigación bibliográfica-documental, ya que el proyecto se desarrolla en función a la recopilación de información fiable de libros, proyectos, investigaciones, artículos científicos y la web de manera que contribuyan en el análisis de cada elemento y herramienta a emplear.

3.1.2 De campo

Adicionalmente, la investigación del presente documento se lleva a cabo con un diseño de investigación de campo que obtiene la información necesaria al acudir a múltiples empresas, en donde por medio de la observación y recolección de datos se permite analizar, identificar y conocer los problemas por los cuales atraviesa el área de montaje en cada una de ellas con el propósito de dar solución a la problemática planteada.

3.1.3 Experimental

El trabajo es experimental ya que se plantea un modelo de planificación de producción en el área de montaje considerando parámetros como la demanda pronosticada, capacidad de producción y las restricciones identificadas. Para posteriormente, llevar a cabo un análisis de los cambios en la productividad y eficiencia del uso de recursos y producción,

además de coordinar los tiempos de producción de los sub ensambles de troquelado, aparado y montaje con el fin de optimizar la carga de trabajo y el flujo del producto entre sub ensambles.

3.2 Población y muestra

En la presente investigación se obtiene un total aproximado de 104 modelos de calzado que se producen entre las dos empresas participantes en la investigación del sistema de alertas a cargo de la FISEI, la primera de ellas produce un total de 73 modelos y la segunda de 31 modelos. Dichos modelos se distribuyen de acuerdo a las necesidades del mercado en producción para niños, niñas, mujeres, hombres y jóvenes de ambos sexos. En la ecuación 8 se establece que la desviación estándar (σ) tendrá un valor de 0.1 dato propuesto en base al criterio del investigador, el nivel de confianza (Z) toma un valor del 90% que corresponde al 1.65, mientras que el error muestral se define con el 9% equivalente al 0.09; mediante los valores establecidos se tiene que:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \tag{8}$$

$$n = \frac{(104)(0.1)^2(1.65)^2}{(104-1)0.09^2 + (0.1)^2(1.65)^2}$$

$$n = 3.286$$

$$n = 4$$

3.3 Recolección de información

La recolección de información del proyecto se realiza mediante entrevistas y el levantamiento de procesos dentro de montaje. La entrevista permite despejar incógnitas obtenidas de autoridades y personal que se encuentra directamente relacionada con la producción; mientras que el levantamiento de procesos resulta de gran ayuda para conocer el estado actual de la empresa y la manera en que se desarrollan las actividades de cada proceso identificado.

3.4 Procesamiento y análisis de datos

Durante la recolección de información se realizan entrevistas al personal a cargo del área de montaje de cada empresa, tomando en cuenta los puntos más importantes que ayuden

en el desarrollo de la investigación. Además, se desarrolla un formato específico para el levantamiento de procesos mediante el cual se pueden observar e identificar las posibles restricciones presentes en el área de montaje con el propósito de evaluar y considerar todos los parámetros existentes para el desarrollo del modelo de planificación de producción.

3.5 Desarrollo del proyecto

Para la ejecución del presente proyecto se lleva a cabo las siguientes actividades:

- Identificación de los procesos productivos de calzado y las actividades del área de montaje.
- Aplicación de entrevistas a los Jefes de Producción del área de montaje en las empresas participantes.
- Levantamiento de procesos de los modelos seleccionados junto con sus líneas de producción en montaje.
- Análisis del estudio de tiempos y movimientos de los modelos.
- Cálculo de la capacidad de producción en el proceso de montaje.
- Identificación de las restricciones que inciden en el proceso en estudio.
- Análisis de la demanda.
- Análisis de estrategia de producción y planeación agregada en montaje.
- Desarrollo del plan maestro de producción.
- Cálculo de los turnos de producción para satisfacer a la demanda.
- Integración de los modelos de planificación de troquelado y aparado con montaje.
- Calendarización de los días de trabajo de cada subensables.
- Análisis de resultados generados por el modelo en el trimestre Marzo - Abril 2017.
- Elaboración de indicadores de productividad y eficiencia en el area de montaje.
- Evaluar el funcionamiento del sistema de planificación y programación de la producción elaborado por la unidad de investigación de la FISEI comparando los resultados generados con el sistema y el modelo de planificación propuesto.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el presente proyecto se recurre a la identificación de los diferentes modelos y líneas de producción de calzado para el área de montaje, siendo éstas últimas la línea de montaje convencional y a inyección. Resulta fundamental que el desarrollo de la investigación se dé en un entorno estable, aplicando las herramientas descritas sobre empresas que cuenten con las líneas de montaje ya mencionadas.

En base a la muestra calculada se considera que el segmento de estudio comprende los modelos casual de hombre, deportivo de mujer y seguridad industrial que se fabrican bajo los parámetros de la línea convencional, mientras que un segundo modelo de seguridad se fabrica en base a los requerimientos de la línea a inyección.

La industria de calzado

La Industria de Calzado se considera una de las actividades económicas más importantes del país, debido esencialmente a su capacidad de generar empleo de manera directa o indirecta y de proveer a la población de un producto de consumo masivo que satisface sus necesidades. Su influencia en el desarrollo productivo del país tiene lugar dada su diversificación y calidad de productos, así como el uso e innovación de tecnologías y mejoramiento continuo de la calidad, considerado relevante en los últimos años.

El proceso de fabricación de calzado se basa en un mismo patrón de producción para la mayoría de modelos de calzado; únicamente, se ve alterada la elaboración de aquellos modelos de tipo abierto (sandalias) que no requieren de la aplicación de punteras y taloneras, mientras que los de tipo cerrado si las requieren por lo que toman más tiempo de producción.

Descripción del producto

La producción de calzado tiene un amplio campo de comercialización, tanto dentro como fuera del país, pues éste se diseña para satisfacer las necesidades de la población segmentada en mujeres, hombres, jóvenes y niños, los mismos que subdividen a cada una de las líneas de calzado especificadas en la Fig. 2.

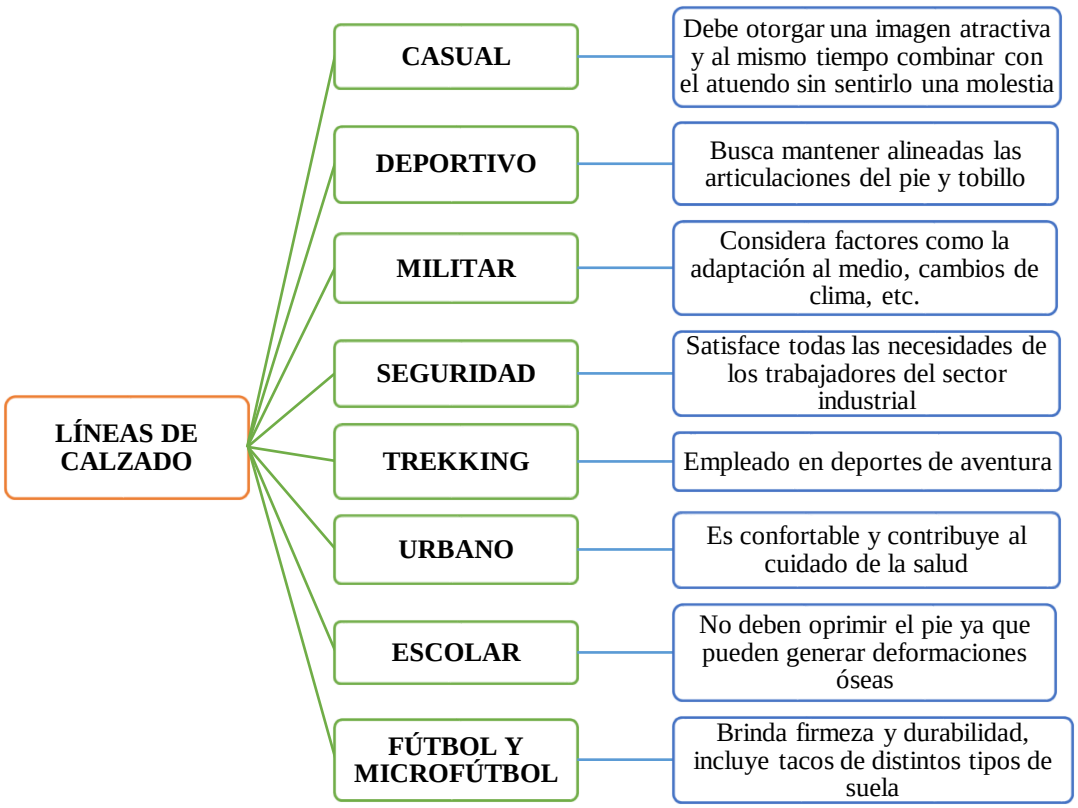


Fig. 2. Líneas de calzado de las industrias manufactureras de calzado de cuero

4.1 Análisis del proceso productivo de calzado

Llevar a cabo el análisis de los procesos productivos de una empresa representa un método eficaz para descubrir distintos puntos de mejora, que permiten dar solución a anomalías identificadas y establecer la relación existente entre las áreas estratégicas, lo que permite visualizar con mayor facilidad las actividades y flujos entre las operaciones de la empresa.

4.1.1 Cadena de valor de la industria de calzado

En la Fig. 3 se describe la cadena de valor enfocada a una empresa dedicada a la elaboración de calzado, este elemento tiene como objetivo diseñar, fabricar, comercializar, entregar y apoyar el desarrollo de uno o varios productos de manera que se identifiquen todos los procesos o actividades que agreguen valor al producto ofertado y a la empresa como tal.

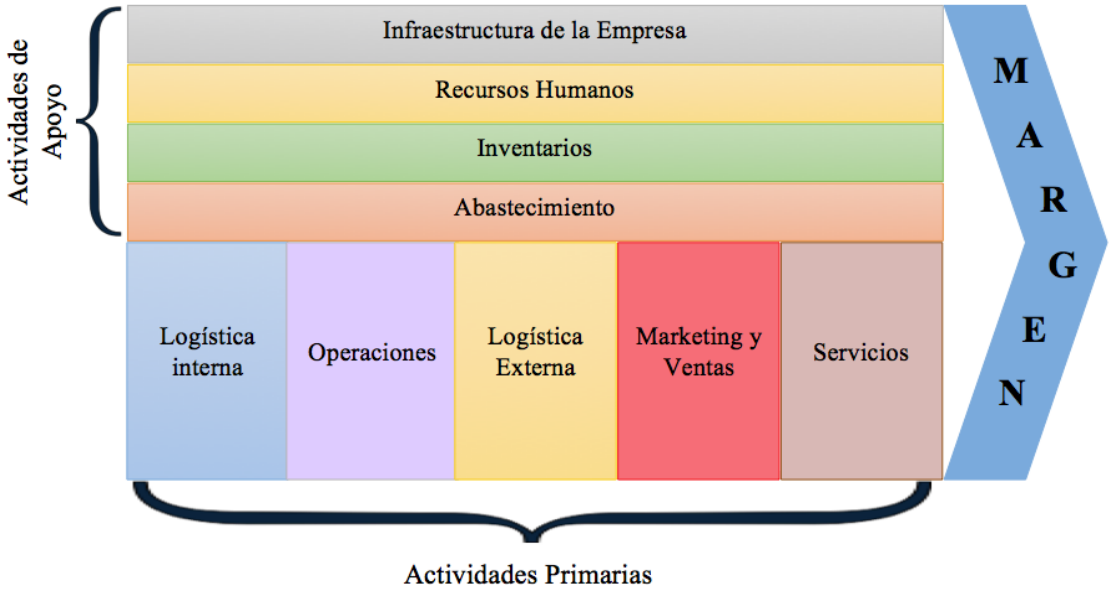


Fig. 3. Cadena de valor de la industria manufacturera de calzado

En lo que respecta a la infraestructura de la empresa se consideran actividades como la administración general y de aspectos legales, administración de la calidad, planificación, finanzas y contabilidad, entre otras. En este punto se establece la fortaleza de la ventaja competitiva dado que sus actividades se centran en crear valor para el comprador garantizando la calidad de los productos adquiridos y fidelización del cliente.

En cuanto a la administración de los recursos humanos se incluyen todas las actividades relacionadas al reclutamiento, contratación, capacitación y desarrollo de los trabajadores. Posee una fuerte relación con el resultado de la ventaja competitiva ya que también se define en base a las habilidades, motivación del personal y a la inversión económica que representa el proceso de entrenamiento y contratación.

En relación al manejo de inventarios se definen todas las reservas de insumos y producto terminado que se emplean para la compensación productiva que se necesite en caso de ocurrir algún paro por emergencia o incrementos en la demanda.

Al hablar del abastecimiento se describe la realización y coordinación de la compra de insumos y activos para la organización tales como: materias primas, maquinarias, construcciones y edificios, equipos de oficina y suministros, entre otros. El fin principal de esta actividad es adquirir los recursos necesarios para garantizar la calidad del producto ofertado y alcanzar la reducción de costos en su fabricación.

En las actividades primarias se encuentra la logística interna en donde se consideran actividades como la recepción de materiales, almacenamiento y distribución a cada una de las áreas de producción, control de inventarios, devoluciones a proveedores, etc.

En cuanto a las operaciones se describen todas las actividades que dan paso a la transformación de los insumos en un producto final a través de una serie de procedimientos establecidos por la organización.

En lo que respecta a la logística de salida se establecen acciones como el almacenamiento y distribución del producto terminado a los clientes o centros de venta, diseño de rutas de entrega, procesamiento de pedidos, etc.

Al hablar de marketing y ventas se busca dar a conocer el producto dentro del mercado mediante distintos medios y empleando elementos diferentes como la fuerza de ventas, promociones, espacios publicitarios, etc.

Finalmente, se establece que el margen hace referencia a la diferencia entre el precio de venta y el costo de fabricación además del desempeño de actividades para la transformación del producto.

4.1.2 Mapa de procesos

En el mapa de procesos descrito en la Fig. 4 se pueden observar todos los procesos de los que disponen las industrias manufactureras de calzado de cuero, considerando que el punto central de su desarrollo es satisfacer todas las necesidades de los clientes a través de un proceso de mejora continua en base a la interrelación de procesos y departamentos.

Al hacer mención de los procesos estratégicos descritos en la Fig. 4 se toman en cuenta todas las actividades que se enfocan en la identificación de las políticas empresariales, coordinación de objetivos de calidad y controles generales en cuanto al cuerpo administrativo de la empresa.

En lo que respecta a los procesos operativos se describen las principales actividades que inician en la adquisición de la materia prima e insumos en general hasta su transformación como producto terminado que para el desarrollo del presente estudio corresponden al almacenamiento de materia prima, corte de cueros, aparado y montaje del calzado.

Finalmente, se establece que en la identificación de los procesos de apoyo se consideran todos aquellos capaces de apoyar al desarrollo normal de fabricación de calzado, garantizando la calidad del producto y la superación de las expectativas del cliente sobre el mismo, en este caso se consideran procesos como: logística, recursos humanos, mantenimiento, compras y proveedores.



Fig. 4. Mapa de proceso de las industrias manufactureras de calzado de cuero

4.1.3 Flujograma del proceso de la elaboración de calzado de cuero.

Para un correcto análisis respecto a la fabricación de calzado de cuero resulta fundamental elaborar un diagrama de flujo del estado actual del proceso de fabricación en las industrias manufactureras de la provincia de Tungurahua, con el fin de identificar las condiciones necesarias para elaborar un modelo correcto de planificación de producción.

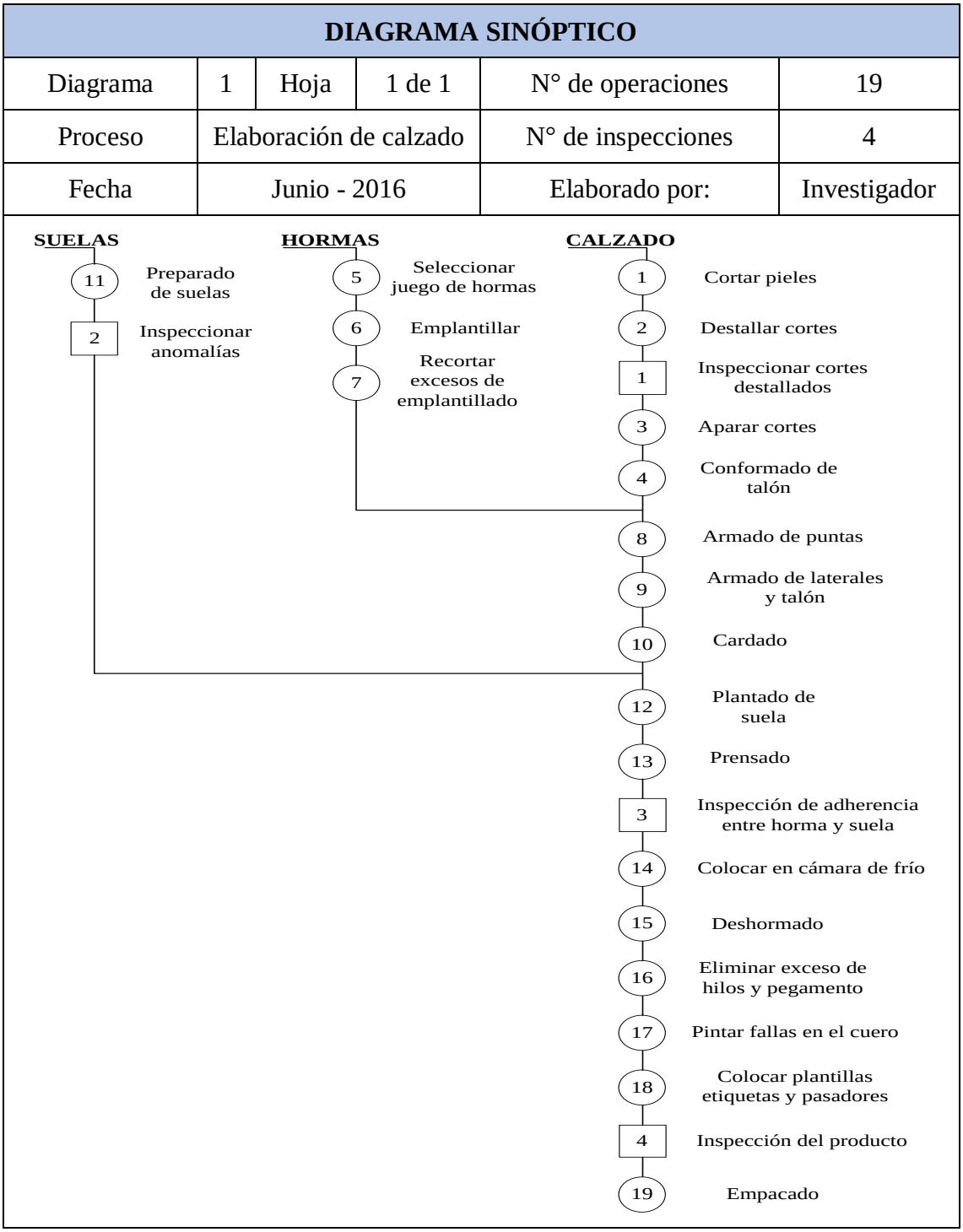


Fig. 5. Diagrama sinóptico del proceso de elaboración de calzado de cuero

Se resaltan con recuadros el grupo de actividades que tienen lugar en el sub ensamble de montaje por ser la sección sobre la que se desarrolla el presente proyecto; en la Fig. 5 se observa la interrelación existente con el sub ensamble de aparado como proveedor interno de montaje, pues el producto final del área de aparado representa el principal recurso para la sección de montaje.

En la Fig. 5 se presentan los procesos necesarios para llevar a cabo la elaboración de calzado a través del uso de operaciones e inspecciones, tal como se detalla a continuación:

Operación 1: Se colocan las pieles sobre la máquina troqueladora o mesa de trabajo para cortarlas de acuerdo a la cantidad de piezas y modelos, mediante troqueles o moldes metálicos.

Operación 2: Se reduce el grosor de los bordes de los cortes mediante una máquina destalladora.

Inspección 1: Se verifica que los cortes esten correctamente destallados.

Operación 3: Los cortes destallados se unen mediante un proceso de costura.

Operación 4: Se colocan contrafuertes en la zona aparada del talón.

Operación 5: Se seleccionan las hormas de acuerdo a las tallas y modelos.

Operación 6: Se colocan plantillas en la base de las hormas adheriendolas con grapas.

Operación 7: Cortar los excesos de la plantilla.

Operación 8: Colocar refuerzos en las puntas y fijarla a la horma

Operación 9: Fijar la zona lateral del corte a la horma junto con el área del talón.

Operación 10: Eliminar los excesos de material al contorno de la base de la horma.

Operación 11: Preparar las suelas aplicando una solución especial para limpiar el producto.

Inspección 2: Verificar la correcta limpieza del producto.

Operación 12: Colocar pegamento en la suela y la base de la horma con el fin de unir estos dos elementos.

Operación 13: Colocar el producto en una máquina prensadora neumática para asegurar la fijación de los elementos.

Inspección 3: Verificar que la suela y la horma esten correctamente adheridas.

Operación 14: Colocar el calzado en una cámara de frío que evite la separación de sus elementos.

Operación 15: Retirar la horma del calzado.

Operación 16: Eliminar los excesos de hilos y pegamento en el calzado.

Operación 17: Corregir fallas del cuero con pintura.

Operación 18: Colocar las plantillas, etiquetas y pasadores en los zapatos.

Inspección 4: Verificar que el calzado no posea fallas.

Operación 19: Empacar el calzado en fundas o cajas para su posterior almacenamiento.

4.1.4 Descripción del sub ensamble de montaje

Dentro del proceso de elaboración de calzado se consideran una serie de factores que influyen en la variación de costos y tiempos de entrega de pedidos tales son: el diseño y tipo de calzado, insumos, número de piezas por modelo, innovación tecnológica, entre otros; es por ello, que resulta fundamental conocer la manera en que se desarrollan las actividades del área de montaje para cada una de las líneas de producción descritas a continuación.

Línea convencional de montaje

Como indica la Fig. 6 se establece que el primer paso de la línea de montaje convencional tiene lugar en la preparación de hormas y cortes aparados, seguido de la colocación de refuerzos en el talón del modelo de calzado y la colocación de refuerzos en las puntas y talones de los cortes de aparado. Posteriormente, se fija el corte a la horma colocando pegamento en la punta, laterales y talón, grapando simultáneamente la plantilla base en la horma empleada.

Inmediatamente se retiran los excesos de cuero en el contorno de la base de la horma para facilitar la adherencia de éste con la suela y se prepara a la suela con una solución especial para que pase a la zona de reactivación de pegamento, en que se une la horma con la suela. Posteriormente se coloca el producto en prensas neumáticas para que la fijación entre estos elementos sea adecuada y garantice la calidad del producto.

Una vez terminado el calzado ingresa al área de acabado donde se revisan fallas en el color del cuero, adherencia, excesos de hilos y pegamento sobre el material, entre otros. Seguido se colocan pasadores y se hace una revisión final para que el calzado pase al área

de empaque en donde es enfundado o colocado dentro de una caja para su futura distribución.

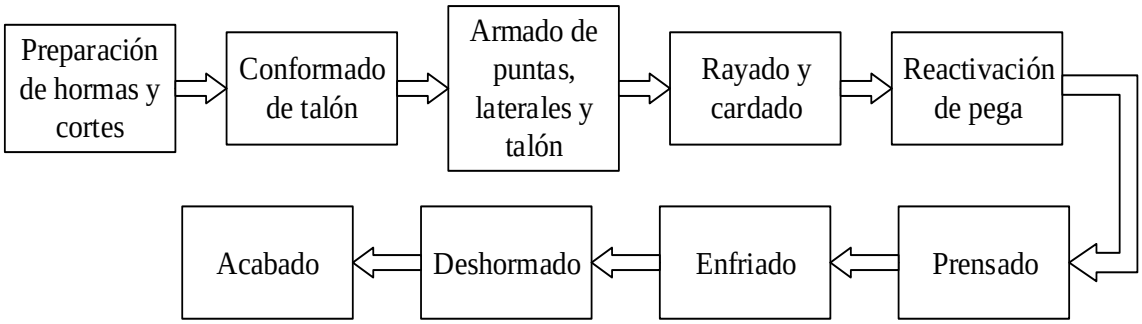


Fig. 6. Línea de fabricación de montaje convencional

En la Fig. 7 se observa la estructura general del círculo de trabajo y maquinarias correspondiente al montaje convencional en una de las empresas participantes, en el que las cantidades producidas dependen directamente de la rapidez con que el trabajador realice sus actividades.



Fig. 7. Círculo de trabajo de montaje convencional

Línea a inyección de montaje

La línea de montaje a inyección da inicio con el sub ensamble recibido del proceso de aparado tipo strobel que como se indica en la Fig. 8 requiere de la preparación de la horma correspondiente al modelo. Posteriormente, se arma la punta de policarbonato y vaporizar todo el conjunto para que la máquina armadora de puntas pueda expandir sin problema el cuero del modelo a fabricar.

Una vez que se culmina el ensamble anterior se procede a rayar el cuero en la zona base para cardar la zona rayada retirando así los excesos de material; seguido, se procede a preparar los moldes de la inyectora, este paso consiste en limpiar los moldes de las tallas requeridas, de manera que se coloque el producto en la máquina inyectora. Finalmente, se inyecta el líquido sobre los moldes y automáticamente la máquina une el calzado montado con el molde respectivo.

En cuanto termina el proceso de inyección se coloca el calzado en la cámara de frío para posteriormente, eliminar los excesos de material de la suela; seguido se envía el calzado al área de acabado en donde es deshormado, limpiado y empacado para finalmente transportar al producto terminado hacia la bodega.

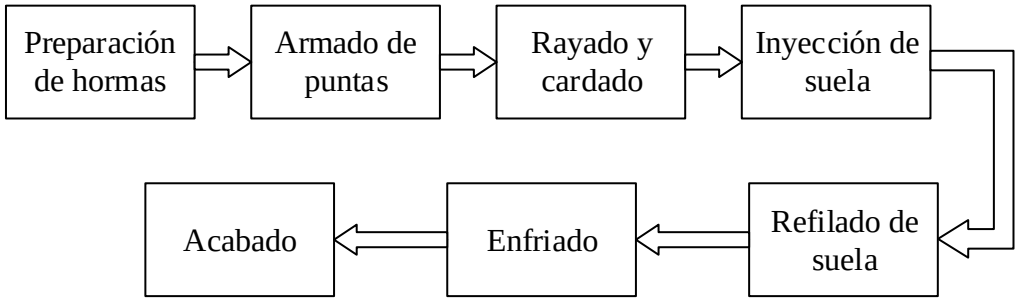


Fig. 8. Línea de fabricación de montaje a inyección

En la Fig. 9 se observa la inyectora de suela, elemento característico del montaje a inyección, cuya función es transformar la sustancia en estado líquido, generalmente poliuretano, a un cuerpo sólido por la exposición a temperaturas elevadas



Fig. 9. Máquina inyectora de poliuretano para calzado

4.1.5 Entrevistas

Una de las herramientas más importantes en la recolección de la información se centra en la aplicación de una entrevista a los jefes de producción de las empresas participantes, la cual permite identificar y evaluar las condiciones en que se desarrollan las actividades dentro de la organización y del área de montaje. En función a ello se presentan los resultados obtenidos durante la investigación, mientras que en el Anexo 2 se visualiza el formato empleado para la entrevista.

¿Ha detectado usted problemas de producción actuales dentro de la empresa?

Mediante la investigación se concluye que la producción de calzado se ve afectada por una serie de elementos tales como la falta de mano de obra capacitada que ocasiona la reducción de la capacidad de producción y fallas en el cumplimiento de pedidos debido a errores en la planificación y la creciente necesidad de estandarizar los procesos de fabricación.

¿Considera que se entrega a tiempo el producto terminado al cliente final?

Según los datos recolectados se establece que la entrega oportuna de los productos terminados no presenta inconvenientes en temporadas de venta baja y media; sin embargo, se presentan complicaciones en temporada alta pues no se pueden satisfacer todos los pedidos receptados a tiempo.

¿Cree que la capacidad de producción de la empresa satisface la demanda actual?

Este factor es considerado uno de los más importantes en el proceso de fabricación de calzado pues la pequeña y mediana industria considera a éste como su principal limitante ya que cada modelo requerido puede generar una capacidad diaria de producción diferente.

Mediante la información adquirida se concluye que la capacidad que posee la empresa satisface las necesidades del cliente en temporadas relativamente bajas, sin embargo en temporada altas no es suficiente para abastecer los pedidos receptados por lo que se requiere tomar medidas adicionales como incremento en las horas de trabajo o producir meses anteriores para mantener en inventario el producto hasta que sea despachado en los meses con mayor demanda.

¿Qué puesto de trabajo dentro del área de montaje considera usted es el de mayor dificultad y retrasa la producción?

Se establece que cada producto puede tener un cuello de botella diferente, no obstante en la mayoría de los casos el trabajo se acumula en el proceso de cardado y deshormado.

¿Se ha realizado algún estudio de planificación de la producción en la compañía?

En base a la información obtenida se puede establecer que la mayoría de empresas productoras de calzado no han realizado ningún tipo de estudio que permita evaluar la eficiencia de su método de planificación, ni han sido consideradas para estudios de este tipo por entidades educativas de tercer nivel.

¿Los operarios tienen información previa documental de las cantidades planificadas a producirse?

Se establece que debido a que el proceso de fabricación habitual de calzado se basa en la recepción de pedidos y fabricación inmediata de los mismos no se ha considerado una planificación en base a históricos de ventas, por lo cual los operarios únicamente reciben hojas con las cantidades a producir sin un control específico de fechas o tiempos de producción y entrega.

¿Se ha utilizado algún software de simulación para coordinar el flujo de producción en la fabricación del calzado?

Dada la información obtenida se establece que se ha llevado a cabo la adquisición de un software de producción extranjero, sin embargo no ha sido posible emplearlo dado que no existen representantes capacitados para asesorar adecuadamente a las empresas respecto del uso del software; destacando que la mayoría de softwares de producción no consideran todos los factores que influyen y afectar a la industria de calzado.

4.2 Identificación de los tiempos de producción del proceso de montaje

En esta sección se describen las actividades que tienen lugar en el montaje de calzado de las empresas participantes en el proyecto de investigación a cargo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial denominado “Sistema Dinámico Esbelto de Alerta de Fallas en los Procesos de Producción para las Industrias de Calzado de

Tungurahua" cuyos modelos se seleccionaron en base a un análisis ABC realizado por otro investigador [22].

El desarrollo de las siguientes herramientas permite identificar cada limitante tangible o intangible que influye directamente en los resultados de la programación de la producción.

4.2.1 Levantamiento de procesos

En este apartado se muestran los levantamientos de procesos correspondientes a los modelos de cada una de las empresas de calzado participantes (Tablas de la 1 a la 28), cuyo enfoque se centra en el área de montaje. A través de esta herramienta se busca recolectar la información necesaria sobre el sub ensamble en estudio así como identificar los procesos que tienen lugar en el mismo, ya sea éste de tipo convencional o a inyección.

En este punto se toman en consideración las actividades y objetivos de cada proceso en el área de montaje, incluyendo información sobre maquinaria, descripción e identificación de entradas y salidas.

Empresa A - Línea Convencional

En la Tabla 1 a la Tabla 20 se describe el sub ensamble de Montaje para los modelos casual de hombre, deportivo de mujer y calzado de seguridad industrial pertenecientes a la primer empresa participante y que se elaboran bajo la línea de fabricación tipo convencional, cuya principal característica se basa en la participación constante del recurso humano sobre la maquinaria.

Debido a que varios procesos entre los modelos de la empresa mencionada se mantienen constantes, se procede a describir una sola vez dicho proceso destacando que el espacio "Nombre del Producto" incluye a los 3 modelos participantes; sin embargo, en ciertos casos las actividades del proceso para cada modelo varía por lo que se presentan varios levantamientos del mismo proceso con el nombre del modelo al que pertenecen.

En las Tablas 1, 2 y 3 se observa el levantamiento de procesos de la preparación de suela para el modelo casual, deportivo y seguridad industrial, respectivamente.

Tabla 1. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de suela modelo casual

Nombre del producto:	**CASUAL**
Nombre del proceso:	PREPARACIÓN DE SUELA
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Cardadora	
Proceso principal:	Preparado de planta
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Este proceso empieza con la halogenación de la suela con arteprymer 313 (pega), después se aplica arteprymer 480 (pega) el cual se realiza para obtener una mejor unión donde finalmente se ubica pega en la suela.	
Objetivo del proceso: Preparar la suela para que se adhiera al zapato correctamente	
Actividades:	
a. Alogenar suela con arteprymer 313	
b. Aplicar imprimante arteprymer 480	
c. Colocar pega en la suela	
Identificar entradas: Suela, pega, imprimante	**Identificar salidas:** Suela preparada

Tabla 2. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de suela modelo deportivo de mujer

Nombre del producto:	**DEPORTIVO MUJER**
Nombre del proceso:	PREPARACIÓN DE SUELA
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Cardadora	
Proceso principal:	Preparado de planta
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Este proceso empieza con el cardado de las suela para un correcto montaje en el zapato a continuación se aplica limpiador 323 y se halógena con arteprymer 313, después se aplica arteprymer 550 (pega) el cual se realiza para obtener una mejor unión donde finalmente se ubica pega en la suela.	
Objetivo del proceso: Preparar la suela para que se adhiera al zapato correctamente	
Actividades:	
a. Cardad suela de eva y caucho	
b. Aplicar limpiador 323 en suela	
c. Alogenar suela con arteprymer 313	
d. Aplicar imprimante arteprymer 550	
e. Colocar pega en suela	
Identificar entradas: Suela de eva y caucho, alogenante, pega negra	**Identificar salidas:** Suela preparada

Tabla 3. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de suela modelo seguridad industrial

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	PREPARACIÓN DE SUELA
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Cardadora	
Proceso principal:	Preparado de planta
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se empieza cardando la suela de poliuretano eliminando los excesos que existan para una correcta adherencia, se limpia y se coloca solvente seguido de prymer (pega) el cual se realiza para obtener una mejor unión donde finalmente se ubica pega en la suela.	
Objetivo del proceso: Preparar la suela para que se adhiera al zapato correctamente	
Actividades:	
a. Cardar suela de poliuretano	
b. Limpiar suelas	
c. Colocar solvente	
d. Colocar primer	
e. Colocar pega blanca	
Identificar entradas: Suela de poliuretano, solvente, pega blanca	**Identificar salidas:** Suela preparada

En las Tablas 4, 5 y 6 se observa el levantamiento de procesos de la preparación de horma, preparación de cortes y conformado de talón, respectivamente. Dichos procesos se aplican de la misma manera para los modelos casual, deportivo y seguridad industrial.

Tabla 4. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de horma modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	PREPARACIÓN DE HORMA
Macro-proceso:	Montaje
Máquinas	
Refiladora de plantilla 	Grapadora automatica 
Proceso principal:	Preparado de hormas
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción
Descripción del proceso: Se toma la plantilla y se junta con la horma la cual se una con la grapadora, luego se pasa a la refiladora para cortar los excesos que sobresalen del contorno de la horma y se coloca pegante en la plantilla con una brocha.	
Objetivo del proceso: Preparar las hormas para el armado adecuado	
Actividades:	
a. Grapar la plantilla en la horma	
b. Refilar excedente la plantilla	
c. Colocar pega en plantilla	
Identificar entradas: Hormas y plantillas	**Identificar salidas:** Plantilla unida a la horma

Tabla 5. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de cortes modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	PREPARACIÓN DE CORTES
Macro-proceso:	Montaje
Máquina:	No aplica
Proceso principal:	Preparado de corte
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Con el corte obtenido del área de aparado se coloca un pasador provisional el cual sirve como un apoyo para un correcto formado de los zapatos para los procesos posteriores y finalmente de recorta los excesos de forro se ubica pega para la correcta adherencia del contrafuerte.	
Objetivo del proceso: Preparar el corte con el pasador provisional	
Actividades:	
a. Colocar pasador provisional	
b. Recortar exceso de forros, colocar pega	
Identificar entradas: Corte, pasador provisional	**Identificar salidas:** Corte con pasador provisional

Tabla 6. Levantamiento de procesos de montaje en conformado de talón modelos casual, deportivo y seguridad industrial

<table>
<tr><td>Nombre del producto:</td><td>CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL</td></tr>
<tr><td>Nombre del proceso:</td><td>CONFORMADO DE TALÓN</td></tr>
<tr><td>Macro-proceso:</td><td>Montaje</td></tr>
<tr><td>Máquina:

Conformadora de talón</td><td></td></tr>
<tr><td>Proceso principal:</td><td>Conformado</td></tr>
<tr><td>Responsable del área:</td><td>Personal de Producción</td></tr>
<tr><td>Información requerida de:</td><td>Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción del proceso:
Este proceso se realiza para tener una adecuada forma al talón del zapato, el cual se consigue en la máquina conformadora de talones en la cual se coloca contrafuerte en el talón del corte proveniente de aparado y se lleva al conformado al calor en donde en la máquina demora de 18 a 20 segundos y luego al conformado al frío el cual pasa por el mismo proceso. Es importante verificar el correcto conformado de talón.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Objetivo del proceso:
Obtener una forma adecuada del talón del zapato</td></tr>
<tr><td colspan="2">Actividades:</td></tr>
<tr><td colspan="2">a. Colocar contrafuerte</td></tr>
<tr><td colspan="2">b. Conformar talón en calor</td></tr>
<tr><td colspan="2">c. Conformar talón en frío</td></tr>
<tr><td>Identificar entradas:
Corte con pasador provisional y contrafuerte de talón</td><td>Identificar salidas:
Contrafuerte armado</td></tr>
</table>

En la Tabla 7 se observa el levantamiento de procesos del reformado de puntas aplicado de la misma manera para los modelos casual y deportivo.

Tabla 7. Levantamiento de procesos de montaje en reformado de puntas modelos casual y deportivo

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER**
Nombre del proceso:	REFORMADO DE PUNTAS
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Reformadora de puntas	
Proceso principal:	Reformado de puntas
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: En el corte de aparado se coloca látex en la capellada y en los laterales, a partir de eso de ubica la puntera en la capellada y se lleva a la máquina donde se reforma la punta para un correcto armado posterior.	
Objetivo del proceso: Obtener una forma adecuada de la punta del corte	
Actividades:	
a. Colocar látex en capellada y laterales del corte	
b. Colocar puntera en capellada	
c. Reformar puntas	
Identificar entradas: Látex y corte aparado	**Identificar salidas:** Puntas reformadas

En la Tabla 8 se observa el levantamiento de procesos de la colocación de pega aplicado de la misma manera para los modelos casual, deportivo y seguridad industrial.

Tabla 8. Levantamiento de procesos de montaje en colocación de pega en laterales modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	COLOCAR PEGA EN LATERALES
Macro-proceso:	Montaje
Máquina:	No aplica
Proceso principal:	Colocar pega
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se toma el corte y se procede a colocar pega negra en los laterales con una brocha y se deja en la mesa de trabajo.	
Objetivo del proceso: Colocación de pega en los laterales correctamente	
Actividades:	
a. Colocar pega en los laterales del corte	
Identificar entradas: Pega y corte aparado	**Identificar salidas:** Pega en los laterales

En la Tabla 9 se observa el levantamiento de procesos del armado de puntas, aplicado de la misma manera sobre los modelos casual y deportivo, ya que este proceso no se puede aplicar sobre el modelo de seguridad pues este requiere de un proceso adicional en que se coloca punta de acero o policarbonato.

Tabla 9. Levantamiento de procesos de montaje en armado de puntas modelos casual y deportivo

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER**
Nombre del proceso:	ARMADO DE PUNTAS
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Armadora de puntas	
Proceso principal:	Armado de puntas
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: El corte de aparado pasa por la reactivadora por unos segundos para que el cuero del zapato se amolde de mejor manera, luego se ubica la horma y pasa a la máquina armadora de puntas donde se coloca el ensamble en la máquina y se presiona un pedal para empezar con el armado. El proceso finaliza cuando la máquina suelta el ensamble.	
Objetivo del proceso: Armar la punta del zapato	
Actividades:	
a. Reactivar corte	
b. Unir corte con horma	
c. Armar puntas	
Identificar entradas: Corte aparado y horma	**Identificar salidas:** Puntas armadas

En la Tabla 10 se observa el levantamiento de procesos de armado de puntas para el modelo de seguridad industrial.

Tabla 10. Levantamiento de procesos de montaje en armado de puntas modelo seguridad industrial

<table>
<tr><td>Nombre del producto:</td><td colspan="2">SEGURIDAD INDUSTRIAL</td></tr>
<tr><td>Nombre del proceso:</td><td colspan="2">ARMADO DE PUNTAS</td></tr>
<tr><td>Macro-proceso:</td><td colspan="2">Montaje</td></tr>
<tr><td>Máquina:

Armadora de puntas</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Proceso principal:</td><td colspan="2">Armado de puntas</td></tr>
<tr><td>Responsable del área:</td><td colspan="2">Personal de Producción</td></tr>
<tr><td>Información requerida de:</td><td colspan="2">Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica</td></tr>
<tr><td colspan="3">Descripción del proceso:
Se ubica la horma en el corte y se coloca el forro interior de la capellada donde luego se coloca la punta de policarbonato y se vaporiza el corte por unos segundos y finalmente pasa a la máquina armadora de puntas donde se coloca el ensamble en la máquina y se presiona un pedal para empezar con el armado. El proceso finaliza cuando la máquina suelta el ensamble.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Objetivo del proceso:
Armar la punta del zapato</td></tr>
<tr><td colspan="3">Actividades:</td></tr>
<tr><td colspan="3">a. Colocar horma en corte</td></tr>
<tr><td colspan="3">b. Preformar el forro interior de la capellada</td></tr>
<tr><td colspan="3">c. Colocar punta de policarbonato</td></tr>
<tr><td colspan="3">d. Vaporizar corte</td></tr>
<tr><td colspan="3">e. Colocar pega en punta</td></tr>
<tr><td colspan="3">f. Conformar punta</td></tr>
<tr><td colspan="2">Identificar entradas:
Corte aparado, horma, punta de policarbonato</td><td>Identificar salidas:
Puntas armadas</td></tr>
</table>

En las Tablas 11, 12 y 13 se observa el levantamiento de procesos del armado de laterales y talón, rayado y cardado respectivamente, aplicado para los modelos casual, deportivo y seguridad industrial.

Tabla 11. Levantamiento de procesos de montaje en armado de laterales y talón modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	ARMADO DE LATERALES Y TALÓN
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Armadora de talón	
Proceso principal:	Armado de laterales y talón
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: El ensamble con la punta armada es traslada para vaporizar el talón luego se lleva a la máquina armadora de laterales y a continuación a la máquina armadora de talones. Cuando este proceso termina se ubica en la máquina envejecedora de cuero para que este pase al proceso de rayado.	
Objetivo del proceso: Armar laterales y talón	
Actividades:	
a. Vaporizar talón	
b. Armar costados	
c. Armar talón	
Identificar entradas: Puntas armadas	**Identificar salidas:** Laterales y talón armados

Tabla 12. Levantamiento de procesos de montaje en rayado modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	RAYADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina:	No aplica
Proceso principal:	Rayado de corte
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se retira las grapas que existen en la planta del calzado se toma un rayador para trazar el contorno de sobre el cuero para que esa zona sea cardada en el siguiente proceso.	
Objetivo del proceso: Rayar el cuero para el cardado	
Actividades:	
a. Retirar grapas	
b. Asentar cuero	
c. Rayar corte	
Identificar entradas: Suela, laterales y talón armados	**Identificar salidas:** Ensamble rayado

Tabla 13. Levantamiento de procesos de montaje en cardado modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	CARDADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Cardadora	
Proceso principal:	Cardado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: En la máquina cardadora se procede a retirar el cuero sobrante el cual está señalado por la zona rayada del proceso anterior.	
Objetivo del proceso: Cardar las partes del cuero señaladas	
Actividades:	
a. Cardar los laterales por zona rayada	
b. Cardar minuciosamente los laterales	
Identificar entradas: Ensamble rayado	**Identificar salidas:** Ensamble cardado

En las Tablas 14 y 15 se observa el levantamiento de procesos de la aplicación de pegamento para los modelos casual, deportivo y seguridad industrial.

Tabla 14. Levantamiento de procesos de montaje en aplicación de pegamento modelos casual y deportivo

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER**
Nombre del proceso:	APLICACIÓN DE PEGAMENTO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina:	No aplica
Proceso principal:	Aplicar pegamento
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se coloca pegamento sobre la zona cardada para que la suela se adhiera de mejor manera.	
Objetivo del proceso: Ubicar pega en la zona cardada	
Actividades:	
a. Aplicar imprimante en zona cardada	
b. Aplicar pega blanca en zona cardada	
Identificar entradas: Ensamble cardado, pegamento	**Identificar salidas:** Ensamble con pegamento en la base

Tabla 15. Levantamiento de proceso de montaje en aplicación de pegamento modelo seguridad industrial

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	APLICACIÓN DE PEGAMENTO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina:	No aplica
Proceso principal:	Aplicar pegamento
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se coloca primer sobre la zona cardada y se deja reposar un tiempo, para posteriormente aplicar PU (pega) con reticulante para que la suela se adhiera de mejor manera.	
Objetivo del proceso: Ubicar pega en la zona cardada	
Actividades:	
a. Aplicar prymer en la zona cardada	
b. Aplicar PU con reticulante sobre zona cardada	
Identificar entradas: Ensamble cardado, prymer, PU	**Identificar salidas:** Ensamble con pegamento en la base

En las Tablas 16, 17, 18, 19 y 20 se observa el levantamiento de procesos de reactivado de pega, prensado, deshormado y acabado aplicado con el mismo método para los modelos casual, deportivo y seguridad industrial.

Tabla 16. Levantamiento de procesos de montaje en reactivado de pega modelos casual, deportivo y seguridad industrial

<table>
<tr><td>Nombre del producto:</td><td>CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL</td></tr>
<tr><td>Nombre del proceso:</td><td>REACTIVADO DE PEGA</td></tr>
<tr><td>Macro-proceso:</td><td>Montaje</td></tr>
<tr><td>Máquina:

Horno reactivador de pega</td><td></td></tr>
<tr><td>Proceso principal:</td><td>Reactivado del pegamento</td></tr>
<tr><td>Responsable del área:</td><td>Personal de Producción</td></tr>
<tr><td>Información requerida de:</td><td>Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción del proceso:
El ensamble obtenido junto con la suela se colocan en el horno reactivador en el cual pasa alrededor de unos 6 a 8 minutos y pasa al proceso de prensado.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Objetivo del proceso:
Reactivado del pegamento del ensamble y suela.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Actividades:</td></tr>
<tr><td colspan="2">a. Reactivar el pegamento de la suela y del ensamble montado</td></tr>
<tr><td>Identificar entradas:
Suela y ensamble con pegamento en la base</td><td>Identificar salidas:
Pegamento reactivado</td></tr>
</table>

Tabla 17. Levantamiento de procesos de montaje en prensado modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	PRENSADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Prensadora	
Proceso principal:	Prensado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se procede a unir la suela con el corte previamente puesto pega a continuación se coloca el zapato en la prensa durante unos minutos, luego se abre el contenedor y se tiene el zapato armado.	
Objetivo del proceso: Prensar el zapato	
Actividades:	
a. Unir suela y corte	
b. Prensar	
Identificar entradas: Suela y ensamble con pegamento reactivado	**Identificar salidas:** Zapato armado

Tabla 18. Levantamiento de procesos de montaje en enfriado modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	ENFRIADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Enfriadora de calzado	
Proceso principal:	Enfriado del calzado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Con el zapato terminado se ubica en la máquina enfriadora en la cual pasa alrededor de unos 3 minutos y pasa al proceso de deshormado.	
Objetivo del proceso: Enfriado del calzado	
Actividades:	
a. Enfriado de calzado	
Identificar entradas: Zapato armado	**Identificar salidas:** Zapato terminado

Tabla 19. Levantamiento de procesos de montaje en deshormado modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	DESHORMADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Deshormadora	
Proceso principal:	Deshormado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: En este punto se realiza el sacado del pasador provisional y se limpia el pegamento que puede estar en el cuero, por último se retira la horma en la máquina de deshormado para finalmente pase a la parte de acabado.	
Objetivo del proceso: Retirar la horma	
Actividades:	
a. Quitar pasador provisional	
b. Limpiar rebabas de pegamento	
c. Sacar horma	
Identificar entradas: Zapato terminado	**Identificar salidas:** Zapato sin horma

Tabla 20. Levantamiento de procesos de montaje en acabado modelos casual, deportivo y seguridad industrial

Nombre del producto:	**CASUAL, DEPORTIVO MUJER, SEGURIDAD INDUSTRIAL**
Nombre del proceso:	ACABADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Quemadora de hilos	
Proceso principal:	Acabado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Este proceso es el final para obtener un zapato terminado para el cliente final. Se comienza con la ubicación de la etiqueta de la talla; a continuación, se coloca la plantilla y se procede a quemar el excedente de hilos que se pueda visualizar en el zapato. Se pinta el zapato y se ubica el pasador para que quede listo para el empacado.	
Objetivo del proceso: Terminar el zapato	
Actividades:	
a. Colocar etiqueta de talla	
b. Colocar plantilla	
c. Quemar hilos	
d. Pintar zapato	
e. Limpiar suela y zapato	
f. Colocar pasador y formador	
g. Empacar	
Identificar entradas: Zapato, cartón, tinta negra, cordón	**Identificar salidas:** Zapato terminado y empacado

Empresa B - Línea a Inyección

En la Tabla 21 a la Tabla 28 se detallan los levantamientos de procesos del calzado de seguridad industrial perteneciente a la segunda empresa fabricante cuya línea de fabricación es a inyección, caracterizada por la limitada participación de recursos humanos durante el proceso de montaje el cual inicia con la preparación de horma y culmina en el acabado del calzado.

Tabla 21. Levantamiento de procesos de montaje en preparación de horma modelo seguridad a inyección

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INYECCIÓN**
Nombre del proceso:	PREPARACIÓN DE HORMA
Macro-proceso:	Montaje
Máquinas:	No aplica
Proceso principal:	Preparado de hormas
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se escoge las hormas que se van a utilizar para el armado según las tallas que se vayan a realizar en la inyectora.	
Objetivo del proceso: Preparar las hormas para el armado del corte de aparado	
Actividades:	
a. Escoger las hormas según las tallas a realizar	
Identificar entradas: Hormas y plantillas	**Identificar salidas:** Plantilla unida a la horma

Tabla 22. Levantamiento de procesos de montaje en armado de puntas modelo seguridad a inyección

<table>
<tr><th>Nombre del producto:</th><th>SEGURIDAD INYECCIÓN</th></tr>
<tr><td>Nombre del proceso:</td><td>ARMADO DE PUNTAS</td></tr>
<tr><td>Macro-proceso:</td><td>Montaje</td></tr>
<tr><td>Máquina:

Armadora de puntas</td><td></td></tr>
<tr><td>Proceso principal:</td><td>Armado de puntas</td></tr>
<tr><td>Responsable del área:</td><td>Personal de Producción</td></tr>
<tr><td>Información requerida de:</td><td>Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción del proceso:
Se ubica la horma en el corte y se coloca el forro interior de la capellada donde luego se coloca la punta de policarbonato y se vaporiza el corte por unos segundos, finalmente pasa a la máquina armadora de puntas donde se coloca el ensamble en la máquina y se presiona un pedal para empezar con el armado. El proceso finaliza cuando la máquina suelta el ensamble</td></tr>
<tr><td colspan="2">Objetivo del proceso:
Armar la punta del zapato</td></tr>
<tr><td colspan="2">Actividades:</td></tr>
<tr><td colspan="2">a. Colocar horma en corte</td></tr>
<tr><td colspan="2">b. Preformar el forro interior de la capellada</td></tr>
<tr><td colspan="2">c. Colocar punta de policarbonato</td></tr>
<tr><td colspan="2">d. Vaporizar corte</td></tr>
<tr><td colspan="2">e. Colocar pega en punta</td></tr>
<tr><td colspan="2">f. Conformar punta</td></tr>
<tr><td>Identificar entradas:
Corte aparado, horma, punta policarbonato</td><td>Identificar salidas:
Puntas armadas</td></tr>
</table>

Tabla 23. Levantamiento de procesos de montaje en rayado modelo seguridad a inyección

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INYECCIÓN**
Nombre del proceso:	RAYADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina:	No aplica
Proceso principal:	Rayado de corte
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Se toma un rayador para trazar el contorno de sobre el cuero para que esa zona sea cardada en el siguiente proceso.	
Objetivo del proceso: Rayar el cuero para el cardado	
Actividades:	
a. Rayar corte	
Identificar entradas: Puntas armadas	**Identificar salidas:** Ensamble rayado

Tabla 24. Levantamiento de procesos de montaje en cardado modelo seguridad a inyección

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INYECCIÓN**
Nombre del proceso:	CARDADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Cardadora	
Proceso principal:	Cardado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: En la máquina cardadora se procede a retirar el cuero sobrante el cual está señalado por la zona rayada del proceso anterior.	
Objetivo del proceso: Cardar las partes del cuero señaladas	
Actividades:	
a. Cardar los laterales por zona rayada	
b. Cardar minuciosamente los laterales	
Identificar entradas: Ensamble rayado	**Identificar salidas:** Ensamble cardado

Tabla 25. Levantamiento de procesos de montaje en inyección de suela modelo seguridad a inyección

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INYECCIÓN**
Nombre del proceso:	INYECCIÓN DE SUELA
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Inyectora de poliuretano	
Proceso principal:	Inyección
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Empezamos limpiando los moldes de la inyectora, procedemos a colocar los zapatos en los puestos necesarios según la talla y procedemos a inyectar para formar la suela.	
Objetivo del proceso: Formar la planta del zapato con la inyectora	
Actividades:	
a. Limpiar moldes	
b. Colocar hormas en moldes de inyectora	
c. Inyección al corte	
Identificar entradas: Ensamble cardado	**Identificar salidas:** Zapato con suela inyectada

Tabla 26. Levantamiento de procesos de montaje en refilado de suela modelo seguridad a inyección

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INYECCIÓN**
Nombre del proceso:	REFILADO DE SUELA
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Refiladora de suelas	
Proceso principal:	Refilado de suela
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Con la refiladora se retira los excesos que quedan en la suela para pasar al enfriamiento.	
Objetivo del proceso: Refilar excesos de suela	
Actividades:	
a. Eliminar excesos de suela	
Identificar entradas: Zapato con la suela inyectada	**Identificar salidas:** Zapato sin excesos de suela

Tabla 27. Levantamiento de procesos de montaje en enfriado modelo seguridad a inyección

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INYECCIÓN**
Nombre del proceso:	ENFRIADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Enfriadora de calzado	
Proceso principal:	Enfriado del calzado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica
Descripción del proceso: Con el zapato terminado se ubica en la máquina enfriadora en la cual pasa alrededor de unos 3 minutos y pasa al proceso final de acabado.	
Objetivo del proceso: Enfriado del calzado	
Actividades:	
a. Enfriado de calzado	
Identificar entradas: Zapato sin excesos de suela	**Identificar salidas:** Zapato terminado

Tabla 28. Levantamiento de procesos de montaje en acabado modelo seguridad inyección

Nombre del producto:	**SEGURIDAD INYECCIÓN**
Nombre del proceso:	ACABADO
Macro-proceso:	Montaje
Máquina: Quemadora de hilos	
Proceso principal:	Acabado
Responsable del área:	Personal de Producción
Información requerida de:	Entrevista con el Jefe de Producción, visita técnica

Descripción del proceso:

Se comienza con el retirado de la horma y se limpia las rebabas de poliuretano, se ubica la plantilla y se procede a quemar el excedente de hilos que se pueda visualizar en el zapato; además se limpia la suela, el zapato y finalmente se lo pinta para colocar los pasadores y quede listo para el empacado.

Objetivo del proceso:

Terminar el zapato para empacarlo

Actividades:

a. Retirado de horma

b. Limpiar rebabas de poliuretano

c. Colocar plantilla

d. Quemar hilos

e. Colocar laca en zapato

f. Limpiar suela y zapato

g. Colocar cordón

h. Empacar

Identificar entradas:	**Identificar salidas:**
Zapato, cartón, tinta negra, laca, cordón	Zapato terminado y empacado

4.2.2 Análisis de estudio de tiempos y movimientos

Parte del análisis de movimientos en el área de montaje se centra en la determinación del tiempo que toma cada una de las actividades que dan origen a los modelos de calzado pertenecientes a las empresas sobre las que se desarrolla la investigación; debido a la extensión de la información del estudio de tiempos realizado en una investigación independiente se presenta el resumen del estudio de tiempos detallado en la Tabla 29 a la Tabla 32 [22].

De acuerdo a la Tabla 29 se establece que el tiempo estándar para la fabricación del calzado casual de hombre de la Empresa A es de 20,14 min por cada par; destacando que la cantidad de trabajadores con que cuenta actualmente la empresa en el área de montaje es de 15 colaboradores.

Tabla 29. Resumen del estudio de tiempos del modelo casual [22]

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE CONVENCIONAL				
CÓDIGO: 00CA873		**MODELO:** CASUAL HOMBRE		
Procesos	**TN (min/par)**	**TS (min/par)**	**No. de trabajadores**	**Zonas en que existe máquinas**
Preparación de suelas	0,90	1,02	1	X
Preparación de hormas	0,80	0,90		
Preparación de corte	0,58	0,66	1	
Conformado de talón	1,26	1,41	1	X
Reformado de puntas	1,12	1,25	1	X
Colocar pega en laterales	0,66	0,74	2	
Armado de puntas	1,32	1,44	1	X
Armado de laterales y talón	1,44	1,58	1	X
Rayado de corte	1,28	1,44	1	
Cardado	1,29	1,42	2	X
Aplicar pegamento	1,30	1,46	1	
Reactivado	0,51	0,52	-	X
Prensado	1,04	1,14	2	X
Enfriado	0,5	0,5	-	X
Deshormado	1,32	1,52	1	X
TOTAL	**15,32**	**17,01**	**15**	

De acuerdo a la Tabla 30 se establece que el tiempo estándar para la fabricación del calzado deportivo para mujer de la Empresa A es de 18,35 min por cada par; mientras que la cantidad de trabajadores se mantiene constante a los trabajadores en el modelo anterior.

Tabla 30. Resumen del estudio de tiempos del modelo deportivo [22]

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE CONVENCIONAL				
CÓDIGO: 00SK567		**MODELO**: DEPORTIVO MUJER		
Procesos	**TN (min/par)**	**TS (min/par)**	**No. de trabajadores**	**Zonas en que existe máquinas**
Preparación de suelas	1,10	1,28	1	X
Preparación de hormas	0,92	1,04		
Preparación de corte	1,12	1,26	1	
Conformado de talón	1,28	1,42	1	X
Reformado de puntas	1,12	1,26	1	X
Colocar pega en laterales	0,78	0,90	2	
Armado de puntas	1,02	1,14	1	X
Armado de laterales y talón	1,46	1,62	1	X
Rayado de corte	1,20	1,34	1	
Cardado	1,60	1,75	2	X
Aplicar pegamento	1,38	1,56	1	
Reactivado	0,51	0,52	-	X
Prensado	1,06	1,20	2	X
Enfriado	0,50	0,50	-	X
Deshormado	1,34	1,56	1	X
TOTAL	**16,39**	**18,35**	**15**	

En base a la Tabla 31 se establece que el tiempo estándar para la fabricación del calzado de seguridad industrial en la línea de fabricación convencional de la Empresa A es de

20,95 min. por cada par, sin embargo en este caso la cantidad de colaboradores participantes disminuye debido a las actividades requeridas.

Tabla 31. Resumen del estudio de tiempos del modelo seguridad industrial [22]

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE CONVENCIONAL				
CÓDIGO: S09 **MODELO:** SEGURIDAD INDUSTRIAL				
Procesos	**TN (min/par)**	**TS (min/par)**	**No. de trabajadores**	**Zonas en que existe máquinas**
Preparación de suelas	2,44	2,72	1	X
Preparación de hormas	0,54	0,60		
Preparación de corte	2,66	3,06	1	
Conformado de talón	1,26	1,40	1	X
Armado de puntas	3,14	3,48	1	X
Armado de laterales y talón	0,92	1,04	1	X
Rayado de corte	1,24	1,30	2	
Cardado	1,30	1,44		X
Aplicar pegamento	2,20	2,25	2	
Reactivado	0,57	0,62	-	X
Prensado	1,76	1,97	2	X
Enfriado	0,63	0,63	-	X
Deshormado	0,40	0,44	1	X
TOTAL	**19,06**	**20,95**	**12**	

De acuerdo a la Tabla 32 se establece que el tiempo estándar para la fabricación del calzado de seguridad industrial de la Empresa B en la línea de producción a inyección corresponde a 7,16 min por cada par con la intervención de 9 colaboradores.

Tabla 32. Resumen del estudio de tiempos del modelo seguridad a inyección [22]

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE INYECCIÓN				
CÓDIGO: S09-I **MODELO:** SEGURIDAD INDUSTRIAL				
Procesos	**TN (min/par)**	**TS (min/par)**	**No. de trabajadores**	**Zonas en que existe máquinas**
Preparación de hormas	0,29	0,38	1	X
Armado de puntas	3,48	3,62	1	X
Rayado de corte	0,39	0,46	1	
Cardado	1,32	1,44	2	X
Inyección	0,11	0,16	2	X
Refilado de suela	0,47	0,54	2	X
Enfriado	0,50	0,56	-	X
TOTAL	**6,56**	**7,16**	**9**	

Llevar a cabo un estudio de tiempos resulta de suma importancia para el desarrollo de este proyecto debido a que esta herramienta da lugar a la optimización de la producción mediante la aplicación de diferentes métodos tales como: la medición de la capacidad de producción, la identificación y explotación de restricciones, entre otros.

4.2.3 Capacidad de producción del proceso de montaje

La capacidad de producción se define como el volumen de producción en un determinado período de tiempo, a partir de este valor se busca determinar uno de los indicadores más importantes para una empresa, al obtener información relevante como el tiempo de fabricación de los productos, la capacidad real de producción en base a combinaciones de productos, entre otros.

Capacidad Actual

Durante el proceso de investigación se pudo conocer que ninguna de las empresas participantes posee un estudio de tiempos o un valor de capacidad diaria de producción definido correctamente para cada modelo considerado en el proyecto; sin embargo, mediante una estimación empírica por parte del jefe de producción de cada empresa se

establece una capacidad promedio de producción de 160 pares por turno para el montaje convencional perteneciente a la Empresa A y de 120 pares por turno para la línea de montaje a inyección correspondiente a la Empresa B; el valor de la capacidad planteada para la Empresa A se define tomando en cuenta una producción combinada de los 3 modelos considerados.

Capacidad efectiva calculada

Para el cálculo de la capacidad de producción se procede a tomar el valor del tiempo estándar mostrado en las Tablas 29, 30, 31 y 32 para los modelos casual, deportivo mujer, seguridad industrial y seguridad industrial a inyección de las empresas A y B, respectivamente. En base al tiempo estándar se procede a aplicar la ecuación 9 para realizar la conversión de min/par a hora/par.

$$\mathrm{TS}\left(\frac{\text{hora}}{\text{par}}\right) = \mathrm{TS}\left(\frac{\text{min}}{\text{par}}\right) * \frac{1\ \text{hora}}{60\ \text{min}} \tag{9}$$

Una vez obtenido el valor de conversión, se emplea la ecuación 4 para calcular la capacidad de producción cuyas unidades son par/hora; sin embargo, es importante que para este estudio se obtenga el volumen de producción por turno, para ello se hace uso de la ecuación 10. Debido a que la investigación se enfoca en las pequeñas y medianas empresas productoras de calzado de cuero se establece que el número de turnos es de 1 con un valor de 8 horas en dicho turno.

$$\mathrm{CP}\left(\frac{\text{pares}}{\text{turno}}\right) = \mathrm{CP}\left(\frac{\text{pares}}{\text{hora}}\right) * \frac{8\ \text{horas}}{1\ \text{turno}} \tag{10}$$

Con el fin de ejemplificar la aplicación del grupo de ecuaciones descrito se procede a emplear el tiempo estándar del proceso de preparación de suelas del modelo casual que se muestra en la Tabla 29.

$$\mathrm{TS}\left(\frac{\text{hora}}{\text{par}}\right) = 1{,}03\left(\frac{\cancel{\text{min}}}{\text{par}}\right) * \frac{1\ \text{hora}}{60\ \cancel{\text{min}}} = 0{,}01716\,\frac{\text{horas}}{\text{par}}$$

$$\mathrm{CP}\left(\frac{\text{pares}}{\text{hora}}\right) = \frac{1}{0{,}01716\,\frac{\text{horas}}{\text{par}}} = 58\,\frac{\text{pares}}{\text{hora}}$$

$$\text{CP}\left(\frac{\text{pares}}{\text{turno}}\right) = \quad 58\frac{\text{pares}}{\cancel{\text{hora}}} * \frac{8\ \cancel{\text{horas}}}{1\ \text{turno}} = 466\frac{\text{pares}}{\text{turno}}$$

En las Tablas 33, 34, 35 y 36 se muestran los resultados obtenidos con el cálculo realizado anteriormente para cada proceso de los modelos casual, deportivo, seguridad industrial y seguridad industrial a inyección, respectivamente.

Tabla 33. Cálculo de la capacidad por turno modelo casual

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE CONVENCIONAL			
CÓDIGO: 00CA873		**MODELO:** CASUAL HOMBRE	
Procesos	**TS (min/par)**	**CP (pares/hora)**	**CP por turno (par/turno)**
Preparación de suelas	1,03	58	466
Preparación de hormas	0,90	67	533
Preparación de corte	0,66	91	727
Conformado de talón	1,39	43	345
Reformado de puntas	1,02	59	471
Colocar pega en laterales	0,74	81	649
Armado de puntas	1,33	45	361
Armado de laterales y talón	1,27	47	378
Rayado de corte	1,43	42	336
Cardado	1,40	43	343
Aplicar pegamento	1,12	54	429
Reactivado	0,52	115	923
Prensado	1,03	58	466
Enfriado	0,50	120	960
Deshormado	1,53	39	314

Tabla 34. Cálculo de capacidades por turno modelo deportivo

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE CONVENCIONAL			
CÓDIGO: 00SK567		**MODELO:** DEPORTIVO MUJER	
Procesos	**TS (min/par)**	**CP (pares/hora)**	**CP por turno (par/turno)**
Preparación de suelas	1,27	47	378
Preparación de hormas	1,03	58	466
Preparación de corte	1,26	48	381
Conformado de talón	1,40	43	343
Reformado de puntas	1,02	59	471
Colocar pega en laterales	0,89	67	539
Armado de puntas	1,31	46	366
Armado de laterales y talón	1,29	47	372
Rayado de corte	1,33	45	361
Cardado	1,72	35	279
Aplicar pegamento	1,15	52	417
Reactivado	0,52	115	924
Prensado	1,07	56	449
Enfriado	0,50	120	960
Deshormado	1,55	39	310

Tabla 35. Cálculo de capacidades por turno modelo seguridad industrial

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE CONVENCIONAL			
CÓDIGO: S09		**MODELO:** SEGURIDAD INDUSTRIAL	
Procesos	**TS (min/par)**	**CP (pares/hora)**	**CP por turno (par/turno)**
Preparación de suelas	2,72	22	178
Preparación de hormas	0,59	100	814
Preparación de corte	3,07	20	156
Conformado de talón	1,37	43	350
Armado de puntas	3,46	17	139
Armado de laterales y talón	1,04	58	462
Rayado de corte	1,3	46	369
Cardado	1,42	42	338
Aplicar pegamento	2,51	24	191
Reactivado	0,62	97	774
Prensado	1,82	30	263
Enfriado	0,63	95	762
Deshormado	0,45	136	1067

Tabla 36. Cálculo de capacidades de producción modelo seguridad industrial a inyección

LÍNEA DE PRODUCCIÓN MONTAJE INYECCIÓN			
CÓDIGO: S09-I	**MODELO:** SEGURIDAD INDUSTRIAL		
Procesos	**TS (min/par)**	**CP (pares/hora)**	**CP por turno (par/turno)**
Preparación de hormas	0,38	158	1263
Armado de puntas	3,62	17	133
Rayado de corte	0,46	130	1043
Cardado	1,44	42	333
Inyeccion	0,16	375	3000
Refilado de suela	0,54	111	889
Enfriado	0,56	107	857

4.2.4 Modelo de planificación de producción propuesto para el área de montaje

La investigación, que se enfoca en el área de montaje, propone un modelo de planificación de la producción, centrado en los parámetros y condiciones de producción propias de la sección, de manera que se aprovechen al máximo los recursos y limitaciones en las dos empresas. Para ello, se requiere desarrollar una serie de pasos descritos a continuación:

- *Aplicar la Teoría de Restricciones (TOC) al proceso de montaje*

  En este punto se desarrollan los 3 primeros pasos de los 5 pasos planteados en TOC, iniciando con la determinación de todos los recursos restringidos y cuellos de botella del área de montaje al identificar los procesos cuya capacidad sea inferior a la demanda requerida, para posteriormente decidir cómo explotar las restricciones y subordinar el proceso a las mismas.
- *Utilización de curvas de demanda por modelo*

  Requiere del desarrollo del próstico de ventas y plan maestro de producción, cuya información determina la cantidad a producir por cada talla y modelo del total mensual requerido. Para lograrlo se calculan porcentajes respecto a la importancia relativa de cada segmento, que se define mediante los pedidos por talla registrados en históricos de ventas.

- *Desarrollar el cálculo de la capacidad ponderada considerando el mix de modelos*

  Para desarrollar una producción en base a la combinación de modelos no es suficiente conocer la capacidad de producción de cada uno, pues se requiere obtener un valor promedio real de producción conocido como capacidad ponderada, que depende estrechamente de la demanda requerida por modelo y de turnos que se necesitan para satisfacer un pedido.
- *Secuenciación de tiempos de producción por sub ensamble*

  En este punto se desarrolla el cálculo de turnos de trabajo y se integran las investigaciones correspondientes a los sub ensambles restante, con el fin de asignar turnos de producción distribuidos en base a las políticas de producción de las empresas participantes.

Una vez que se han descrito las pautas que dan origen al modelo de planificación propuesto para el área de montaje, se procede a desarrollar cada metodología y herramienta mencionada de manera que se asegure el proceso de optimización de producción [23].

4.2.5 Identificación de restricciones

Durante el desarrollo de los procesos productivos en el sub ensamble de montaje se presentan una serie de limitaciones que impiden que se cumpla con el objetivo de producción planteado; sin embargo, la identificación de dichas limitaciones dan paso a la aplicación de métodos que permitan explotar las restricciones mejorando las condiciones de producción.

Dado que la teoría de restricciones comprende un proceso completo de mejora continua se establece que para el presente proyecto únicamente se completarán los 3 primeros pasos de un total de 5 definidos en dicha teoría, debido que para el desarrollo del modelo de planificación de la producción se necesita únicamente de la identificación y formas de explotación de las restricciones.

- *Identificación del cuello de botella*

Para el desarrollo de esta investigación se establece que mediante el análisis y observación del proceso de montaje se han identificado 2 restricciones que limitan el desarrollo

productivo de la empresa; la primera se enfoca en la capacidad de producción existente por modelo y la segunda marca relación con la cantidad existente de uno de los recursos de materiales utilizados.

En la Tabla 37 se describen los procesos que limitan alcanzar el objetivo de producción deseado dada la capacidad de producción que se tiene para cada uno de los modelos en estudio.

Tabla 37. Identificación de restricción - Capacidad de producción

Modelo	Proceso	CP por turno (par/turno)
Casual	Deshormado	314
Deportivo mujer	Cardado	279
Seguridad industrial "convencional"	Armado de puntas	139
Seguridad industrial "inyección"	Armado de puntas	133

En la Tabla 38 se describe una de las principales restricciones en el proceso de montaje enfocado a los recursos materiales, pues la cantidad de hormas existentes limita y condiciona la producción.

Tabla 38. Identificación de restricciones - Recursos materiales

INVENTARIO DE HORMAS										
MODELO	TALLAS									TOTAL
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
Casual	-	4	11	16	18	20	14	6	3	**92**
Deportivo mujer	7	14	15	9	4	3	-	-	-	**52**
Seguridad industrial "convencional"	2	8	14	15	19	21	18	14	3	**114**
Seguridad industrial "inyección"	-	7	13	15	19	18	16	14	3	**105**

- *Decidir cómo explotar el cuello de botella*

Una vez que se han identificado las restricciones en el sub ensamble de montaje se busca aprovechar las limitaciones de manera que se optimice el proceso productivo, para ello se toman en consideración las siguientes acciones sobre cada limitante:

- Se busca que el primer limitante sea aprovechado a través de la programación de la producción, para ello los valores mostrados en la Tabla 37 se utilizan en la obtención de un estándar de producción mensual basado en la capacidad mínima del cuello de botella identificado.
- Debido a que la cantidad de hormas existentes en cada modelo evitan que se incremente el volumen de fabricación diario se procede a desarrollar el programa de producción en base a la combinación de los 3 modelos de calzado que siguen la misma línea de fabricación, con ello se asegura el cumplimiento de la demanda pronosticada y se minimizan los tiempos improductivos.

  Dentro de montaje se establece que por turno se emplean aproximadamente 258 pares de hormas combinados entre los modelos de la línea convencional de fabricación, mientras que para la línea a inyección se cuenta con 105 pares de hormas.
- *Subordinar al resto en base a las desiciones anteriores*

Dentro de este estudio se considera como paso final que el programa de producción se desarrolla en base al ritmo que marcan las restricciones identificadas tal como se describe en las decisiones descritas en el paso anterior con el fin de no sobrecargar el sistema de producción en montaje.

En este proceso resulta complicado subordinar la restricción con el incremento de maquinarias, pues su inversión es demasiado alta; por esta razón se procede a definir el tiempo de producción por pedido, generando un límite de tiempo de entrega de los sub ensambles de troquelado y aparado, los cuales pueden manipular los recursos que poseen con mayor facilidad, haciendo más rápido su proceso de fabricación.

4.3 Análisis de la demanda

El desarrollo de esta sección consiste en determinar los requerimientos del mercado al identificar la necesidad que existe del producto ofertado por cada empresa; para

determinar la demanda se hace uso del pronóstico estacional en función a los históricos de ventas registrados en años anteriores, definiendo los picos mas altos y bajos de ventas.

4.3.1 Datos históricos de ventas

El análisis de las ventas realizadas en los últimos años comprende un paso fundamental para la investigación, pues es importante conocer el desarrollo evolutivo que se ha registrado de los modelos de calzado, con el objetivo principal de predecir las ventas que se podrían generar en un período a mediano plazo para cada organización.

Uno de los aspectos más importantes al analizar los datos históricos de las ventas de un producto hace referencia a la determinación de estacionalidades, es decir que permite conocer el incremento o reducción de la demanda en determinadas épocas de año.

En la Tabla 39 se muestran las ventas registradas de los modelos casual, deportivo, seguridad industrial y la agrupación del resto de modelos de la Empresa A, además se presenta el modelo de seguridad industrial a inyección de la Empresa B junto con la agrupación de los modelos restantes producidos en la misma durante el período de Junio del 2014 a Mayo del 2016, dichos valores fueron entregados por el área de ventas de cada una de las empresas participantes.

La Tabla 39 incluye una columna denominada como “Otros modelos-Convencional” y otra como “Otros modelos-Inyección”, las cuales contienen la suma total de los modelos restantes que se fabrican en cada organización. Este hecho tiene lugar debido a que resulta fundamental considerar la totalidad de la producción con el propósito de desarrollar un modelo adecuado para la planificación de recursos y producción.

Tabla 39. Datos históricos de ventas 2014-2016

Año	Período	Mes	EMPRESA A – LÍNEA CONVENCIONAL				EMPRESA B – LÍNEA INYECCIÓN	
			Casual hombre (pares)	Deportivo mujer (pares)	Seguridad I. (pares)	Otros modelos (pares)	Seguridad I. (pares)	Otros modelos (pares)
2014 - 2015	1	Junio	267	603	716	5.266	1.034	2093
	2	Julio	149	413	1.467	4.643	1.687	3414
	3	Agosto	162	495	514	7.743	774	1567
	4	Septiembre	103	473	517	5.197	863	1747
	5	Octubre	125	352	488	5.784	833	1686
	6	Noviembre	98	354	644	4.980	1.034	2093
	7	Diciembre	97	279	912	8.474	1.274	2578
	8	Enero	105	288	483	2.041	710	1437
	9	Febrero	181	426	1.462	5.944	2.148	4347
	10	Marzo	119	645	1.011	5.121	1.486	3008
	11	Abril	95	467	729	5.342	1.071	2168
	12	Mayo	195	715	582	6.784	855	1730
2015 - 2016	13	Junio	219	505	682	5.370	1.001	2026
	14	Julio	120	359	1.102	4.777	1.619	3277
	15	Agosto	130	570	497	7.441	730	1477
	16	Septiembre	91	436	551	4.811	809	1637
	17	Octubre	140	336	513	6.149	754	1526
	18	Noviembre	102	360	665	4.855	977	1977
	19	Diciembre	93	315	839	8.680	1.233	2495
	20	Enero	85	268	393	3.214	577	1168
	21	Febrero	138	472	982	5.377	1.442	2918
	22	Marzo	86	501	717	4.875	1.054	2133
	23	Abril	103	475	571	5.374	839	1698
	24	Mayo	154	509	371	6.467	545	1103

En base a los datos registrados en la Tabla 39 de la Empresa A se obtuvo la Fig. 10 que se caracteriza por la presencia de dos ejes verticales; el eje del lado izquierdo marcan el rango de la demanda correspondiente a los modelos casual, deportivo y seguridad industrial; mientras que el eje derecho que posee una escala mayor de demanda corresponde únicamente a la línea de tendencia denominada "Otros modelos". El producto obtenido entre los ejes horizontal y verticales comprende el patrón de las ventas de los pares de calzado de cada modelo estudiado durante el período del 2014 al 2016.

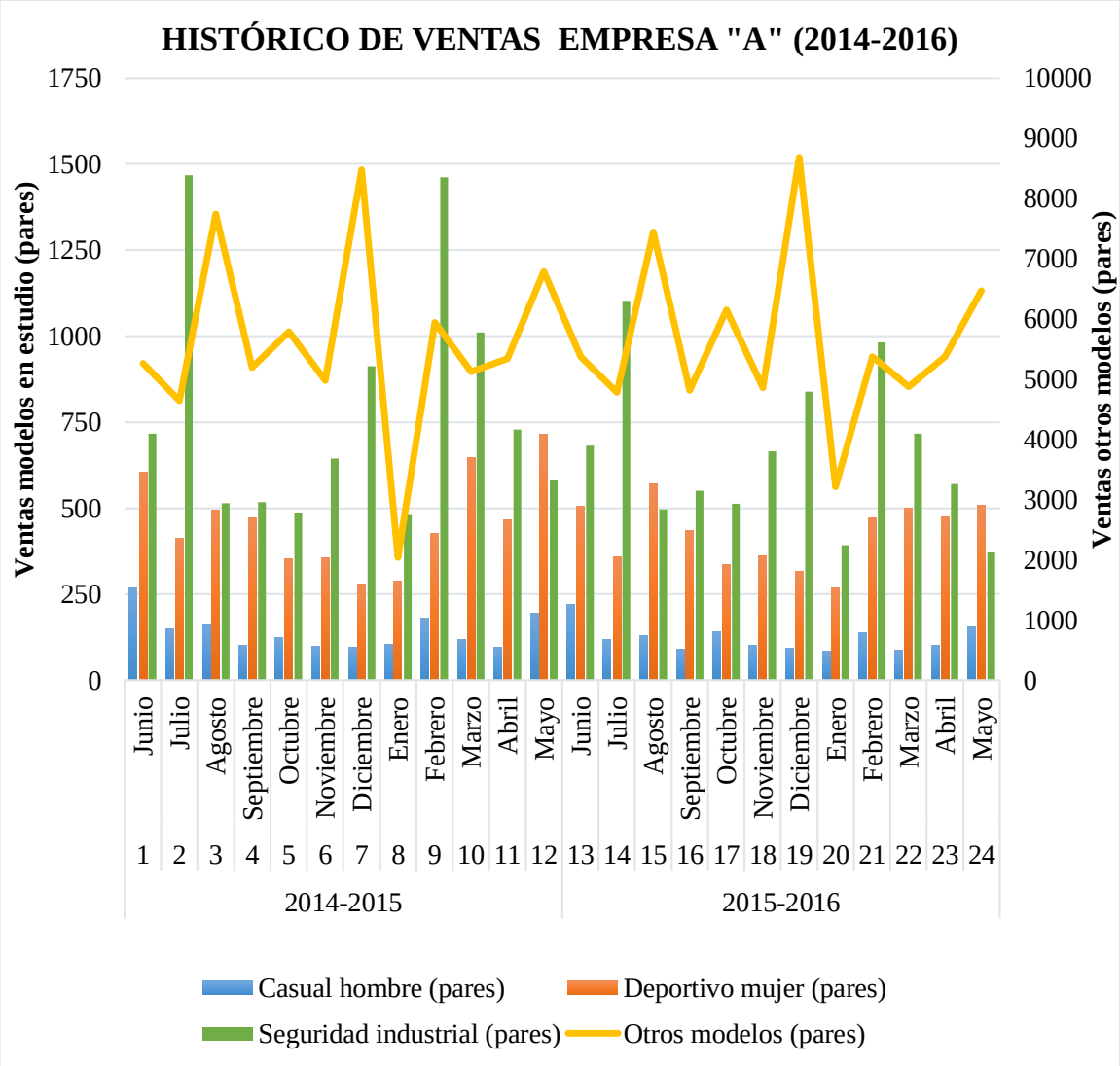


Fig. 10. Análisis de ventas de los modelos de calzado Empresa A período 2014-2016

Mediante la Fig. 10 se puede establecer que la mayor cantidad de pares vendidos pertenecen al modelo de seguridad industrial, seguido del deportivo de mujer, mientras que el modelo casual resulta tener menor demanda. Las múltiples variaciones identificadas corresponden a los movimientos que cada uno de los modelos ha adoptado

con el transcurso de los meses, siendo así, que para cada uno de ellos se identifica una fecha en la que alcanza su punto máximo y mínimo de ventas.

En cuanto a la demanda se puede observar en la Fig. 10 una línea de tendencia bastante elevada correspondiente a “Otros modelos”, la misma que toma esa tendencia debido a que agrupa una cantidad considerable de modelos restantes (Anexo 1).

A partir de la Tabla 39 se genera la Fig 11 en que se visualizan las variaciones de las ventas registradas por el modelo estrella de la Empresa B y de la agrupación de sus modelos restantes, los mismos que se elaboran bajo la línea de montaje a inyección.

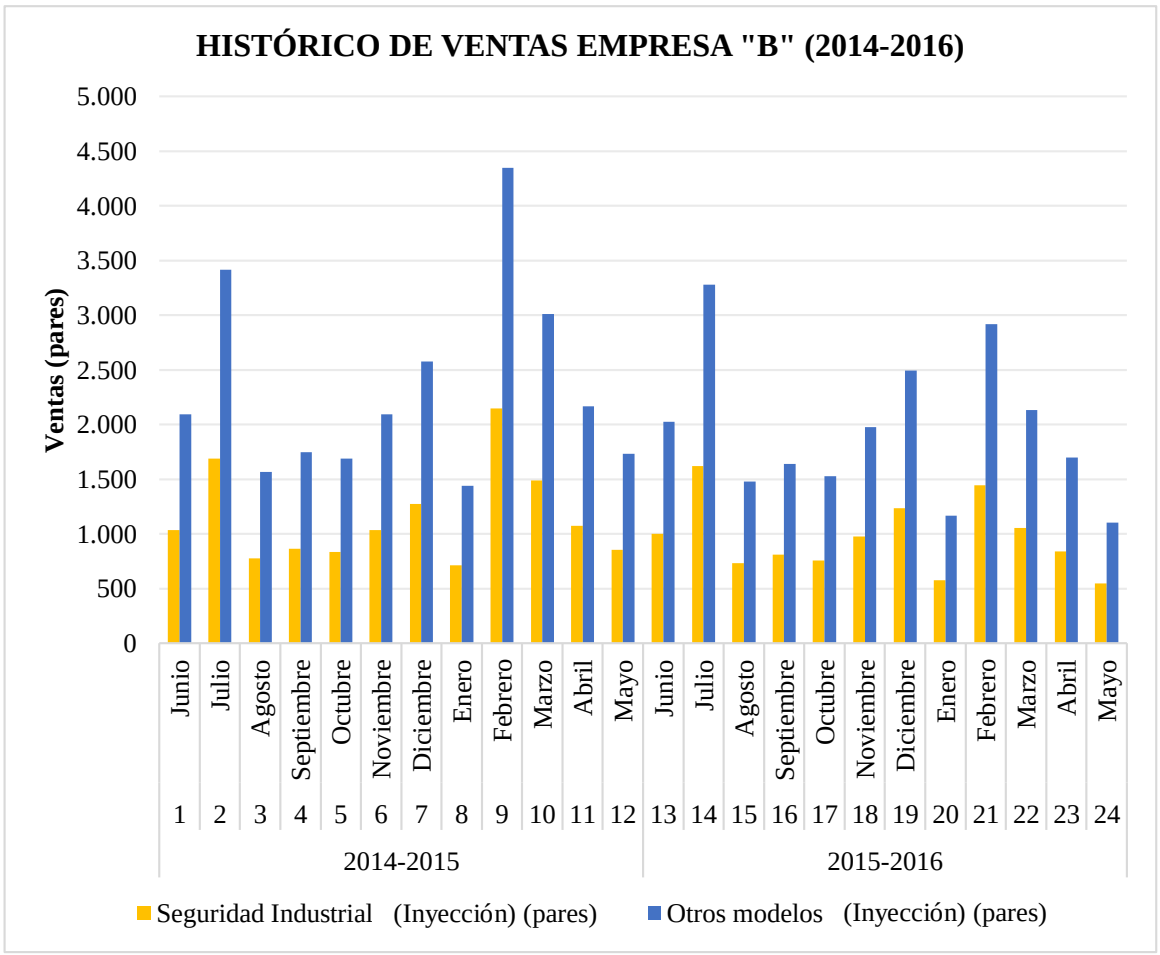


Fig. 11. Análisis de ventas de los modelos de calzado Empresa B período 2014-2016

Como se puede notar las demandas obtenidas en las dos empresas presenta una serie de fluctuaciones periódicas que se ven influenciadas por factores que afectan las series de tiempo del pasado y que continúan afectando a series de tiempos futuras; por esta razón, se hace énfasis en el uso de índices estacionales para el manejo futuro de un pronóstico

más acertado. En función a lo mencionado se decide emplear un modelo cuantitativo de series de tiempo estacionales para la elaboración del pronóstico de cada organización.

4.3.2 Pronóstico de ventas

El pronóstico representa una de las partes más importantes en el desarrollo de la investigación dado que a través de éste se pueden tomar decisiones sobre las cantidades a producir para satisfacer la demanda y generar inventarios; es por ello, que el pronóstico de ventas debe acercarse lo más posible a la realidad reduciendo el porcentaje de incertidumbre.

Para la obtención de datos futuros en este estudio se aplica un pronóstico basado en el análisis de series de tiempo, ya que se emplea la información relacionada a los históricos de ventas para predecir la demanda futura tomando en cuenta el análisis de factores como tendencias estacionales. Adicionalmente, se pone en marcha un pronóstico de mediano plazo empleando el método de regresión lineal con factor estacional para un período a analizar de 1 año.

Para dar paso al cálculo del pronóstico, acorde al modelo cuantitativo seleccionado, se emplean los datos mostrado en la Tabla 39, describiendo su desarrollo en los siguientes pasos:

Paso 1: Calcular el índice estacional

El índice estacional representa un valor de correlación empleado para que el pronóstico se ajuste a las estaciones del año; para ello, se calcula el valor promedio de las ventas mensuales de los dos años en estudio, descritos en la columna "Promedio". Adicionalmente se genera la suma de los 24 meses en ventas registradas que contiene el período considerado con el fin de calcular otro promedio nombrado en la Tabla 40 como "Promedio General".

Finalmente, se calcula el valor del factor estacional empleando la ecuación 11, con el objetivo de explicar el proceso del cálculo se presenta un ejemplo empleando información correspondiente al modelo casual en donde el valor promedio de ventas del mes 1 del período es de 243 pares y el valor del promedio general es de 132 pares.

$$\mathrm{FE}_1 = \frac{\text{Promedio}}{\text{Promedio General}} = \frac{243\ \cancel{\text{pares}}}{132\ \cancel{\text{pares}}} = 1{,}85 \qquad (11)$$

Posteriormente, se repite el cálculo mostrado para cada mes del período 2014-2016 obteniendo así el factor estacional mensual mostrado en la Tabla 40.

Tabla 40. Factor estacional mensual modelo casual

CODIGO:	**00CA876**		**MODELO:**	**CASUAL**

MES	**VENTAS (2014-2015) (pares)**	**VENTAS (2015-2016) (pares)**	**PROMEDIO (pares)**	**FE**
1	267,00	219,00	243,00	1,85
2	149,00	120,00	135,00	1,02
3	162,00	130,00	146,00	1,11
4	103,00	91,00	97,00	0,74
5	125,00	140,00	133,00	1,01
6	98,00	102,00	100,00	0,76
7	97,00	93,00	95,00	0,72
8	105,00	85,00	95,00	0,72
9	181,00	138,00	160,00	1,21
10	119,00	86,00	103,00	0,78
11	95,00	103,00	99,00	0,75
12	195,00	154,00	175,00	1,33
TOTAL	1696,00	1461,00	**3157,00**	

PROMEDIO GENERAL	**132,00**

Paso 2: Desestacionalizar la serie de datos históricos

En este paso se busca descomponer el valor estacional de los históricos de ventas en cada período mostrado en la Tabla 40, de manera que se eliminen las fluctuaciones presentadas y se revele la tendencia que sigue el ciclo definido.

Para desestacionalizar los datos de ventas del modelo casual se proceden a dividir las ventas de cada mes con el factor estacional (Tabla 40) obteniendo los datos que se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41. Desestacionalización de datos modelo casual

DESESTACIONALIZACION		
Mes	**Ventas (2014-2015)**	**Ventas (2015-2016)**
1	145,00	119,00
2	146,00	117,00
3	146,00	117,00
4	140,00	123,00
5	124,00	139,00
6	129,00	134,00
7	134,00	129,00
8	145,00	118,00
9	149,00	114,00
10	153,00	110,00
11	126,00	137,00
12	147,00	116,00

Paso 3: Aplicar el método de los mínimos cuadrados con los datos desestacionalizados

El principal objetivo en este paso es obtener los parámetros de la ecuación 1 con el propósito de conocer la recta de la tendencia que siguen las ventas del modelo casual, una vez que se han desestacionalizado, para que posteriormente los valores pronosticados sean modificados con el factor estacional.

En la Tabla 42 se observa el desarrollo del procedimiento para el cálculo de la ecuación a través del método de los mínimos cuadrados empleando los valores mostrados en la Tabla 41.

Tabla 42. Análisis de regresión para los datos desestacionalizados del modelo casual

2014 - 2015					2015 – 2016				
X	**Y**	**Y^2**	**X^2**	**XY**	**X**	**Y**	**Y^2**	**X^2**	**XY**
1	145	20890	1	145	**13**	119	14054	169	1541
2	146	21235	4	291	**14**	117	13774	196	1643
3	146	21304	9	438	**15**	117	13719	225	1757
4	140	19510	16	559	**16**	123	15229	256	1974
5	124	15400	25	620	**17**	139	19318	289	2363
6	129	16618	36	773	**18**	134	18002	324	2415
7	134	18039	49	940	**19**	129	16582	361	2447
8	145	21138	64	1163	**20**	118	13852	400	2354
9	149	22282	81	1343	**21**	114	12953	441	2390
10	153	23322	100	1527	**22**	110	12181	484	2428
11	126	15933	121	1388	**23**	137	18730	529	3148
12	147	21608	144	1764	**24**	116	13477	576	2786

En base a los datos mostrados en la Tabla 42 se establece que la sumatoria de los valores de X es de 300, Y equivale a 3157, Y^2 toma un valor de 419148, X^2 equivale a 4900 y el valor de XY es de 38199. En adición a dichos valores se considera que n = 24, seguido a ello se aplican las ecuaciones 12 y 13 para la obtención de los valores de a y b, respectivamente.

$$a = \frac{(x^2 * y) - (x * y)}{(n * x^2) - x^2} \quad (12)$$

$$a = 145{,}28$$

$$b = \frac{(n*xy)-(x*y)}{(n*x^2)-x^2} \quad (13)$$

$$b = -1{,}098$$

Finalmente, se reemplazan los valores de a y b encontrados en la ecuación 1, obteniendo la siguiente ecuación de la recta de la tendencia Y:

$$y = 145{,}28 - 1{,}098x$$

Paso 4: Se calculan el valor correspondiente al pronóstico de los períodos 25 a 36 a través del uso de la ecuación de tendencia establecida en el paso anterior.

Paso 5: Ajuste del pronóstico usando el factor estacional.

Debido a que los resultados obtenidos en el paso 4 no consideran las variaciones estacionales se procede a multiplicar el valor obtenido en la ecuación de tendencia por el factor estacional del mes correspondiente. El siguiente ejemplo se realiza con el período 25 que se desea pronosticar:

$$y_{25} = 145{,}28 - 1{,}098(25) = 958.672$$

$$\text{Venta}_{25} = 117{,}805 * 1.85 = 218 \text{ pares}$$

En la Tabla 43 se puede observar el valor correspondiente a los pasos anteriormente mencionados con el propósito principal de obtener el valor final del pronóstico de ventas del modelo casual para hombre considerando el ajuste con el factor estacional.

Tabla 43. Pronóstico de regresión con ajuste estacional modelo casual

Año	Mes	X	DD	FE	Ventas (pares)
2016	Junio	25	117,81	1,85	218
	Julio	26	116,71	1,02	119
	Agosto	27	115,61	1,11	128
	Septiembre	28	114,51	0,74	84
	Octubre	29	113,41	1,01	114
	Noviembre	30	112,31	0,76	85
	Diciembre	31	111,21	0,72	80
2017	Enero	32	110,11	0,72	80
	Febrero	33	109,01	1,21	132
	Marzo	34	107,92	0,78	84
	Abril	35	106,82	0,75	80
	Mayo	36	105,72	1,33	140

En la Fig. 12 se puede visualizar una comparación de las ventas registradas en los dos períodos anteriores con las pronosticadas para el período 2016-2017, en donde se puede comprobar que la curva obtenida conserva las fluctuaciones de picos altos y bajos propios de cada mes.

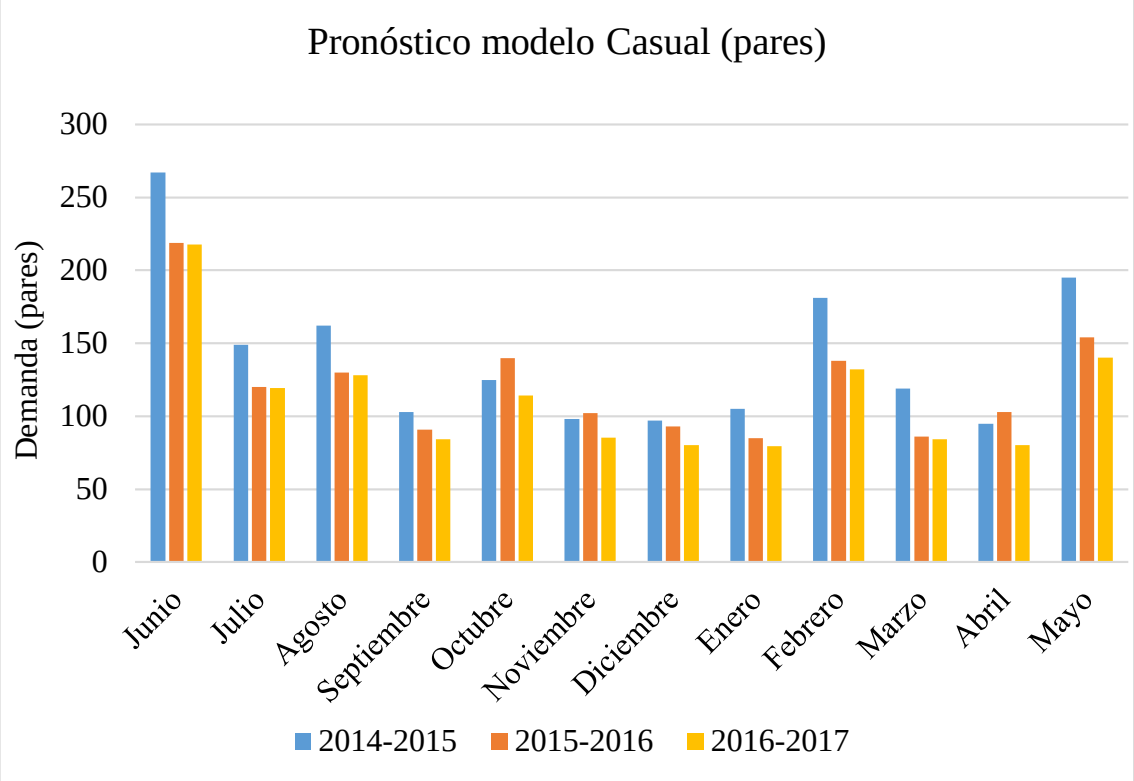


Fig. 12. Estacionalidad del pronóstico mensual modelo casual

En la Tabla 44 se muestran los resúmenes del cálculo del pronóstico para los modelos deportivo mujer, seguridad industrial y otros modelos pertenecientes a la Empresa A, mientras que en la Tabla 45 se observa el resumen del pronóstico de los modelos de seguridad industrial y otros modelos fabricados a inyección en la Empresa B. Adicionalmente, en el Anexo 3 se visualiza la curva del pronóstico para los productos antes mencionados de las dos empresas.

Tabla 44. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa A

Año	Mes	X	Deportivo mujer			Seguridad I. "convencional"			Otros modelos		
			DD	FE	Ventas (pares)	DD	FE	Ventas (pares)	DD	FE	Ventas (pares)
2016	Junio	25	421,9	1,3	528	634,1	0,9	611	634,1	7,3	4649
	Julio	26	420,3	0,9	367	626,8	1,8	1110	626,8	6,5	4070
	Agosto	27	418,7	1,2	504	619,5	0,7	432	619,5	10,5	6484
	Septiembre	28	417,0	1,0	429	612,2	0,7	451	612,2	6,9	4224
	Octubre	29	415,4	0,8	323	604,9	0,7	417	604,9	8,2	4976
	Noviembre	30	413,8	0,8	334	597,6	0,9	539	597,6	6,8	4052
	Diciembre	31	412,2	0,7	277	590,3	1,2	713	590,3	11,8	6980
2017	Enero	32	410,6	0,6	258	583,0	0,6	352	583,0	3,6	2112
	Febrero	33	408,9	1,0	415	575,7	1,7	970	575,7	7,8	4493
	Marzo	34	407,3	1,3	528	568,4	1,2	677	568,4	6,9	3917
	Abril	35	405,7	1,1	432	561,1	0,9	503	561,1	7,4	4145
	Mayo	36	404,0	1,4	559	553,8	0,7	364	553,8	9,1	5059

Tabla 45. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa B

Año	Mes	X	Seguridad Industrial "inyección"			Otros modelos "inyección"		
			DD	FE	Ventas (pares)	DD	FE	Ventas (pares)
2016	Junio	25	917,6	0,9	884	1856,9	1,1	1789
	Julio	26	906,5	1,6	1419	1834,5	1,5	2871
	Agosto	27	895,4	0,7	638	1812,1	0,7	1290
	Septiembre	28	884,3	0,8	700	1789,6	0,6	1417
	Octubre	29	873,3	0,8	656	1767,2	0,8	1328
	Noviembre	30	862,2	0,9	821	1744,7	0,9	1661
	Diciembre	31	851,1	1,2	1010	1722,3	1,3	2044
2017	Enero	32	840,1	0,6	512	1699,8	0,6	1036
	Febrero	33	828,9	1,7	1409	1677,4	1,7	2850
	Marzo	34	817,9	1,2	983	1654,9	1,4	1990
	Abril	35	806,8	0,9	729	1632,5	0,9	1476
	Mayo	36	795,7	0,7	527	1610,1	0,6	1067

4.3.3 Planes agregados de producción para el proceso de montaje

La elaboración de un plan agregado de producción tiene como finalidad determinar estrategias que satisfagan los requerimientos de producción, dentro de esta herramienta se determinan factores como la cantidad de producción, fuerza laboral, nivel de inventario y capacidad de producción.

Para el proceso de montaje es importante considerar tres posibles planes agregados de producción, cuyo propósito es ajustarse a las condiciones en que se desarrolla el proceso en cada una de las empresas participantes. Uno de los aspectos más importantes durante la aplicación de la planeación de la producción se enfoca en evaluar el costo que representa cada uno de los recursos mencionados con relación a diferentes planes de manera que mediante un análisis comparativo se elija el de mayor rentabilidad.

Antes de dar paso al desarrollo de cada uno de los planes de producción resulta fundamental conocer la manera en que se obtuvieron los resultados de las diferentes variables consideradas en todas las propuestas de planeación tales como número de trabajadores y capacidad empleada por máquina.

Cálculo de la necesidad de trabajadores Empresa A

En las Tablas 46 y 47 se describe el cálculo de la necesidad de recurso humano correspondiente a los modelos casual y deportivo de mujer pertenecientes a la Empresa A, obtenido mediante la subordinación del proceso con menor capacidad para cada modelo, equivalente al cuello de botella. El cálculo para el número de trabajadores se da con la división entre la capacidad de producción mínima y la capacidad de producción del resto de procesos, tal como se indica en el siguiente ejemplo al aplicar la ecuación 14:

$$\text{RRHH ideal} = \frac{\text{CP mínima por turno}}{\text{Cp por turno de cada actividad}} \tag{14}$$

$$\text{RRHH ideal preparación de suelas} = \frac{314\ \text{pares/turno}}{466\text{pares/turno}} = \ 0{,}67$$

Este proceso se aplica con cada actividad de manera que se sume cada valor obtenido generando un resultado de 12 trabajadores para los dos modelos de la primer empresa.

Tabla 46. Necesidad de recurso humano modelo casual- Empresa A

CASUAL HOMBRE				
Procesos	**CP por turno (par/turno)**	**No. de trabajadores actual**	**CU (%)**	**Propuesta recursos humanos ideal**
Preparación de suelas	466	1	67%	0,67
Preparación de hormas	533		59%	0,59
Preparación de corte	727	1	43%	0,43
Conformado de talón	345	1	91%	0,91
Reformado de puntas	471	1	67%	0,67
Colocar pega en laterales	649	2	48%	0,48
Armado de puntas	361	1	87%	0,87
Armado de laterales y talón	378	1	83%	0,83
Rayado de corte	336	1	93%	0,93
Cardado	343	2	92%	0,92
Aplicar pegamento	429	1	73%	0,73
Reactivado	923	-	34%	-
Prensado	466	2	67%	0,67
Enfriado	960	-	33%	-
Deshormado	314	1	100%	1,00
Total	**7.700**	**15**		**12,00**

Tabla 47. Necesidad de recurso humano modelo deportivo mujer – Empresa A

DEPORTIVO MUJER				
Procesos	**CP por turno (par/turno)**	**No. de trabajadores actual**	**CU (%)**	**Propuesta recursos humanos ideal**
Preparación de suelas	378	1	74%	0,74
Preparación de hormas	466		60%	0,60
Preparación de corte	381	1	73%	0,73
Conformado de talón	343	1	81%	0,81
Reformado de puntas	471	1	59%	0,59
Colocar pega en laterales	539	2	52%	0,52
Armado de puntas	366	1	76%	0,76
Armado de laterales y talón	372	1	75%	0,75
Rayado de corte	361	1	77%	0,77
Cardado	279	2	100%	1,00
Aplicar pegamento	417	1	67%	0,67
Reactivado	924	-	30%	0,30
Prensado	449	2	62%	0,62
Enfriado	960	-	29%	0,29
Deshormado	310	1	90%	0,90
Total	**7.016**	**15**		**12,24**

En la Tabla 48 se aplica el procedimiento empleado previamente sobre el modelo de seguridad industrial de la Empresa A; sin embargo, en este caso se puede observar que la cantidad de trabajadores sugerida para el modelo de seguridad industrial es de 8. Pese a ello, se establece que la cantidad de recurso humano se mantiene en 12 dado que el modelo en mención pertenece a la línea de fabricación convencional y la mayor parte de los puestos de trabajo hacen uso de maquinarias que requieren la presencia permanente del operario.

Tabla 48. Necesidad de recursos humanos modelo seguridad industrial – Empresa A

SEGURIDAD INDUSTRIAL "CONVENCIONAL"				
Procesos	**CP por turno (par/turno)**	**No. de trabajadores actual**	**CU (%)**	**Propuesta recursos humanos ideal**
Preparación de suelas	178	1	78%	0,78
Preparación de hormas	814		17%	0,17
Preparación de corte	156	1	89%	0,89
Conformado de talón	350	1	40%	0,40
Armado de puntas	139	1	100%	1,00
Armado de laterales y talón	462	1	30%	0,30
Rayado de corte	369	2	38%	0,38
Cardado	338		41%	0,41
Aplicar pegamento	191	2	73%	0,73
Reactivado	774	-	18%	0,18
Prensado	264	2	53%	0,53
Enfriado	762	-	18%	0,18
Deshormado	1.067	1	13%	0,13
Total	**5.864**	**12**		**7,16**

Cálculo de la necesidad de trabajadores Empresa B

En lo que respecta a la cantidad de trabajadores requeridos para la Empresa B se define la Tabla 49, que sugiere un total de 3 colaboradores al aplicar la ecuación 14 para satisfacer a la línea de producción del modelo de seguridad industrial a inyección; no

obstante, la maquinaria empleada en esta área requiere la presencia constante del personal, para este caso se emplea la cantidad de trabajadores descrita en la columna "Propuesta recursos humanos ideal" en que se obtiene un valor total de 7 trabajadores.

Tabla 49. Necesidad de recursos humano modelo seguridad línea a inyección

SEGURIDAD INDUSTRIAL "INYECCIÓN"					
Procesos	**CP por turno (par/turno)**	**No. de trabajadores actual**	**C. U (%)**	**Recursos Humanos Calculado**	**Propuesta Recursos Humanos Ideal**
Preparación de hormas	1.263	1	11%	0,11	1
Armado de puntas	133	1	100%	1,00	1
Rayado de corte	1.043	1	13%	0,13	1
Cardado	333	2	40%	0,40	1
Inyeccion	3.000	2	4%	0,04	1
Refilado de suela	889	2	15%	0,15	1
Enfriado	857	-	16%	0,16	-
Total	**7.518**	**9**		**2,90**	**7**

Cálculo de costos para la aplicación del plan agregado

Parte fundamental de la planeación de la producción se enfoca en el cálculo de los costos considerados a la hora de definir la estrategia de producción tales como: costo de trabajo por hora ordinarias y suplementaria, costo de mantener inventario e inventario agotado, entre otros.

- **Salario básico unificado**

Este valor comprende la retribución económica fijada para un trabajador en cada hora de trabajo dadas las actividades que brinda a favor de una empresa; para este caso se establece que el valor del salario mensual asignado a un trabajador está definido por el Ministerio de Trabajo con un total de 366,00 dólares para el año 2016, mientras que para el 2017 toma un valor de 375,00 dólares.

A cada uno de los valores mencionados se les adiciona la cantidad correspondiente al décimo tercero y décimo cuarto; el primero toma un valor de 30.50 dólares mensuales

para el 2016 y de 31.25 para el 2017, mientras que el décimo cuarto equivale a 30.50 dólares en el 2016 y 31.25 dólares para el 2017, generando un salario mensual total descrito en la Tabla 50.

Tabla 50. Cálculo del salario mensual del trabajador

DETALLE	AÑO 2016	AÑO 2017
Valor del salario mensual	366,00	375,00
Proporcional mensual del décimo tercero	30,50	31,25
Proporcional mensual del décimo tercero	30,50	31,25
Salario Mensual Total	**427,00**	**437,50**

- **Costo de horas suplementarias bajo el régimen del Código del Trabajo**

Se entiende por horas suplementarias a aquellas horas que el colaborador labora posterior a su jornada normal de trabajo, las cuales no pueden ser mayores a cuatro horas diarias ni doce a la semana acorde a lo establecido en el artículo 55 del Código del Trabajo.

Para el cálculo que tiene el costo de cada hora suplementaria se recarga al valor de la hora normal de trabajo el valor correspondiente al 50% del mismo (ecuación 15), ya que las horas de trabajo suplementario tienen lugar hasta antes de las 24 horas.

$$\text{Costo HN 2016} = \frac{\text{Salario}}{240\text{horas}} = \frac{366{,}00 \text{ dólares}}{240 \text{ horas}} = 1.53 \text{ dólares/horas} \quad (15)$$

$$\text{Costo HS 2016} = 1.53 \frac{\text{dólares}}{\text{hora}} * 1.5 = 2.29 \text{ dólares/hora}$$

Mediante los cálculos realizados se establece que el valor a pagar por cada hora suplementaria para el presente proyecto es de 2,29 dólares para el año 2016, mientras que se da un valor de 2,34 dólares la hora para el 2017 (Tabla 51).

Tabla 51. Costo de hora suplementaria

DETALLE	AÑO 2016	AÑO 2017
Porcentaje hora suplementaria	50%	50%
Costo de hora suplementaria	**3,24**	**3,36**

- **Costo de mantener en inventario**

El grupo de costos considerados para el mantenimiento de inventario incluyen los valores correspondientes al arreglo y limpieza de la infraestructura, además del costo correspondiente al consumo de energía eléctrica en bodega. En base a ello, se establecen los siguiente items:

Costo de equipos de limpieza de las empresas

Uno de los aspectos más importantes es mantener el área de trabajo ordenado y limpio por lo que se requiere tomar en consideración el costo de los equipos de limpieza para cada empresa mostrados en las Tablas 52 y 53. Es importante considerar que las cantidades descritas de cada elemento abastecen las necesidades para un lapso de un año.

Tabla 52. Costos de Equipos de Limpieza Empresa A

Equipo de limpieza			
Descripción	**Costo ($)**	**Unidades**	**Total ($)**
Escoba	$ 3,25	4	$ 13,00
Pala	$ 4,00	4	$ 16,00
Total ($)			**$ 29,00**

Tabla 53. Costos de Equipos de Limpieza Empresa B

Equipo de limpieza			
Descripción	**Costo ($)**	**Unidades**	**Total ($)**
Escoba	$ 3,25	2	$ 6,50
Pala	$ 4,00	1	$ 4,00
Total ($)			**$ 10,50**

Cálculo del costo energético mensual por empresa

Para llevar a cabo este cálculo se requiere considerar el valor que tiene cada kilovatio/hora, la cantidad de lámparas y watios que cada lámpara posee, así como el tiempo de encendido de las mismas; para lo cual se presentan las Tablas 54 y 55 con la información referente a las Empresa A y B.

Tabla 54. Datos consumo energético Empresa A

Datos del Costo Energético	
Precio por Kw/h (dólares)	0,02
Número de lámparas fluorecentes	8
Watios por lámpara	80
Tiempo de encendido por lámpara (horas)	6

Tabla 55. Datos consumo energético Empresa B

Datos del Costo Energético	
Precio por Kw/h (dólares)	0,02
Número de lámparas fluorecentes	4
Watios por lámpara	60
Tiempo de encendido por lámpara (horas)	6

En función de los datos presentados sobre cada empresa se desarrolla una proyección de los costos del consumo energético mensual del almacenamiento de los productos en bodega. En la Tablas 56 y 57 se visualizan los resultados obtenidos al aplicar las ecuaciones 16 y 17 correspondientes al consumo de KWh y el costo de dicho consumo, respectivamente.

$$\text{Consumo KWh} = \frac{\text{No. Lámp.} * \text{Watios lámpara} * \text{horas consumo diario} * \text{días al mes}}{1000} \quad (16)$$

$$\text{Costo energético mensual} = (\text{Consumo KWh}) * (\text{Precio por KWh}) \quad (17)$$

Con fines explicativos se ejemplifica la aplicación de las ecuaciones con los datos de la Empresa A para el mes de junio del 2016, tomando en cuenta que se aplica el mismo proceso para cada mes en las dos empresas, como se muestra en las Tablas 55 y 56.

$$\text{Consumo KW junio empresa A} = \frac{8 * 80\,\cancel{\text{W}} * 6\frac{\text{h}}{\cancel{\text{día}}} * 22\frac{\cancel{\text{días}}}{\text{mes}}}{1000\cancel{\text{W}}/\text{KW}} = 84{,}48\ \text{KWh}$$

$$\text{Costo energético junio empresa A} = 84{,}48\,\cancel{\text{KWh}} * 0.02\frac{\text{dólares}}{\cancel{\text{KWh}}} = 1{,}69\ \text{dólares}$$

Tabla 56. Proyección de costos energéticos mensual Empresa A

Detalle	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agost	Septi	Octu	Novie	Dicie	Enero	Febre	Marz	Abril	Mayo
Dias por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Kilowatios de consumo	84,48	80,64	84,48	84,48	80,64	72,96	84,48	84,48	69,12	88,32	72,96	80,64
Costo energético mensual ($)	**1,69**	**1,61**	**1,69**	**1,69**	**1,61**	**1,46**	**1,69**	**1,69**	**1,38**	**1,77**	**1,46**	**1,61**

Tabla 57. Proyección de costos energéticos mensual Empresa B

Detalle	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agost	Septi	Octu	Novie	Dicie	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo
Dias por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Kilowatios de consumo	31,68	30,24	31,68	31,68	30,24	27,36	31,68	31,68	25,92	33,12	27,36	30,24
Costo energético mensual ($)	**0,63**	**0,60**	**0,63**	**0,63**	**0,60**	**0,55**	**0,63**	**0,63**	**0,52**	**0,66**	**0,55**	**0,60**

Planes Agregados de Producción Propuestos para el Área de Montaje de las Empresas A y B

Plan de Producción 1: Fuerza de trabajo constante, inventario e inventario agotado variables

Esta estrategia tiene lugar al establecer una fuerza laboral constante, pues el número de trabajadores no es alterado durante la aplicación del plan; no obstante, la demanda presenta en una serie de variaciones a lo largo del tiempo, por lo que se requiere emplear un correcto manejo de inventarios de manera que la demanda pronosticada se satisfaga con lo almacenado en inventario al dar una plena capacidad de producción a la planta. Las condiciones requeridas para el desarrollo del plan de producción descrito se incluyen los costos que representan cada una de las variables tales como el costo de mantenimiento de inventario, costo de las horas laboradas en cada jornada y los resultados de costos .

Plan de Producción 2: Mano de obra constante - Tiempo extra

Mediante la aplicación de este plan se espera satisfacer la demanda requerida en base al uso del recurso humano, empleándolo de manera constante dentro de la jornada normal de trabajo. Al emplear esta herramienta se toma en consideración el inventario inicial y de seguridad, este último dependerá del porcentaje que se considere ideal para la organización en caso de que una anomalía se presente en la línea de producción dificultando la posibilidad de cumplir la demanda y calidad solicitada en los productos.

La información general requerida para el desarrollo del plan en mención se centra en la cantidad de trabajadores, costos de almacenamiento por par, horas normales de trabajo y horas suplementarias, entre otros; dicha información permite establecer el costo que tendrá la aplicación de esta plan durante el año en estudio.

Plan de Producción 3: Mano de obra constante - Tiempo extra – Producción por pedido

El plan propuesto representa una variación de los planes agregados conocidos y consiste en conservar un mismo número de colaboradores para satisfacer los requerimientos del área de montaje. Es fundamental conocer que el principal objetivo es cubrir la demanda pronosticada explotando los meses en que la capacidad de producción no es aprovechada al 100%. En casos en que la demanda no pueda satisfacerse con la capacidad de producción normal se procede a incrementarla en base a la asignación de horas suplementarias considerando sus limitaciones dentro de las leyes implantadas en el país, siendo éstas de un máximo de 48 horas al mes.

Debido a que se trata de una combinación de varios planes resulta fundamental considerar los costos de inventario, tiempo normal de trabajo y horas suplementarias para poder evaluar la eficiencia de este plan.

La principal característica del plan propuesto se basa en la posibilidad de aprovechar la capacidad máxima de producción mensual en todo el año con el propósito de liberar la carga de trabajo de los meses con mayor demanda, distribuyendo las horas de trabajo suplementarias a varios meses lo que genera un equilibrio en los turnos de trabajo definidos y respetando el límite de horas de trabajo adicional permitidas por la ley ecuatoriana.

En las Tablas 58, 59 y 60 se observan los resultados generados al aplicar los 3 planes agregados descritos previamente sobre las Empresa A, considerando las variables propias de cada plan y los recursos de los que dispone la organización.

Tabla 58. Plan Agregado 1– Fuerza de trabajo constante, inventario e inventario agotado – Empresa A

FUERZA DE TRABAJO, CONSTANTE INVENTARIO E INVENTARIO AGOTADO VARIABLES – EMPRESA A

Costo de escasez ($)	$ 5,00
Salario 2016 ($)	$ 427,00
Salario 2017 ($)	$ 437,50

Número de trabajadores	12
Horas de produccion diarias (horas)	8
Tiempo estándar de producción (horas/par)	0,35

Descripción	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial (pares)	0	28	122	-1393	-546	-616	-415	-2431	802	-271	832	883
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible (ecuación 2)	2112	2016	2112	2112	2016	1824	2112	2112	1728	2208	1824	2016
Producción real (pares) (ecuación 3)	6034	5760	6034	6034	5760	5211	6034	6034	4937	6309	5211	5760
Demanda pronosticada (pares)	6006	5666	7548	5187	5831	5010	8050	2802	6010	5206	5160	6122
Inventario final (pares)	28	122	-1393	-546	-616	-415	-2431	802	-271	832	883	521
Costo de escasez ($)	$0,00	$0,00	$6965,00	$2730,00	$3080,00	$2075,00	$12155,00	$0,00	$1355,00	$0,00	$0,00	$0,00
Unidades de exceso (pares)	0	0	0	0	0	0	0	102	0	0	0	0
Costo inventarios ($)	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$231,34	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00
Costo salario ($)	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00

Tabla 59. Plan Agregado 2 – Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa A

MANO DE OBRA CONSTANTE, TIEMPO EXTRA – EMPRESA A

Costo de la hora suplementaria 2016 ($)	$ 2,29
Costo de la hora suplementaria 2017 ($)	$ 2,34
Salario 2016 ($)	$ 427,00
Salario 2017 ($)	$ 437,50

Número de trabajadores	12
Horas de produccion diarias (horas)	8
Tiempo estándar de producción (horas/par)	0,35

Descripción	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial	0	28	9	0	553	482	691	0	4137	3064	4167	4218
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible (ecuación 2)	2112	2016	2112	2112	2016	1824	2112	2112	1728	2208	1824	2016
Producción real (pares) (ecuación 3)	6034	5760	6034	6034	5760	5211	6034	6034	4937	6309	5211	5760
Demanda pronosticada (pares)	6006	5666	7548	5187	5831	5010	8050	2802	6010	5206	5160	6122
Unidades disponibles antes del tiempo extra (pares)	28	122	-1505	847	482	684	-1325	3233	3064	4167	4218	3856
Unidades pendientes (pares)	0	0	1505	0	0	0	1325	0	0	0	0	0
Costo del tiempo suplem. ($)	$ 0,00	$ 0,00	$ 1206,26	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 1061,99	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
Unidades en exceso (pares)	0	0	0	0	0	0	0	2532	1562	2866	2928	2326
Costo del inventario ($)	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$4281,03	$2161,04	$5064,33	$4275,36	$3753,64
Costo salario ($)	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00

Tabla 60. Plan Agregado 3– Mano de obra constante, tiempo extra, producción por pedido – Empresa A

MANO DE OBRA CONSTANTE, TIEMPO EXTRA, PRODUCCION POR PEDIDO – EMPRESA A

Salario 2016 ($)	$ 427,00
Salario 2017 ($)	$ 437,50
Costo de la hora suplementaria 2016 ($)	$ 2,29
Costo de la hora suplementaria 2017 ($)	$ 2,34

Número de trabajadores	12
Horas de produccion diarias (horas)	8
Tiempo estándar de producción (horas/par)	0,35

Descripción	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial	0	474	1013	0	1087	1256	1731	0	1073	0	311	362
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible (ecuación 2)	2112	2016	2112	2112	2016	1824	2112	2112	1728	2208	1824	2016
Producción real (pares) (ecuación 3)	6034	5760	6034	6034	5760	5211	6034	6034	4937	6309	5211	5760
Demanda pronosticada (pares)	6006	5666	7548	5187	5831	5010	8050	2802	6010	5206	5160	6122
CP restante (pares/turno)	28	94	-1514	847	-71	201	-2016	3233	-1073	1103	51	-362
Producción adicional (pares)	28	94	0	847	0	201	0	1073	0	311	51	0
Inventario final (pares)	28	567	-501	847	1016	1457	-285	1073	0	311	362	0
Unidades faltantes (pares)	0	0	1514	0	71	0	2016	0	0	0	0	0
Horas suplementarias totales	0	0	530	0	25	0	706	0	0	0	0	0
Horas suplementarias/trabajador	0	0	44	0	2	0	59	0	0	0	0	0
Horas suplementarias asignadas/trabajador	13	13	15	7	7,0	8,0	8,3	0	0	0	0	0
Cantidades a producir en HS (pares)	446	446	501	240	240	274	285	0	0	0	0	0
Inventario de seguridad (pares)	474	1013	0	1087	1256	1731	0	1073	0	311	362	0
Costo salario ($)	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5124,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00	$5250,00
Costo de hora suplementaria ($)	$357,24	$357,24	$401,21	$192,36	$192,36	$219,84	$228,08	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00
Costo del inventario ($)	$802,80	$1635,72	$0,00	$1839,01	$2028,09	$2528,71	$0,00	$1815,36	$0,00	$551,77	$530,65	$0,00

En las Tablas 61, 62 y 63 se desarrollan los planes agregados propuestos previamente sobre la Empresa B, considerando los recursos propios de la empresa, junto con costos generales requeridos en cada plan.

Tabla 61. Plan Agregado 1– Fuerza de trabajo constante, inventario e inventario agotado – Empresa B

FUERZA DE TRABAJO, CONSTANTE INVENTARIO E INVENTARIO AGOTADO VARIABLES

Costo de escasez ($)	$ 5,00
Salario 2016 ($)	$ 427,00
Salario 2017 ($)	$ 437,50

Número de trabajadores	7
Horas de produccion diarias (horas)	8
Tiempo estándar de producción (horas/par)	0,18

Descripción	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial (pares)	0	3717	5150	9653	13888	17902	20686	23679	28376	27481	30143	32815
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible (ecuación 2)	1232	1176	1232	1232	1176	1064	1232	1232	1008	1288	1064	1176
Producción real (pares) (ecuación 3)	6844	6533	6844	6844	6533	5911	6844	6844	5600	7156	5911	6533
Demanda pronosticada (pares)	3127	5101	2341	2610	2519	3127	3852	2147	6495	4494	3239	2585
Inventario final (pares)	3717	5150	9653	13888	17902	20686	23679	28376	27481	30143	32815	36763
Costo de escasez ($)	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00
Unidades de exceso (pares)	2936	3875	9068	13235	17272	19904	22716	27839	25857	29019	32005	36117
Costo inventarios ($)	$1860,93	$2344,19	$5746,34	$8386,68	$10447,13	$10892,54	$14393,45	$17639,82	$13405,27	$19223,10	$17513,97	$21844,29
Costo salario ($)	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$3062,50	$3062,50	$3062,50	$3062,50	$3062,50

Tabla 62. Plan Agregado 2 – Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa B

MANO DE OBRA CONSTANTE, TIEMPO EXTRA

Costo de la hora suplementaria 2016 ($)	$ 2,29
Costo de la hora suplementaria 2017 ($)	$ 2,34
Salario 2016 ($)	$ 427,00
Salario 2017 ($)	$ 437,50

Número de trabajadores	7
Horas de produccion diarias (horas)	8
Tiempo estándar de producción (horas/par)	0,18

Descripción	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial	0	3717	9	0	553	4567	691	0	4137	3242	5904	8576
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible (ecuación 2)	1232	1176	1232	1232	1176	1064	1232	1232	1008	1288	1064	1176
Producción real (pares) (ecuación 3)	6844	6533	6844	6844	6533	5911	6844	6844	5600	7156	5911	6533
Demanda pronosticada (pares)	3127	5101	2341	2610	2519	3127	3852	2147	6495	4494	3239	2585
Unidades disponibles antes del tiempo extra (pares)	3717	5150	4512	4234	4567	7351	3683	4697	3242	5904	8576	12524
Unidades pendientes (pares)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo del tiempo suplem. ($)	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
Unidades en exceso (pares)	2936	3875	3927	3582	3938	6570	2720	4161	1618	4780	7766	11878
Costo del inventario ($)	$1860,93	$2344,19	$2489,15	$2270,40	$2382,33	$3595,81	$1724,55	$2637,09	$839,78	$3167,18	$4250,38	$7184,54
Costo salario ($)	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$3062,50	$3062,50	$3062,50	$3062,50	$3062,50

Tabla 63. Plan Agregado 3– Mano de obra constante, tiempo extra, producción por pedido – Empresa B

MANO DE OBRA CONSTANTE, TIEMPO EXTRA, PRODUCCION POR PEDIDO

Salario 2016 ($)	$ 427,00
Salario 2017 ($)	$ 437,50
Costo de la hora suplementaria 2016 ($)	$ 2,29
Costo de la hora suplementaria 2017 ($)	$ 2,34

Número de trabajadores	7
Horas de produccion diarias (horas)	8
Tiempo estándar de producción (horas/par)	0,18

Descripción	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial	0	0	0	0	0	0	0	0	895	0	0	0
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible (ecuación 2)	1232	1176	1232	1232	1176	1064	1232	1232	1008	1288	1064	1176
Producción real (pares) (ecuación 3)	6844	6533	6844	6844	6533	5911	6844	6844	5600	7156	5911	6533
Demanda pronosticada (pares)	3127	5101	2341	2610	2519	3127	3852	2147	6495	4494	3239	2585
CP restante (pares/turno)	3717	1432	4503	4234	4014	2784	2992	4697	-895	2662	2672	3948
Producción adicional (pares)	0	0	0	0	0	0	0	895	0	0	0	0
Inventario final (pares)	0	0	0	0	0	0	0	895	895	0	0	0
Unidades faltantes (pares)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas suplementarias totales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas suplementarias/trabajador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas suplementarias asignadas/trabajador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantidades a producir en HS (pares)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario de seguridad (pares)	0	0	0	0	0	0	0	895	0	0	0	0
Costo salario ($)	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$2989,00	$3062,50	$3062,50	$3062,50	$3062,50	$3062,50
Costo de hora suplementaria ($)	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00
Costo del inventario ($)	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00	$567,95	$0,00	$0,00	$0,00	$0,00

Evaluación de costos

En las Tablas 64 y 65 se visualizan los costos calculados respecto a cada uno de los planes de producción descritos previamente, aplicados a las Empresas A y B, cuyo objetivo principal es identificar cuál de ellos genera mayores beneficios para la empresa.

Tabla 64. Resumen de Costos de Planeación Agregada Empresa A

Costos ($)	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Costo escasez	$ 28360,00	-	-
Costo inventarios	$ 174,11	$ 19.535,40	$ 11.732,11
Costo salario	$ 62.118,00	$ 62.118,00	$ 62.118,00
Costo tiempo suplem.	-	$ 2.268,25	$ 1.948,33
TOTAL ($)	**$ 90.652,11**	**$ 83.921,65**	**$ 75.798,44**

Los costos establecidos en la Tabla 64 definen que el plan agregado 3 presenta un procentaje de ahorro del 16,39% respecto del plan propuesto más costoso para la Empresa A.

Tabla 65. Resumen de Costos de Planeación Agregada Empresa B

Costos ($)	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Costo escasez	$ 0,00	-	-
Costo inventarios	$ 143.697,71	$ 34.746,32	$ 567,95
Costo salario	$ 36.235,50	$ 36.235,50	$ 36.235,50
Costo tiempo suplem.	-	$ 0,00	$ 0,00
TOTAL ($)	**$ 179.933,21**	**$ 70.981.82**	**$ 36.803,45**

Los costos establecidos en la Tabla 65 definen que el plan agregado 3 presenta un porcentaje de ahorro del 79,55% respecto del plan propuesto más costoso para la Empresa B.

El resultado de cada cuadro comparativo establece que el tercer plan agregado denominado “Mano de obra constante, tiempo extra y producción por pedido” genera menos costos para las dos organizaciones, incrementando la eficiencia de cada una; por esta razón, se emplea el plan mencionado para el desarrollo del programa de planificación de la producción en el área de montaje de las Empresas A y B.

Al seleccionar el plan 3 como la estrategia de producción para la empresa, se percibirá no sólo el porcentaje de ahorro descrito, sino que se incluye el aprovechamiento total de la mano de obra para cada línea de fabricación y la minimización de producir stock de seguridad o mantener en inventario producto terminado por períodos extensos de tiempo; estos hechos fundamentan que el plan agregado seleccionado se adapta de mejor forma a las condiciones del área de montaje, y por ende genera mayores beneficios a la organización.

4.3.4 Aplicación del plan agregado propuesto en las Empresas A y B

Como se explica con anterioridad el plan agregado que genera mayores beneficios a la organización es aquel en que se produce bajo pedidos con una mano de obra constante y definiendo la cantidad de horas extras que se requieran para que la producción de los meses con mayor demanda puedan seguir abasteciéndose meses anteriores.

Con este hecho se busca establecer un mejor control de las horas extras que recaen sobre cada colaborador y la definición de las cantidades necesarias a producir para evitar futuros inconvenientes a la hora de entregar el producto terminado al cliente externo de cada una de las empresas participantes.

Empresa A

En la Tabla 66 se observan los resultados de la demanda planificada según la aplicación del plan agregado definido para la Empresa A; para lo cual se describen en la columna "Demanda total mensual pronosticada" los datos del pronóstico de todos los modelos, mientras que la columna "Demanda Planificada" se obtiene sumando la producción adicional de cada mes con la cantidad producida en las horas suplementarias asignadas; la columna "Diferencia" resalta los valores que se agregaron al pronóstico inicial mensual establecido tal como se muestra en la ecuación 18.

$$\text{Diferencia de producción} = \text{Demanda pronosticada} - \text{Demanda planificada} \tag{18}$$

$$\text{Diferencia de producción junio} = 6480 - 6006$$

$$\text{Diferencia de producción junio} = 474$$

Tabla 66. Demanda Planificada Empresa A

Año	Mes	Demanda total mensual pronosticada (pares)	Demanda planificada (pares)	Diferencia (pares)
2016	Junio	6.006	6.480	474
	Julio	5.666	6.206	539
	Agosto	7.548	6.535	-1.013
	Septiembre	5.187	6.274	1.087
	Octubre	5.831	6.000	169
	Noviembre	5.010	5.486	475
	Diciembre	8.050	6.319	-1.731
2017	Enero	2.802	3.875	1.073
	Febrero	6.010	6.010	0
	Marzo	5.206	5.517	311
	Abril	5.160	5.211	51
	Mayo	6.122	6.122	0
	TOTAL	**68599**	**70035**	

En las Tablas 67, 68, 69 y 70 se observan las cantidades a producir planificadas para los modelos casual, deportivo, seguridad industrial y otros modelos pertenecientas a la Empresa A, considerando las condiciones del plan agregado aplicado; para ello, se detallan una serie de columnas, la primera de ellas denominada "Demanda pronosticada" que contiene los valores correspondientes al pronóstico mensual definido en las Tablas de la 43 y 44 para cada modelo; la siguiente columna muestra el porcentaje de producción obtenido al aplicar la ecuación 19, dicho porcentaje se aplica por mes y modelo.

$$\text{Incremento de producción (\%)} = \frac{\text{Demanda mensual pronosticada del modelo}}{\text{Demanda mensual total pronosticada}} * 100\% \tag{19}$$

$$\text{Incremento de producción junio casual (\%)} = \frac{218 \text{ pares}}{6006 \text{ pares}} * 100\% = 4\%$$

En la siguiente columna, denominada "Adicional a producir" se obtiene la cantidad correspondiente al porcentaje de producción previamente calculado, para ello, se multiplican los valores de la columna diferencia (Tabla 66) con el valor del porcentaje para la producción de cada mes; finalmente, se suman los valores de las columnas "demanda mensual pronosticada" y "adicional a producir" de manera que se obtenga la cantidad de pares a fabricar acorde al plan agregado propuesto, dichos valores se muestran en la columna "demanda planificada".

Tabla 67. Demanda planificada modelo casual Empresa A

Año	Mes	CASUAL			
		Demanda mensual pronosticada (pares)	%	Adicional a producir (pares)	Demanda planificada (pares)
2016	Junio	218	4%	17	235
	Julio	119	2%	11	131
	Agosto	128	2%	-17	111
	Septiembre	84	2%	18	102
	Octubre	114	2%	3	118
	Noviembre	85	2%	8	93
	Diciembre	80	1%	-17	63
2017	Enero	80	3%	30	110
	Febrero	132	2%	0	132
	Marzo	84	2%	5	89
	Abril	80	2%	1	81
	Mayo	140	2%	0	140
	TOTAL	**1.346**		**59**	**1.406**

Tabla 68. Demanda planificada modelo deportivo de mujer Empresa A

Año	Mes	DEPORTIVO MUJER			
		Demanda pronosticada (pares)	%	Adicional a producir (pares)	Demanda planificada (pares)
2016	Junio	528	9%	42	570
	Julio	367	6%	35	402
	Agosto	504	7%	-68	436
	Septiembre	429	8%	90	518
	Octubre	323	6%	9	332
	Noviembre	334	7%	32	366
	Diciembre	277	3%	-60	217
2017	Enero	258	9%	99	357
	Febrero	415	7%	0	415
	Marzo	528	10%	32	559
	Abril	432	8%	4	436
	Mayo	559	9%	0	559
	TOTAL	**4.953**		**215**	**5.168**

Tabla 69. Demanda planificada modelo seguridad industrial Empresa A

Año	Mes	SEGURIDAD INDUSTRIAL			
		Demanda pronosticada (pares)	%	Adicional a producir (pares)	Demanda planificada (pares)
2016	Junio	611	10%	48	659
	Julio	1.110	20%	106	1.216
	Agosto	432	6%	-58	374
	Septiembre	451	9%	94	545
	Octubre	417	7%	12	430
	Noviembre	539	11%	51	590
	Diciembre	713	9%	-153	559
2017	Enero	352	13%	135	487
	Febrero	970	16%	0	970
	Marzo	677	13%	40	718
	Abril	503	10%	5	508
	Mayo	364	6%	0	364
	TOTAL	**7.139**		**281**	**7.419**

Tabla 70. Demanda planificada otros modelos Empresa A

Año	Mes	OTROS MODELOS			
		Demanda pronosticada (pares)	%	Adicional a producir (pares)	Demanda planificada (pares)
2016	Junio	4.649	77%	367	5.016
	Julio	4.070	72%	387	4.458
	Agosto	6.484	86%	-870	5.614
	Septiembre	4.224	81%	885	5.109
	Octubre	4.976	85%	145	5.120
	Noviembre	4.052	81%	385	4.436
	Diciembre	6.980	87%	-1.501	5.480
2017	Enero	2.112	75%	809	2.921
	Febrero	4.493	75%	0	4.493
	Marzo	3.917	75%	234	4.151
	Abril	4.145	80%	41	4.186
	Mayo	5.059	83%	0	5.059
	TOTAL	**55.161**		**881**	**56.042**

Empresa B

En la Tabla 71 se observan los resultados de la demanda planificada según la aplicación del plan agregado definido para la Empresa B; para lo cual se describen en la columna "Demanda total mensual pronosticada" los datos del pronóstico de todos los modelos, mientras que la columna "Demanda Planificada" se obtiene sumando la producción adicional de cada mes con la cantidad producida en las horas suplementarias asignadas; la columna "Diferencia" resalta los valores que se agregaron al pronóstico inicial mensual establecido tal como se muestra en la ecuación 18.

Tabla 71. Demanda Planificada Empresa B

Año	Mes	Demanda pronosticada (pares)	Demanda planificada (pares)	Diferencia (pares)
2016	Junio	3127	3127	0
	Julio	5101	5101	0
	Agosto	2341	2341	0
	Septiembre	2610	2610	0
	Octubre	2519	2519	0
	Noviembre	3127	3127	0
	Diciembre	3852	3852	0
2017	Enero	2147	3042	895
	Febrero	6495	5600	0
	Marzo	4494	4494	0
	Abril	3239	3239	0
	Mayo	2585	2585	0
	TOTAL	**41637**	**41637**	**895**

En las Tablas 72 y 73 se observan las cantidades a producir planificadas para los modelos seguridad indsutrial a inyección y otros modelos pertenecientas a la Empresa B, considerando las condiciones del plan agregado aplicado; para ello, se detallan una serie de columnas, la primera de ellas denominada "Demanda pronosticada" que contiene los valores correspondientes al pronóstico mensual definido en la Tabla 45 para cada modelo; la siguiente columna muestra el porcentaje de producción obtenido al aplicar la ecuación 19, dicho porcentaje se aplica por mes y modelo

En la siguiente columna, denominada "Adicional a producir" se obtiene la cantidad correspondiente al porcentaje de producción previamente calculado, para ello, se

multiplican los valores de la columna diferencia (Tabla 71) con el valor del porcentaje para la producción de cada mes; finalmente, se suman los valores de las columnas "demanda mensual pronosticada" y "adicional a producir" de manera que se obtenga la cantidad de pares a fabricar acorde al plan agregado propuesto, dichos valores se muestran en la columna "demanda planificada".

Tabla 72. Demanda planificada seguridad industrial a inyección Empresa B

Año	Mes	SEGURIDAD INDUSTRIAL A INYECCIÓN			
		Demanda pronosticada (pares)	Porcentaje	Adicional a producir (pares)	Demanda planificada (pares)
2016	Junio	1034	0%	0	1034
	Julio	1687	0%	0	1687
	Agosto	774	0%	0	774
	Septiembre	863	0%	0	863
	Octubre	833	0%	0	833
	Noviembre	1034	0%	0	1034
	Diciembre	1274	0%	0	1274
2017	Enero	710	33%	296	1006
	Febrero	2148	0%	0	2148
	Marzo	1486	0%	0	1486
	Abril	1071	0%	0	1071
	Mayo	855	0%	0	855
	TOTAL	**13769**		**296**	**14065**

Tabla 73. Demanda planificada otros modelos Empresa B

Año	Mes	OTROS MODELOS			
		Demanda pronosticada (pares)	Porcentaje	Adicional a producir (pares)	Demanda planificada (pares)
2016	Junio	2093	0%	0	2093
	Julio	3414	0%	0	3414
	Agosto	1567	0%	0	1567
	Septiembre	1747	0%	0	1747
	Octubre	1686	0%	0	1686
	Noviembre	2093	0%	0	2093
	Diciembre	2578	0%	0	2578
2017	Enero	1437	67%	599	2036
	Febrero	4347	0%	0	4347
	Marzo	3008	0%	0	3008
	Abril	2168	0%	0	2168
	Mayo	1730	0%	0	1730
	TOTAL	**27868**		**599**	**28467**

4.4 Sincronizacion de la producción

En el desarrollo de la sincronización se busca emplear métodos que permitan llevar un mejor manejo de la distribución de actividades en la planta, así como la asignación de recursos, insumos y tiempos de trabajo requeridos. Para ello, como primera fase se desarrolla la distribución mensual y semanal de la producción en base a la combinación de los modelos y líneas de fabricación de las dos empresas estudiadas, además del análisis de la tendencia de consumo según datos registrados en históricos de ventas; todo ello con el propósito de generar una base para la toma de futuras decisiones.

4.4.1 Plan maestro de producción

La elaboración del plan maestro de producción consiste en llevar a cabo un plan de producción futuro sobre un grupo de productos mediante la definición de un volumen final; esta herramienta se detalla en base al pronóstico de ventas, al tipo de productos que se requieren fabricar y al plazo en que deben ser terminados.

Varias funciones del plan maestro se enfocan en servir como enlace entre la planeación y programación de producción en períodos de largo plazo, hecho que resulta de gran interés en el desarrollo de la investigación. Mediante su uso se establece un calendario de producción para cada modelo seleccionado considerando en todo momento las restricciones descritas con anterioridad con el objeto de que el proceso de fabricación de calzado sea más eficiente.

En la Tabla 74 se muestran los valores correspondientes a la cantidad anual a producir de los cuatro modelos considerados en la investigación, correspondiente a las dos líneas de fabricación de montaje; estos valores se obtienen en base a los cálculos del pronóstico descrito en el apartado 4.3.2.

Tabla 74. Pronóstico de la demanda anual total

Líneas de producción	**Demanda anual**		
	Código	**Modelo**	**Cantidad**
Convencional	CA876	Casual hombre	1.441
	SK568	Deportivo mujer	5.295
	S09	Seguridad industrial	7.630
Inyección	S09-I	Seguridad inyección	10.288

En la Tabla 76 se muestra la distribución mensual para los cuatro modelos en base al pronóstico de la Tabla anterior (Tabla 74), dichos valores mensuales se obtienen multiplicando el valor anual presentado con el porcentaje de ventas al mes.

Tabla 75. Plan maestro mensual de producción

Código	DEMANDA MENSUAL											
	Año 2016							Año 2017				
	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may
CA876	235	131	111	102	118	93	63	110	132	89	81	140
SK568	570	402	436	518	332	366	217	357	415	559	436	559
S09	659	1216	374	545	430	590	559	487	970	718	508	364
S09-I	884	1419	638	700	656	821	1010	512	1409	983	729	527

En la Fig. 13 se observa el comportamiento que toma la producción en base al plan maestro elaborado en la Tabla 76, en donde se identifican los picos más altos y bajos de producción en el período a mediano plazo.

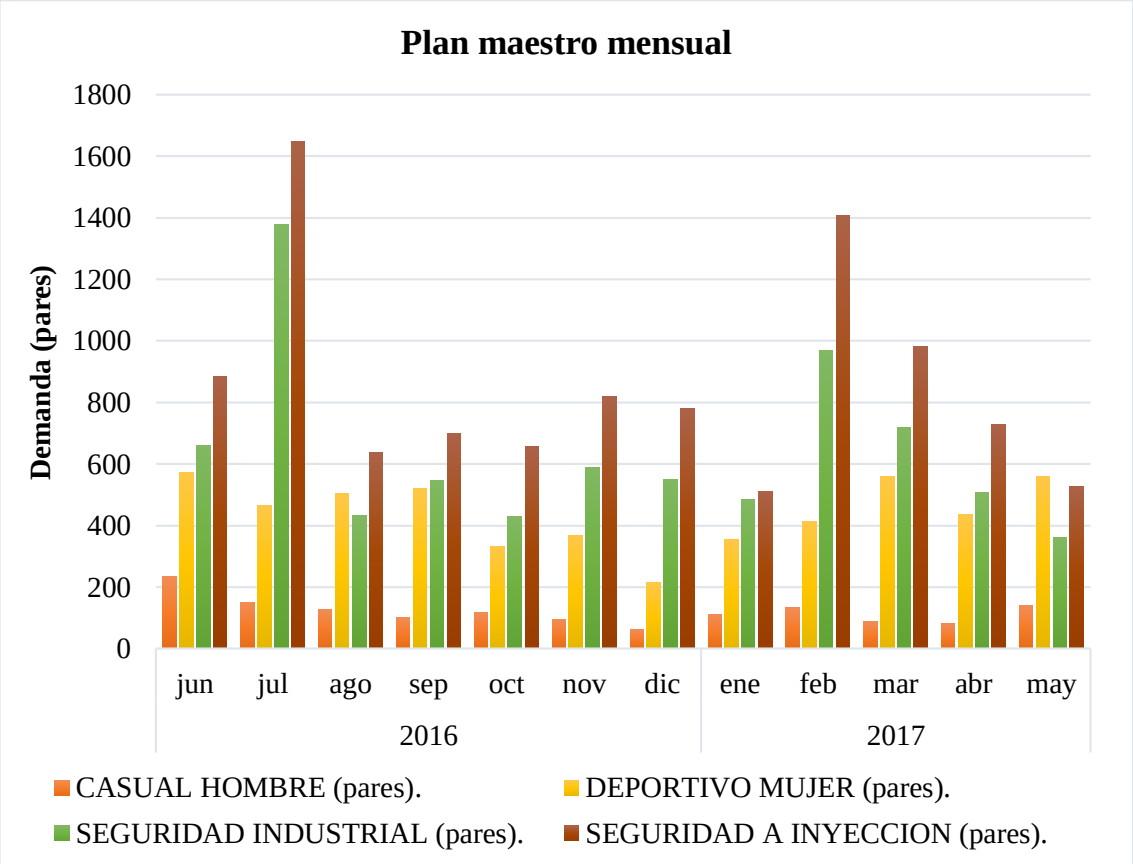


Fig. 13. Plan maestro mensual por modelo

En la Tabla 76 se muestran las cantidades a producirse por semana basados en los datos de producción mensual de la Fig. 13; para el cálculo de la producción semanal se obtiene la cantidad a producir diariamente a través de la división entre las cantidades descritas en el plan maestro mensual y el número respectivo de días para cada mes. Una vez obtenido este valor se procede a multiplicar la cantidad diaria a producir con el número de días que tiene cada semana.

Tabla 76. Plan maestro semanal de producción

Mes	Semana	Días por semana	Línea Convencional			Línea Inyección
			Casual (pares)	Deportivo mujer (pares)	Seguridad industrial (pares)	Seguridad industrial (pares)
Junio	1	3	32	78	90	121
	2	5	54	130	150	201
	3	5	54	130	150	201
	4	5	54	130	150	201
	5	4	43	104	120	161
Julio	1	1	6	19	58	68
	2	5	31	96	289	338
	3	5	31	96	289	338
	4	5	31	96	289	338
	5	5	31	96	289	338
Agosto	1	5	29	115	98	145
	2	5	23	92	78	116
	3	5	29	115	98	145
	4	5	29	115	98	145
	5	3	17	69	59	87
Septiembre	1	2	9	47	50	64
	2	5	23	118	124	159
	3	5	23	118	124	159
	4	5	23	118	124	159
	5	5	23	118	124	159
Octubre	1	5	28	79	102	156
	2	5	28	79	102	156
	3	5	28	79	102	156
	4	5	28	79	102	156
	5	1	6	16	20	31
Noviembre	1	1	5	19	31	43
	2	5	25	96	155	216
	3	5	25	96	155	216
	4	5	25	96	155	216
	5	3	15	58	93	130

Tabla 76. Plan maestro semanal de producción (Continuación)

Mes	Semana	Días por semana	Línea Convencional			Línea Inyección
			Casual (pares)	Deportivo mujer (pares)	Seguridad industrial (pares)	Seguridad industrial (pares)
Diciembre	1	2	7	25	65	92
	2	5	18	63	162	230
	3	5	18	63	162	230
	4	5	18	63	162	230
	5	5	18	63	162	230
Enero	1	5	25	81	111	116
	2	5	25	81	111	116
	3	5	25	81	111	116
	4	5	25	81	111	116
	5	2	10	32	44	47
Febrero	1	3	22	69	162	235
	2	5	37	115	269	391
	3	5	37	115	269	391
	4	5	37	115	269	391
Marzo	1	3	12	73	94	128
	2	5	19	122	156	214
	3	5	19	122	156	214
	4	5	19	122	156	214
	5	5	19	122	156	214
Abril	1	5	21	115	134	192
	2	4	17	92	107	154
	3	5	21	115	134	192
	4	5	21	115	134	192
Mayo	1	4	27	106	69	100
	2	5	33	133	87	126
	3	5	33	133	87	126
	4	4	27	106	69	100
	5	3	20	80	52	75

4.4.2 Análisis de la curva de la demanda

Para el desarrollo de este segmento se requiere considerar un período del pronóstico mostrado, con el fin de que la descripción de los cálculos y el proceso de análisis guarde relación a lo largo del proyecto; por lo cual desde este punto en adelante se emplea la información relacionada a la segunda semana del mes de Marzo del 2017.

Columna "Curva"

En cuanto al análisis de la curva de la demanda se establece que su fin principal es tener una idea más clara respecto a las cantidades que se requieren producir de las tallas de los modelos en estudio; por lo cual se presentan las Tablas 77, 78, 79 y 80, en las que se lleva a cabo la distribución de tallas de los modelos a través de la aplicación del porcentaje de ventas por tallas comercializadas en años anteriores; dicho porcentaje se presenta en la columna denominada "Curva" y se aplica sobre cada modelo, ya que la demanda de las tallas varía dependiendo del modelo.

Para la obtención de la curva de la demanda se toma como punto de partida el histórico de ventas de tallas por modelo y mes, con fines de ejemplificación se toman los datos mostrados en la Tabla 77 que corresponde al mes de Marzo del modelo casual. Los porcentajes mostrados se obtienen mediante la aplicación de la ecuación 20 que se aplica por cada talla en los diferentes modelos, usando los datos mostrados en el Anexo 5.

$$\text{Curva de la demanda (\%)} = \frac{\text{Demanda por talla}}{\text{Total de la demanda}} * 100\% \qquad (20)$$

$$\text{Curva de la demanda talla 36 (\%)} = \frac{1}{119} * 100\% = 1\%$$

Tabla 77. Curva de la Demanda Modelo Casual - Marzo 2016

TALLA	DEMANDA DE MARZO	CURVA DE LA DEMANDA (%)
36	1	1%
37	11	9%
38	17	14%
39	28	24%
40	32	27%
41	14	12%
42	10	8%
43	6	5%
TOTAL	**119**	**100%**

Los porcentajes de la columna “Curva” de la Tabla 78 se obtienen desde el Anexo 5 en que se establece que las tallas de las 36 a la 38 se solicitan en mayor cantidad para el modelo deportivo de mujer con el 81%, mientras que para los modelos casual, seguridad industrial y seguridad industrial a inyección se genera mayor demanda con las tallas de la 38 a la 40, tomando porcentajes de ventas del 65%, 62% y 65% para cada modelo, respectivamente. Dichos valores se obtienen sumando los porcentajes de cada talla de la Tabla 77.

Uso de la Función Objetivo – Columna Comodín

Una vez identificado el porcentaje de ventas por talla se procede a calcular los valores de una columna de ayuda denominada “Comodín” que emplea una herramienta en Excel denominada “Buscar objetivo”, mediante la cual se desea hallar el valor de una entrada para alcanzar un valor de salida considerando el uso de una fórmula.

Matemáticamente se puede considerar que $y = f(x)$; sin embargo, cuando se conoce el valor de “y” se puede encontrar el valor de “x” a través de la función inversa $x = f^{-1}(y)$; dado que su solución resulta ser tediosa y compleja se emplea la función objetivo para seleccionar múltiples valores para “x” de manera que se alcance un valor numérico con cierto grado de precisión mediante el uso de un algoritmo interno del software Excel.

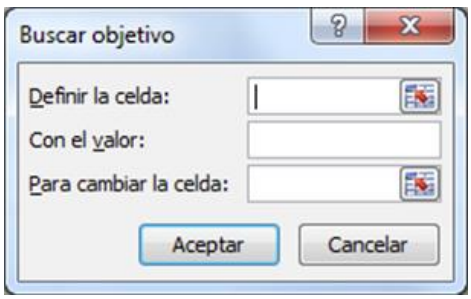


Fig. 14. Cuadro de dialogo función buscar objetivo

En la Fig. 14 se tiene que al aplicar la función buscar objetivo se requiere como primer paso “Definir la celda”, en este paso la celda seleccionada debe contener una fórmula o función; en la celda “Con el valor” se ingresa directamente el valor que se desea alcanzar (considerado como el valor de entrada), y finalmente se ingresa la celda que se desea cambiar, la misma que no debe contener ninguna fórmula. Una vez que se han culminado

estos pasos se tiene que la función objetivo recalcula la fórmula hasta encontrar la solución idónea.

Uso de Macros para la Función Objetivo

Dado que el objetivo de la propuesta planteada es generar cantidades automáticas de producción se procede a emplear otra de las herramientas que posee Excel denominada "Macros", que no es más que una codificación que desarrolla una serie de actividades deseadas por el programador; que para el caso mostrado comprende los pasos de la función objetivo (ver Anexo 4).

Resultados

Al emplear el conjunto de herramientas descritas se genera en una última columna las cantidades a producir de cada modelo tal como se presenta en las tablas las Tablas 78, 79, 80 y 81.

Tabla 78. Distribución de tallas modelo casual

TOTAL A PRODUCIR: 19					
Código	**Modelo**	**Talla**	**Curva**	**Comodín (pares)**	**Necesidad de producción (pares)**
CA873	Casual	36	1%	0	0
		37	9%	2	2
		38	14%	3	3
		39	24%	4	4
		40	27%	5	5
		41	12%	2	2
		42	8%	2	2
		43	5%	1	1
TOTAL			**100%**	**19**	**19**

En las Fig. 15, 16, 17 y 18 se puede visualizar la curva formada por los puntos de intersección entre dos variables; la primera de ellas hace referencia a las tallas del modelo y se coloca sobre el eje horizontal; mientras que la segunda variable se presenta sobre el eje vertical y representa a la necesidad de producción descrita de las Tablas 77 a la 80.

La curva descrita se conoce con el nombre de curva de la demanda y se emplea para reconocer fácilmente qué productos se requieren en mayor o menor cantidad en el mercado de comercialización.

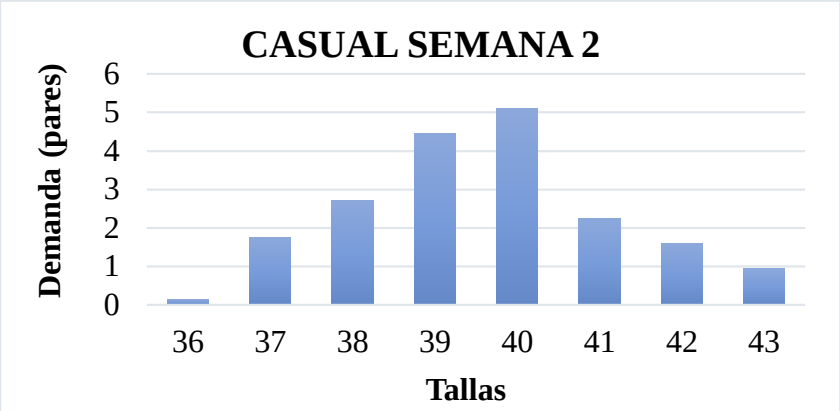


Fig. 15. Distribución de tallas modelo casual

Tabla 79. Distribución de tallas modelo deportivo de mujer

TOTAL A PRODUCIR: 122					
Código	**Modelo**	**Talla**	**Curva**	**Comodín (pares)**	**Necesidad de producción (pares)**
SK568	Deportivo mujer	35	13%	15	15
		36	30%	36	36
		37	31%	38	38
		38	20%	24	24
		39	6%	7	7
		40	1%	2	2
TOTAL			**100%**	**122**	**122**

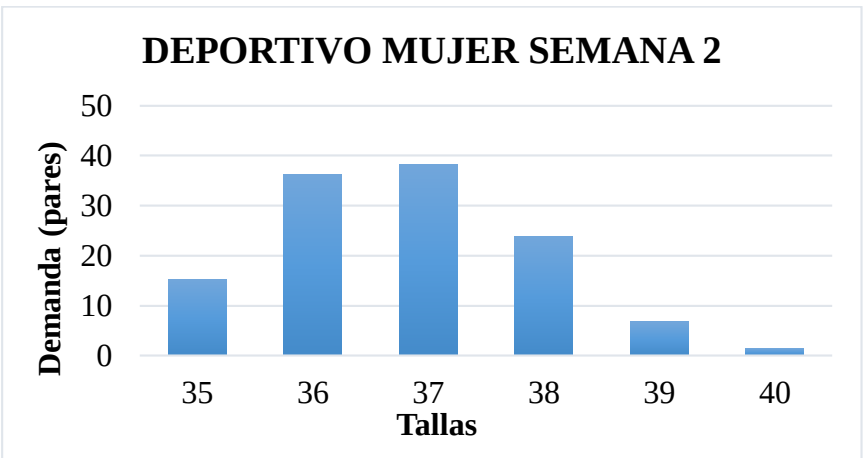


Fig. 16. Distribución de tallas modelo deportivo de mujer

Tabla 80. Distribución de tallas modelo seguridad industrial

TOTAL A PRODUCIR: 156					
Código	**Modelo**	**Talla**	**Curva**	**Comodín (pares)**	**Necesidad de producción (pares)**
S09	Seguridad Industrial	35	0%	0	0
		36	0%	0	0
		37	6%	9	9
		38	17%	27	27
		39	21%	33	33
		40	24%	37	37
		41	13%	20	20
		42	17%	26	26
		43	2%	3	3
TOTAL			**100%**	**156**	**156**

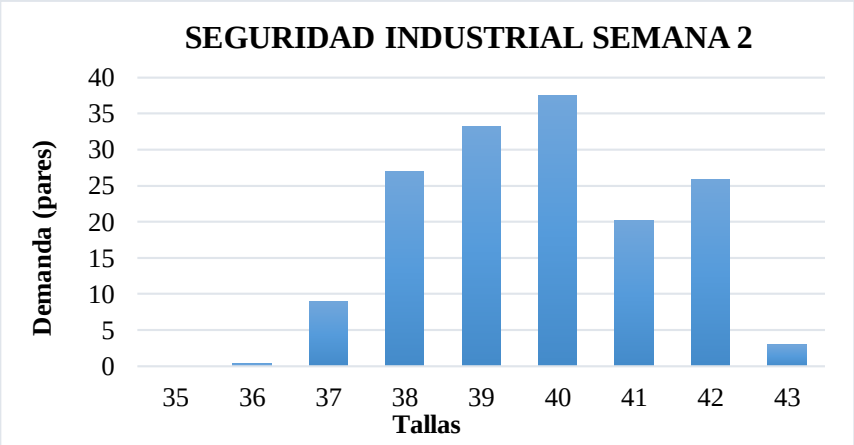


Fig. 17. Distribución de tallas modelo seguridad industrial

Tabla 81. Distribución de tallas modelo seguridad a inyección

TOTAL A PRODUCIR: 209					
Código	**Modelo**	**Talla**	**Curva**	**Comodín (pares)**	**Necesidad de producción (pares)**
S09-I	Seguridad Inyección	36	0%	1	1
		37	6%	13	13
		38	16%	33	33
		39	27%	56	56
		40	22%	46	46
		41	13%	26	26
		42	14%	30	30
		43	2%	5	5
TOTAL			**100%**	**209**	**209**

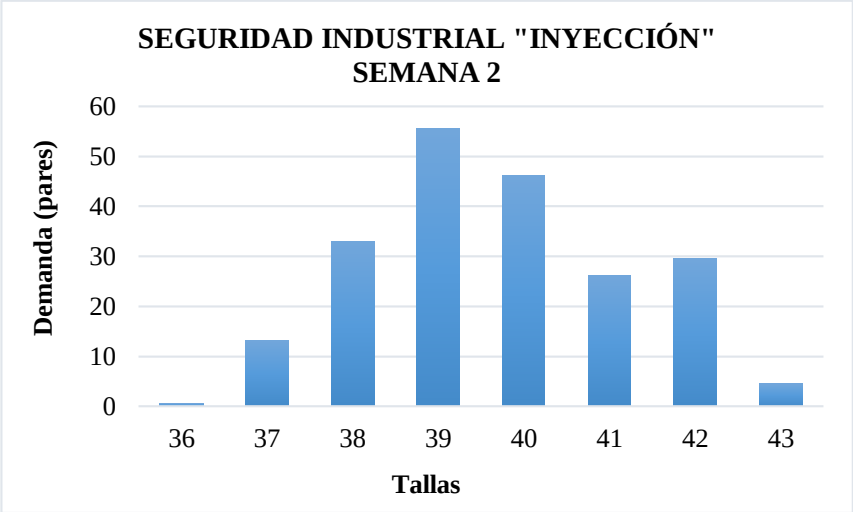


Fig. 18. Distribución de tallas modelo seguridad a inyección

Resulta fundamental considerar que las curvas de la demanda mostradas en las Fig. 15, 16, 17 y 18 corresponden a una semana de un determinado mes; dadas las diversas condiciones de cada mes del período en estudio se establece que la curva de la demanda también varía mensualmente.

No obstante, el principio para el cálculo de la curva es el mismo para cualquier período a analizar, por dicha razón se observa en el Anexo 5 la curva de la demanda que se forma para cada modelo durante el año en estudio.

4.4.3 Obtención de órdenes de producción

El uso de órdenes de producción comprende un aspecto fundamental para la asignación de operaciones dentro de un proceso, generando un control y registro eficaz de los pedidos que ingresan a la empresa. Con fines de estudio se emplean los valores pronosticados de los cuatro modelos analizados para la simulación del ingreso de pedidos considerando que mediante los valores obtenidos a través de la curva de la demanda se genera la cantidad a producir por talla de cada modelo.

En la Tabla 82 se visualiza el modelo de la orden de producción para cada semana, en este caso en especial se muestran las cantidades a producir por talla y modelo para la semana 2 del mes de Marzo del 2017.

Tabla 82. Orden de producción - Semana 2 Marzo 2017

MES	MARZO											
SEMANA	2	DIAS A LA SEMANA						5				
CÓDIGO	MODELO	TALLA										TOTAL A PRODUCIR
		34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
CA873	CASUAL				2	3	4	5	2	2	1		**19**
SK568	DEPORTIVO MUJER		15	36	38	24	7	2					**122**
S09	SEGURIDAD I. CONVENCIONAL			0	9	27	33	37	20	26	3		**156**
S09-I	SEGURIDAD I. INYECCIÓN			1	13	33	56	46	26	30	5		**209**
											TOTAL		**506**

4.5 Experimentación de la programación de operaciones

Una vez que se ha diseñado el modelo de planificación de la producción mediante el software Excel se determina la capacidad ponderada de producción requerida para la combinación de modelos descritos, así como la asignación de los días de producción que toma cumplir con una demanda establecida. A continuación, se describen las herramientas que permiten analizar la distribución de la producción semanal y diaria.

4.5.1 Cálculo de la capacidad media ponderada

Identificar la capacidad media de producción diaria de un empresa representa una de las actividades más importantes a la hora de establecer un programa de producción. Para el desarrollo de esta investigación se considera la aplicación de la media ponderada con el fin de establecer la cantidad de productos que pueden elaborarse por modelo.

Esta técnica busca asignar diferentes pesos a los elementos en estudio basados en la importancia relativa de un elemento respecto de los demás, es decir, que mientras más grande sea el peso de uno de los elementos se considera más importante.

En la Tabla 83 se visualiza el formato de cálculo empleado para definir la capacidad promedio ponderada de los modelos que se busca planificar; para ello, se considera el tipo de línea de fabricación a la que pertenecen los modelos, siendo en este caso la línea convencional de montaje.

Columnas capacidad por turno y capacidad semanal

Adicionalmente, se observa la columna denominada "Capacidad por turno" en donde se citan los valores calculados previamente en las Tablas 33 a la 36 respecto a la capacidad de producción; seguido, se observa una columna denominada "Capacidad semanal" cuyo valor se obtiene al multiplicar los valores de la capacidad por turno con el número de días que tiene cada semana.

Columnas demanda y promedio ponderado

En adición, se toma el valor total por modelo de la demanda registrada para la semana en estudio descrita en la orden de producción (Tabla 82); mediante la cual, se pretende definir el porcentaje de la ponderación para cada modelo al aplicar la ecuación 7, para ello se procede a sumar la demanda de cada modelo en esa semana y se divide la demanda por modelo para dicho total como se indica en el ejemplo.

$$\text{Ponderación casual } = \frac{19}{297} * 100\% = 6{,}4\%$$

El cálculo mostrado se repite sobre los modelos restantes con el porósito de determinar el porcentaje de ponderación de los mismos en las semanas del período en estudio, tal como se indica en las Tablas 83 y 84.

Columna comodín

Una vez obtenido el valor de la ponderación por modelo, se aplica la herramienta "Buscar objetivo", descrita con anterioridad, entre las columnas "Comodín" y "Capacidad Real Ponderada" que generan el resultado final de las cantidades a producir.

A través de dicha función, se busca distribuir los valores de la capacidad real de cada modelo en función a un valor de entrada, el cual se multiplica por los pesos calculados en el Promedio Ponderada.

$$\text{Valor de entrada} = 915$$

$$\text{Comodín casual} = 915 * 6{,}4\%$$

$$\text{Comodín casual} = 59$$

Tabla 83. Cálculo del promedio ponderado línea convencional

LÍNEA CONVENCIONAL							
Código	**Modelo**	**Capacidad por turno (pares/turno)**	**Capacidad semanal (pares/semana)**	**Demanda (pares)**	**Promedio ponderado (%)**	**Comodín (pares)**	**Capacidad real ponderada (pares)**
CA873	Casual	314	1569	19	6,4%	59	59
SK568	Deportivo mujer	279	1395	122	41,1%	376	376
S09	Seguridad industrial	139	694	156	52,5%	481	481
TOTAL				**297**	**100%**	**915**	**915**

Tabla 84. Cálculo del promedio ponderado línea inyección

LINEA A INYECCIÓN							
Código	**Modelo**	**Capacidad por turno (pares/turno)**	**Capacidad semanal (pares/semana)**	**Demanda (pares)**	**Promedio ponderado (%)**	**Comodín (pares)**	**Capacidad real ponderada (pares)**
S09-I	Seguridad Industrial	133	665	209	100%	665	665
	TOTAL			**209**	**100%**	**665**	**665**

Es importante considerar que el valor del comodín equivale a la capacidad real ponderada, es decir, que de acuerdo a lo establecido en la Tabla 83, se dice que en la semana 2 de Marzo del 2017 se podría producir un promedio de 59 pares de calzado casual, 376 pares de calzado deportivo y 481 pares del modelo de seguridad industrial, todos ellos pertenecientes a la línea de fabricación convencional de montaje, mientras que la Tablas 84 establece que la posibilidad de producir 665 pares del modelo de seguridad industrial a inyección.

Total de turno como valor de entrada para la función objetivo

Una de las principales características de este proceso de cálculo se enfoca en la interrelación de los datos, pues como se explica con anterioridad la obtención de la capacidad promedio ponderada depende de un valor de entrada que únicamente se puede definir en función del total de turnos empleados para cumplir con un pedido. Es decir, que se aplica una segunda función objetivo entre el total de turnos de las líneas de montaje convencional y a inyección (Tablas 85 y 86), junto con el valor total de la columna "Comodín" (Tablas 83 y 84) de manera que al generar cambios sobre los turnos

requeridos por cada línea se pueda variar el total del valor del comodín junto con sus valores parciales; este proceso permite organizar de manera automática cualquier cambio sobre el promedio ponderado de la capacidad.

Cálculo de turnos de trabajo

Para calcular el turno total se hace uso de la ecuación 21, la cual obtiene el tiempo que toma producir cada modelo empleando los datos descritos en la Tabla 83; dichos turnos se calculan al dividir la demanda semanal de cada modelo con la capacidad de producción de dicha semana.

$$\text{Turno requerido} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidad semanal}} \tag{21}$$

$$\text{Turno requerido casual} = \frac{19 \text{ pares}}{1569 \text{ pares/semana}}$$

$$\text{Turno requerido casual} = 0{,}012 \text{ semanas}$$

El desarrollo de este cálculo se aplica sobre los 3 modelos restantes con el propósito de sumar los turnos de cada modelo en su respectiva línea de fabricación, tal como se indica en las Tablas 85 y 86; para el ejemplo de la semana mostrada en las líneas convencional y a inyección de montaje se obtiene que la producción de los modelos de la línea convencional de montaje toman un total de 0,32 semanas mientras que para la línea a inyección se requieren 0.31 semanas.

Tabla 85. Cálculo de turnos a trabajar línea convencional

MODELO	TURNOS (semana)
Casual	0,01
Deportivo mujer	0,09
Seguridad industrial	0,22
TOTAL	**0,32**

Tabla 86. Cálculo de turnos a trabajar línea a inyección

MODELO	TURNOS (semana)
Seguridad industrial	0,314
TOTAL	**0,314**

Para mayor facilidad en la identificación del tiempo requerido se procede convertir las unidades de semanas a días aplicando la ecuación 22, que al emplearse en la semana 2 de marzo del 2017 genera los resultados mostrados en las Tablas 87 y 88.

$$\text{Días a la semana} = \frac{\text{No.días}}{\text{semana}} * \text{Total turnos (semanas)} \qquad (22)$$

$$\text{Días a la semana} = \frac{5 \text{ días}}{\cancel{\text{semana}}} * 0{,}32 \cancel{\text{semana}}$$

$$\text{Días a la semana} = 1 \text{ día}$$

Tabla 87. Conversión Semanas – Días línea convencional

DIAS A LA SEMANA	TOTAL DE DIAS A TRABAJAR
5	1,62

Tabla 88. Conversión Semanas – Días línea a inyección

DIAS A LA SEMANA	TOTAL DE DIAS A TRABAJAR
5	1,57

Uso de macros para la función objetivo entre comodín y turnos

Con el propósito de que los cambios de datos se generen automáticamente se desarrolla un nuevo macros que engloba las dos funciones objetivos descritas, la primera aplicada entre las columnas “Comodín” y “ Capacidad Real Ponderada” y la segunda aplicada sobre el total de turnos el cual varía al valor total del comodín, para la visualizar la codificación realizada se recurre al Anexo 6.

4.5.2 Programa diario de producción

La elaboración de un programa diario de producción resulta fundamental, pues se considera un calendario para programar el inicio y culminación del proceso de fabricación de calzado, con el objetivo de que la empresa sea capaz de cumplir con las fechas de entrega establecidas con los clientes y de disminuir las sobrecargas sobre los cuellos de botella y el sistema de producción general de montaje.

A través de la planeación de la producción se desea establecer estrategias que permitan satisfacer la demanda pronosticada y generar mayor eficiencia en los recursos humanos, maquinarias y restricciones identificadas.

Para el desarrollo de esta investigación se presenta la Tabla 89 en que se describen datos generales de cada semana de las diferentes línea de fabricación del área de montaje, cuyos valores se obtuvieron en los diferentes cálculos descritos a lo largo del presente informe tales como: días laborables por semana, número de círculos de trabajo, capacidades de producción y turnos por línea de fabricación.

Adicionalmente, se citan los datos de turnos requeridos pertenecientes a aparado [24] y troquelado [25] con el propósito de establecer las fechas de inicio y fin de las áreas mencionadas, así como las de montaje, de manera que se verifique el cumplimiento de las políticas de producción por proceso, evitando retrasos en la producción y la liberación oportuna del producto final.

Tabla 89. Datos para la programación de montaje convencional - inyección

MES	**MARZO**
DIAS LABORABLES AL MES	**23**
SEMANA	**2**
Días laborables en la semana	5
No. Círculos de trabajo montaje convencional	1
No. Turnos/día convencional	1
No. Círculos de trabajo montaje inyección	1
No. Turnos/día inyección	1
Capacidad real ponderada convencional (pares)	915
Capacidad real ponderada inyección (pares)	665
Tiempo de fabricación en montaje convencional (días)	1,62
Tiempo de fabricación en montaje inyección (días)	1,57
Tiempo de fabricación en troquelado y aparado línea convencional (días)	2,53
Tiempo de fabricación en troquelado y aparado en línea inyección (días)	1,67
Total turnos línea convencional (días)	4,15
Total turnos línea inyección (días)	3,24

Políticas de producción

Para definir la programación de los días de trabajo se requiere tomar en cuenta las políticas de producción de cada sub ensamble, de manera que el proceso de fabricación de montaje no tenga retrasos ni acumulaciónes de producción innecesarias, por esa razón se toman en consideración las siguientes pautas:

- Las áreas de aparado y troquelado debe culminar sus actividades en conjunto en un período máximo equivalente a la mitad de días de los que dispone la semana.
- En caso de que aparado libera su producto hasta la mitad de la jornada ordinaria de trabajo se establece que montaje puede iniciar con sus actividades en la tarde de ese día.
- Si aparado libera el producto después de la mitad de la jornada de trabajo se establece que montaje inicia sus actividades al siguiente día.

Asignación de días de trabajo en montaje

Una vez definidas las políticas de producción para montaje se emplea el formato de asignación de turnos mostrado en la Tabla 90, que distribuye los días de producción requeridos para cada sub ensamble acorde a la información de los tiempos de entregas descritos en la Tabla 89, es decir, que se toman en cuenta el tiempo que tarda la elaboración de troquelado y aparado en todas sus líneas de fabricación, de manera que se defina el día en que inician las actividades dentro del montaje convencional y a inyección.

Posteriormente, se ingresa manualmente la cantidad de días que toma cumplir con la demanda especificada para la semana en estudio y el sistema de producción planteado genera automáticamente la cantidad de pares que se producen con cada turno de trabajo, ya sea parcial o total, mediante la aplicación de la ecuación 23:

$$\text{Prod. montaje} = \frac{\text{Capacidad de producción} * \text{Total turnos semanal}}{\text{No. días por semana}} \quad (23)$$

$$\text{Prod. montaje convencional} = \frac{\frac{915 \text{ pares}}{\cancel{\text{semana}}} * 1{,}62 \ \cancel{\text{semanas}}}{5 \text{ días}}$$

$$\text{Prod. montaje convencional} = 297 \ \frac{\text{pares}}{\text{día}}$$

El proceso de cálculo mencionado se aplica del mismo modo sobre la línea de fabricación a inyección, cuyo resultado respecto a la cantidad total producida se visualiza en la Tabla 90.

Finalmente, se establece que el sistema de programación desarrollado genera automáticamente el total de horas por día que se trabajan aplicando la ecuación 24 para las líneas de montaje convencional y a inyección.

$$\text{Horas producción} = \frac{\text{Produc. montaje}}{\text{Cap.producción}} * \text{No. días por semana} * \text{Horas jornada} \qquad (24)$$

$$\text{Horas producción convencional} = \frac{297 \frac{\cancel{\text{pares}}}{\text{día}}}{915 \frac{\cancel{\text{pares}}}{\cancel{\text{semana}}}} * \frac{5 \cancel{\text{días}}}{\cancel{\text{semana}}} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}}$$

$$\text{Horas producción convencional} = 12{,}98 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

Este último cálculo permite llevar un mejor análisis sobre los tiempos reales que toman la fabricación de calzado en el sub enbsamble de montaje, que con fines ilustrativos de aplica sobre la segunda semana de Marzo del 2017.

Tabla 90. Programación de días de fabricación de calzado

DATOS GENERALES MONTAJE					
Parámetros de producción	**Número de días**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Días de producción troquelado manual	0.21				
Días de producción troquelado automático	0.63				
Días de producción troquelado troquel 1	0.46				
Días de producción troquelado troquel 2	0.62				
Días de producción aparado convencional		1,00	0,90		
Días de producción aparado strobel		1,00	0,05		
Días de producción montaje convencional				1,00	0,62
Producción montaje convencional				183	114
Días de producción montaje a inyección			0,90	0,67	
Producción montaje inyección			120	89	
HORAS DE PRODUCCIÓN PLANIFICADAS					
Montaje convencional				8,00	4,98
Montaje inyección			7,20	5,40	

En el Anexo 7 se detalla la asignación de turnos bajo el procedimiento descrito, considerando las cinco semanas del trimestre Marzo-Mayo del 2017.

4.5.3 Análisis de recursos de la situación actual y el modelo de producción propuesto

En esta sección se analizan las variaciones sobre la utilización del recurso humano y la capacidad mensual de producción, mediante la elaboración de indicadores que se aplican sobre la situación actual de la empresa y el modelo de planificación propuesto, de manera que se comparen los resultados generados en cada escenario. Este proceso se desarrolla en el apartado 4.7 denominado "Análisis de Resultados".

4.6 Integrar los resultados de la investigación

Posterior al proceso de experimentación del modelo de planificación de la producción de montaje en el software Excel resulta fundamental integrar el producto obtenido con la programación de los sub ensambles de aparado y troquelado con el propósito de obtener como resultado final un único software que analice la totalidad del proceso de elaboración de calzado.

Adicionalmente, se entrega la integración de los modelos de planificación de cada área a la Unidad de Investigación de la FISEI en el cual realizan un sistema de planificación y programación de la producción, pues con los datos facilitados se generan una serie de pruebas que evalúen el funcionamiento del sistema en mención.

4.6.1 Análisis trimestral de resultados

Una vez que se han integrado todos los datos necesarios se procede a analizar los resultados generados en el período de Marzo a Mayo del 2017 a manera de una tabla resumen, cuyo fin principal es identificar las variaciones respecto a la necesidad de recursos tangibles e intangibles para cada línea de fabricación semanalmente. Para este punto, se toma en consideración los turnos de los procesos de troquelado y aparado de dicho período de manera que se evalúen los resultados de la totalidad del proceso de fabricación de calzado.

En las Tablas 91, 92 y 93 se describen los resultados para los 3 meses en mención, en los que se consideran las línea de producción de los sub ensambles de troquelado, aparado y montaje.

Datos generales

En el este punto resulta fundamental considerar la cantidad de días de cada mes y semana, turnos requeridos, líneas de fabricación y la cantidad de círculos de trabajo con que cuenta el área de montaje de la empresa sobre la que se desarrolla el modelo de planificación de la producción, pues estos datos influyen directamente en la capacidad de producción de la organización.

Cabe recalcar que para el desarrollo de la investigación se considera un turno por día y un círculo de trabajo para cada línea de fabricación en montaje.

Capacidad real de producción

En lo que respecta a la capacidad real de producción de montaje se establece que para el mes de Marzo se puede producir un mínimo de 549 pares y un máximo de 915 pares; mientras que en Abril la capacidad de producción se reduce, dado que cuenta únicamente con 4 semanas de trabajo lo que genera una capacidad mínima de producción es de 750 pares y una máxima de 937 pares; y finalmente se tiene que en Mayo la capacidad mínima es de 629 pares y la máxima de 1045 pares.

Es importante recordar que al tratarse de la producción de una combinación de modelos se emplea el comodín y la media ponderada para establecer la capacidad real de producción a la semana.

Debido a que la línea de fabricación a inyección posee un único modelo la capacidad de producción en los 3 meses analizados se determina mediante el tiempo estándar, obteniendo un valor mínimo de 399 pares y un máximo de 664 pares.

Necesidad de producción

En este punto se busca analizar las variaciones de la demanda registradas en base al pronóstico desarrollado, de manera que se evalúe la tendencia creciente y decreciente que se presenta en la distribución semanal de pedidos durante el trismestre establecido.

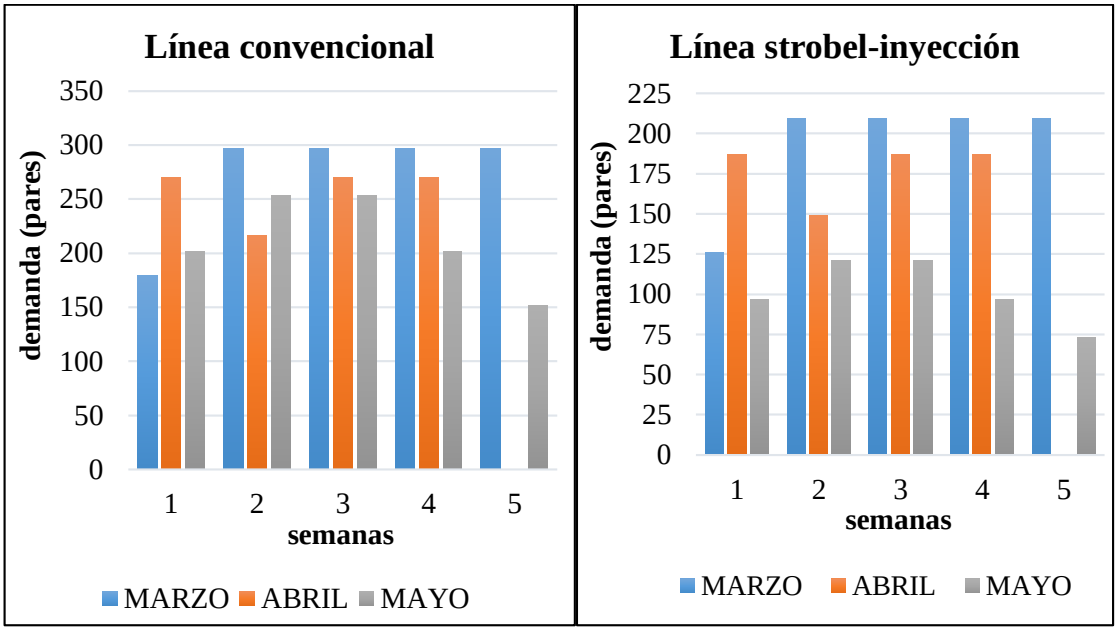


Fig. 19. Necesidad de producción línea convencional y a inyección

En la Fig. 19 se pueden observar las variaciones en la necesidad de producción para cada mes en cuanto a la línea de fabricación tipo convencional, mediante la gráfica mostrada se establece que en el mes de marzo la necesidad de producción es mayor mientras que en abril ésta se reduce debido a que únicamente cuenta con 4 semanas de producción y no de 5 como en la mayoría de meses; hecho que inevitablemente reduce la capacidad de producción de la planta e incrementa la carga de trabajo en la misma.

Mientras que en la línea de fabricación a inyección se establece que el mes de Marzo la demanda de calzado a inyección es mayor y en el mes de Mayo la demanda del modelo de seguridad a inyección disminuye, hecho que se debe a la estacionalidad que posee cada producto.

Resulta fundamental considerar las cantidades de pares de calzado a fabricarse en cada semana pues a través de esta información se puede facilitar la toma de decisiones de manera que se optimicen los índices de producción y eficiencia con que cuenta la empresa.

Producción en troquelado

Como se pudo identificar con anterioridad el área de troquelado cuenta con 3 líneas diferentes de fabricación que son la manual, automática y de troqueles, en este caso cada modelo en estudio se ensambla en una línea diferente, es decir, que en la línea manual se

produce el modelo casual de hombre, en la automática se produce el modelo deportivo de mujer y en la de troqueles se fabrican los 2 modelos de seguridad industrial considerados.

Debido a que este caso es especial por la diversidad de líneas de fabricación e independencia de las mismas se considera una producción paralela, de las cuales se establece que la línea manual toma menos tiempo de fabricación, mientras que la línea automática toma más tiempo en relación al resto.

Este hecho se sustenta en base a lo establecido en las Tablas 91, 92 y 93. Es importante recalcar, que lo mencionado anteriormente se enfoca solamente en el período establecido por lo que en otros meses el tiempo de fabricación podría cambiar para cada modelo.

Adicionalmente, se considera que al ser líneas paralelas de fabricación se toma el valor de la línea que más se tarde para establecer el día de producción en que inicia el proceso de aparado.

Producción en aparado

Una vez que se han definido las horas de trabajo del área de troquelado se programa el número de días que toma la producción de aparado para satisfacer las necesidades de producción registradas por semana.

En las Tablas 91, 92 y 93 se distribuyen las horas de producción destinadas para el aparado en sus líneas convencional y strobel, considerando que los modelos casual de hombre, deportivo de mujer y seguridad industrial se destinan a la primera línea y el modelo de seguridad a inyección se produce en la segunda línea.

Acorde a los datos expuestos en las tablas mencionadas se establece que la línea convencional toma más tiempo en el mes de Marzo mientras que Abril requiere menos tiempo de producción; en cuanto a la línea strobel se considera que en Mayo existe mayor demanda, mientras que en Abril la demanda disminuye.

Producción de montaje

Como punto final se establece que después de definir el tiempo de producción de aparado se envía el sub ensamble hacia el último proceso, es decir, montaje.

En este punto se consideran únicamente dos líneas de fabricación la primera denominada línea convencional, cuya entrada proviene de la línea convencional de aparado; y la segunda línea denominada a inyección, cuya entrada viene de la línea strobel de aparado.

Para el cálculo de los turnos se toma en consideración los datos generales descritos anteriormente tales como: la existencia de un círculo de trabajo para cada línea de fabricación los cuales posee una capacidad de producción diferente; la cantidad de turnos por día, siendo ésta de 1 turno; la cantidad de operarios definida en base al procentaje de utilización por puesto de trabajo estableciendo un total de 12 operarios para la línea convencional y 7 para la línea a inyección.

Según las tablas mostradas se establece que el mes con mayor tiempo de producción es Marzo mientras que el de menor tiempo es el mes de Mayo, en lo que respecta a la línea convencional; sin embargo, en el caso de la línea a inyección se establece que las variaciones de producción coinciden con las de la primera línea.

Tiempo total de fabricación

Como último punto se establece el tiempo total para la fabricación de los pedidos definidos en cada semana, para ello se suman las horas de producción de cada sub ensamble y se compara dicho valor con las 40 horas de trabajo ordinario existentes en una semana completa.

Como se observa en las Tablas 83, 84 y 85 ninguna semana de trabajo sobrepasa el tiempo ordinario de trabajo por lo que no existe necesidad de aplicar horas extras sobre la producción de los 4 modelos seleccionados. Es decir, que los recursos adicionales tangibles e intangibles descritos en la planeación agregada se aplican sobre la producción del resto de modelos de la empresa.

Tabla 91. Resumen de resultados Marzo 2017

MESES	**MARZO**									
# De días al mes	**23**									
# Turnos por día	**1**									
Líneas de fabricación	**Línea convencional (Casual, deportivo y seguridad industrial)**					**Línea strobel – inyección (Seguridad industrial a inyección)**				
Círculos de trabajo	**1**					**1**				
Semanas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días laborables	3	5	5	5	5	3	5	5	5	5
Capacidad de producción (pares/turno)	549	915	915	915	915	399	665	665	665	665
Necesidad de producción (pares)	179	297	297	297	297	126	209	209	209	209
Turno troquelado manual (días)	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-
Horas de producción troquelado manual	1,1	1,7	1,7	1,7	1,7	-	-	-	-	-
Turno troquelado automático (días)	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	-	-	-	-	-
Horas de producción troquelado automático	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	-
Turno troquelado troquel (días)	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
Horas de producción toquelado troquel	2,2	3,7	3,7	3,7	3,7	2,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Turno aparado (días)	1,2	1,9	1,9	1,9	1,9	0,6	1,1	1,1	1,1	1,1
Horas de producción aparado	9,2	15,2	15,2	15,2	15,2	5,1	8,4	8,4	8,4	8,4
Turno montaje (días)	0,9	1,6	1,6	1,6	1,6	0,9	1,6	1,6	1,6	1,6
Horas de producción montaje	7,8	12,9	12,9	12,9	12,9	7,6	12,6	12,6	12,6	12,6
Tiempo total de fabricación (hr)	**20,0**	**33,2**	**33,2**	**33,2**	**33,2**	**15,6**	**25,9**	**25,9**	**25,9**	**25,9**

Tabla 92. Resumen de Resultados Abril 2017

MESES	**ABRIL**									
# De días al mes	**19**									
# Turnos por día	**1**									
Líneas de fabricación	**Línea convencional (Casual, deportivo y seguridad industrial)**					**Línea strobel – inyección (Seguridad industrial a inyección)**				
Círculos de trabajo	1					1				
Semanas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días laborables	5	4	5	5	-	5	4	5	5	-
Capacidad de producción (pares/turno)	937	750	937	937	-	664	534	664	664	-
Necesidad de producción (pares)	270	216	270	270	-	187	149	187	187	-
Turno troquelado manual (días)	0,2	0,1	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-
Horas de producción troquelado manual	1,9	1,5	1,9	1,9	-	-	-	-	-	-
Turno troquelado automático (días)	0,6	0,5	0,6	0,6	-	-	-	-	-	-
Horas de producción troquelado automático	4,7	3,8	4,7	4,7	-	-	-	-	-	-
Turno troquelado troquel (días)	0,7	0,6	0,7	0,7	-	0,6	0,4	0,6	0,6	-
Horas de producción toquelado troquel	6,3	5,1	6,3	6,3	-	4,4	3,5	4,4	4,4	-
Turno aparado (días)	1,7	1,4	1,7	1,7	-	0,9	0,7	0,9	0,9	-
Horas de producción aparado	14,0	11,2	14,0	14,0	-	7,5	6,1	7,5	7,5	-
Turno montaje (días)	1,4	1,1	1,4	1,4	-	1,4	1,1	1,4	1,4	-
Horas de producción de montaje	11,5	9,2	11,5	11,5	-	11,2	8,9	11,2	11,2	-
Tiempo total de fabricación (hr)	**31,9**	**25,5**	**31,9**	**31,9**	**-**	**23,2**	**18,5**	**23,2**	**23,2**	**-**

Tabla 93. Resumen de Resultados Mayo 2017

MESES	**MAYO**									
# De días al mes	**21**									
# Turnos por día	**1**									
Líneas de fabricación	**Línea convencional (Casual, deportivo y seguridad industrial)**					**Línea strobel – inyección (Seguridad industrial a inyección)**				
Círculos de trabajo	1					1				
Semanas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días laborables	4	5	5	4	3	4	5	5	4	3
Capacidad de producción (pares/turno)	838	1.045	1.045	839	629	534	665	665	534	399
Necesidad de producción (pares)	202	253	253	202	152	97	121	121	97	73
Turno troquelado manual (días)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	-	-	-	-	-
Horas de producción troquelado manual	2,4	2,9	2,9	2,4	1,8	-	-	-	-	-
Turno troquelado automático (días)	0,5	0,7	0,7	0,5	0,4	-	-	-	-	-
Horas de producción troquelado automático	4,3	5,5	5,5	4,3	3,3	-	-	-	-	-
Turno troquelado troquel (días)	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
Horas de producción toquelado troquel	1,6	2,0	2,0	1,6	1,2	2,3	2,8	2,8	2,3	1,7
Turno aparado (días)	1,4	1,7	1,7	1,4	1,1	0,9	1,2	1,2	0,9	0,7
Horas de producción aparado	11,4	14,3	14,3	11,4	8,5	7,8	9,7	9,7	7,8	5,8
Turno montaje (días)	0,9	1,2	1,2	0,9	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,5
Horas de producción montaje	7,7	9,6	9,6	7,7	5,8	5,8	7,2	7,2	5,8	4,3
Tiempo total de fabricación (hr)	**23,5**	**29,4**	**29,4**	**23,5**	**17,6**	**15,9**	**19,8**	**19,8**	**15,9**	**12,0**

4.6.2 Calendario de días de trabajo

En esta sección se presenta la calendarización de los días de producción mediante el uso de diagramas de Gantt que facilitan la interpretación de las fases de organización que toma la producción de calzado. En base a los resultados obtenidos a través de cálculos previos se ha logrado generar las Fig. 22, 23 y 24 en que se describen los días que toma la producción de acuerdo a los valores definidos en las Tablas 91, 92 y 93 para los meses de Marzo, Abril y Mayo respectivamente. Además de ello, se visualiza el flujo que mantiene cada modelo y línea de producción desde el proceso de troquelado hasta el envío a bodega de producto terminado a cargo de montaje.

En la Tabla 94 se observa la simbología empleada para describir los modelos y líneas de fabricación de los distintos diagramas presentados; pues resulta importante considerar el formato de los códigos empleados en los diagramas dado que la letra utilizada hace referencia al modelo o línea de fabricación, mientras que el número representa la cantidad de pares producidos en esa semana.

Tabla 94. Simbología para diagramas de Gantt

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
C	Modelo casual de hombre
D	Modelo deportivo de mujer
S	Modelo seguridad industrial
Si	Modelo seguridad industrial a inyección
Co	Línea de fabricación convencional
St	Línea de fabricación strobel
In	Línea de fabricación a inyección

En las Fig. 20, 21 y 22 se maneja un código de colores en el que se establecen las líneas de fabricación ya que el color naranja corresponde al flujo que sigue la línea de fabricación convencional, mientras que el verde corresponde a las líneas que se dirigen hacia el montaje a inyección.

En los siguientes diagramas se visualiza el cronograma de producción del período en mención que inicia en el área de troquelado en que se presentan 3 líneas diferentes de fabricación, las cuales se llevan a cabo de manera paralela pues no existe dependencia entre ellas; posteriormente se envían los modelos correspondientes hacia las línea de fabricación convencional y strobel del área de aparado, en las que se distribuyen los respectivos modelos a cada línea. Finalmente, se reciben los sub ensambles en el área de montaje acorde a su línea de fabricación para el armado final del calzado.

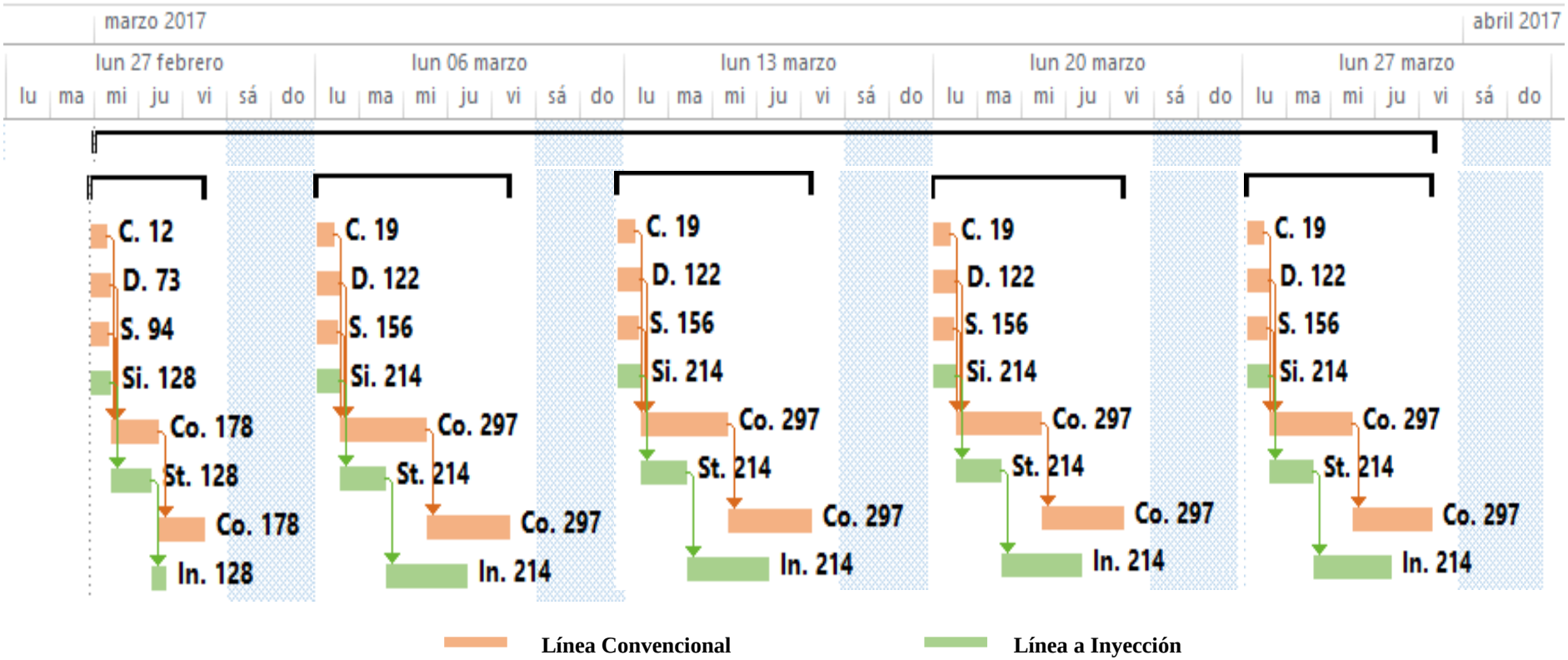


Fig. 20. Cronograma de producción Marzo 2017

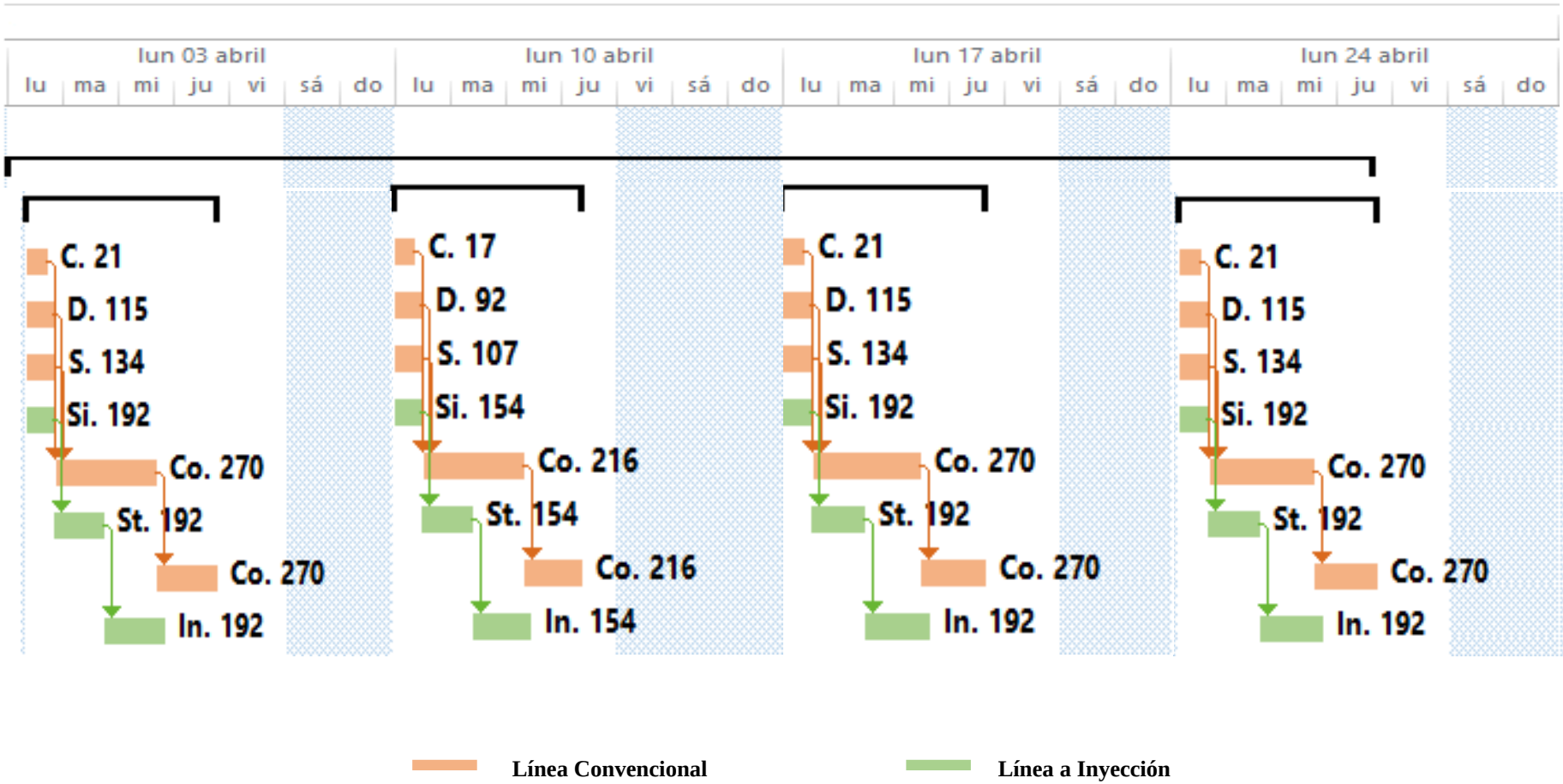


Fig. 21. Cronograma de producción Abril 2017

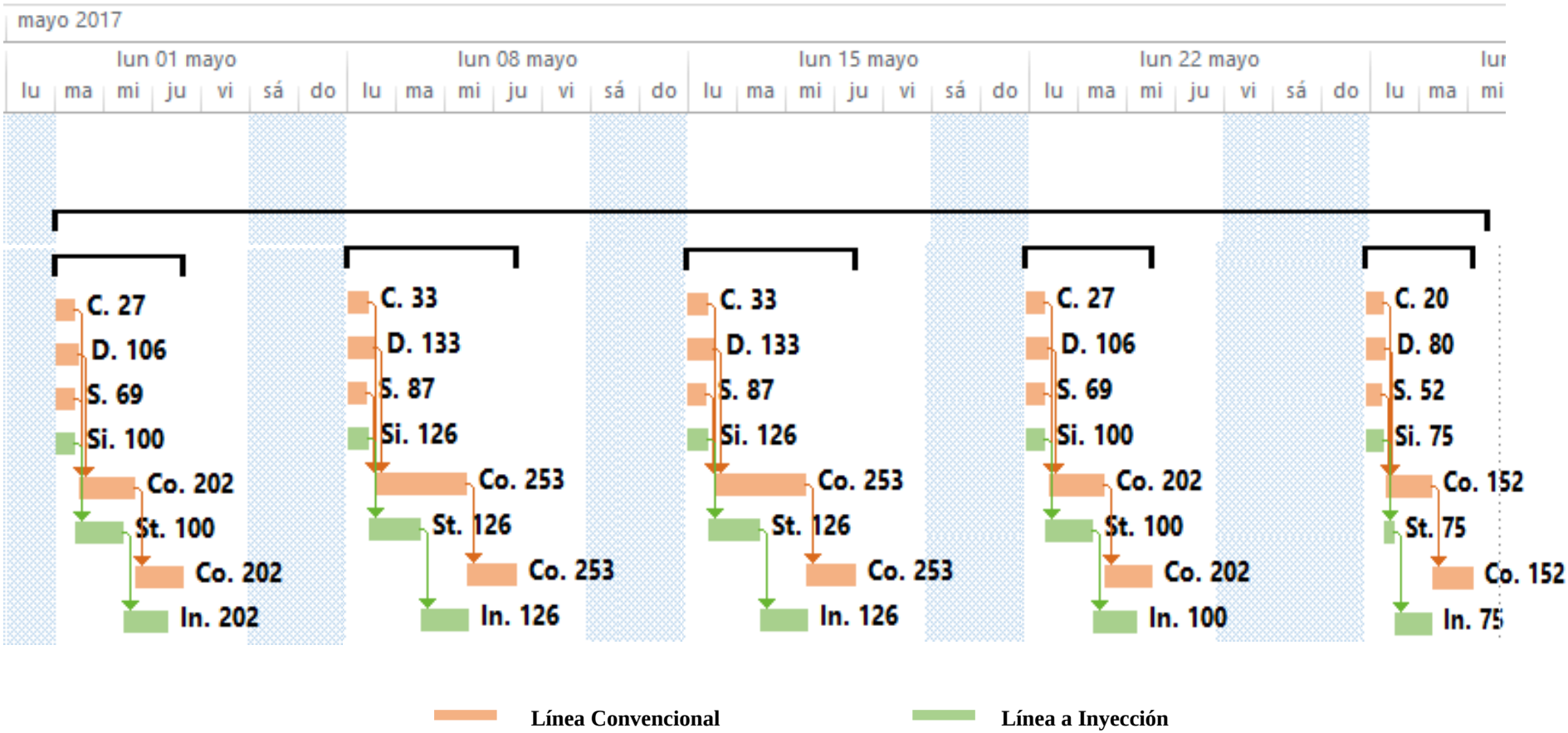


Fig. 22. Cronograma de producción de Mayo 2017

4.6.3 Ingreso de datos al software de producción

Una vez que se ha finalizado el modelo de planificación de la producción se ingresa la información generada en el sistema de planificación y programación de la producción creado por la FISEI con el propósito de que se comparen los resultados obtenidos y se verifique el correcto desarrollo del macro proyecto.

En la Fig. 23 se visualiza la interfaz para el ingreso de las órdenes de producción por talla y cantidad a producir de cada modelo en estudio, la información empleada corresponde a la semana 2 del mes de marzo del 2017, semana que se ha empleado para el desarrollo de los cálculos del modelo planteado.



Detalle Orden

Modelo	Talla	Cantidad
CASUAL HOMBRE	37	2
CASUAL HOMBRE	38	3
CASUAL HOMBRE	39	4
CASUAL HOMBRE	40	5
CASUAL HOMBRE	41	2
CASUAL HOMBRE	42	2
CASUAL HOMBRE	43	1
DEPORTIVO MUJER	35	15
DEPORTIVO MUJER	36	36
DEPORTIVO MUJER	37	38
DEPORTIVO MUJER	38	24
DEPORTIVO MUJER	39	7
DEPORTIVO MUJER	40	2
SEGURIDAD INDUSTRIAL	37	9
SEGURIDAD INDUSTRIAL	38	27
SEGURIDAD INDUSTRIAL	39	33
SEGURIDAD INDUSTRIAL	40	37
SEGURIDAD INDUSTRIAL	41	20
SEGURIDAD INDUSTRIAL	42	26
SEGURIDAD INDUSTRIAL	43	3
	Total:	296

Fig. 23. Interfaz para el ingreso de órdenes de producción [23]

A través de una programación interna el sistema genera automáticamente el valor de la capacidad ponderada de producción de cada sub ensamble, que como se observa en la Tabla 83 para montaje convencional toma un valor de 915 pares/semana, mientras que el sistema (Fig. 24) genera un total de 916 pares/ semana; generando una margen de error del 0,34% debido a la cantidad de decimales con que se maneja cada propuesta.

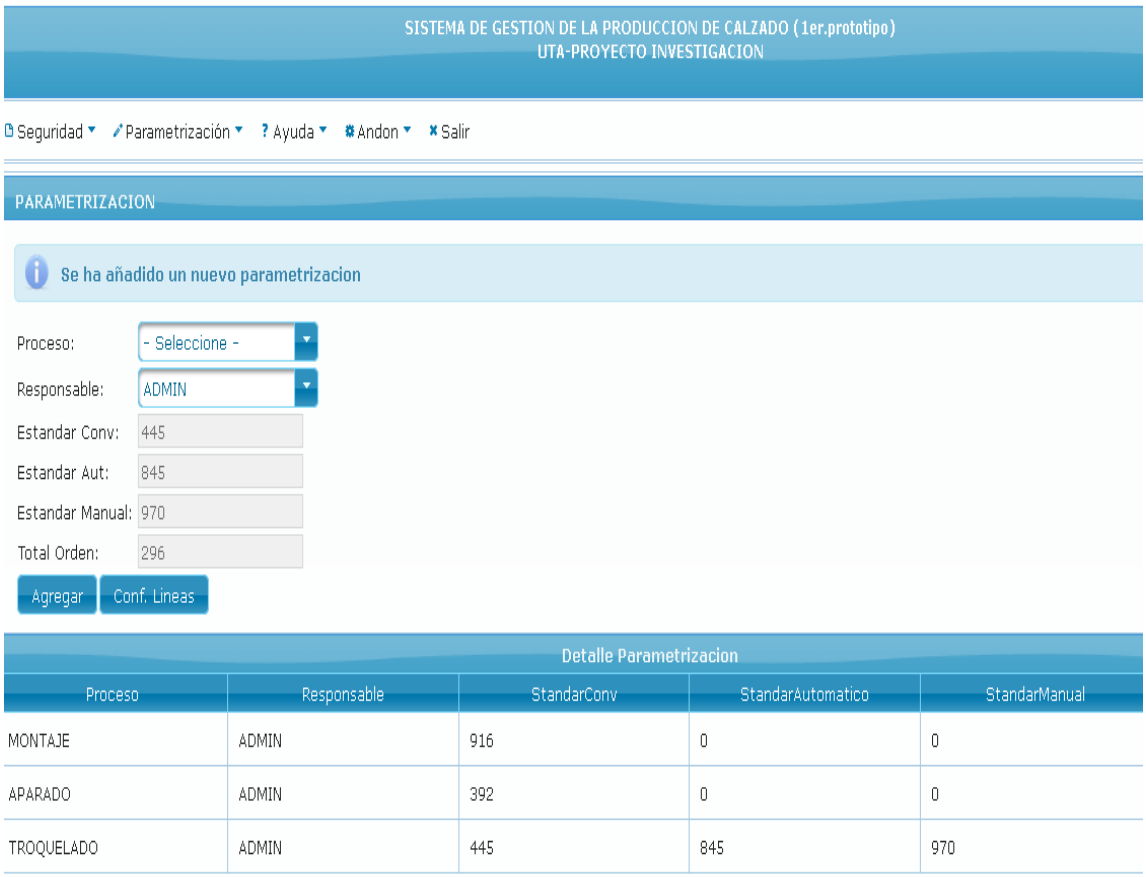


Fig. 24. Parametrización de sub ensambles [23]

Finalmente se calendarizan los días de cada sub ensamble tomando en cuenta las políticas de producción definidas previamente. De acuerdo a lo descrito en el Diagrama de Gantt respecto a la semana 2 de la Fig. 20, el área de montaje inicia sus actividades los días jueves y viernes, hecho tiene lugar de la misma forma en el sistema planteado, tal como se indica en la Fig. 25.

Mediante los resultados mostrados se establece que el sistema de planificación y programación de la producción presenta similitud en los resultados obtenidos con el modelo de producción planteado, lo que evidencia el correcto funcionamiento del sistema.



Fig. 25. Calendario general de producción de lso sub ensambles [23]

4.7 Análisis de resultados

Parte fundamental del proyecto propuesto se basa en generar indicadores sobre una serie de variables con el objetivo de evaluar la eficiencia del sistema propuesto; ya que mediante un indicador se puede definir el comportamiento y desempeño de un determinado proceso mediante la comparación de la información actual de la empresa y los valores obtenidos con la propuesta planteada de manera que se detecten las desviaciones positivas o negativas.

4.7.1 Eficiencia de la capacidad de producción

Mediante este indicador se busca establecer el porcentaje de crecimiento o decremento que genera el modelo de planificación de la producción propuesto sobre una de las variables más importantes de una organización, siendo esta la capacidad de producción.

Para ello, se compara la capacidad de producción empírica establecida por el jefe de producción del área de montaje y la capacidad efectiva calculada en base a las restricciones de operación descritas en el apartado 4.2.3.

Eficiencia de la capacidad de producción línea convencional

En la Tabla 95 se puede observar el valor correspondiente a la capacidad por turno actual de la empresa que toma un valor de 160 pares/turno y la capacidad real ponderada de producción calculada en base al estudio de tiempos obtenido cuyo valor varía de acuerdo a la demanda por modelo requerida para cada mes.

Adicionalmente, se genera el cálculo de la capacidad mensual en base al número de días laborables que cada mes posee y con dichos valores se genera el cálculo de la eficiencia de la capacidad mensual aplicando la ecuación 25.

$$\text{Incremento de eficiencia} = \frac{\text{Capacidad mensual programada}}{\text{Capacidad mensual utilizada}} * 100\% \quad (25)$$

$$\text{Incremento de eficiencia Junio} = \left(\frac{4268{,}00}{3520{,}00} * 100\%\right) - 100\%$$

$$\text{Incremento de eficiencia Junio} = 21\%$$

Como se observa en la Tabla 95 el modelo propuesto posee mayor eficiencia pues muestra un mayor aprovechamiento y control sobre los tiempos de producción generando un incremento en la capacidad de producción de la empresa, ya que supera al sistema de producción actual en un rango del 3% al 24%.

Tabla 95. Cálculo de la eficiencia para la capacidad de la producción línea convencional

Año	Mes	Días al mes	Capacidad actual por turno (pares)	Capacidad real por turno (pares)	Capacidad mensual actual (pares)	Capacidad mensual programada (pares)	Incremento de Eficiencia (%)
2016	Junio	22	160	194	3.520	4.268	21%
	Julio	21	160	165	3.360	3.465	3%
	Agosto	22	160	198	3.520	4.356	24%
	Septiembre	22	160	191	3.520	4.202	19%
	Octubre	21	160	188	3.360	3.948	18%
	Noviembre	19	160	179	3.040	3.401	12%
	Diciembre	22	160	167	3.520	3.674	4%

En la Figura 26 se visualiza un diagrama con la comparación de la capacidad mensual actual de la empresa y la capacidad de producción calculada, como se puede notar este último supera a la capacidad actual, hecho que sustenta los porcentajes de incremento obtenidos en el porcentaje de eficiencia.

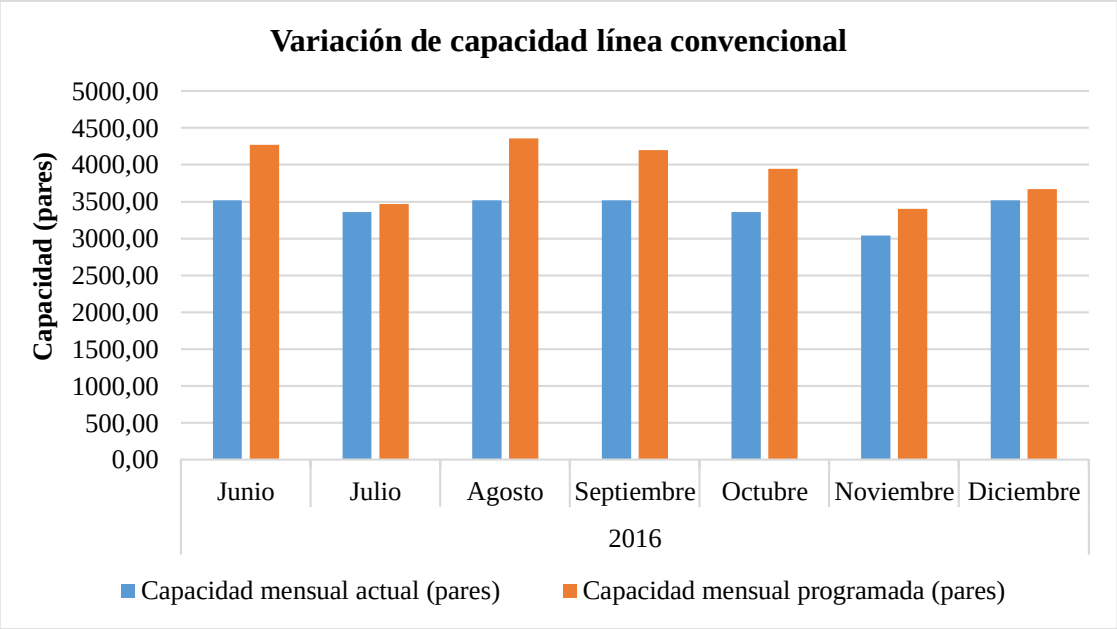


Fig. 26. Diagrama comparativo de capacidad de producción línea convencional

Eficiencia de la capacidad de producción línea a inyección

En la Tabla 96 se establece que la capacidad actual por turno es de 120 pares acorde al jefe de producción del área; mientras que la capacidad calculada en base al estudio de tiempos obtenidos es de 133 pares por turno, en este caso no se presentan variaciones de la capacidad por turno en cada mes debido a que no existe la combinación de modelos y por ende no se requiere calcular la capacidad combinada de producción.

Mediante la aplicación de la ecuación 25 se calcula el valor de la eficiencia obtenida con el modelo de producción propuesto mostrado en la Tabla 88, que como se observa supera al sistema actual de producción en un 11%.

Tabla 96. Cálculo de la eficiencia para la capacidad de la producción línea inyección

Año	Mes	Días al mes	Capacidad actual por turno (pares)	Capacidad real por turno (pares)	Capacidad mensual actual (pares)	Capacidad mensual programada (pares)	Incremento de Eficiencia (%)
2016	Junio	22	120	133	2.640	2.926	11%
	Julio	21	120	133	2.520	2.793	11%
	Agosto	22	120	133	2.640	2.926	11%
	Septiembre	22	120	133	2.640	2.926	11%
	Octubre	21	120	133	2.520	2.793	11%
	Noviembre	19	120	133	2.280	2.527	11%
	Diciembre	22	120	133	2.640	2.926	11%

En la Figura 27 se observa un diagrama que compara la capacidad de producción mensual establecida empíricamente por la empresa y la capacidad mensual obtenida, mostrando un crecimiento notable cada mes, hecho q sustenta el valor de la eficiencia obtenida en la Tabla 96.

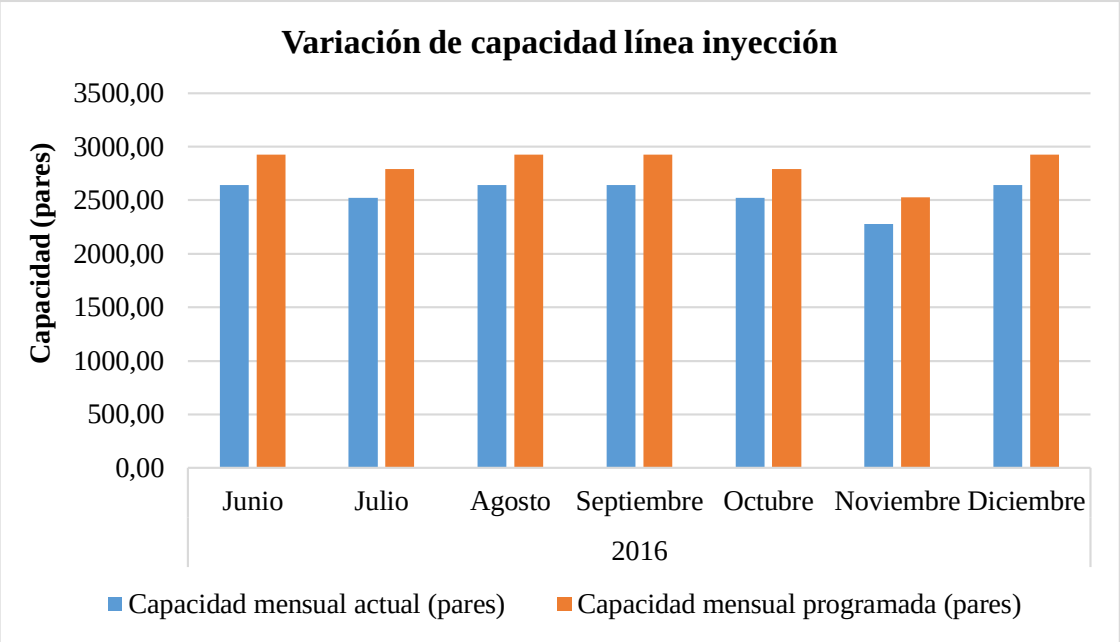


Fig. 27. Diagrama comparativo de capacidad de producción línea a inyección

4.7.2 Medición del error del pronóstico

El desarrollo de un pronóstico debe considerar que sus resultados generen datos próximos a la realidad, es decir que el grado de incertidumbre sea pequeño; con el propósito de tomar desiciones en cuanto a la disponibilidad de productos y capacidad de producción; es por esta razón que se requiere identificar el porcentaje de error que poseen las proyecciones mediante herramientas como el error normal, error porcentual, la desviación media absoluta (MAD) y la señal de seguimiento (SS).

Línea Convencional

Mediante el uso de las ecuaciones 26 y 27 se obtiene el valor del error absoluto y el error porcentual para posteriormente generar la sumatoria de sus resultados, el cual se divide para los 6 períodos requeridos y cuyo resultado representa el error medio absoluto (MAPE) que para la línea convencional presenta un 9,96% de error (Tabla 97).

$$Error\ absoluto\ Junio = |Ventas - Pronóstico| = |1268 - 1357| = 89 \quad (26)$$

$$Error\ porcentual = \frac{Error\ Absoluto}{Ventas\ Actuales} * 100\% \quad (27)$$

$$Error\ porcentual\ Junio = \frac{89}{1268} * 100\% = 7{,}02\%$$

Tabla 97. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016 – Línea Convencional

n	Mes	Ventas Actuales	Pronóstico	Error Absoluto	Error Porcentual
1	Junio	1.268	1.357	89	7,02%
2	Julio	1.640	1.596	44	2,68%
3	Agosto	1.204	1.064	140	11,63%
4	Septiembre	1.078	964	114	10,58%
5	Octubre	759	854	95	12,52%
6	Noviembre	864	958	94	10,88%
7	Diciembre	1.120	1.070	50	4,46%
				Total	59,77%
				N	6
				MAPE	9,96%

Posteriormente se calcula la desviación media absoluta (MAD) y la señal de rastreo (SS) con el propósito de analizar de mejor manera el desempeño del pronóstico; en la Tabla 98 se observan los resultados generados para el MAD y la SS al aplicar las ecuaciones 28 y 29 empleando como primer recurso la sumatoria acumulada del error absoluto de cada mes a partir de la cual se realizan los siguientes cálculos:

$$MAD\ Junio = \frac{\sum Error\ Absoluto\ \ junio}{n\ junio} = \frac{89}{1} = 89 \quad (28)$$

$$SS\ Junio = \frac{\sum Error\ Normal\ \ junio}{MAD\ junio} = \frac{-89}{89} = -1 \quad (29)$$

Tabla 98. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016- Línea Convencional

n	Mes	Suma acumulada de error absoluto	MAD	Error normal	Suma acumulada error normal	SS
1	Junio	89	89	-89	-89	-1
2	Julio	133	66,5	44	-45	-0,7
3	Agosto	273	91	140	95	1
4	Septiembre	387	96,8	114	209	2,2
5	Octubre	482	96,4	-95	114	1,2
6	Noviembre	576	96	-94	20	0,2
7	Diciembre	626	89,4	50	70	0,8

En la Fig. 28 se observa la dispersión de los datos en base al promedio de los errores pronosticados de la línea convencional.

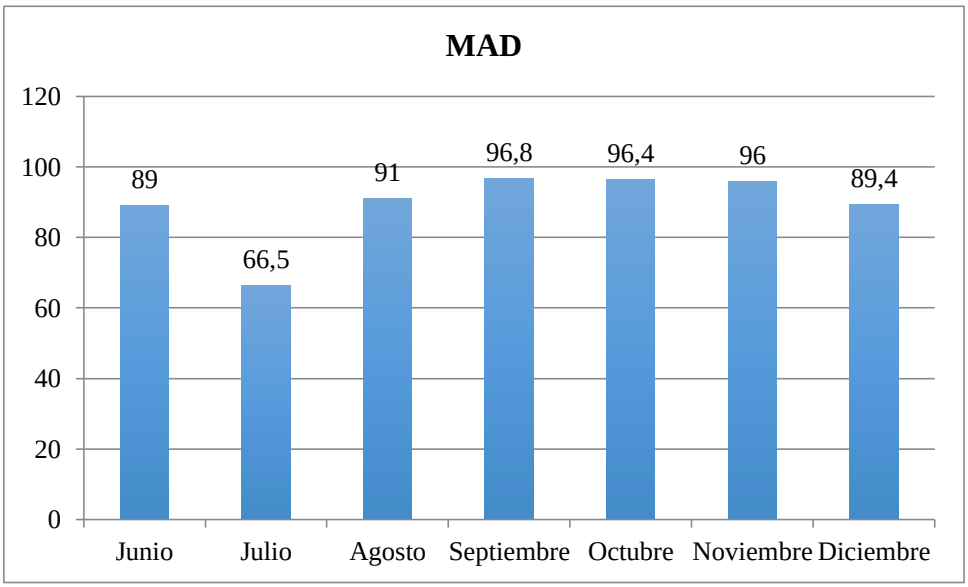


Fig. 28. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016- Línea convencional

En la Fig. 29 se visualiza la señal de seguimiento en que se indica si el promedio pronosticado genera un cambio hacia arriba o abajo de la demanda, como se nota en la figura se tiene que en los meses de junio y julio las ventas realizadas son menores a las proyecciones obtenidas, mientras que en los meses de agosto a diciembre el pronóstico supera a la demanda real.

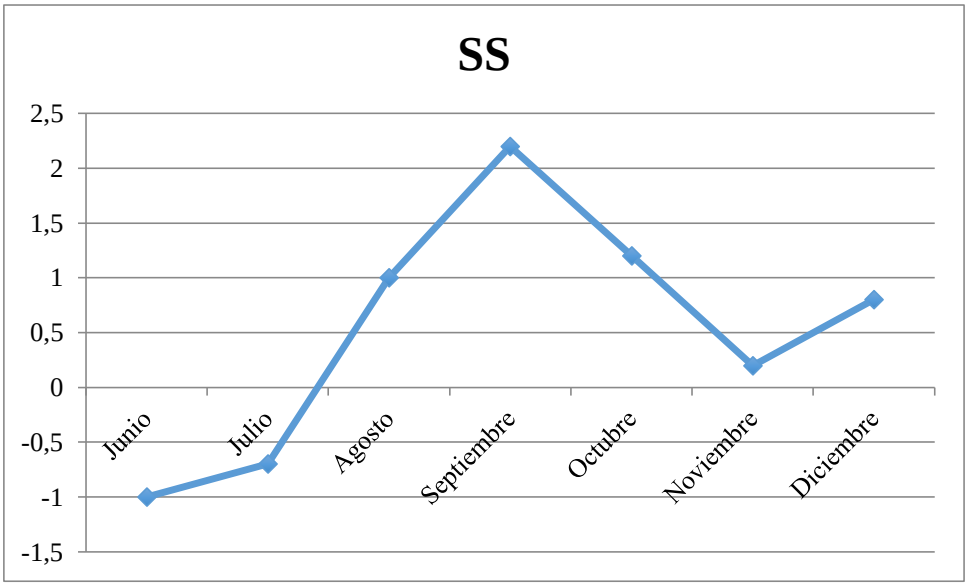


Fig. 29. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016 – Línea Convencional

Línea a Inyección

Para establecer el porcentaje de error que poseen los datos pronosticados del modelo de seguridad industrial a inyección se procede a desarrollar los mismo cálculos previamente mostrados y cuyos resultados se observan en la Tabla 99, estableciendo que el error medio absoluto (MAPE) toma un valor 7,42% para la línea a inyección.

Tabla 99. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016– Línea a inyección

n	Mes	Ventas Actuales	Pronóstico	Error Absoluto	Error Porcentual
1	Junio	811	884	73	9,00%
2	Julio	1.368	1419	51	3,73%
3	Agosto	643	638	5	0,78%
4	Septiembre	724	700	24	3,31%
5	Octubre	710	656	54	7,61%
6	Noviembre	834	821	13	1,56%
7	Diciembre	1.240	1010	230	18,55%
				Suma	44,53%
				n	6
				MAPE	7,42%

Adicionalmennte se desarrolla el cálculo de la desviación media absoluta (MAD) y la señal de seguimiento (SS) para identificar el desempeño del pronóstico, en la Tabla 100 se observan los resultados generados por dichas variables.

Una vez obtenido el valor mensual del MAD se calcula el error normal y su suma acumulada con el propósito de obtener el valor de la SS con la ecuación 4.

Tabla 100. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016 - Línea a inyección

n	Mes	Sumatoria acumulada del error absoluto	MAD	Error normal	Suma acumulada del error normal	TS
1	Junio	73	73	-73	-73	-1
2	Julio	124	62	-51	-124	-2
3	Agosto	129	43	5	-119	-2,8
4	Septiembre	153	38,3	24	-95	-2,5
5	Octubre	207	41,4	54	-41	-1
6	Noviembre	220	36,7	13	-28	-0,8
7	Diciembre	450	64,3	230	202	3,1

En la Fig. 30 se observa la dispersión de los datos en base al promedio de los errores pronosticados de la Empresa B obtenidos mediante el MAD del cálculo mostrado en la Tabla 100.

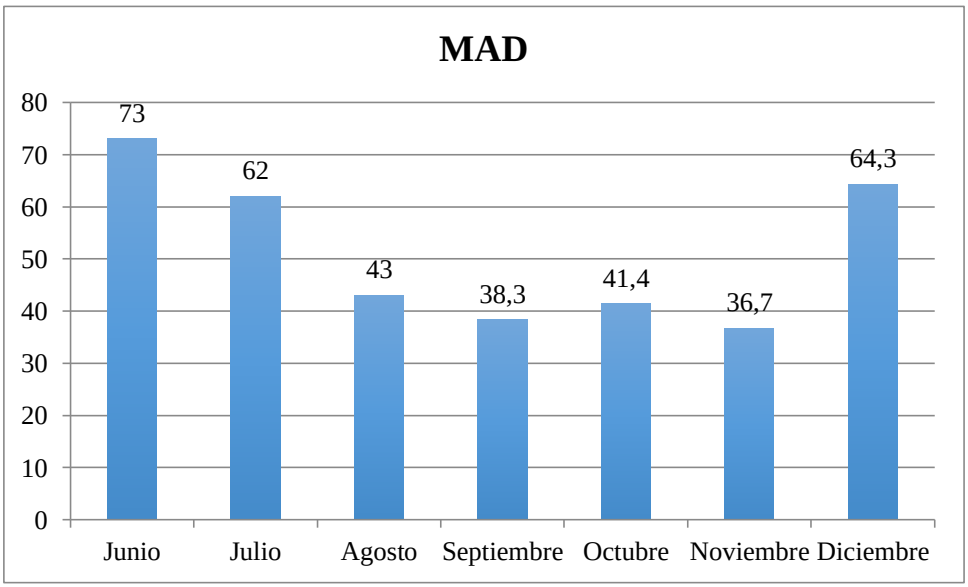


Fig. 30. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016 – Línea a inyección

En la Fig. 31 se visualiza la señal de seguimiento en que se indica si el promedio pronosticado genera un cambio hacia arriba o abajo de la demanda, como se nota en la

figura se tiene que en los meses de junio a noviembre las ventas realizadas son menores a las proyecciones obtenidas, mientras que en los meses de diciembre el pronóstico supera a la demanda real.

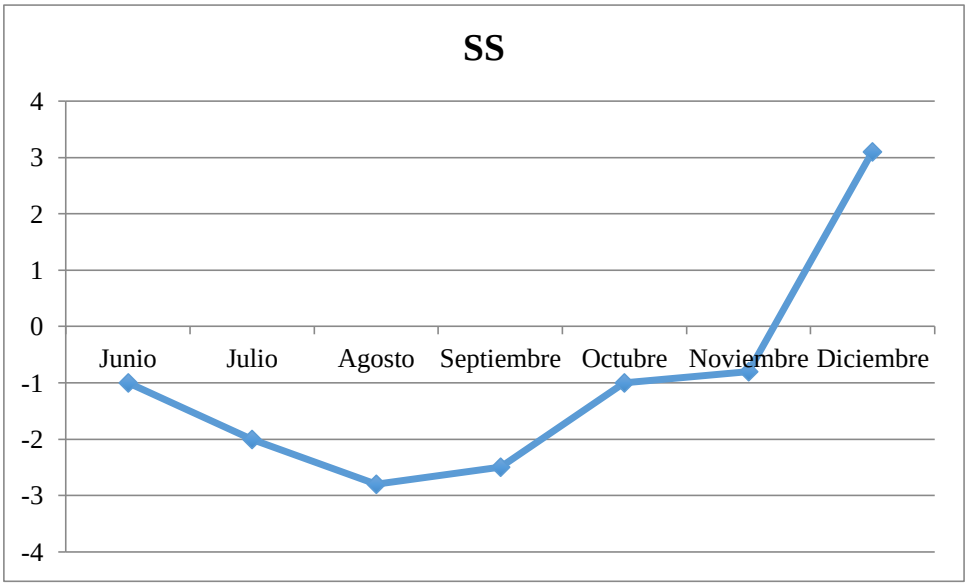


Fig. 31. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016- Línea a inyección

4.7.2 Productividad parcial laboral

Debido a que en la investigación planteada no se lleva a cabo un análisis de costos y materia prima utilizada se pasa por alto el cálculo de la productividad total del sistema propuesto; sin embargo, con el objetivo de evaluar los beneficios que conlleva la propuesta se aplica el cálculo correspondiente a la productividad parcial centrada en el uso de la mano de obra que interviene en el círculo de montaje.

Mediante la aplicación de este indicador se busca evaluar el grado de utilización de los diversos factores que inciden en el proceso de fabricación de calzado, para el presente estudio se establece una relación entre la cantidad del producto fabricado con el número de horas hombre empleadas para cumplir con dicho pedido.

Productividad parcial laboral de la línea convencional

En la Tabla 101 se desarrolla el cálculo de la productividad parcial laboral mediante el uso de la ecuación 26 que se define como una derivación de la ecuación 6; en este caso se consideran las ventas reales registradas en el período de Junio a Diciembre del 2016 junto con la cantidad de trabajadores con que cuenta el círculo de montaje convencional

en el sistema actual de producción comparando con los recursos sugeridos por el modelo propuesto.

$$\text{Productividad parcial} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{No.trabajadores} * \frac{\text{No.horas}}{\text{trabajador}}} \quad (26)$$

$$\text{Productividad real actual de junio} = \frac{1406 \text{ pares}}{15 \text{ trabajadores} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{trabajador}}}$$

$$\text{Productividad real actual de junio} = 11{,}72 \text{ pares/hora}$$

Adicionalmente, se añade una columna en que se registra el porcentaje de variación de la productividad existente entre el valor actual y el obtenido con el desarrollo del modelo de planificación de la producción, como se puede observar éste último presenta un incremento de productividad del 25% respecto al sistema actual de producción.

Tabla 101. Cálculo de la productividad laboral línea convencional

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Histórico de ventas (pares)	Recursos y resultados reales línea convencional		Recursos y resultados propuestos por el modelo		IP %
				N° de trabaja. actuales	PL actual (pares/hora)	N° de trabaja. propuestos	PL programada (pares/hora)	
2016	Junio	8	1268	15	10.57	12	13.21	25%
	Julio	8	1640	15	13.67	12	17.08	25%
	Agost.	8	1204	15	10.03	12	12.54	25%
	Septie.	8	1078	15	8.98	12	11.23	25%
	Octub.	8	759	15	6.33	12	7.91	25%
	Novie.	8	864	15	7.20	12	9.00	25%
	Dicie.	8	1120	15	9.33	12	11.67	25%

En la Fig. 32 se puede observar que la productividad del modelo propuesto es mayor al obtenido con las condiciones actuales de la empresa pues se aprovecha de mejor manera el recurso humano, fundamentando el valor de variación calculado en la Tabla 101.

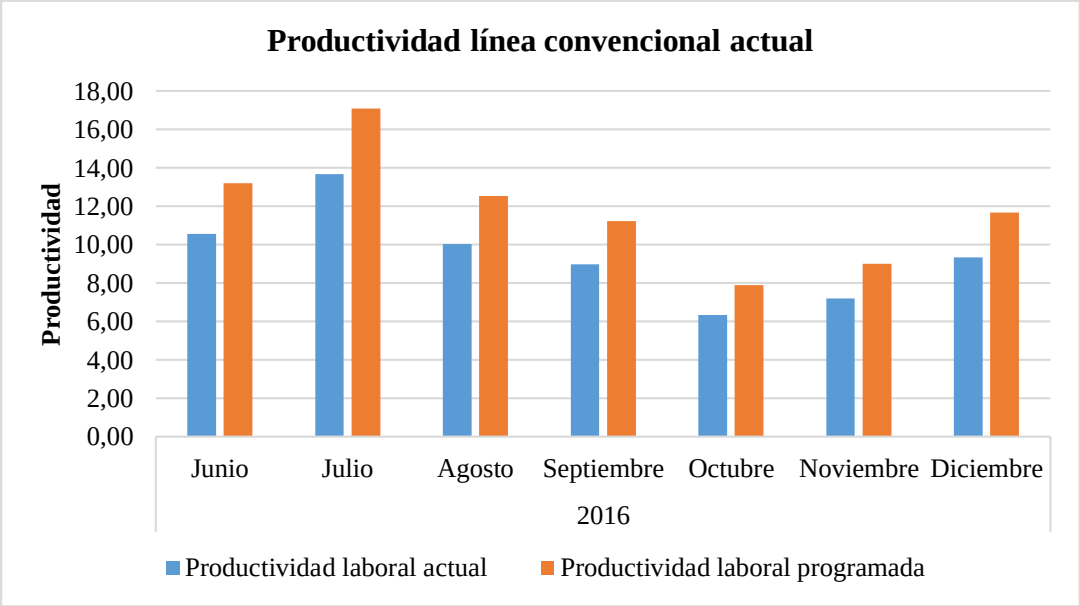


Fig. 32. Comparación de productividad actual y propuesta línea convencional

Productividad parcial laboral línea a inyección

En la Tabla 102 se desarrolla el cálculo de la productividad parcial laboral de la línea de montaje a inyección mediante el uso de la ecuación 26; para lo cual se consideran las ventas registradas en el período de Junio a Diciembre del 2016 junto con la cantidad de trabajadores actual con que cuenta el sistema de producción y los recursos sugeridos por el modelo, generando este último un incremento en la productividad del 29%.

Tabla 102. Cálculo de la productividad laboral línea a inyección

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Histórico de ventas (pares)	Recursos y resultados reales línea a inyección		Recursos y resultados propuestos por el modelo		IP %
				N° de trabaj. actuales	PL actual (pares/hora)	N° de trabaj. propuestos	PL propuesta (pares/hora)	
2016	Junio	8	811	9	11.26	7	14.48	29%
	Julio	8	1368	9	19.00	7	24.43	29%
	Agost.	8	643	9	8.93	7	11.48	29%
	Septie.	8	724	9	10.06	7	12.93	29%
	Octub.	8	710	9	9.86	7	12.68	29%
	Novie.	8	834	9	11.58	7	14.89	29%
	Dicie.	8	1240	9	17.22	7	22.14	29%

En la Fig. 33 se puede observar la variación de la productividad de la situación actual y la propuesta para la organización, destacando que la diferencia existente entre ellas apoya al crecimiento de la productividad que genera el modelo de planificación desarrollado

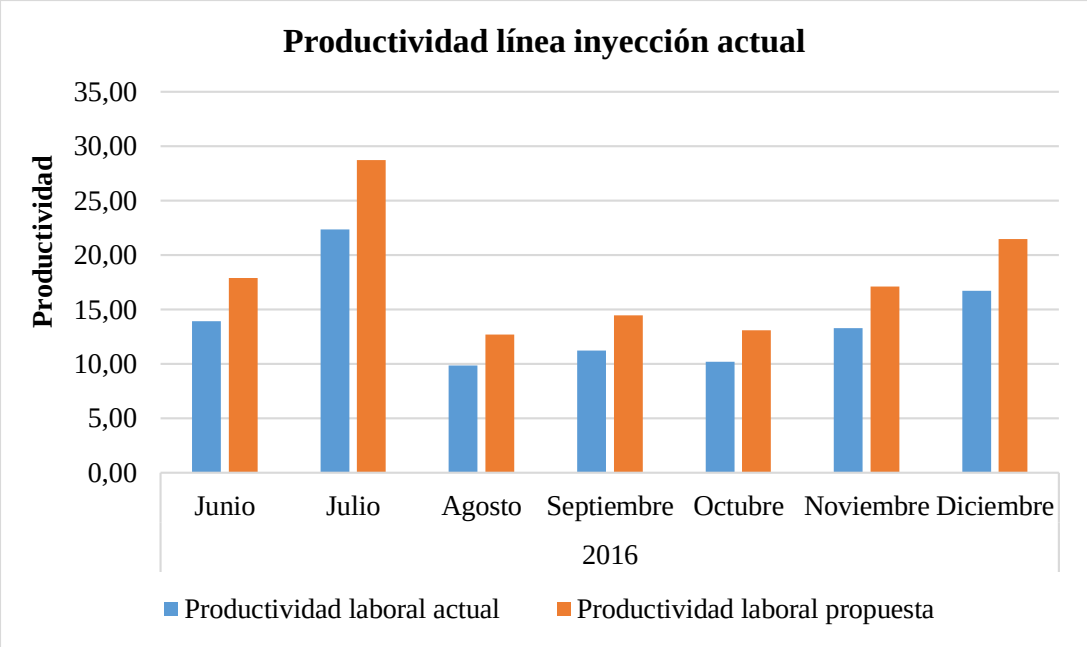


Fig. 33. Comparación de productividad actual y propuesta línea a inyección

4.7.3 Cálculo de los Costos por el Tiempo Total de Horas Trabajadas al Mes

Para complementar el análisis de los beneficios que brinda a las empresas la aplicación del modelo de planificación propuesto se da lugar al cálculo de las horas laboradas por cada trabajador para satisfacer la demanda de los productos definidos en cada línea de fabricación para los meses de junio a diciembre del 2016. Para determinar el costo de mano de obra se considera que la cantidad de trabajadores que posee cada empresa y la propuesta por el modelo para las líneas de montaje.

En la Tabla 103 se establece que la línea convencional podría haber generado un ahorro de 1960,39 dólares durante el período de Junio a Diciembre del 2016 al adoptar la cantidad de recurso humano sugerido en el modelo.

Tabla 103. Costo real y propuesto de producción mensual línea convencional

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas actuales (pares)	Trabajadores actuales	Tiempo actual (horas)	Costo real de producción ($)	Trabajadores propuestos	Tiempo propuesto (horas)	Costo propuesto de producción ($)	Ahorro ($)
2016	Junio	8	1.268	15	54,3	1246,19	12	52,0	954,72	291,47
	Julio	8	1.640	15	81,5	1870,43	12	79,2	1454,11	416,31
	Agosto	8	1.204	15	55,4	1271,43	12	52,8	969,41	302,02
	Septiembre	8	1.078	15	47,2	1083,24	12	45,6	837,22	246,02
	Octubre	8	759	15	33,9	778,01	12	32,0	587,52	190,49
	Noviembre	8	864	15	39,6	908,82	12	38,4	705,02	203,80
	Diciembre	8	1.120	15	56,4	1294,38	12	53,6	984,10	310,28
									Total	**1960,39**

En la Tabla 104 se establece que la línea a inyección podría haber generado un ahorro de 1344,26 dólares durante el período de Junio a Diciembre del 2016 al adoptar la cantidad de recurso humano sugerido.

Tabla 104. Costo real y propuesto de producción mensual línea a inyección

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas actuales (pares)	Trabajadores actuales	Tiempo actual (horas)	Costo real de producción ($)	Trabajadores propuestos	Tiempo propuesto (horas)	Costo propuesto de producción ($)	Ahorro ($)
2016	Junio	8	811	9	51,3	706,40	7	48,8	522,65	183,75
	Julio	8	1.368	9	83,7	1152,55	7	82,4	882,50	270,05
	Agosto	8	643	9	40,2	553,55	7	38,4	411,26	142,29
	Septiembre	8	724	9	45,8	630,67	7	44,0	471,24	159,43
	Octubre	8	710	9	44,6	614,14	7	42,4	454,10	160,04
	Noviembre	8	834	9	52,4	721,55	7	50,4	539,78	181,76
	Diciembre	8	1.240	9	75,8	1043,77	7	74,4	796,82	246,94
									Total	**1344,26**

4.7.4 Eficacia del modelo propuesto

A continuación se describen los porcentajes de la variación obtenida entre los tiempos que tomaron la fabricación real y propuesta de los pedidos receptados en el período de Junio a Diciembre del 2016 con el objetivo de evaluar el adecuado funcionamiento del modelo planteado. De esta forma se describe en la Tabla 105 que en la línea convencional se presenta una reducción del 3% al 6% en el tiempo sugerido al compararlo con el tiempo actual de producción, esto se debe a que en el proceso de fabricación considerado para el estudio no se lleva un adecuado control del personal lo que genera un incremento en el tiempo de elaboración debido al tiempo de ocio que toman los trabajadores.

Tabla 105. Eficacia del modelo en la línea convencional

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas actuales (pares)	Tiempo real (horas)	Tiempo propuesto (horas)	Diferencia (horas)	Variación (%)
2016	Junio	8	1.268	54,3	52,0	2,3	4%
	Julio	8	1.640	81,5	79,2	2,3	3%
	Agosto	8	1.204	55,4	52,8	2,6	5%
	Septiembre	8	1.078	47,2	45,6	1,6	3%
	Octubre	8	759	33,9	32,0	1,9	6%
	Noviembre	8	864	39,6	38,4	1,2	3%
	Diciembre	8	1.120	56,4	53,6	2,8	5%

En la Tabla 106 se tiene que para la línea a inyección el modelo genera una reducción del 2% al 5% en el tiempo sugerido al compararlo con el tiempo actual de producción, esto se debe a que las empresas consideradas para el estudio no llevan un adecuado control del personal lo que genera un incremento en el tiempo de elaboración debido al tiempo de ocio que toman los trabajadores.

Tabla 106. Eficacia del modelo en la línea a inyección

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas actuales (pares)	Tiempo real (horas)	Tiempo propuesto (horas)	Diferencia (pares)	Variación (%)
2016	Junio	8	811	51,3	48,8	2,5	5%
	Julio	8	1.368	83,7	82,4	1,3	2%
	Agosto	8	643	40,2	38,4	1,8	4%
	Septiembre	8	724	45,8	44,0	1,8	4%
	Octubre	8	710	44,6	42,4	2,2	5%
	Noviembre	8	834	52,4	50,4	2	4%
	Diciembre	8	1.240	75,8	74,4	1,4	2%

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Durante el proceso de investigación se ha logrado diseñar un modelo de planificación de la producción enfocado en el área de montaje que se caracteriza por identificar aquellos procesos restringidos que afectan negativamente al sistema productivo al no ser foco de estudio. En montaje no se puede definir un solo proceso conflictivo debido a que depende del tipo y modelo de calzado que se desea fabricar, que como se pudo notar en la investigación para el modelo casual la limitación la establece el proceso de deshormado, el deportivo presenta conflictos en cardado y los modelos de calzado de seguridad industrial de tipo convencional y a inyección se ven limitados en el armado de puntas.
- A través del análisis de los procesos productivos del área de montaje se definen diferentes tipos de restricciones que limitan la capacidad productiva del área considerando entre los más importantes a los cuellos de botella por modelo, la cantidad de hormas existentes y la habilidad de los trabajadores para desarrollar sus tareas en el menor tiempo posible.
- Al analizar el estudios de tiempos de cada modelo se define a la capacidad mínima de producción como el pilar principal para el desarrollo del modelo de planificación se reducen considerablemente las sobrecargas de trabajo y retrasos de producción. Para el caso de montaje se tiene que cada modelo posee una capacidad de producción diferentes pues por su forma y diseño poseen una variación en sus tiempos de fabricación, lo que define que el modelo casual posee una capacidad de 314 pares/turno, el deportivo 279 pares/turno, el calzado de seguridad 139 pares/turno y el de seguridad a inyección 133 pares/turno.

- Parte fundamental de la estimación de la demanda futura se basa en el uso de la curva de la demanda definida para cada modelo, pues con ésta se pueden determinar la concentración de tallas requeridas por pedido acorde a las necesidades del mercado, siendo así que las tallas de las 36 a la 38 se solicitan en mayor cantidad para el modelo deportivo de mujer con el 81%, mientras que para los modelos casual, seguridad industrial y seguridad industrial a inyección se genera mayor demanda con las tallas de la 38 a la 40, tomando porcentajes de ventas del 65%, 62% y 65% para cada modelo, respectivamente.
- Para determinar que la estimación de los pronósticos sean adecuados se procedió a calcular el procentaje de error medio absoluto tomando un total de 9,96% para la línea convencional y de 7,42% para la línea a inyección, además se calcula la señal de seguimiento para determinar la desviación del pronóstico, siendo ésta aceptable ya que los valores calculados no superan los (+4;-4) MAD.
- El proceso de sincronización de la producción tuvo lugar gracias al balance de la líneas de fabricación en sus tipos convencional y a inyección, basado en el porcentaje de utilización de cada puesto de trabajo, ya que se establece al proceso restringido como una base para la producción, de este modo se genera un flujo continuo entre estaciones y se aprovecha de mejor manera el recurso humano al reducir los tiempos de ocio redefiniendo la cantidad de trabajadores requeridos.
- Mediante la experimentación del modelo de planificación propuesto se han evidenciado grandes beneficios para el área de montaje en la industria de calzado, sustentado con el cálculo de eficiencia y productividad obtenidos mediante la comparación de los recursos actuales de la empresa y los sugeridos por el modelo, tomando valores de crecimiento entre el 3% y 24% para la eficiencia y del 25% para la productividad en la línea convencional; mientras que la línea a inyección presenta un incremento del 11% en el primer indicador y el 29% en el segundo.
- Para la integración de los tiempos de fabricación entre todos los sub ensambles, correspondientes a la elaboración de calzado, se establece la importancia de considerar las políticas de producción definidas que ayudan a tomar decisiones sobre el uso de recursos humanos, materiales y en la asignación de turnos, con el fin de que las actividades entre troquelado y aparado no superen el 60% de los días de cada semana de manera que montaje pueda cumplir con la demanda en el tiempo restante.

- La integración de los resultados generados por el modelo de planificación propuesto representan un aporte fundamental para el sistema de planificación y programación de la producción desarrollado por la Unidad de Investigaciones de la FISEI, ya que a través de las pruebas realizadas en éste se evidencia su correcto funcionamiento, obteniendo resultados con un margen de error del 0,34% a los de la propuesta.

5.2 Recomendaciones

- Las empresas productoras de calzado pueden optar por el uso de un sistema de planificación y programación de producción que se adapte a sus necesidades, de manera que se generen calendarios de producción semanales y diarios basados en la parametrización de cada sub ensamble lo que permitiría la mejora de la producción y eficiencia en las organizaciones.
- Dar continuidad al estudio planteado mediante propuesta de investigación enfocadas en la secuenciación diaria de la producción, en la que emplee las restricciones materiales como bases para la programación de la jornada laboral con el propósito de optimizar el proceso productivo y reducir costos y tiempos improductivos.
- Las empresas que se interesen en aplicar el tipo de modelo de planificación propuesto requieren desarrollar un estudio de tiempos por cada modelo de calzado de manera que se obtengan capacidades específicas de producción para cada uno.
- Las empresas pueden complementar sus resultados con un MRP que permita desarrollar un mejor enfoque en el total de costos y consumos requeridos para la elaboración de los productos.
- Identificar el tipo de planeación agregada que se adapte a las condiciones del área de montaje de manera que se generen menores costos para las organizaciones al mejorar el uso y aprovechamiento de sus recursos tangibles e intangibles.
- Es importante evaluar la cantidad de recursos humanos asignados a cada círculo de trabajo en base a la capacidad restringida de utilización con el fin de balancear las líneas de trabajo y de reducir los tiempos muertos y los costos excesivos en la mano de obra.
- La industria de calzado debe evaluar una de las principales restricciones en el área de montaje, siendo éste la cantidad de hormas, de manera que se subordine la

restricción y se incremente la cantidad de productos estrella a elaborar diariamente.

- Se requiere analizar los datos históricos de ventas de manera que se identifique el método de pronóstico de la demanda que se adecúe a las variaciones y condiciones en que se presenten los datos históricos mencionados adoptando el menor error de pronóstico posible.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Revista del Calzado, «Anuario del sector mundial del calzado 2013,» 10 Diciembre 2014. [En línea]. Available: http://www.revistadelcalzado.com/anuario-del-sector-mundial-del-calzado-2013/. [Último acceso: 5 Marzo 2016].

[2] El Universo, «Innovación y diseño son aún un desafío para el zapato ecuatoriano,» 19 Julio 2015. [En línea]. Available: http://www.eluniverso.com/noticias/2015/07/19/nota/5024746/innovacion-diseno-son-aun-desafio-zapato-local. [Último acceso: 5 Marzo 2016].

[3] Ministerio de Industrias y Productividad, «"FICCE 2015", oportunidad para conocer a la industria del calzado ecuatoriano con calidad.,» 2 Julio 2013. [En línea]. Available: http://www.industrias.gob.ec/bp131-ficce-2015-oportunidad-para-conocer-a-la-industria-del-calzado-ecuatoriano-con-calidad/. [Último acceso: 5 Marzo 2016].

[4] C. Abril Mayorga, M. Guajala Ruiz, L. M. Mantilla y M. Moyolema Moyolema, «Los procesos de producción y la productividad en la industria de calzado ecuatoriana:,» *Congreso Iberoamericano de Investigación sobre MIPyME*.

[5] La Hora, «Artesanos de calzado paralizan su producción,» 26 Enero 2016. [En línea]. Available: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101908969/-1/home/goRegional/Tungurahua#.VtgRhfnhDIV. [Último acceso: 5 Marzo 2016].

[6] D. Burbano, J. López y O. Rojas, «Definición de un método para la programación de la producción desde el paradigma de los sistemas holónicos de manufactura,» *Scielo*, vol. 17, nº 2, pp. 29-40, 2015.

[7] V. K. Ortiz y Á. J. Rolón, «Programación óptima de la producción en una pequeña empresa de calzado en Colombia,» *Scielo*, vol. 35, nº 2, 2014.

[8] V. K. Ortiz Triana y Á. J. Caicedo Rolón, «Plan óptimo de producción en un planta embotelladora de gaseosas,» *Dialnet*, vol. 11, nº 1, pp. 69-82, 2012.

[9] J. Reyes, K. Alvarez y R. Vásquez, «Dynamic Buffer Management for Raw Material Supply in the Footwear Industry,» *Journal of Industrial and Intelligent Information*, vol. 4, nº 1, pp. 1-8, 2016.

[10] P. P. Izurieta Polanco, «Optimización de la producción del área de paneles de la empresa Chaide y Chaide conforme a la teoría de las restricciones,» Tesis M.S., Dept. Ing. Quimica y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2014.

[11] J. P. Reyes Vásquez y C. Molina Velis, «Plan Agregado de Producción Mediante el Uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio para la Pequeña Industria,» *Revista Escuela Politécnica Nacional*, vol. 34, nº 1, 2014.

[12] R. E. Lastra Mosquera, «Mejoramiento del proceso productivo en la planta Pifo de Eni Ecuador S.A. aplicando el enfoque de procesos y la teoria de restricciones,» Tesis M.S., Dept. Ing. Industrial y Productividad, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2014.

[13] J. López, J. Giraldo y J. Arango, «Reducción del Tiempo de Terminación en la Programación de la Producción de una Línea de Flujo Híbrida Flexible (HFS),» *Scielo*, vol. 26, nº 3, 2015.

[14] D. Sipper y R. L. Bulfin, Planeación y control de la Producción, México: McGraw-Hill, 1998.

[15] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman y M. K. Malhotra, Administración de Operaciones, México: Pearson Educación, 2008.

[16] R. B. Chase y F. R. Jacobs, Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros, México: McGraw-Hill, 2014.

[17] J. Heizer y B. Render, Principios de Administracion de Operaciones, México: Pearson Educación, 2009.

[18] N. Gaither y G. Frazier , Administración de Produccion y Operaciones, Octava ed., México: International Thomson Editores, 2000, p. 669.

[19] S. N. Champan, Planificación y Control de la Producción, México: Pearson Educación, 2006.

[20] R. M. Spiegel y J. L. Stephens, Estadística, Cuarta ed., México: Mc Graw Hill, 2009.

[21] M. d. T. Empleo, Codigo del trabajo, 2005.

[22] W. I. Vilema Endara y D. S. Aldás Salazar, «Modelo de gestión en el proceso de montaje de las industrias de manufactura de calzado de cuero a través de la matodologías de cambio rápido de herramienta (SMED),» Tesis de Ingeniería Industrial Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.

[23] J. P. Reyes Vásquez, E. M. Coba Molina, R. Urvina Barrionuevo, D. Aldas Salazar y S. Ramírez, Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.

[24] E. A. Armendaríz Carvajal y J. P. Reyes Vásquez, «Planificación de la producción para el proceso de aparado en industrias manufactureras de calzado de cuero,» Tesis Ingeniería Industrial Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.

[25] I. Altamirano y J. P. Reyes Vásquez, «Programa de planificación de la producción para el proceso de troquelado en industrias manufactureras de calzado de cuero,» Tesis de Ingeniería Industrial Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.

ANEXOS

Anexo 1: Listado de modelos

EMPRESA A				LÍNEA DE FABRICACIÓN		
Líneas de Producción	**Sublineas de producción**	**Código**	**Demanda**	**Montaje**	**Aparado**	**Troquelado**
Casual	Hombre	CS.H.0BES777	957	Convencional	Convencional	Troquel
		CS.H.0BES784	456	Convencional	Convencional	Troquel
		CS.H.0BES861	1204	Convencional	Convencional	Troquel
		CS.H.00BV928	684	Convencional	Convencional	Manual
		CS.H.00CA502	702	Convencional	Convencional	Manual
		CS.H.00CA660	340	Convencional	Convencional	Manual
		CS.H.00CA775	947	Convencional	Convencional	Manual
		CS.H.00CA858	841	Convencional	Convencional	Manual
		CS.H.00CA873	1441	Convencional	Convencional	Manual
		CS.H.0CA1031	316	Convencional	Convencional	Troquel
		CS.H.0CA3022	214	Convencional	Convencional	Troquel
		CS.H.0000CMC	617	Convencional	Convencional	Troquel
	Mujer	CS.M.0CD1008	260	Convencional	Convencional	Manual
		CS.M.00DR622	317	Convencional	Convencional	Manual
	Infantil	CS.IN.000K891	97	Convencional	Convencional	Manual
		CS.IN.00000KC	115	Convencional	Convencional	Manual
	Juvenil	CS.J.00CA552	76	Convencional	Convencional	Manual
		CS.J.00CA763	91	Convencional	Convencional	Manual
		CS.J.00CU700	52	Convencional	Convencional	Manual
Deportivo	Hombre	DE.H.00DD799	416	Convencional	Convencional	Troquel
		DE.H.0CAD875	249	Convencional	Convencional	Troquel
		DE.H.0000DPH	341	Convencional	Convencional	Troquel
		DE.H.00FT180	216	Convencional	Convencional	Troquel
		DE.H.000GYR	321	Convencional	Convencional	Troquel
	Mujer	DE.M.00BR793	2134	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.M.00DD921	987	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.M.00SK568	5295	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.M.00UD506	846	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.M.DPH1037	1267	Convencional	Convencional	Automatico
	Juvenil	DE.J.00DD490	1496	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.J.000GYR2	1648	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.J.00MJ180	986	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.J.000N027	837	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.J.00RD793	743	Convencional	Convencional	Automatico
		DE.J.DPH1016	867	Convencional	Convencional	Automatico
	Infantil	DE.I.0KT5008	267	Convencional	Convencional	Troquel
		DE.I.0KT5011	314	Convencional	Convencional	Troquel
		DE.I.DPN1000	211	Convencional	Convencional	Troquel

				LÍNEA DE FABRICACIÓN		
Líneas de Producción	**Sublineas de producción**	**Código**	**Demanda**	**Montaje**	**Aparado**	**Troquelado**
Seguridad Industrial	Hombre	SI.H.0000S09	7630	Convencional	Convencional	Troquel
		SI.H.0BENMPA	1032	Convencional	Convencional	Troquel
		SI.H.000BSPA	1346	Convencional	Convencional	Troquel
		SI.H.000BTPA	4361	Convencional	Convencional	Troquel
		SI.H.0HTS3PA	943	Convencional	Convencional	Troquel
	Mujer	SI.M.ZL854PP	267	Convencional	Convencional	Troquel
Trekking	Hombre	TR.H.0000BAT	349	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.H.00BP088	268	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.H.0BTV834	753	Convencional	Convencional	Automatico
		TR.H.00BV111	967	Convencional	Convencional	Automatico
		TR.H.00000FR	243	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.H.000HTS3	1652	Convencional	Convencional	Automatico
		TR.H.00HV409	233	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.H.00HV850	1269	Convencional	Convencional	Automatico
		TR.H.00ME542	746	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.H.00ME879	642	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.H.0000NBA	886	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.H.0TMR889	964	Convencional	Convencional	Troquel
	Mujer	TR.M.00HV778	1034	Convencional	Convencional	Automatico
		TR.M.00TV969	821	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.M.00ZL365	423	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.M.BTV4015	511	Convencional	Convencional	Troquel
		TR.M.TRV4007	314	Convencional	Convencional	Troquel
	Juvenil	TR.J.00ZLHTA	266	Convencional	Convencional	Troquel
Urbano	Hombre	UR.H.LOP1562	171	Convencional	Convencional	Troquel
		UR.H.00RHDET	96	Convencional	Convencional	Troquel
		UR.H.00DE2056	79	Convencional	Convencional	Troquel
	Mujer	UR.M.00DS458	104	Convencional	Convencional	Troquel
		UR.M.000DS562	211	Convencional	Convencional	Troquel
Fútbol	Hombre	FT.H.000TY152	426	Convencional	Convencional	Troquel
		FT.H.000TY185	315	Convencional	Convencional	Troquel
		FT.H.000TY233	734	Convencional	Convencional	Troquel
		FT.H.0MKN698	1007	Convencional	Convencional	Troquel
		FT.H.0JKM563	988	Convencional	Convencional	Troquel
Micro futbol	Hombre	MF.M.000HT487	745	Convencional	Convencional	Troquel
		MF.M.000HT523	1204	Convencional	Convencional	Troquel
		MF.M.000HT548	367	Convencional	Convencional	Troquel

EMPRESA B				LÍNEA DE FABRICACIÓN		
Líneas de Producción	**Sublineas de producción**	**Código**	**Demanda**	**Montaje**	**Aparado**	**Troquelado**
Casual	Hombre	CH700	134	Convencional	Convencional	Troquel
		CH880	216	Convencional	Convencional	Troquel
		CH470	312	Convencional	Convencional	Troquel
		CH405	195	Convencional	Convencional	Troquel
		CH660	156	Convencional	Convencional	Troquel
Deportivo	Hombre	DH489	142	Convencional	Convencional	Troquel
		DH180	253	Convencional	Convencional	Troquel
		DH286	196	Convencional	Convencional	Troquel
		DH016	131	Convencional	Convencional	Troquel
		DH012	214	Convencional	Convencional	Troquel
Seguridad industrial	Hombre	SI009	10288	Inyección	Strobel	Troquel
		SI058	4120	Inyección	Strobel	Troquel
		SI142	6253	Inyección	Strobel	Troquel
		SI023	3986	Inyección	Strobel	Troquel
		SI138	3568	Inyección	Strobel	Troquel
		SI096	5496	Inyección	Strobel	Troquel
Urbano	Hombre	UH569	134	Convencional	Convencional	Troquel
		UH665	211	Convencional	Convencional	Troquel
		UH223	310	Convencional	Convencional	Troquel
	Mujer	UM752	173	Convencional	Convencional	Troquel
		UM36	235	Convencional	Convencional	Troquel
Militar	Hombre	MH862	116	Convencional	Convencional	Troquel
		MH485	842	Convencional	Convencional	Troquel
		MH453	421	Convencional	Convencional	Troquel
		MH626	237	Convencional	Convencional	Troquel
Escolar	Juvenil	EJ596	317	Convencional	Convencional	Manual
		EJ233	210	Convencional	Convencional	Manual
		EJ256	417	Convencional	Convencional	Manual
	Infantil	EI891	642	Convencional	Convencional	Manual
		EI894	337	Convencional	Convencional	Manual
		EI177	412	Convencional	Convencional	Manual

Anexo 2: Formato de entrevista

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

OBJETIVO:

La aplicación de la siguiente encuesta tiene como finalidad dar a conocer la situación respecto al manejo de la producción en el área de montaje de algunas empresas productoras de calzado.

CUESTIONARIO:

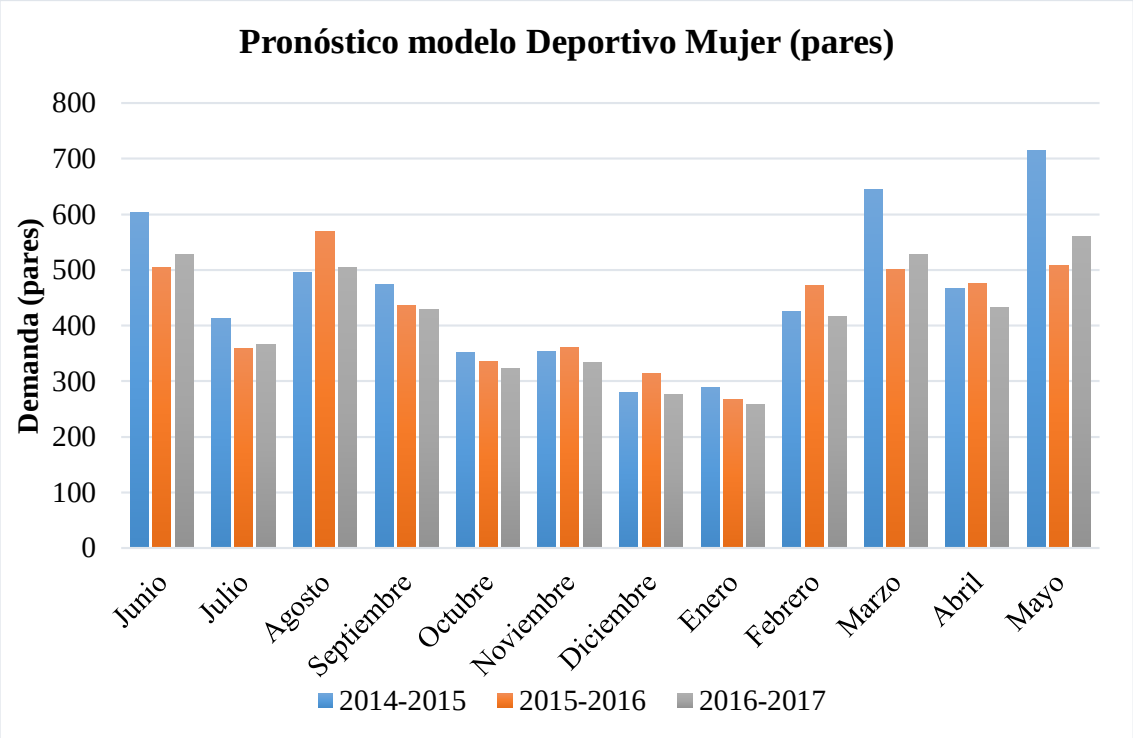
1. ¿Ha detectado usted problemas de producción actuales dentro de la empresa?
2. ¿Considera que se entrega a tiempo el producto terminado al cliente final o distribuidores?
3. ¿Cree que la capacidad de producción de la empresa satisface la demanda actual?
4. ¿Qué puesto de trabajo dentro del área de montaje considera usted es el de mayor dificultad y retrasa la producción?
5. ¿Se ha realizado algún estudio de planificación de la producción en la compañía?
6. ¿Los operarios tienen información previa documental de las cantidades planificadas a producirse?
7. ¿Se ha utilizado algún software de simulación para coordinar el flujo de producción en la fabricación del calzado?

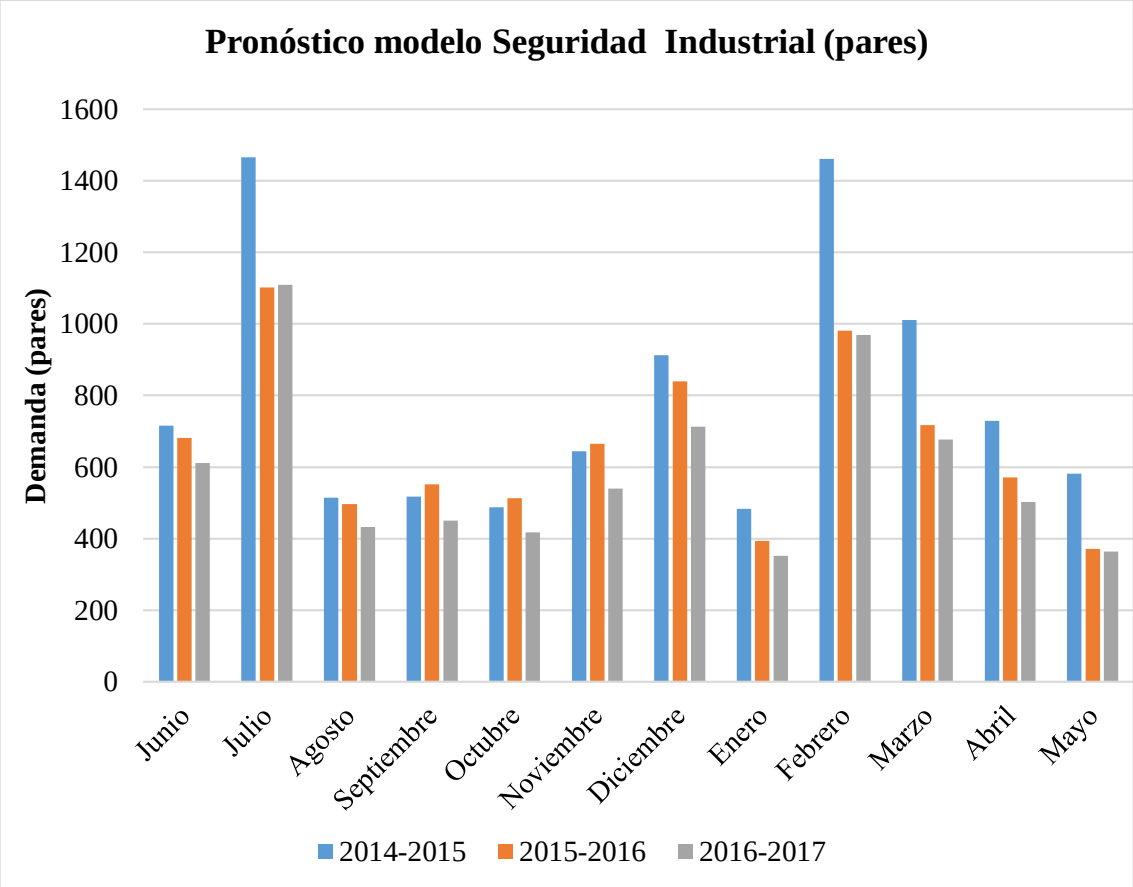
NOTA: La información obtenida se empleará en el desarrollo de un proyecto educativo enfocado en la planificación de la producción.

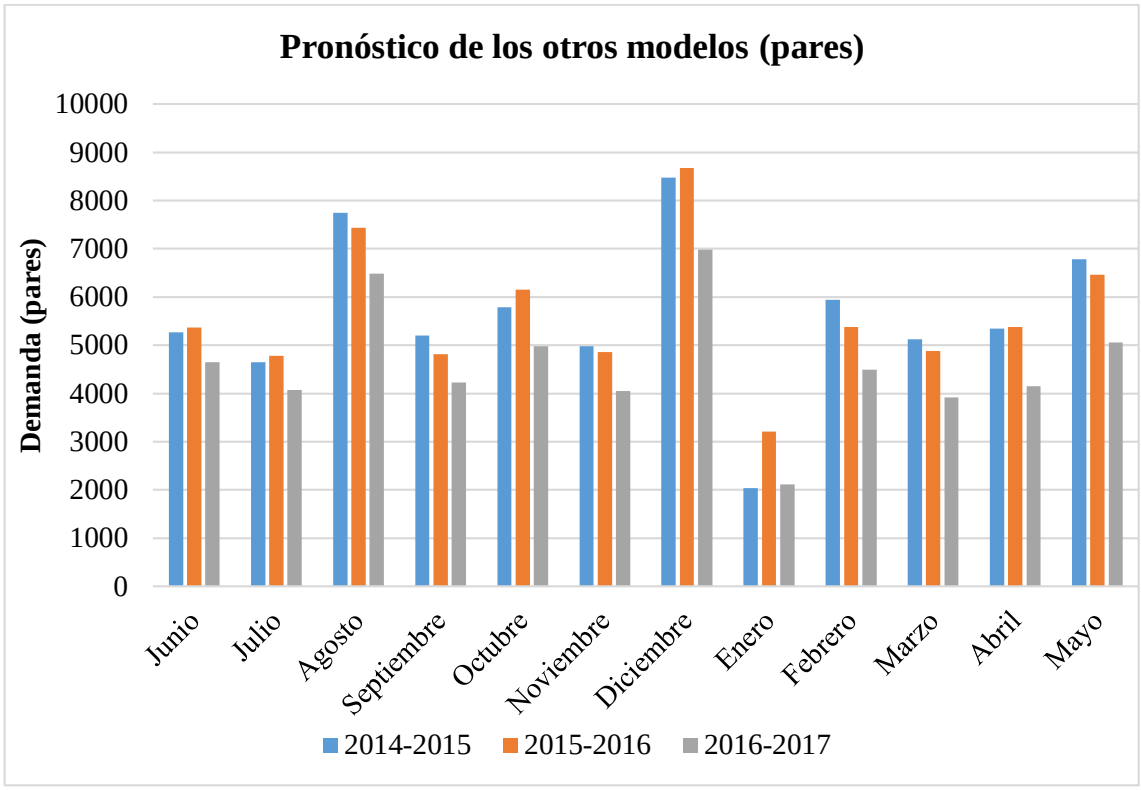
Gracias por su colaboración

Anexo 3: Gráficas de pronóstico de los modelos

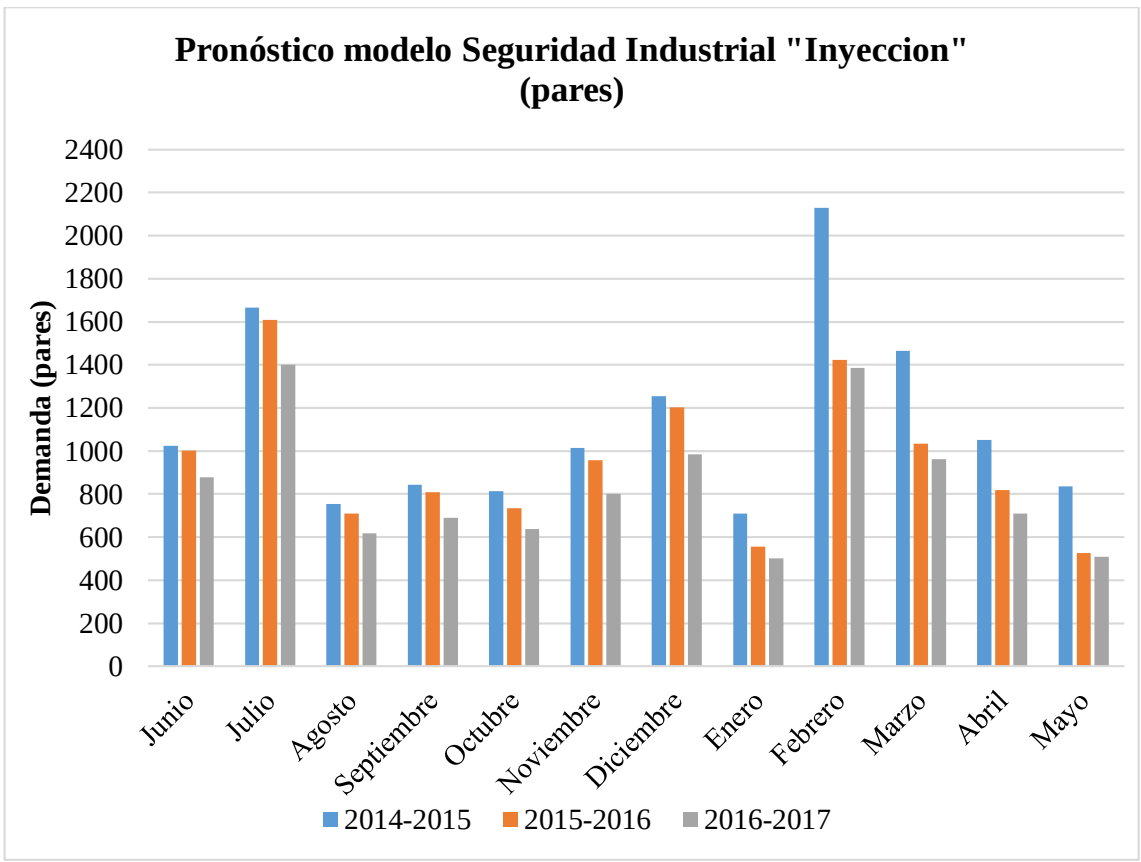
EMPRESA A

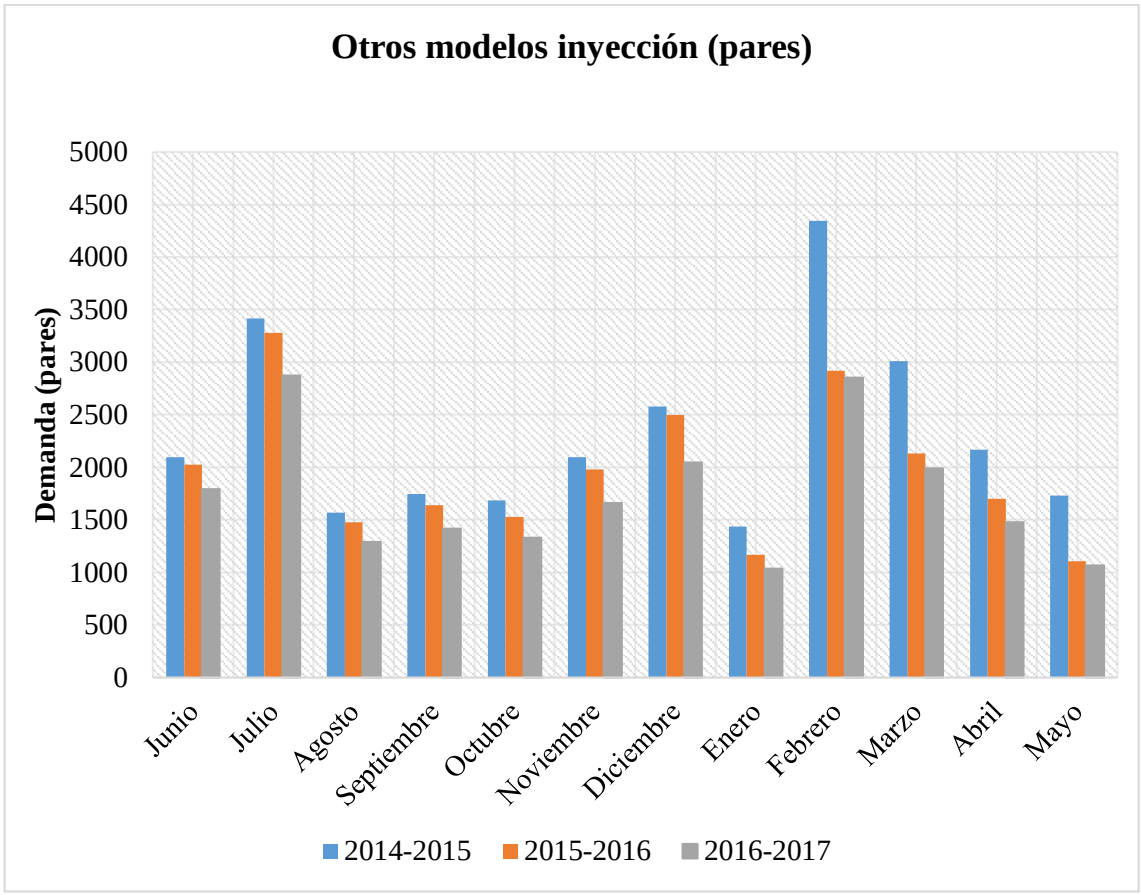





Pronóstico de los otros modelos (pares)
Demanda (pares)
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
2014-2015
2015-2016
2016-2017

EMPRESA B


Pronóstico modelo Seguridad Industrial "Inyeccion" (pares)
Demanda (pares)
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
2014-2015
2015-2016
2016-2017

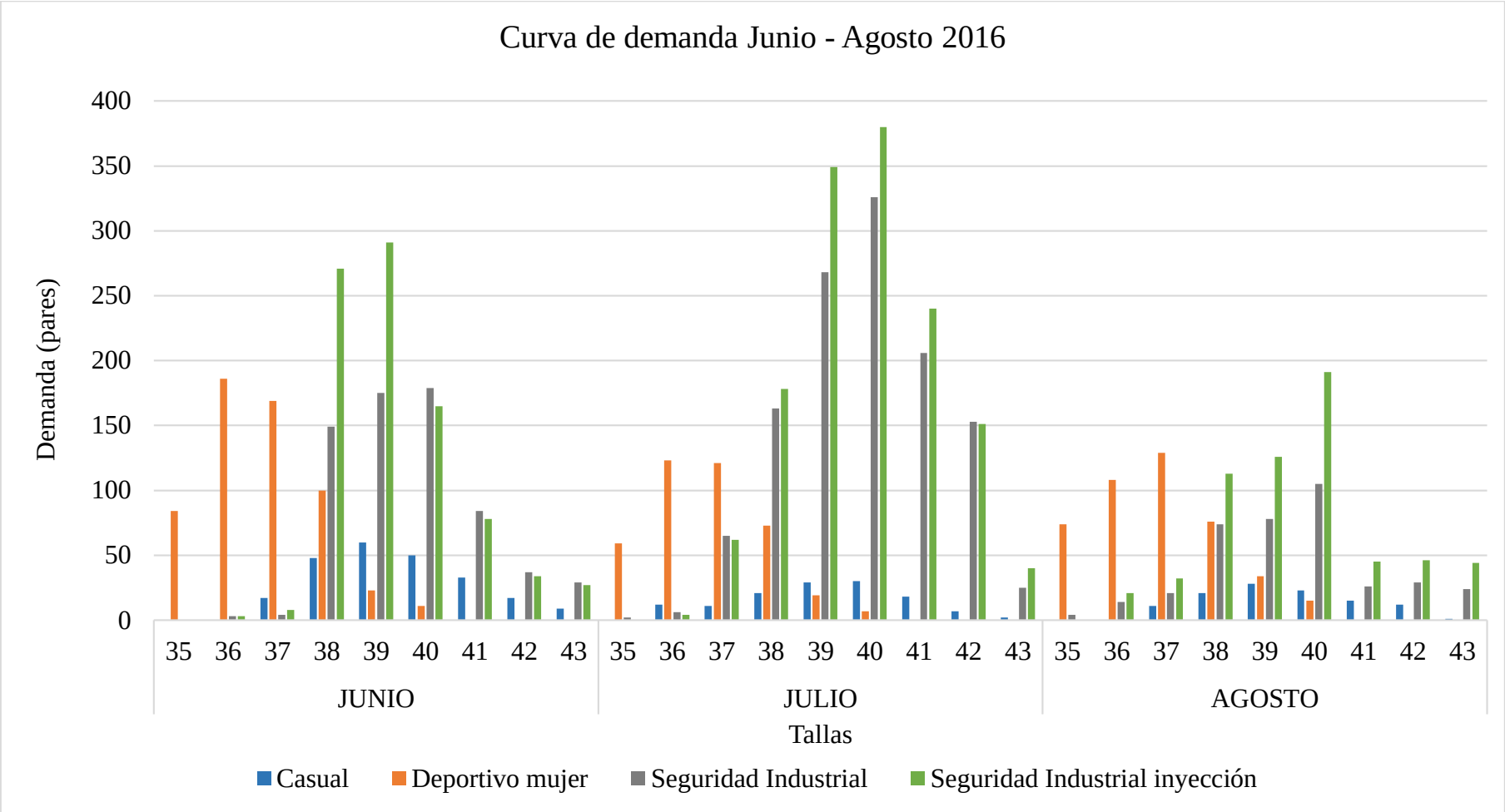

Otros modelos inyección (pares)
Demanda (pares)
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
2014-2015
2015-2016
2016-2017

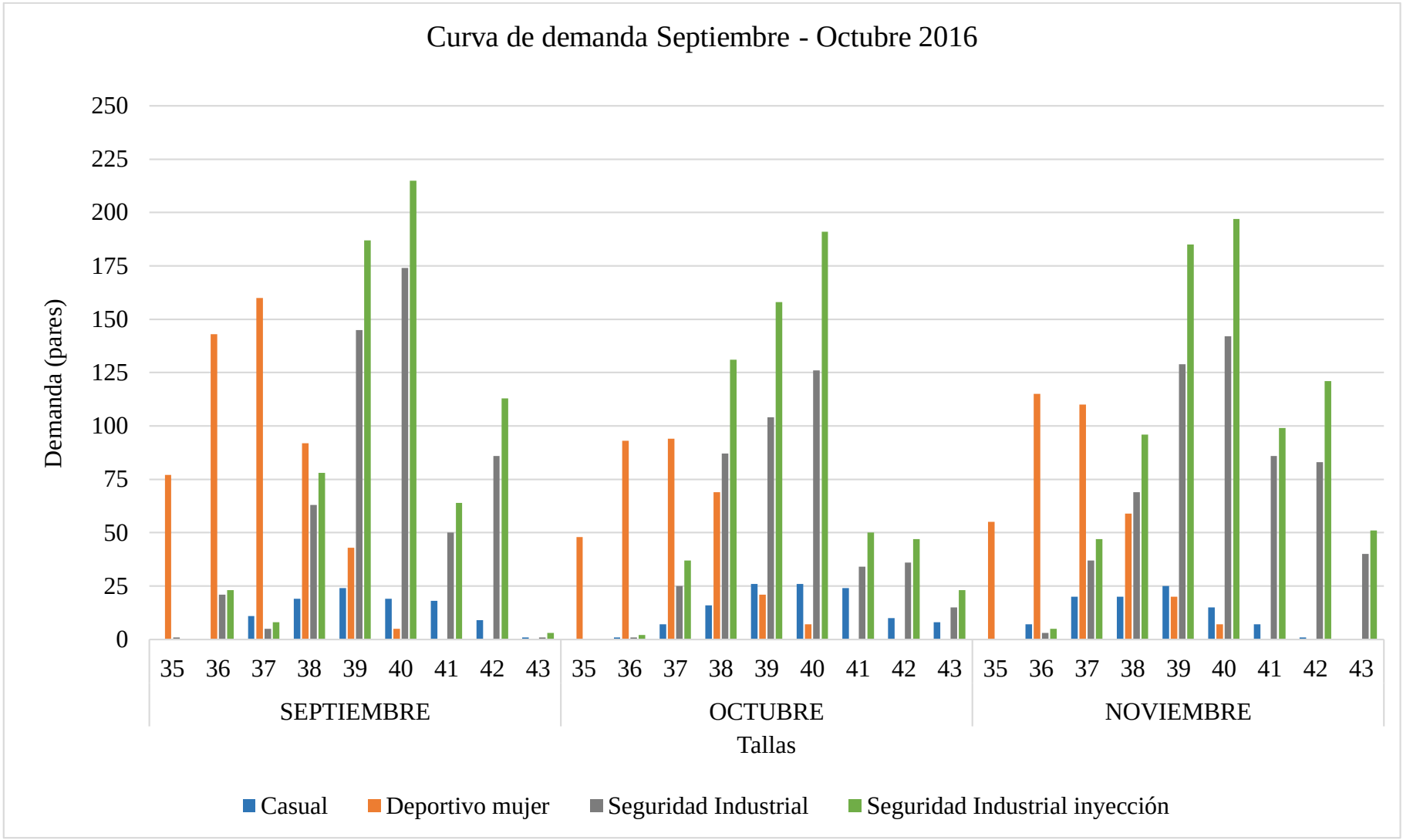
Anexo 4: Diseño del macros hoja Excel curva de demanda

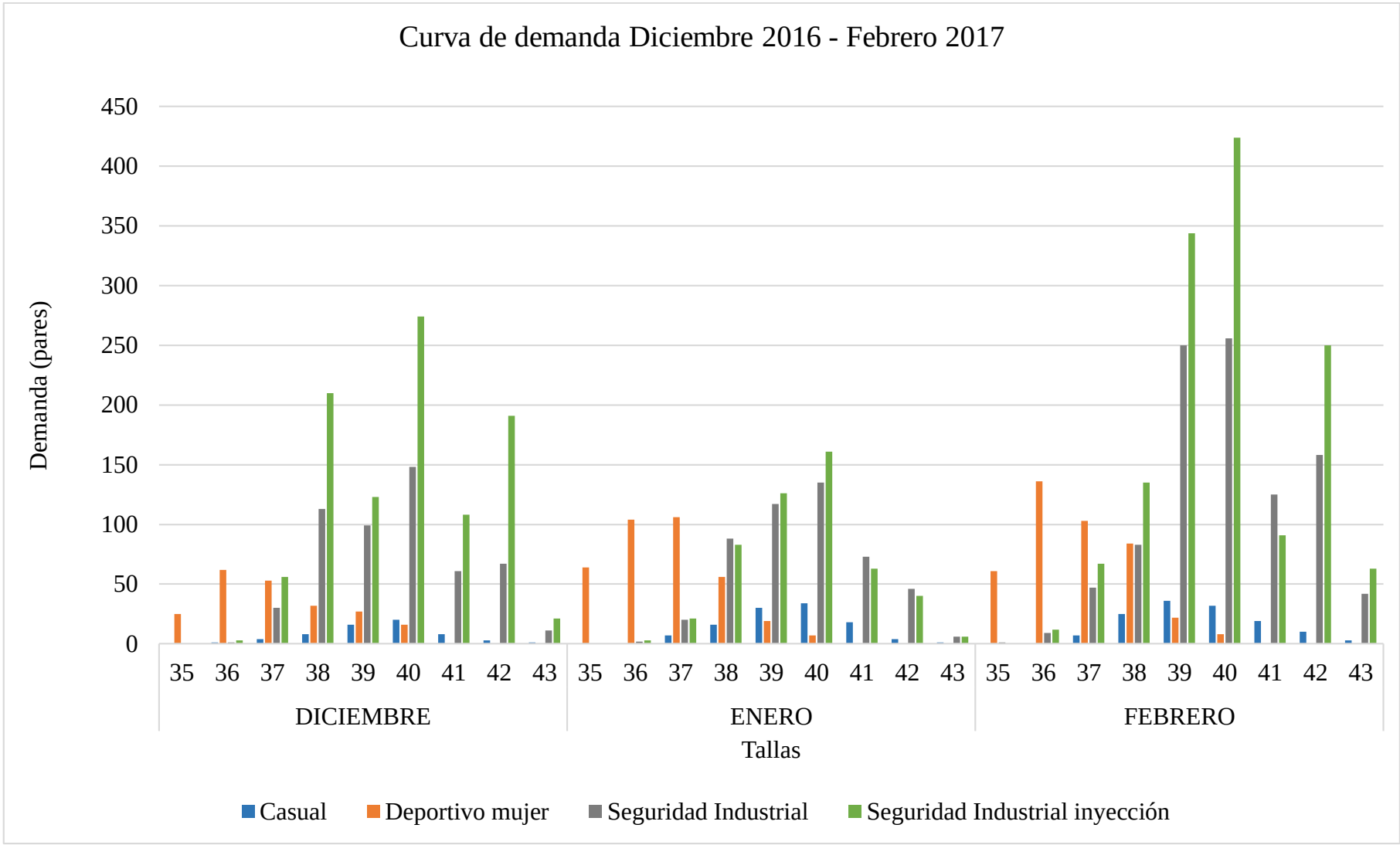
```
Sub Calcular1()
Range("F19").GoalSeek Goal:=Range("E8"), ChangingCell:=Range("E19")
Range("F30").GoalSeek Goal:=Range("E21"), ChangingCell:=Range("E30")
Range("F44").GoalSeek Goal:=Range("E32"), ChangingCell:=Range("E44")
Range("F57").GoalSeek Goal:=Range("E46"), ChangingCell:=Range("E57")
Range("F73").GoalSeek Goal:=Range("E62"), ChangingCell:=Range("E73")
Range("F84").GoalSeek Goal:=Range("E75"), ChangingCell:=Range("E84")
Range("F98").GoalSeek Goal:=Range("E86"), ChangingCell:=Range("E98")
Range("F111").GoalSeek Goal:=Range("E100"), ChangingCell:=Range("E111")
Range("F127").GoalSeek Goal:=Range("E116"), ChangingCell:=Range("E127")
Range("F138").GoalSeek Goal:=Range("E129"), ChangingCell:=Range("E138")
Range("F152").GoalSeek Goal:=Range("E140"), ChangingCell:=Range("E152")
Range("F165").GoalSeek Goal:=Range("E154"), ChangingCell:=Range("E165")
Range("F181").GoalSeek Goal:=Range("E170"), ChangingCell:=Range("E181")
Range("F192").GoalSeek Goal:=Range("E183"), ChangingCell:=Range("E192")
Range("F206").GoalSeek Goal:=Range("E194"), ChangingCell:=Range("E206")
Range("F219").GoalSeek Goal:=Range("E208"), ChangingCell:=Range("E219")
Range("F235").GoalSeek Goal:=Range("E224"), ChangingCell:=Range("E235")
Range("F246").GoalSeek Goal:=Range("E237"), ChangingCell:=Range("E246")
Range("F260").GoalSeek Goal:=Range("E248"), ChangingCell:=Range("E260")
Range("F273").GoalSeek Goal:=Range("E262"), ChangingCell:=Range("E273")
Range("T19").GoalSeek Goal:=Range("S8"), ChangingCell:=Range("S19")
Range("T30").GoalSeek Goal:=Range("S21"), ChangingCell:=Range("S30")
Range("T44").GoalSeek Goal:=Range("S32"), ChangingCell:=Range("S44")
Range("T57").GoalSeek Goal:=Range("S46"), ChangingCell:=Range("S57")
Range("T73").GoalSeek Goal:=Range("S62"), ChangingCell:=Range("S73")
Range("T84").GoalSeek Goal:=Range("S75"), ChangingCell:=Range("S84")
Range("T98").GoalSeek Goal:=Range("S86"), ChangingCell:=Range("S98")
Range("T111").GoalSeek Goal:=Range("S100"), ChangingCell:=Range("S111")
Range("T127").GoalSeek Goal:=Range("S116"), ChangingCell:=Range("S127")
Range("T138").GoalSeek Goal:=Range("S129"), ChangingCell:=Range("S138")
```

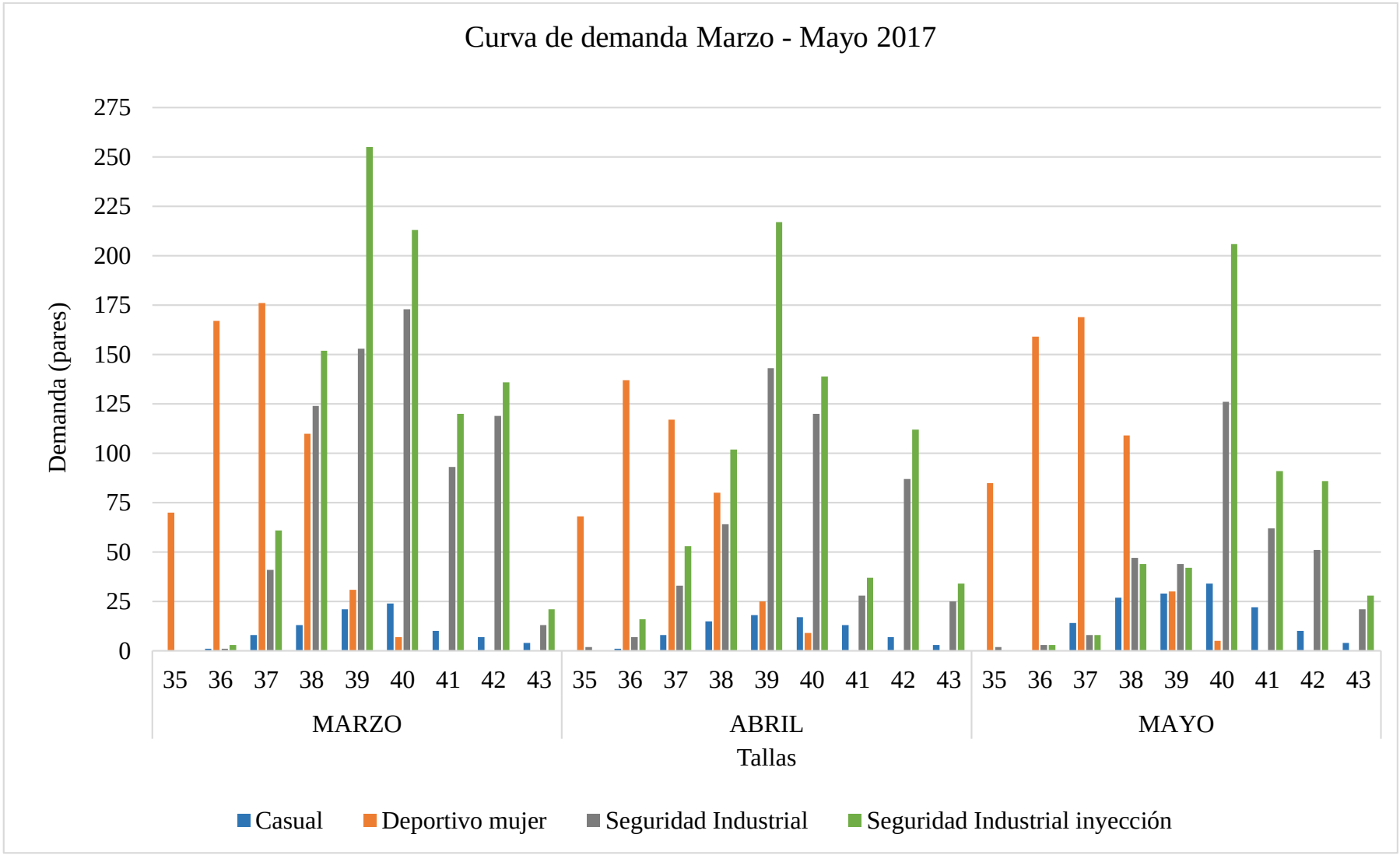
```
Range("T152").GoalSeek Goal:=Range("S140"), ChangingCell:=Range("S152")
Range("T165").GoalSeek Goal:=Range("S154"), ChangingCell:=Range("S165")
Range("T181").GoalSeek Goal:=Range("S170"), ChangingCell:=Range("S181")
Range("T192").GoalSeek Goal:=Range("S183"), ChangingCell:=Range("S192")
Range("T206").GoalSeek Goal:=Range("S194"), ChangingCell:=Range("S206")
Range("T219").GoalSeek Goal:=Range("S208"), ChangingCell:=Range("S219")
Range("T235").GoalSeek Goal:=Range("S224"), ChangingCell:=Range("S235")
Range("T246").GoalSeek Goal:=Range("S237"), ChangingCell:=Range("S246")
Range("T260").GoalSeek Goal:=Range("S248"), ChangingCell:=Range("S260")
Range("T273").GoalSeek Goal:=Range("S262"), ChangingCell:=Range("S273")
Range("AH19").GoalSeek Goal:=Range("AG8"), ChangingCell:=Range("AG19")
Range("AH30").GoalSeek Goal:=Range("AG21"), ChangingCell:=Range("AG30")
Range("AH44").GoalSeek Goal:=Range("AG32"), ChangingCell:=Range("AG44")
Range("AH57").GoalSeek Goal:=Range("AG46"), ChangingCell:=Range("AG57")
Range("AH73").GoalSeek Goal:=Range("AG62"), ChangingCell:=Range("AG73")
Range("AH84").GoalSeek Goal:=Range("AG75"), ChangingCell:=Range("AG84")
Range("AH98").GoalSeek Goal:=Range("AG86"), ChangingCell:=Range("AG98")
Range("AH111").GoalSeek Goal:=Range("AG100"), ChangingCell:=Range("AG111")
Range("AH127").GoalSeek Goal:=Range("AG116"), ChangingCell:=Range("AG127")
Range("AH138").GoalSeek Goal:=Range("AG129"), ChangingCell:=Range("AG138")
Range("AH152").GoalSeek Goal:=Range("AG140"), ChangingCell:=Range("AG152")
Range("AH165").GoalSeek Goal:=Range("AG154"), ChangingCell:=Range("AG165")
Range("AH181").GoalSeek Goal:=Range("AG170"), ChangingCell:=Range("AG181")
Range("AH192").GoalSeek Goal:=Range("AG183"), ChangingCell:=Range("AG192")
Range("AH206").GoalSeek Goal:=Range("AG194"), ChangingCell:=Range("AG206")
Range("AH219").GoalSeek Goal:=Range("AG208"), ChangingCell:=Range("AG219")
Range("AH235").GoalSeek Goal:=Range("AG224"), ChangingCell:=Range("AG235")
Range("AH246").GoalSeek Goal:=Range("AG237"), ChangingCell:=Range("AG246")
Range("AH260").GoalSeek Goal:=Range("AG248"), ChangingCell:=Range("AG260")
Range("AH273").GoalSeek Goal:=Range("AG262"), ChangingCell:=Range("AG273")
End
```

Anexo 5: Curva de la demanda mensual




Curva de demanda Septiembre - Octubre 2016
Demanda (pares)
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
35 36 37 38 39 40 41 42 43 35 36 37 38 39 40 41 42 43 35 36 37 38 39 40 41 42 43
SEPTIEMBRE
OCTUBRE
NOVIEMBRE
Tallas
Casual
Deportivo mujer
Seguridad Industrial
Seguridad Industrial inyección


Curva de demanda Diciembre 2016 - Febrero 2017
Demanda (pares)
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
35 36 37 38 39 40 41 42 43 35 36 37 38 39 40 41 42 43 35 36 37 38 39 40 41 42 43
DICIEMBRE
ENERO
FEBRERO
Tallas
Casual
Deportivo mujer
Seguridad Industrial
Seguridad Industrial inyección


Curva de demanda Marzo - Mayo 2017
Demanda (pares)
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
35 36 37 38 39 40 41 42 43 35 36 37 38 39 40 41 42 43 35 36 37 38 39 40 41 42 43
MARZO
ABRIL
MAYO
Tallas
Casual
Deportivo mujer
Seguridad Industrial
Seguridad Industrial inyección

Anexo 6: Diseño del macros hoja Excel capacidad-turnos

Range("E18").GoalSeek Goal:=Range("C18"), ChangingCell:=Range("G12")

Range("E29").GoalSeek Goal:=Range("C29"), ChangingCell:=Range("G25")

Range("E46").GoalSeek Goal:=Range("C46"), ChangingCell:=Range("G40")

Range("E57").GoalSeek Goal:=Range("C57"), ChangingCell:=Range("G53")

Range("E74").GoalSeek Goal:=Range("C74"), ChangingCell:=Range("G68")

Range("E85").GoalSeek Goal:=Range("C85"), ChangingCell:=Range("G81")

Range("E102").GoalSeek Goal:=Range("C102"), ChangingCell:=Range("G96")

Range("E113").GoalSeek Goal:=Range("C113"), ChangingCell:=Range("G109")

Range("E130").GoalSeek Goal:=Range("C130"), ChangingCell:=Range("G124")

Range("E141").GoalSeek Goal:=Range("C141"), ChangingCell:=Range("G137")

Range("O18").GoalSeek Goal:=Range("M18"), ChangingCell:=Range("Q12")

Range("O29").GoalSeek Goal:=Range("M29"), ChangingCell:=Range("Q25")

Range("O46").GoalSeek Goal:=Range("M46"), ChangingCell:=Range("Q40")

Range("O57").GoalSeek Goal:=Range("M57"), ChangingCell:=Range("Q53")

Range("O74").GoalSeek Goal:=Range("M74"), ChangingCell:=Range("Q68")

Range("O85").GoalSeek Goal:=Range("M85"), ChangingCell:=Range("Q81")

Range("O102").GoalSeek Goal:=Range("M102"), ChangingCell:=Range("Q96")

Range("O113").GoalSeek Goal:=Range("M113"), ChangingCell:=Range("Q109")

Range("O130").GoalSeek Goal:=Range("M130"), ChangingCell:=Range("Q124")

Range("O141").GoalSeek Goal:=Range("M141"), ChangingCell:=Range("Q137")

Range("Y18").GoalSeek Goal:=Range("W18"), ChangingCell:=Range("AA12")

Range("Y29").GoalSeek Goal:=Range("W29"), ChangingCell:=Range("AA25")

Range("Y46").GoalSeek Goal:=Range("W46"), ChangingCell:=Range("AA40")

Range("Y57").GoalSeek Goal:=Range("W57"), ChangingCell:=Range("AA53")

Range("Y74").GoalSeek Goal:=Range("W74"), ChangingCell:=Range("AA68")

Range("Y85").GoalSeek Goal:=Range("W85"), ChangingCell:=Range("AA81")

Range("Y102").GoalSeek Goal:=Range("W102"), ChangingCell:=Range("AA96")

Range("Y113").GoalSeek Goal:=Range("W113"), ChangingCell:=Range("AA109")

Range("Y130").GoalSeek Goal:=Range("W130"), ChangingCell:=Range("AA124")

Range("Y141").GoalSeek Goal:=Range("W141"), ChangingCell:=Range("AA137")

Anexo 7: Programación de turnos

MES	MARZO					ABRIL					MAYO				
SEMANA	1														
Días laborables en la semana	3					5					4				
No. círculos de trabajo montaje convencional	1					1					1				
No. turnos/día convencional	1					1					1				
No. círculos de trabajo montaje inyección	1					1					1				
No. turnos/día inyección	1					1					1				
Capacidad de producción convencional (pares)	549					937					838				
Capacidad de producción inyección (pares)	399					664					532				
Turnos montaje convencional (días)	0,977					1,445					0,963				
Turnos montaje inyección (días)	0,947					1,406					0,729				
Turnos entrega línea convencional (t+a) (días)	1,523					2,548					1,973				
Turnos entrega línea inyección (t+a) (días)	1,007					1,495					1,264				
Total turnos línea convencional (días)	2,500					3,993					2,936				
Total turnos línea inyección (días)	1,955					2,901					1,993				
Datos generales montaje															
No. días	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días de producción troquelado manual	0,135					0,236					0,303				
Días de producción troquelado automático	0,377					0,594					0,548				
Días de producción troquelado troquel 1	0,278					0,793					0,204				
Días de producción troquelado troquel 2	0,373					0,553					0,287				
Días de producción aparado convencional	0,600	0,545					1,000	0,756				1,000	0,425		
Días de producción aparado strobel	0,500	0,135					0,942				0,600	0,377			
Días de producción montaje convencional			0,977						1,000	0,445			0,500	0,463	
Producción montaje convencional (pares)			179						187,4	83			104,8	97,01	
Días de producción montaje a inyección		0,800	0,147					1,000	0,406			0,600	0,129		
Producción montaje inyección (pares)		106	20					133	54			80	17		
Horas de producción planificadas															
Montaje convencional (horas)			7,82						8	3,56			4	3,70	
Montaje inyección (horas)		6,4	1,18					8	3,25			4,8	1,03		

MES	MARZO					ABRIL					MAYO				
SEMANA	2														
Días laborables en la semana	5					4					5				
No. círculos de trabajo montaje convencional	1					1					1				
No. turnos/día convencional	1					1					1				
No. círculos de trabajo montaje inyección	1					1					1				
No. turnos/día inyección	1					1					1				
Capacidad de producción convencional (pares)	915					750					1045				
Capacidad de producción inyección (pares)	665					534					665				
Turnos montaje convencional (días)	1,622					1,155					1,209				
Turnos montaje inyección (días)	1,571					1,120					0,910				
Turnos entrega línea convencional (t+a) (días)	2,530					2,038					2,469				
Turnos entrega línea inyección (t+a) (días)	1,671					1,191					1,577				
Total turnos línea convencional (días)	4,15					3,19					3,68				
Total turnos línea inyección (días)	3,24					2,31					2,49				
Datos generales montaje															
No. días	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días de producción troquelado manual	0,213					0,191					0,371				
Días de producción troquelado automático	0,630					0,475					0,687				
Días de producción troquelado troquel 1	0,462					0,633					0,257				
Días de producción troquelado troquel 2	0,618					0,441					0,358				
Días de producción aparado convencional		1,000	0,900				1,000	0,405				1,000	0,782		
Días de producción aparado strobel		1,000	0,053				0,750				0,500	0,719			
Días de producción montaje convencional				1,000	0,622			0,500	0,655					1,000	0,209
Producción montaje convencional (pares)				183	114			94	122,8					208,9	44
Días de producción montaje a inyección			0,900	0,671				1,000	0,120				0,910		
Producción montaje inyección (pares)			120	89				133	16				121		
Horas de producción planificadas															
Montaje convencional (horas)				8	4,98			4	5,24					8	1,67
Montaje inyección (horas)			7,2	5,4				8	0,96				7,28		

MES	MARZO					ABRIL					MAYO				
SEMANA	3														
Días laborables en la semana	5					5					5				
No. círculos de trabajo montaje convencional	1					1					1				
No. turnos/día convencional	1					1					1				
No. círculos de trabajo montaje inyección	1					1					1				
No. turnos/día inyección	1					1					1				
Capacidad de producción convencional (pares)	915					937					1045				
Capacidad de producción inyección (pares)	664					664					664				
Turnos montaje convencional (días)	1,622					1,445					1,209				
Turnos montaje inyección (días)	1,571					1,406					0,910				
Turnos entrega línea convencional (t+a) (días)	2,530					2,548					2,469				
Turnos entrega línea inyección (t+a) (días)	1,671					1,495					1,577				
Total turnos línea convencional (días)	4,152					3,993					3,678				
Total turnos línea inyección (días)	3,242					2,901					2,487				
Datos generales montaje															
No. días	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días de producción troquelado manual	0,213					0,236					0,371				
Días de producción troquelado automático	0,630					0,594					0,687				
Días de producción troquelado troquel 1	0,462					0,793					0,257				
Días de producción troquelado troquel 2	0,618					0,553					0,358				
Días de producción aparado convencional		1,000	0,900				1,000	0,756				1,000	0,782		
Días de producción aparado strobel		1,000	0,053				0,942				0,500	0,719			
Días de producción montaje convencional				1,000	0,622				1,000	0,445				1,000	0,209
Producción montaje convencional (pares)				183	114				187,4	83,38				208,9	44
Días de producción montaje a inyección			0,900	0,671				1,000	0,406				0,910		
Producción montaje inyección (pares)			120	89				133	54				121		
Horas de producción planificadas															
Montaje convencional (horas)				8	4,98				8	3,56				8	1,67
Montaje inyección (horas)			7,2	5,4				8	3,25				7,28		

MES	MARZO					ABRIL					MAYO				
SEMANA	4														
Días laborables en la semana	5					5					4				
No. círculos de trabajo montaje convencional	1					1					1				
No. turnos/día convencional	1					1					1				
No. círculos de trabajo montaje inyección	1					1					1				
No. turnos/día inyección	1					1					1				
Capacidad de producción convencional (pares)	915					937					839				
Capacidad de producción inyección (pares)	664					664					534				
Turnos montaje convencional (días)	1,622					1,445					0,963				
Turnos montaje inyección (días)	1,571					1,406					0,729				
Turnos entrega línea convencional (t+a) (días)	2,530					2,548					1,973				
Turnos entrega línea inyección (t+a) (días)	1,671					1,495					1,264				
Total turnos línea convencional (días)	4,152					3,99					2,94				
Total turnos línea inyección (días)	3,242					2,90					1,99				
Datos generales montaje															
No. días	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días de producción troquelado manual	0,213					0,236					0,303				
Días de producción troquelado automático	0,630					0,594					0,548				
Días de producción troquelado troquel 1	0,462					0,793					0,204				
Días de producción troquelado troquel 2	0,618					0,553					0,287				
Días de producción aparado convencional		1,000	0,900				1,000	0,756				1,000	0,425		
Días de producción aparado strobel		1,000	0,053				0,942				0,600	0,377			
Días de producción montaje convencional				1,000	0,622				1,000	0,445			0,500	0,463	
Producción montaje convencional (pares)				183	114				187,4	83,38			104,8	97	
Días de producción montaje a inyección			0,900	0,671				1,000	0,406			0,600	0,129		
Producción montaje inyección (pares)			120	89				133	54			80	17		
Horas de producción planificadas															
Montaje convencional (horas)				8	4,98				8	3,56			4	3,7	
Montaje inyección (horas)			7,2	5,37				8	3,25			4,8	1,03		

MES	MARZO					ABRIL					MAYO				
SEMANA	5														
Días laborables en la semana	5					0					3				
No. círculos de trabajo montaje convencional	1										1				
No. turnos/día convencional	1										1				
No. círculos de trabajo montaje inyección	1										1				
No. turnos/día inyección	1										1				
Capacidad de producción convencional (pares)	915										629				
Capacidad de producción inyección (pares)	665										399				
Turnos montaje convencional (días)	1,622										0,725				
Turnos montaje inyección (días)	1,571										0,549				
Turnos entrega línea convencional (t+a) (días)	2,530										1,485				
Turnos entrega línea inyección (t+a) (días)	1,671										0,951				
Total turnos línea convencional (días)	4,152										2,210				
Total turnos línea inyección (días)	3,242										1,500				
Datos generales montaje															
No. días	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días de producción troquelado manual	0,213										0,225				
Días de producción troquelado automático	0,630										0,413				
Días de producción troquelado troquel 1	0,462										0,154				
Días de producción troquelado troquel 2	0,618										0,216				
Días de producción aparado convencional		1,000	0,900								0,500	0,572			
Días de producción aparado strobel		1,000	0,053								0,735				
Días de producción montaje convencional				1,000	0,622								0,725		
Producción montaje convencional (pares)				183	114								152,1		
Días de producción montaje a inyección			0,900	0,671								0,549			
Producción montaje inyección (pares)			120	89								73			
Horas de producción planificadas															
Montaje convencional (horas)				8	4,98								5,8		
Montaje inyección (horas)			7,2	5,368								4,392			