# Propuesta de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas

**Miguel Ángel Córdoba Alvarado**

**Ana María González Bustacara**

**Universidad el Bosque**

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería Industrial**

**2019-II**

# Propuesta de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas

**Miguel Ángel Córdoba Alvarado**

**Ana María González Bustacara**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial**

**Directora**

**Ing. Martha Ruth Mendoza Torres MSc. PhD**

**Universidad el Bosque**

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería Industrial**

**Gestión e Ingeniería de Operaciones**

**Bogotá**

**2019-II**

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá, Octubre 2019.

***Página de agradecimiento***

Agradezco a Dios por mi familia quienes siempre estuvieron pendientes a lo largo de mi carrera. Agradezco a mis papas porque me apoyaron en todo sentido, me acompañaron en los momentos más felices y en los momentos más difíciles de mi carrera, a mi Tía Mechas y Tía Cayita por sus consejos, por ser mis mejores amigas y confidentes en estos años de estudio como universitaria.

Así mismo le doy gracias a Carlos Tarquino y a Jorge Medina los dueños de la fábrica de vendas en donde se llevó a cabo este Trabajo de Grado. A mi directora la Ing. Martha Ruth Mendoza Torres MSc. PhD, por toda su colaboración y esencialmente por darme la oportunidad de trabajar con ella, por el compromiso de dirigir nuestro trabajo de grado, por aportar a mi vida personal y profesional sus conocimientos. Y finalmente al Ingeniero Jorge Rojas quién nos aportó mucho de su conocimiento explicándonos, dando sugerencias e invertir de su tiempo libre para resolver dudas que tuvimos.

Ana María González Bustacara

Agradezco a la vida por permitirme conocer a tantas personas que le aportaron a mi vida personal y profesional. A mis papás por ser tan comprensivos, colaboradores, porque gran parte de que haya llegado a este punto es por ellos y para ellos; por ser la motivación a terminar de la mejor forma mi carrera profesional.

Agradezco a la profesora Martha Ruth Mendoza Torres por compartir sus amplios y sabios conocimientos y experiencias en su exitosa vida; por la paciencia que tuvo durante el año y medio del proceso de trabajo de grado y por su gran dedicación. Al profesor Jorge Rojas por la colaboración que nos brindó y la dedicación que tuvo en los momentos que lo requerimos. A Néstor Gómez por su colaboración en la simulación y su empeño. A mis amigos por ser las personas que me acompañaron e hicieron parte de esta maravillosa experiencia en la universidad. Y en general a toda la comunidad de la Universidad El Bosque y en especial a las personas de la Facultad de Ingeniería

Miguel Ángel Córdoba Alvarado

# Contenido

Resumen ..... 24
Introducción ..... 28
1. Identificación Del Problema ..... 30
1.1.1. Descripción ..... 32
1.1.2. Pregunta De Investigación ..... 35
1.2. Justificación ..... 35
1.3. Objetivos ..... 36
1.3.1. Objetivo General ..... 36
1.3.2. Objetivos Específicos ..... 36
1.4. Metodología ..... 36
1.5. Alcance ..... 41
1.5.1. Geográfico ..... 41
1.5.2. Cronológico ..... 42
1.5.3. Conceptual ..... 42
2. Marco De Referencia ..... 43
2.1. Antecedentes ..... 43
2.2. Marco teórico ..... 45
2.3. Marco legal ..... 96
2.4. Marco tecnológico ..... 97
2.4.1. Software ..... 97
3. Diagnóstico ..... 98
3.1.3. Descripción del proceso de producción ..... 118
3.2. Planeación de la producción ..... 124
3.2.1. Causa – Efecto ..... 125
3.2.2. Actividades productivas de la fábrica (muestreo del trabajo) ..... 127

3.2.3. Análisis de la capacidad de la producción de las máquinas ..... 129
3.2.4. Estudio de tiempos ..... 132
3.2.5. Lista de materiales (*Bill of Materials*) ..... 136
3.2.6. Análisis de demanda ..... 138
3.3. Diagnóstico de la planeación, programación y control de la producción ..... 141
3.3.1. Planeación de la producción ..... 142
3.3.2. Materia prima ..... 153
3.4. Diagnóstico de la Programación de la producción ..... 157
3.5. Diagnóstico del control de la producción ..... 159
3.6. Productividad actual de la fábrica ..... 160
4. Hallazgos del diagnóstico ..... 167
5. Propuesta de solución ..... 169
5.1. Planeación ..... 174
5.1.1. Procedimientos ..... 174
5.1.2. Métodos ..... 181
5.1.3. Plan maestro de producción - PMP (*Master production Schedule* (MPS)) ..... 184
5.1.4. Plan de requerimiento de materiales-MRP ..... 187
5.2. Programación ..... 189
5.2.1. Clasificación ABC ..... 190
5.2.2. Rendimiento en kilos ..... 192
5.2.3. Combinaciones para los cambios de referencia ..... 193
5.2.4. Programación y carga de máquinas ..... 197
5.3. Control de la producción ..... 200
5.3.1. Control del nivel de inventario de producto terminado ..... 200
5.3.2. Control de la utilización de capacidad de maquinaría ..... 202

5.3.3. Cálculo y control de producción diaria ..... 203
5.3.4. Control de ejecución de la programación de la producción ..... 203
5.3.5. Control de inventario de materia prima ..... 204
5.3.6. Indicadores ..... 206
6.1. Costos del plan de implementación ..... 211
6.2. Diagrama de Gantt para la implementación y la capacitación ..... 212
7. Análisis de beneficio y costos ..... 213
8. Conclusiones ..... 220
9. Recomendaciones ..... 222
Referencias ..... 223

## Lista de tablas

Tabla 1. Productos de la fábrica. 30
Tabla 2. Metodología utilizada. 37
Tabla 3. Métodos de pronóstico de la demanda. 51
Tabla 4. Error de pronóstico de la demanda. 52
Tabla 5. Matriz del plan maestro de producción. 67
Tabla 6. Cantidad requerida de materia prima por Kg de producto 74
Tabla 7. Ejemplo del MRP. 74
Tabla 8. Flujo de trabajo de las máquinas. 78
Tabla 9. Tabla de índices. 78
Tabla 10. Ejemplo de diagrama de Gantt. 79
Tabla 11. Componentes de la productividad. 81
Tabla 12. Ejemplos de medición de la productividad. 82
Tabla 13. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de habilidades. 86
Tabla 14. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de esfuersos. 86
Tabla 15. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de condiciones. 87
Tabla 16. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de consistencia. 87
Tabla 17. Holguras recomendadas por ILO. 88
Tabla 18. Intensidad de los ruidos más comunes. 89
Tabla 19. Nivel de ruido 90
Tabla 20. Niveles de iluminación recomendados para utilizar en el diseño de alumbrado en interiores 91
Tabla 21. Control del clima de trabajo 92
Tabla 22. Índice de disponibilidad. 95
Tabla 23. Índice de eficiencia. 95
Tabla 24. Índice de calidad. 96
Tabla 25. Software. 97
Tabla 26. Descripción de cargos. 100
Tabla 27. Ficha técnica de la máquina #1. 110
Tabla 28. Productos fabricados y listos para entregar. 111
Tabla 29. Insumos 115

Tabla 30. Diagrama de procesos del trabajo y de las máquinas. ..... 123
Tabla 31. Tiempos ociosos y horas hombre por ciclos ..... 123
Tabla 32. Horas ociosas de las máquinas, productividad de las máquinas y tiempo del ciclo de las máquinas. ..... 124
Tabla 33. Diagrama de causa – efecto. ..... 125
Tabla 34. Porcentaje de fallas de las máquinas de la fábrica. ..... 128
Tabla 35. Capacidad de producción de las máquinas de la fábrica. ..... 130
Tabla 36. Matriz de la capacidad de producción. ..... 131
Tabla 37. Observaciones del estudio piloto. ..... 132
Tabla 38. Resultados y desviación ..... 134
Tabla 39. Estudio de calificación. ..... 134
Tabla 40. Holguras recomendadas por ILO. ..... 135
Tabla 41. Requerimiento de materia prima para venda elástica blanca ..... 137
Tabla 42. Requerimiento de materia prima para venda fija blanca ..... 137
Tabla 43. Requerimiento de materia prima para venda elástica piel. ..... 137
Tabla 44. Requerimiento de materia prima para venda fija piel. ..... 138
Tabla 45. Guía para seleccionar un método de pronóstico apropiado. ..... 140
Tabla 46. Métodos de pronóstico de la demanda para cada referencia. ..... 140
Tabla 47. Comparación de los modelos de error de la demanda. ..... 141
Tabla 48. Lead time de venda elástica blanca de 2. ..... 143
Tabla 49. Ficha del costo estándar de la venda elástica blanca de 2 ..... 144
Tabla 50. Hora de un operario de la fábrica ..... 145
Tabla 51.Costos Fijos de los costos indirectos de fabricación ..... 145
Tabla 52. Depreciación de muebles y enseres ..... 145
Tabla 53. Costos indirectos de fabricación semi-variables. ..... 146
Tabla 54. costos totales indirectos de la fabricación presupuestada. ..... 146
Tabla 55. Datos necesarios para la tasa aplicable de la venda elástica de 2. ..... 148
Tabla 56. Costo estándar de la venda elástica blanca de 2”. ..... 148
Tabla 57. Inventario promedio del producto terminado ..... 149
Tabla 58. Salario del personal actual de la fábrica de vendas. ..... 149
Tabla 59. Costo de orden de producción ..... 150

Tabla 60. Tasa del producto terminado..... 151
Tabla 61. Total, de la tasa de inventario del producto terminado..... 151
Tabla 62. EOQ de la venda elástica blanca de 2..... 152
Tabla 63. Recolección de información para el lead time del poliéster blanco. ..... 154
Tabla 64. Lead time del poliéster blanco..... 154
Tabla 65. Salario actual del personal de la fábrica ..... 154
Tabla 66. Costos de orden de materia prima..... 155
Tabla 67. Tasa de tener inventario de materia prima..... 156
Tabla 68. Tasa total de tener inventario de materia prima..... 156
Tabla 69. EOQ de la materia prima- poliéster blanco ..... 157
Tabla 70. Control de la producción..... 159
Tabla 71. Kilos vendidos de cada una de las referencias de julio 2018 a julio 2019. ..... 161
Tabla 72. Matriz de horas de producción para ventas reales de julio 2018 a julio 2019 (13 meses) ..... 162
Tabla 73. Análisis de la capacidad y productividad. ..... 163
Tabla 74. Disponibilidad de la fábrica de vendas. ..... 164
Tabla 75. Eficiencia de la fábrica de vendas..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 76. Ratio de calidad de la fábrica..... 166
Tabla 77. OEE..... 166
Tabla 78. Hallazgos encontrados en el diagnóstico ..... 167
Tabla 79. Justificación de la planeación en el árbol de propuestas. ..... 171
Tabla 80. Justificación de la programación en el árbol de propuestas..... 172
Tabla 81. Justificación del control en el árbol de propuestas. ..... 172
Tabla 82. Métodos de pronóstico de la demanda para cada una de las referencias..... 182
Tabla 83. Métodos y formulas. ..... 183
Tabla 84. Inventario ABC..... 191
Tabla 85. Rendimiento en kilogramos..... 192
Tabla 86. Urdidos, tramas y conos de cada una de las referencias..... 195
Tabla 87. Referencias a combinar..... 195
Tabla 88. Formulario del control de inventario de producto terminado ..... 201
Tabla 89. Formulario #2 ..... 202

Tabla 90. Plan de implementación ..... 211
Tabla 91. Diagrama de Gantt del plan de implementación ..... 212
Tabla 92. Costos del plan de implementación ..... 213
Tabla 93. Beneficios. ..... 214
Tabla 94. Disponibilidad de la fábrica de vendas. ..... 215
Tabla 95. Eficiencia de la fábrica de vendas. ..... 216
Tabla 96. Ratio de calidad de la fábrica. ..... 216
Tabla 97. OEE ..... 216
Tabla 98. Flujo de caja de las propuestas. ..... 218
Tabla 99. VNA y TIR. ..... 218
Tabla 100. TIO, DTF, inflación anual y la, rentabilidad del sector. ..... 218

## Lista de figuras

Figura 1. Análisis de Pareto por referencias de vendidas de vendas desde julio del 2018 hasta julio del 2019. ..... 34
Figura 2. Ventas en Kg de todas las referencias por cada mes desde julio del 2018 hasta julio del 2019..... 35
Figura 3. Cuatro (4) bloques metodológicos..... 37
Figura 4.Organización como sistema..... 45
Figura 5. Retroalimentación de un sistema..... 46
Figura 6. Diagrama producción en serie..... 47
Figura 7. Sistema de producción por lotes..... 48
Figura 8. Gráfico de equilibrio de la demanda. ..... 49
Figura 9. Requerimientos del sistema de planificación de la producción..... 55
Figura 10. Esquema de las principales actividades de planificación de operaciones y suministros. ..... 56
Figura 11. Análisis de costos de un modelo EOQ ..... 58
Figura 12. Esquema de las principales actividades de planificación de operaciones y suministros. ..... 60
Figura 13. Características del modelo Q..... 61
Figura 14. Entradas y salidas de MPS. ..... 63
Figura 15. Datos del plan maestro de producción..... 64
Figura 16. Funciones del plan maestro de producción ..... 65
Figura 17. Sincronización del plan maestro de producción..... 66
Figura 18. Diagrama de bloques del plan maestro de producción..... 67
Figura 19. Análisis de la producción y las operaciones..... 68
Figura 20. Elementos de la lista de materiales (BOM)..... 69
Figura 21. Clasificación de inventarios ABC. ..... 70
Figura 22. Diagrama de bloques de la clasificación ABC..... 70
Figura 23. MRP..... 72
Figura 24. Entradas y salidas del MRP..... 73
Figura 25. Para realizar el MRP..... 73
Figura 26. MRP..... 75

Figura 27. Proceso de programación característico. ..... 80
Figura 28. Pasos para seguir para realizar un estudio de tiempos. ..... 83
Figura 29. Métodos para calificar. ..... 85
Figura 30. Diagnóstico de las falencias en la planeación, programación y control de la producción de la fábrica de vendas. ..... 98
Figura 31.Descripción de la fábrica. ..... 99
Figura 32.Organigrama de cargos de la fábrica. ..... 99
Figura 33. Diagrama de flujo del responsable de producción de la fábrica. ..... 102
Figura 34. Diagrama de flujo del técnico de mantenimiento y producción de la fábrica ..... 104
Figura 35. Diagrama de flujo del operario ..... 106
Figura 36. Diagrama de recorrido del operario. ..... 109
Figura 37. Diagrama de recorrido del técnico de mantenimiento y producción ..... 109
Figura 38. Herramientas para la descripción del proceso de descripción. ..... 119
Figura 39. Diagrama de flujo del proceso de producción ..... 120
Figura 40. Diagrama de flujo del proceso de enrollado y empaque ..... 121
Figura 41. Inicio del diagrama de cambio de referencia. ..... 122
Figura 42. Herramientas y estudios del diagnóstico de la planeación de la producción. ..... 124
Figura 43. Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto) de la fábrica de ventas. ..... 125
Figura 44. Estructura del muestreo del trabajo. ..... 127
Figura 45. Gráfica del porcentaje de operación y de fallas de la Máquina 1. ..... 129
Figura 46. Bill materials de venda elástica blanca de 2. ..... 136
Figura 47. Kilogramos vendidos desde julio 2018 hasta julio 2019 ..... 139
Figura 48. Kilogramos vendidos de cada una de las referencias desde julio 2018 hasta julio del 2019 ..... 139
Figura 49. Lead time para materia prima y para producto terminado. ..... 143
Figura 50. Proceso de orden de producción ..... 150
Figura 51. Gráfica del modelo EOQ de las vendas blancas elásticas de 2. ..... 153
Figura 52. Flujograma del proceso de hacer una orden de materia prima ..... 155
Figura 53. Árbol de decisión de orden de producción. ..... 158
Figura 54. Criterios de enrollado y empaque. ..... 159
Figura 55. Sistema de la producción ..... 169

Figura 56. Árbol de propuestas. ..... 170
Figura 57. Planeación. ..... 174
Figura 58. Demanda ..... 175
Figura 59. Formulario de ingreso de pedidos. ..... 176
Figura 60. Base de datos ..... 176
Figura 61. Tabla del simulador de Excel del pronóstico de la demanda. ..... 177
Figura 62. Ventas reales ..... 177
Figura 63. Planeación de la producción. ..... 178
Figura 64. Programación de la producción ..... 179
Figura 65. Control de la producción. ..... 180
Figura 66. Componentes del sistema de la planeación de la producción. ..... 181
Figura 67. MPS ..... 184
Figura 68. Formulario de ingreso del pedido para la fábrica de vendas ..... 185
Figura 69. Partes del formulario automáticas. ..... 186
Figura 70. Base de datos de sistema ..... 186
Figura 71. Plan maestro de producción para la fábrica de vendas. ..... 187
Figura 72. Plan de requerimiento de materiales ..... 188
Figura 73. Plan de requerimiento de materiales en Excel. ..... 188
Figura 74. Informe general ..... 189
Figura 75. Programación de la producción. ..... 189
Figura 76. Diagrama de bloques de la clasificación ABC. ..... 190
Figura 77. Gráfica del inventario ABC. ..... 191
Figura 78. Paso a paso para la elaboración de la programación. ..... 197
Figura 79. Información de la fábrica. ..... 197
Figura 80. Parámetros ..... 198
Figura 81.Propuestas del Control de la producción ..... 200
Figura 82. Control del inventario del producto terminado. ..... 201
Figura 83. Control del inventario del producto terminado. ..... 202
Figura 84. Control del inventario del producto terminado. ..... 203
Figura 85. Control del inventario del producto terminado. ..... 203
Figura 86. Control del inventario del producto terminado. ..... 204

Figura 87. Diagrama económico ..... 217

## Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Promedio móvil simple ..... 50
Ecuación 2. Tasa de rotación. ..... 53
Ecuación 3. Stock medio..... 54
Ecuación 4. Modelo EOQ simple. ..... 57
Ecuación 5. Cálculo del inventario de seguridad para un inventario de producción. ..... 58
Ecuación 6. Cálculo de punto de reorden ..... 59
Ecuación 7. Lead time..... 59
Ecuación 8. Demanda promedio diario. ..... 60
Ecuación 9. Modelo Q, Costo total de una Q pedida, un costo por unidad C, un costo de preparación S y un costo de mantenimiento por unidad H. ..... 62
Ecuación 10. Cantidad de pedido fija básico. ..... 62
Ecuación 11. EOQ ..... 62
Ecuación 12. Modelo del EOQ. ..... 63
Ecuación 13. Formula del MPS ..... 64
Ecuación 14. Compras. ..... 75
Ecuación 15. Productividad. ..... 81
Ecuación 16. Tamaño de la muestra. ..... 83
Ecuación 17. Tiempo Estándar ..... 92
Ecuación 18. Tiempo estándar. ..... 93
Ecuación 19. Probabilidad de x ocurrencias. ..... 93
Ecuación 20. Determinación de número necesario de observaciones ..... 94
Ecuación 21. Índice de disponibilidad. ..... 95
Ecuación 22. Índice de eficiencia. ..... 96
Ecuación 23. Índice de calidad. ..... 96
Ecuación 24. Determinación de número necesario de observaciones. ..... 128
Ecuación 25. Número de observaciones requeridas. ..... 128
Ecuación 26. Tasa aplicable a cada referencia..... 146
Ecuación 27. Tasa aplicable para la venda elástica blanca de 2. ..... 148
Ecuación 28. Tasa (i) de inventario de producto terminado ..... 151
Ecuación 29. Eficiencia global de equipo. ..... 164

Ecuación 30. Cálculo de disponibilidad..... 164
Ecuación 31. Cálculo de eficiencia..... 165
Ecuación 32. Eficiencia global de equipo..... 215
Ecuación 33. Cálculo de disponibilidad..... 215
Ecuación 34. Cálculo de eficiencia..... 216

## Tabla de Fotos

Foto 1. Fileta..... 103
Foto 2.Caja de conos de poliéster blanco. ..... 112
Foto 3. Cono de poliéster blanco. ..... 112
Foto 4.Conos de poliéster blanco con bolsa. ..... 112
Foto 5.Hilo caucho ..... 113
Foto 6.Cajas de hilo caucho. ..... 113
Foto 7.Cajas con hilo caucho. ..... 113
Foto 8. Empaques del producto terminado. ..... 117
Foto 9. Empaque de vendas elásticas blancas o color piel ..... 117
Foto 10. Empaque de vendas fijas blancas o color piel..... 118
Foto 11. Marcación del producto terminado ..... 118
Foto 12. Fileta con conos ..... 194
Foto 13. Parte superior de la fileta. ..... 194

## Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Rollos empacados para entregarle a los clientes. ..... 31
Ilustración 2. Planos del primer piso de la fábrica ..... 107
Ilustración 3. Planos del segundo piso de la fábrica..... 108

## Tabla de anexos

Anexos A. Entrevista. ..... 226
Anexos B. Ventas hechas desde julio del 2018 hasta julio del 2019 (kg) ..... 231
Anexos C. Tabla de análisis de Pareto. ..... 232
Anexos D. Picos y valles ..... 233
Anexos E. Fichas técnicas de las máquinas. ..... 234
Anexos F. Todas las referencias de las vendas de la fábrica. ..... 243
Anexos G. Cambio de referencia. ..... 246
Anexos H. Procedimientos que se llevaron a cabo para revisar la planeación ..... 267
Anexos I. Lista de materiales B.O.M. (Bill of materials) ..... 279
Anexos J. Muestreo del trabajo. ..... 284
Anexos K. Flujograma del pronóstico de la demanda ..... 305
Anexos L. Capacidad de producción ..... 306
Anexos M. Diagrama de procesos del trabajo y de las máquinas ..... 311
Anexos N. Pronósticos de la demanda del 2018-2019 ..... 314
Anexos O. Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica – Porcentaje de materia prima ..... 317
Anexos P. Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica – Lead time de producto terminado ..... 318
Anexos Q Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica - Inventario Promedio de producto terminado ..... 319
Anexos R Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica - EOQ de producto terminado ..... 327
Anexos S. Fichas de costo estándar ..... 328
Anexos T. Costos indirectos de fabricación ..... 336
Anexos U. Tasa aplicable de cada referencia ..... 337
Anexos V. Tabla del costo estándar de cada referencia ..... 338
Anexos W Diagnóstico de todas las materias primas- Lead time de materia prima ..... 339
Anexos X Diagnóstico de todas las materias primas - EOQ de materia prima ..... 341
Anexos Y. Tiempos por kilo para atención de urgencias ..... 342
Anexos Z. Pocas ventas- Muchas ventas ..... 343
Anexos AA. Software ..... 344
Anexos BB. Transcripción del Xpress. ..... 347

## Resumen

La fábrica se encarga de la elaboración y venta al por mayor de vendas de uso hospitalario, terapéutico y deportivo. Se fabrican veinte (20) referencias, divididas por tamaños de dos a cinco pulgadas de ancho; cinco (5) elásticas blancas, cinco (5) fijas blancas, cinco (5) elásticas color piel y cinco (5) fijas color piel. La fábrica cuenta con diez (10) máquinas tejedoras que a su vez son manejadas por tres (3) operarios en el área de producción de forma aleatoria.

La problemática que se encuentra en la fábrica después de realizado el diagnóstico y las visitas, fue que todo el proceso de la fábrica, desde que se pide la materia prima, hasta que se hace el enrollado y empacado, no tiene ninguna planeación, programación ni control de alguna de las actividades; no tienen ningún indicador que evalúe el desempeño de la fábrica, por lo tanto, no hay ninguna retroalimentación del proceso. La programación de máquinas, asignación de cargas o asignación de trabajos se realiza empíricamente por el jefe, no se realiza ningún estudio, ni tienen algún criterio propio de ingeniería para poder mantener funcionando la fábrica de manera la mejor manera posible. Por esto, este trabajo de grado tuvo como propósito estructurar un sistema de planeación, programación y control de la producción para la fábrica de vendas, que logre, equilibrar su productividad con la demanda. El tipo de investigación que se lleva a cabo es de tipo descriptivo, debido a que se requiere analizar todos los elementos que interactúan en el proceso productivo de las vendas y como se articulan entre sí. Lo primero que se hizo fue realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, con herramientas tanto cuantitativas como cualitativas; recolección de datos a través de visitas, toma de tiempos, cálculos de consumo, etc. Posteriormente, se realiza la consecución y una articulación de un sistema de planeación, programación y control de la producción, que permita a la fábrica ser más eficiente, tomar decisiones justificadas, conocer sus desempeños, costos, beneficios, y llevar un control adecuado de niveles de inventario y consumos de materia prima.

En cuanto a las propuestas, estas se dividen en 3 grandes “títulos”. En cuanto a la planeación de la producción, se realizó un pronóstico de la demanda teniendo en cuenta los métodos de series de tiempo, y los respectivos cálculos del error; se combina este pronóstico con un modelo de reposición de inventarios de lote económico de pedido (EOQ), tanto para producto terminado, como para materia prima. La programación de la producción se realiza de forma tal que se puedan reducir los tiempos improductivos de las máquinas, debido a que el cambio de referencia

dura demasiado tiempo. En cuanto al control de la producción se proponen una serie indicadores que miden algunos desempeños, y logran hacer una retroalimentación del sistema adecuada.

De esta forma, al conocer la productividad de la fábrica, se puede realizar una comparación del beneficio – costo. Se evitarán los tiempos de cambios de referencia tan grandes e innecesarios, al conocer la demanda esperada, se trabajarán referencias y máquinas necesarias para no incurrir en pago de horas extras o de mano de obra extra. Se disminuirán los costos debido a que se logrará tener el menor nivel de inventario, disminuyendo costos de mantener este inventario.

**Palabras clave**

Control, Planeación, Producción, Productividad, Programación.

**Abstract**

The factory is responsible for the development and wholesale of bandages for hospital, therapeutic and sports use. Twenty (20) references are manufactured, divided by sizes two to five inches wide; five (5) white elastic, five (5) fixed white, five (5) elastic skin color and five (5) fixed skin color. The factory has ten (10) weaving machines that in turn are managed by three (3) operators in the production area at random.

The problem that is found in the factory after the diagnosis and visits were made, was that the entire process of the factory, from when the raw material is requested, until it is rolled and packed, has no planning, programming nor control of any of the activities; They do not have any indicators that evaluate the performance of the factory, therefore there is no feedback on the process. The programming of machines, assignment of loads or assignment of work is done empirically by the boss, no study is carried out, nor do they have any engineering criteria to keep the factory running optimally. For this reason, this degree work was intended to structure a system of planning, programming and production control for the bandage factory, which achieves, in each of the three subsystems, support decision making under strong and justified criteria.

The type of research that is carried out is descriptive, because it is necessary to analyze all the elements that interact in the production process of the bandages and how they articulate with each other. The first thing that was done was to make a diagnosis of the current situation of the company, with both quantitative and qualitative tools; data collection through visits, timing, consumption calculations, etc. Subsequently, the achievement and articulation of a system of planning, programming and control of production is carried out, which allows the factory to be more efficient, make justified decisions, know its performances, costs, benefits, and maintain adequate control of levels of inventory and raw material consumption.

As for the proposals, these are divided into 3 major "titles." As for production planning, we forecast the demand taking into account the time series methods, and the respective error calculations; We combine this forecast with an inventory replenishment model of economic order lot (EOQ), both for finished product and raw material. Production scheduling is done in such a way that machine downtimes can be reduced, because the reference change lasts too long.

Regarding the control of production, a series of indicators are proposed that measure some performances, and manage to provide adequate system feedback.

In this way, knowing the productivity of the factory, you can make a comparison of the benefit - cost. Times of such large and unnecessary reference changes will be avoided, knowing the expected demand, references and machines necessary to avoid incurring overtime or extra labor will be worked on. Costs will be reduced because the lowest inventory level will be achieved, reducing costs of maintaining this inventory.

**Keywords:** Control, Planning, Production, Productivity, Programming

## Introducción

La planeación, programación y control de la producción es esencial si se quiere tener una empresa saludable, disminuyendo costos, teniendo conocimiento de sus productividades, y obteniendo una retroalimentación activa con la que se pueda mejorar procesos poco a poco.

La fábrica se encarga de la producción de vendas de uso hospitalario, terapéutico y deportivo, que al ser adquirida hace poco por una empresa más grande, no tiene ningún sistema de producción como lo debe tener cualquier fábrica productora; debido a esto, la fábrica ha tenido que incurrir en costos innecesarios como en pago de horas extras.

Por lo anterior, el presente trabajo de grado buscó hacer una propuesta que aportara a la solución de esta problemática, siendo su objetivo proponer acciones para la estructuración de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas que equilibre la productividad con su demanda.

En el diagnóstico, se utilizaron métodos cuantitativos y un método cualitativo que fue la entrevista. Estas arrojaron que prácticamente durante cada etapa de producción la fábrica no tiene ningún control, ni evaluadores de desempeño. Los criterios de manejo de la fábrica son completamente empíricos, y no hay nada sustentado en números.

Para esto se realizó una serie de propuestas para los tres componentes de dicho sistema, empezando por realizar un análisis de pronósticos de demanda, con el que no se contaba y que es esencial para la planeación de la producción. También se seleccionó un modelo de reposición de inventarios tanto para productos terminados como para materias primas, buscando atender y equilibrar la demanda con la producción y el abastecimiento de materias primas con el consumo de estas demandadas por la producción; la programación de las máquinas se propuso de tal forma que se minimizaran los costos de tiempos muertos de alistamiento y recambios y se pudiera aumentar la productividad de la fábrica, siendo esta la variable estudiada. Y para el control de producción se diseñaron indicadores que, usados, permitirán la retroalimentación sobre el comportamiento del funcionamiento del proceso productivo y la productividad del mismo, para qué la administración de la fábrica pueda tomar decisiones soportadas en información verídica y analizada.

Finalmente se planteó un plan de implementación de la propuesta, a ser aplicado por el personal administrativo y operativo de la fábrica, se hizo el análisis de beneficios y costos y viabilidad económica de la propuesta. Todo lo anterior, partiendo de una metodología ordenada de trabajo que inició con la problemática y su descripción, continuando con el marco de referencia y el diagnóstico, para posteriormente proceder al desarrollo de la parte gruesa del trabajo, es decir el planteamiento del sistema propiamente dicho, empezando con la planeación, luego con la programación de las máquinas según las restricciones encontradas, para por último proponer los indicadores de control, que permitan hacer una evaluación de la situación diaria, semanal o mensual del proceso y la productividad frente a la demanda.

# 1. Identificación Del Problema

En este capítulo se aborda la problemática de estudio de la fábrica de vendas y se evidencia de forma cualitativa y cuantitativa más registros fotográficos. Se enuncian los objetivos y las razones que justificaron el porqué de este trabajo de grado. También se presenta la información general y antecedentes consultados en relación con esta problemática, que aportaron algunos lineamientos útiles para el desarrollo de este trabajo.

## Actividades Productivas De La Fábrica

La fábrica se encarga de la producción de vendas para uso hospitalario, terapéutico y deportivo. Sus materias primas son poliéster e hilos de caucho. Se elaboran en total 20 referencias que varían en su tamaño, si el tejido es fijo o elástico y color sea blanco o piel. Para ello, cuenta con 10 máquinas tejedoras que trabajan en promedio 10 horas al día, durante cinco (5) días a la semana, y son operadas por tres (3) operarios.

Después de la producción de aproximadamente un día y medio, la venda tejida es llevada al segundo piso de la fábrica donde pasa por los procesos de enrollado y empaque, y es almacenada en inventario a la espera de su despacho a los diferentes clientes de la fábrica.

En la Tabla 1 a continuación, se muestran todas las referencias de vendas que actualmente se producen en la fábrica y se comercializan:

*Tabla 1. Productos de la fábrica.*

| N° | Productos | Tamaño ancho (Pulgadas) | Diámetro del rollo (cm) |
|---|---|---|---|
| 1 | Venda Elástica piel | 2" | 33 |
| 2 | Venda Elástica piel | 3" | 33 |
| 3 | Venda Elástica piel | 4" | 33 |
| 4 | Venda Elástica piel | 5" | 33 |
| 5 | Venda Elástica piel | 6" | 33 |
| 6 | Venda fija piel | 2" | 44 |
| 7 | Venda fija piel | 3" | 44 |
| 8 | Venda fija piel | 4" | 44 |
| 9 | Venda fija piel | 5" | 44 |
| 10 | Venda fija piel | 6" | 44 |
| 11 | Venda blanca elástica | 2" | 33 |
| 12 | Venda blanca elástica | 3" | 33 |
| 13 | Venda blanca elástica | 4" | 33 |

| N° | Productos | Tamaño ancho (Pulgadas) | Diámetro del rollo (cm) |
|---|---|---|---|
| 14 | Venda blanca elástica | 5" | 33 |
| 15 | Venda blanca elástica | 6" | 33 |
| 16 | Venda blanca fija | 2" | 44 |
| 17 | Venda blanca fija | 3" | 44 |
| 18 | Venda blanca fija | 4" | 44 |
| 19 | Venda blanca fija | 5" | 44 |
| 20 | Venda blanca fija | 6" | 44 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Las referencias de vendas son de un ancho distinto medido en pulgadas. Y como la venda elástica es más gruesa que la fija debido a su composición de hilos de poliéster y caucho, esto explica la diferencia en el diámetro de enrollado.

## 1.1. Identificación del problema

El sector textil en Colombia, en los últimos años, ha sido "invadido" por el producto extranjero de modalidad "Low Cost" (Precio bajo). El mercado africano, pero sobre todo el mercado chino, intervinieron en el país exportando producto con bajo costo de manufactura, mucho más económico, lo que le quitó una participación importante en la industria al país. Debido a esto, se hace muy importante para las hilanderías empezar a analizar su productividad y a reducir los costos lo que más sea posible; implementar un sistema de producción para cualquier empresa es importante. (Bejarano, 2019). Se pudo concluir que en la visita inicial realizada a la fábrica (28-08-2018), se encontró que esta carece de planeación, programación y control de la producción, por lo que hay desorden en la asignación y duración de turnos, se presentan excedentes de inventario de productos terminados o déficits para realizar las entregas de pedidos a los clientes, y se desconocen eficiencias, productividades y costos de producción. Por lo anterior se hace necesario, nivelar la producción con la demanda para evitar excesos o déficits de materia prima y/o de producto terminado, y así responder con los pedidos requeridos por los clientes, para lograr esto se requiere un sistema de planeación, programación y control de la producción.

*Ilustración 1. Rollos empacados para entregarle a los clientes.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Actualmente la programación de producción se realiza bajo el criterio de "mantener las máquinas operando" (Gerente Comercial, Entrevista investigativa de la problemática de la fábrica de vendas a sus dueños, 2018) sin tener en cuenta la demanda; Por eso, hay momentos en que la fábrica cuenta con inventario y otros donde éste escasea. Cuando se da esta última situación y se reciben grandes pedidos de clientes, se hace necesario doblar turnos para cumplir con los tiempos de entrega ofrecidos. Y, por el contrario, se presentan excedentes de inventario de producto terminado, incurriendo en ambas situaciones en sobrecostos para la fábrica

### 1.1.1. Descripción

En este numeral se evidencia de manera cualitativa y cuantitativa el problema estudiado en la Fábrica de vendas. En primer lugar, se hizo el análisis de la entrevista realizada a los dueños de la fábrica, que indicó de forma general, cuál era la problemática. En seguida se hizo un análisis de las ventas realizadas durante el año segundo semestre del 2018 y el primer semestre del 2019, de las cuales se tiene registro, pues de semestres atrás no se cuenta con un historial.

#### Análisis cualitativo

Se hizo una entrevista (ver Anexos A) al Gerente General y Gerente Comercial, propietarios de la fábrica, el día 28 de agosto del 2018, con el fin de explorar para conocer mejor la problemática a abordar en este trabajo de grado.

La entrevista arrojó que siendo los propietarios dueños de otras empresas comercializadoras de productos finales cuyo insumo principal son las vendas fijas o elásticas, era necesaria una integración vertical hacia atrás, que consistiera en tener la propiedad de la producción de las vendas en rollos, con el fin de reducir sus costos, incrementar sus ganancias, y crecer en el mercado, esto último accediendo al portafolio de clientes activos y potenciales de la fábrica de vendas. (General & Comercial, 2018)

Al respecto el Gerente General comentó en la entrevista que se debe mantener la ventaja diferencial en cuanto a calidad, aun cuando se está compitiendo en un mercado de bajos precios, y la adquisición de la fábrica de ventas es la forma de aumentar su participación en el mercado, tanto con sus propias marcas, como siendo proveedor de rollos de vendas es decir insumos para sus competidores de productos finales de sus otras empresas (Córdoba & González, 2018).

Respecto a la administración de la producción, ésta es manejada por los operarios de las máquinas que son los mismos que laboraban con los anteriores dueños, de forma empírica según su experiencia, sin registros de información ni análisis que permitan monitorear y controlar el funcionamiento de la misma. Por lo mismo tampoco hay procesos de planeación, programación y control estructurados y estandarizados.

Como el principal objetivo de la Gerencia es crecer en volumen de ventas y producción y así aumentar la participación de mercado, requiere saber cuál es la capacidad de producción de la fábrica de vendas, así como sus estándares de proceso, para planear, programar y controlar la producción, bajo condiciones de mayor productividad y mínimos costos, con el fin de responder al crecimiento de la demanda y lograr las ganancias esperadas.

## Análisis cuantitativo

Para estudiar inicialmente y de forma cuantitativa el contexto de la problemática se hizo un análisis de Pareto para establecer que referencias fueron las más vendidas en el primer año de operación con los nuevos dueños, y un diagrama de barras y gráfica de línea de las ventas en kilos mes a mes, para identificar picos y valles de la demanda. Los resultados se muestran a continuación.

### *Análisis de Pareto*

A continuación, se realizó un análisis de Pareto con los datos de las unidades vendidas desde junio del 2018 hasta julio del 2019. (ver **Anexos B**)

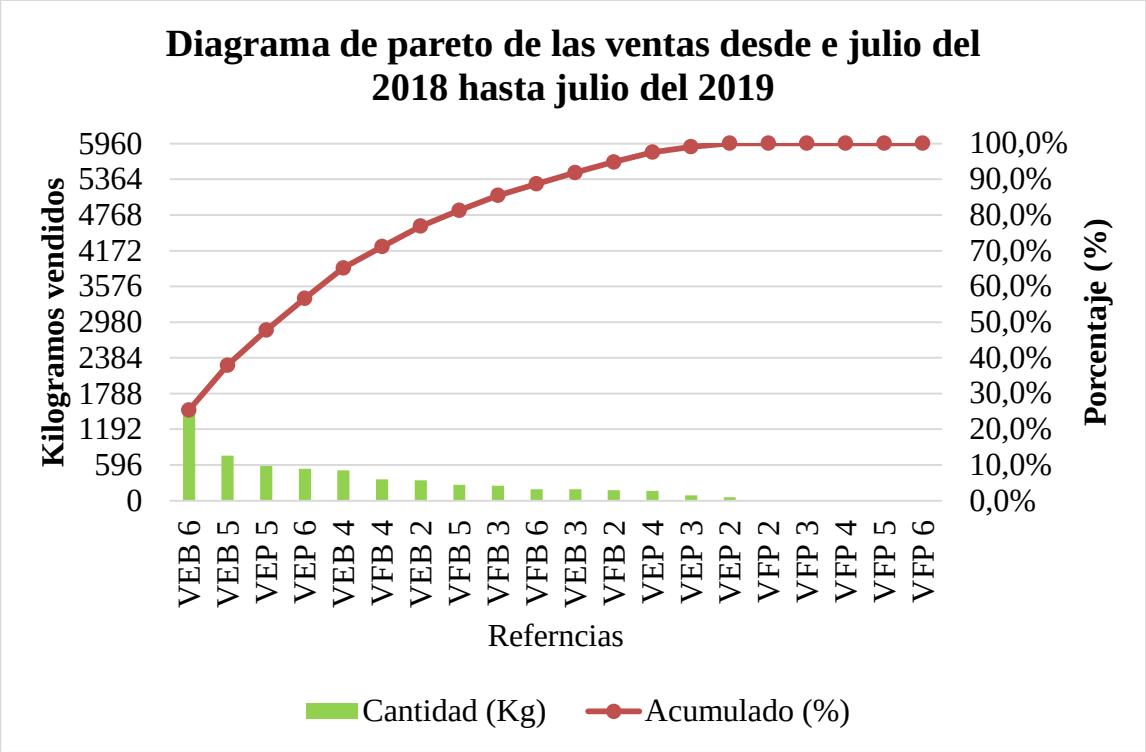



*Figura 1. Análisis de Pareto por referencias de vendidas de vendas desde julio del 2018 hasta julio del 2019.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica*

Del análisis de Pareto se pudo concluir que el 76,81 % de las ventas de la compañía se centran en siete referencias, que son los productos de mayor facturación. Estas referencias son: vendas elásticas blancas de 6 pulgadas, con promedio de 1513 kilos por mes y una participación en ventas del 25,4%, vendas elásticas blancas de 5 pulgadas, con promedio de 749 kilos el mes y una participación del 12,6%, vendas elásticas piel de 5 pulgadas, con un promedio de 583 kilos el mes y una participación del 9,8%, vendas elásticas piel de 6 pulgadas, con un promedio 533 kilos y una participación del 8,9%, las vendas elásticas blancas de 4 pulgadas, con un promedio de 507 kilos y una participación del 8,5%, las vendas fijas blancas de 4 pulgadas, con un promedio de 356 kilos y una participación del 6% y finalmente las vendas elásticas blancas de 2 pulgadas, con un promedio de 341 kilos y una participación del 5,7%. (Ver Anexos B y Anexos C).

***Análisis de picos y valles***

La Figura 2 evidencia los picos y los valles que hay en las ventas de la fábrica entre julio del 2018 y junio del 2019. Se ve que los meses de diciembre del 2018 y febrero del 2019, tienen una demanda muy baja con respecto a la demanda promedio de la fábrica y que estos solo representan el 15,2% de las ventas entre julio del 2018 y junio del 2019. En los meses de agosto y octubre del 2018 y en marzo del 2019, se ve que estos meses las ventas superaron la demanda promedio. (Ver

Anexos D)

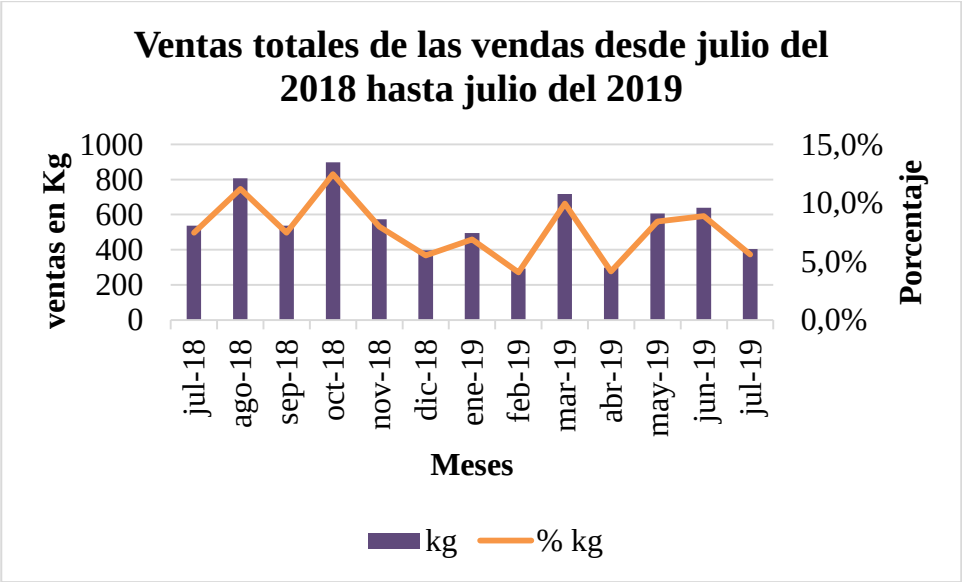



*Figura 2. Ventas en Kg de todas las referencias por cada mes desde julio del 2018 hasta julio del 2019.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica*

### 1.1.2. Pregunta De Investigación

¿Qué acciones proponer para la estructuración de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas, que equilibre la productividad con su demanda?

## 1.2. Justificación

Con este trabajo, la fábrica se beneficia a partir de las propuestas de actividades, procedimientos, métodos e instrumentos para el registro y análisis de datos que son base para la planeación, programación y control de la producción, y la determinación de estándares de consumo de materiales y tiempos de trabajo para las diferentes referencias, lo que permitirá a la gerencia una toma de decisiones informada en cuanto el funcionamiento, manejo y control de la operación, la productividad de la misma y el impacto en las ganancias.

Los autores por su parte enfrentaron su primer reto a nivel “empresarial” en el mundo real, lo que les permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante su carrera para el estudio de una

problemática real y desarrollar habilidades para generar propuestas útiles que aportaran a la solución de esta.

Para la universidad y el programa este trabajo fue importante porque permitió aportar a la empresa, propuestas de soluciones útiles a problemas reales, a la vez que permite el mantener relaciones con la industria, y hacer difusión social del conocimiento propio de la Ingeniería Industrial al sector productivo.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Proponer acciones para la estructuración de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas que equilibre la productividad con su demanda.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar qué falencias presenta la planeación, programación y control de la producción de vendas y cómo responde la productividad actual a la demanda.
- Proponer procedimientos, métodos e instrumentos para la planeación, programación y control de la producción, que equilibren la productividad con la demanda.
- Plantear el plan de implementación de los procedimientos, métodos e instrumentos propuestos.
- Realizar el análisis de beneficios y costos de los procedimientos, métodos e instrumentos propuestos.

## 1.4. Metodología

El tipo de investigación fue descriptiva dado que, pretende analizar los elementos que interactúan durante el proceso productivo, y aplicada ya que estuvo centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por otro lado, abarcando las características y perfiles de los empleados, máquinas y productos por tal motivo se realiza la recolección de información en la fábrica de vendas. Así mismo, el tipo de ámbito al que se aplicó fue específico y delimitado. Teniendo como variable de estudio la productividad.

La metodología está basada en los objetivos planteados al inicio del documento. Este trabajo se divide en 4 bloques metodológicos mostrados a continuación:

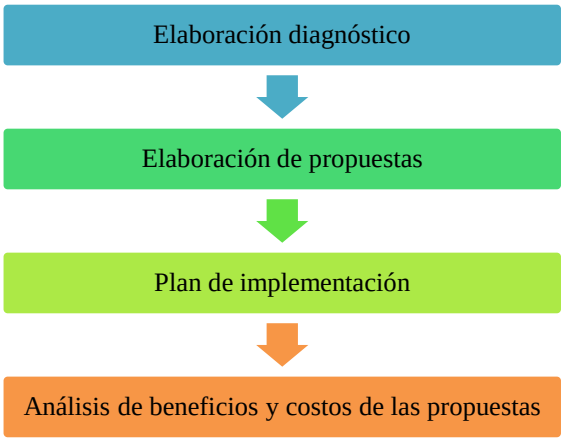



*Figura 3. Cuatro (4) bloques metodológicos.*

*Fuente. Elaboración propia*

En la Tabla 2 se da a conocer la metodología utilizada para realizar cada uno de los objetivos propuestos.

*Tabla 2. Metodología utilizada.*

| Objetivos específicos | Actividades | Métodos, técnicas, herramientas de ingeniería | Hallazgos y resultados |
|---|---|---|---|
| **1. Diagnosticar qué falencias presenta la planeación, programación y control de la producción de la línea de vendas y cómo responde la productividad actual a la demanda.** | 1.1. Descripción de la fábrica | Organigrama | Se tuvo que hacer, la fábrica no poseía con uno |
| | | Diagramas de recorrido | Se evidencia la poca organización en la fábrica. Las actividades son completamente empíricas. |
| | | Fichas técnicas | Se conocen las máquinas, su funcionamiento y su desempeño, el gasto de energía que producen. |
| | | Diagrama de flujo del proceso | Se conocen cuáles son las funciones diarias de cada operario con las máquinas. Se evidencia que es muy poco lo que interactúa el operario con las máquinas. |
| | | Diagrama | Se evidencia el día a día de |

| Objetivos específicos | Actividades | Métodos, técnicas, herramientas de ingeniería | Hallazgos y resultados |
|---|---|---|---|
| | | Hombre - Máquina | cada operario con las máquinas. Solo están en operación con las máquinas a la hora de prenderlas, cambiar conos, o fallas esporádicas. |
| | | Toma de tiempos | Conocimiento del manejo de los tiempos de operación de los operarios que son en las actividades de enrollado y empaque. |
| | | Diagramas de flujo | Documentación de los procesos que se tienen en la empresa diariamente. |
| | 1.2. Planeación de la producción, programación y control de la producción | Causa - Efecto | Quedaron en evidencia algunos problemas de tipo cualitativo, que nos muestra que no hay una sola causa para el desequilibrio de la producción, sino que estas hacen parte de un conjunto de falencias generales que tiene la fábrica. |
| | | Muestreo del trabajo | Medición de los tiempos de producción de las máquinas, tiempo de fallas, tiempo ocioso |
| | | Capacidad de producción | Conocimiento de que cada máquina requiere más o menos tiempo de producción. Algunas máquinas trabajan más rápido que otras. |
| | | Estudio de tiempos | Conocimiento de los tiempos de trabajo del operario cuando los requiera, es decir en la parte de enrollado y empaque. |
| | | Diagrama de operaciones | Conocimiento actual de la empresa. |
| | | Demanda | Conocimiento de la demanda futura, para |

| Objetivos específicos | Actividades | Métodos, técnicas, herramientas de ingeniería | Hallazgos y resultados |
|---|---|---|---|
| | | | conocer comportamiento |
| | | *Bill of materials* | Sabemos materia prima de cada producto |
| **2. Proponer procedimientos, métodos e instrumentos para la planeación, programación y control de la producción, que equilibren la productividad con la demanda.** | 2.1. Diseño de procedimientos, métodos e instrumentos para la planeación | Porcentaje de materia prima | Cantidades exactas de cada material en cada referencia. Nos muestra el consumo total por cada kilogramo producido en las máquinas. |
| | | Demanda | Con este pudimos conocer y estudiar los métodos de pronóstico de la demanda. |
| | | Pronóstico de la demanda | Pudimos concluir y tener una idea del comportamiento de la demanda a un horizonte de tiempo corto y mediano, con el fin de poder plantear la simulación de producción y ventas. |
| | | Ficha de costo estándar | Sirve como insumo de modelo EOQ, nos muestra también cuanto se está pagando por el inventario guardado. |
| | | MPS | Con este podemos conocer más o menos como se va a realizar la producción en cierto horizonte de tiempo. |
| | | Inventario ABC | Se podrán agrupar las referencias por grupos que más se venden. Y se tomará una decisión en cuanto a la programación de las máquinas. |
| | 2.2. Diseño de procedimientos, métodos e instrumentos para la programación de la producción | Explosión de complejidad | Procedimientos detallados a manera de diagrama de flujo, que muestra el paso a paso para la realización de una parte del sistema. |
| | | Carga de máquinas | Asignación de actividades a las máquinas bajo criterios de agrupación de referencias |

| Objetivos específicos | Actividades | Métodos, técnicas, herramientas de ingeniería | Hallazgos y resultados |
|---|---|---|---|
| | | | y programación lineal. |
| | | Programación de turnos | Los horarios de los operarios seguirán siendo de nueve horas |
| | | Programación de la producción de secuencia de orden | Revisión de ordenes más próximas |
| | | Carga de trabajo | Asignación de las actividades a cada máquina, bajo los 3 criterios de programación. |
| | | Realizar un modelo de planeación y programación en Excel | Articular todo el proceso de la producción a un solo modelo, y que sea posible manejarlo desde ahí mismo |
| | 2.3. Diseño de procedimientos, métodos e instrumentos para el control de producción | Indicadores | Realizar un control adecuado de toda la producción |
| | | Tableros de control de la producción | Realizar un control adecuado de toda la producción |
| | | Formatos de control de la producción | Realizar un control adecuado de toda la producción |
| | | Formatos de control de la materia prima | Realizar un control adecuado de toda la producción |
| | 2.4. Método para análisis de equilibrio entre productividad y demanda. | Indicadores | |
| **3. Plantear el plan de implementación de los procedimientos, métodos e instrumentos** propuestos**.** | 3.1. Cotizar recursos requeridos | | Conocer costos y recursos requeridos para el plan de implementación |
| | 3.2. Elaborar la matriz de actividades | | Conocer qué actividades se realizarán en la implementación |
| | 3.3. Elaborar el cronograma de la | | Suponer un plan de |

| Objetivos específicos | Actividades | Métodos, técnicas, herramientas de ingeniería | Hallazgos y resultados |
|---|---|---|---|
| | implementación. | | implementación con cronograma |
| **4. Realizar el análisis de beneficios y costos de los procedimientos, métodos e instrumentos propuestos.** | 4.1. Cálculo de ahorros en mano de obra | | Cálculo beneficio costo de propuestas |
| | 4.2. Cálculo de ahorros en exceso de inventarios | | Cálculo beneficio costo de propuestas |
| | 4.3. Cálculo del plan de implementación | | Cálculo beneficio costo de propuestas |
| | 4.3. Cálculo de beneficios (margen de contribución) por ventas adicionales que se pueden hacer por mejora de productividad. | | Cálculo beneficio costo de propuestas |
| | 4.5. Identificar variables que generan costos y gastos. | Valor presente neto o actual VNA | Formulas financieras con el fin de revisar si el proyecto es realmente oportuno para la empresa |
| | | TIR | Formulas financieras con el fin de revisar si el proyecto es realmente oportuno para la empresa |
| | | Periodo de recuperación de la inversión o *pay-back.* | |

*Fuente. Elaboración propia.*

## 1.5. Alcance

### 1.5.1. Geográfico

El trabajo se desarrolló en el área de producción de una fábrica de vendas, ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia.

### 1.5.2. Cronológico

Este trabajo fue desarrollado durante dos semestres académicos desde julio de 2018 a octubre de 2019.

### 1.5.3. Conceptual

Los enfoques teóricos que orientaron el desarrollo del trabajo fueron concepto de sistema y los componentes del sistema de planeación, programación y control de producción, los cuales iniciaron haciendo un análisis de demanda, el análisis de capacidad, tiempos de proceso de máquina, tiempos de proceso manuales, posteriormente se utilizaron las técnicas de pronósticos, modelos de reposición de inventarios, para ejecutar un sistema MPS (plan maestro de producción) que se encargue de la planeación de la producción de la fábrica. Para controlar uno de los problemas de la fábrica que es la acumulación de inventario de producto terminado, así como la compra oportuna de cantidad de las materias primas, se utilizó la lista de materiales (BOM), ya que esta relaciona el producto final con sus componentes, para calcular el consumo de estos según la demanda de productos terminados. Para la programación de las máquinas también se logró recomendar las diferentes 3 técnicas de programación, y finalmente se propusieron unos indicadores que pueden ayudar a la evaluación del desempeño de la fábrica.

# 2. Marco De Referencia

Se presentarán el marco legal, el marco tecnológico y el marco teórico en los cuales se apoya el desarrollo del trabajo de grado.

## 2.1. Antecedentes

Entre los antecedentes consultados que se utilizaron para identificar abordajes metodológicos para el estudio de problemáticas similares a la tratada en este trabajo de grado se encontraron los que se presentan a continuación:

En el trabajo de grado “Diseño de un modelo de planeación, programación y control de producción en la empresa Ingeniería de estructuras Metal Asset” (Pimiento Bello, 2014), la problemática era muy parecida a la que está manejando en la fábrica de vendas, la cual se centró en estudiar la productividad teniendo en cuenta que no tenían ningún sistema que se encargara de ninguna parte de la producción. Para el respectivo diagnóstico de la problemática, se hizo un diagnóstico y una evaluación del problema mediante una matriz DOFA, con, diagrama Causa / Efecto, y Pareto. Posteriormente, se realizó un pronóstico de la demanda, se usó una planeación de requerimiento de materiales (MRP), y se realizó un sistema en Microsoft Excel, donde se encuentra la simulación del modelo propuesto.

En el trabajo titulado “Estructuración de un sistema de planeación, programación y control de la producción para la empresa Confecciones Jeval S.A.S” (Garcia, Gil, 2018), por medio de una investigación cualitativa, se encontró que la asignación de recursos se realizaba empíricamente, por lo que la empresa se veía afectada por la baja productividad al no contar con un sistema de planeación, programación y control de la producción, lo que no permitía la asignación ordenada de tareas, maquinaria y materiales. Para abordar esta problemática los autores hicieron un análisis causa - efecto, un muestreo de trabajo y un análisis de producción de la empresa. Para cumplir con los objetivos y proponer el sistema que logre gestionar la producción de acuerdo con la demanda, ellos plantearon un modelo en el que la planeación abarca desde el pronóstico de la demanda, planeación agregada, balanceo de líneas, MPS y MRP; seguido de una programación de pedidos por orden de llegada y un control a través de un tablero y unas fichas de control.

En el trabajo de grado titulado “Sistema de planeación y programación de la producción para las líneas de manufactura en MERCICO LTDA.” (Arévalo, Velandia, Cruz, 2013), se encuentra una problemática similar al proyecto anteriormente mencionado, al buscar plantear un sistema de producción para mejorar la productividad. Para proponer una solución a este problema hicieron uso de herramientas como distribución de planta, Diagrama de flujo de procesos, diagrama de recorridos, matriz de impactos, Matriz de análisis de relaciones internas y externas, Análisis estratégico, Matriz de impactos cruzados, diagrama de causalidad y distribución ABC.

En el trabajo de grado “Planeación, programación y control de la producción en pyme de confecciones Verney Jiménez E.U. en Bogotá” (Camero, Vargas, 2012), no se evidenciaba que se hiciera uso de la planeación, programación y control de la producción, por lo tanto, en la empresa no se aplicaban herramientas técnicas en la administración de operaciones; esto generaba que la fábrica incurriera en fallas de calidad e incumplimiento al cliente. Para solucionar este problema hicieron un diagnóstico en el que se entró en detalle a ver el funcionamiento de cada sección (Diseño, confección, ojal y botones y empaque). Se realizó la planeación de la producción con un pronóstico de ventas, MPS, MRP, junto con el respectivo estudio de capacidad productiva. Su respectivo estudio de capacidad productiva. Se realiza la programación de producción a mediano y largo plazo para finalmente proponer formatos de control de materias Primas e indicadores.

En el trabajo de grado “Un modelo para la planeación y control de la producción en una empresa de productos de limpieza y cuidado personal” (Reyes 2016), se usaron algunas etapas para plantear un sistema que permita planear y programar la producción en una empresa, debido a que no se tiene equilibrio de los niveles de inventario y la demanda de la empresa. Se realizó una clasificación ABC de los productos terminados analizando cuán importante es el producto económicamente en la empresa, y se ajustó un modelo probabilístico de pronósticos utilizando los históricos de ventas. Finalmente se propone cambiar de un modelo de producción en base a mínimos y máximos a un MPS que controle incidencia de faltantes y que mantenga un nivel de servicio alto. .

Beltrán y Ruiz (2017) se enfocan el problema de no tener pronósticos de demanda, lo que no permite tener un sistema de producción eficiente y productivo. Para esto plantean modelo Holt Winters y suavización exponencial para el pronóstico de demanda, con lo que tiene información para proponer un sistema más completo con una programación tipo Job Shop. Trabajo de grado titulado "Propuesta para la planeación, programación y control de la producción de telas tipo militar y paño en la empresa Industrias de Algodón Ideal LTDA".

## 2.2. Marco teórico

En este aparte se exponen los temas y conceptos relacionados con ingeniería que orientaron la realización de este proyecto, es decir el concepto de sistema, tipos de sistemas de producción, productividad, planeación, programación y control de producción.

**Sistema.** La palabra sistema procede del latín *systēma* (sistema), identificado en español como "unión de cosas de manera organizada". "Es un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos". (Bertoglio, 1993)

La Figura 4, muestra gráficamente la estructura y el funcionamiento de una organización como un sistema en general, con sus tres grandes componentes es decir entradas, proceso y salidas. Junto con algunos ejemplos de estos 3 elementos

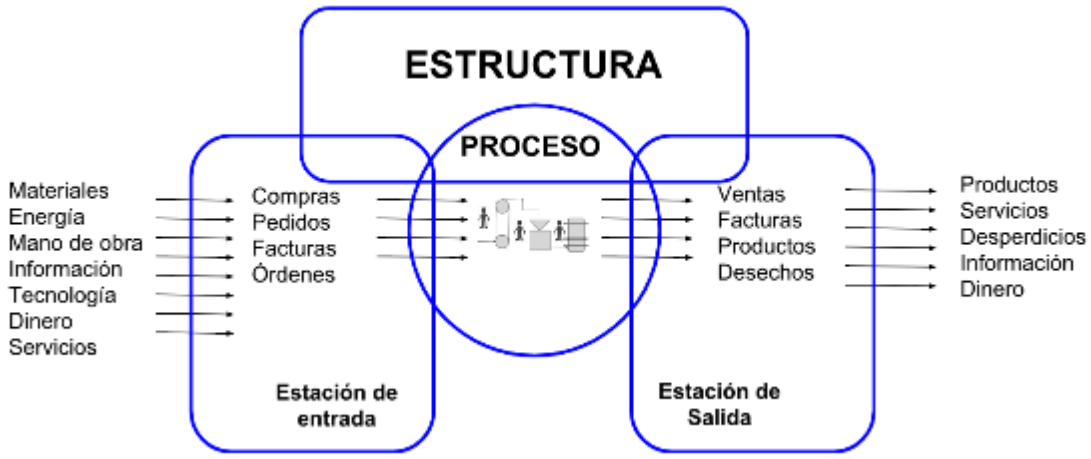



*Figura 4.Organización como sistema.*

*Fuente. A Velásquez, M Mendoza, L Rodríguez, E Ocampo. (2008)*

Otra forma esquemática de representación del sistema se aprecia en la siguiente Figura 5 que indica de qué forma en que trabaja el mismo y cómo realiza su retroalimentación, es decir control de su desempeño. Según Johansen (1993), un sistema está compuesto por entradas, que corresponden a los recursos financieros, materiales, humanos y la información con la que trabaja el sistema, proceso, que es la forma cómo el sistema desarrolla su actividad, la salida que es el resultado de dicho proceso, y la retroalimentación, que se refiere al control del sistema.

La retroalimentación de un sistema es un proceso en el cual se tiene una respuesta a una acción, durante el proceso. Generalmente, consiste en el retorno de información de la salida del proceso a su entrada. Esta retroalimentación o realimentación, está estrechamente relacionada con el control del sistema. El control cierra el ciclo del sistema y provee información que ayuda al proceso, a través de su realimentación, a poder estabilizarse o cambiar algunos procedimientos para hacer que sus funciones sean más productivas.

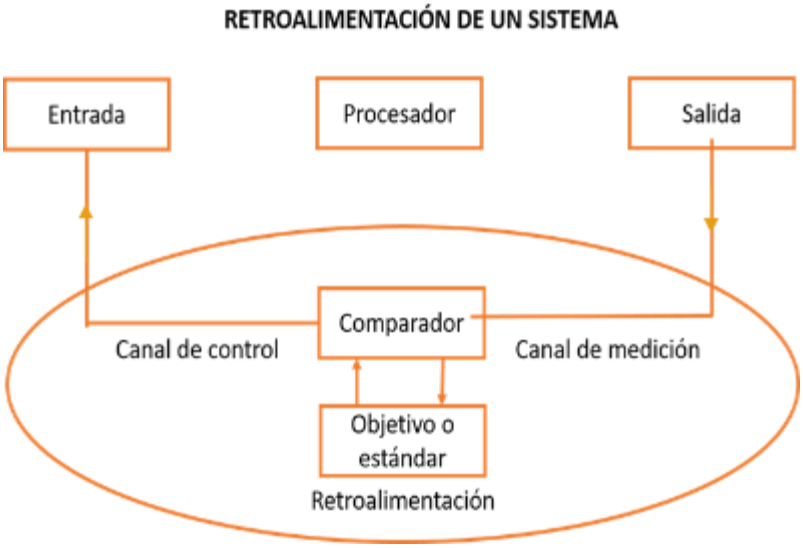



*Figura 5. Retroalimentación de un sistema.*

Fuente: A Velásquez, M Mendoza, L Rodríguez, E Ocampo. Administración, diseño y modelamiento de cadenas de abastecimiento. 2008

**Tipos de sistemas de producción.** Existen principalmente dos sistemas de producción que se denominan de tipo *Push* (empujar) y de tipo *Pull* (halar), o en algunos casos es una combinación de estos dos tipos.

Según Nahmias (1999), los sistemas tipo *Push* se encargan de fabricar productos antes de que el cliente los requiera, por esto mismo "empuja" el producto hacia el cliente. Estos son programados por pronósticos de demanda para crear un inventario y disponerlo al cliente.

En el caso del sistema Pull, el sistema de producción no puede ponerse en marcha hasta que el cliente realiza una orden de producto, y haya establecido sus características. Este sistema opera con muy poco o cero volúmenes de inventario.

**Sistema de producción en serie.**

> Este tipo de producción es aquel donde el contenido de trabajo del producto aumenta en forma continua. Es aquella donde el procesamiento de material es continuo y progresivo. Esto significa que, al terminar el trabajo determinado en cada operación, la unidad se pasa a la siguiente etapa de trabajo sin esperar todo el trabajo en el lote. Para que el trabajo fluya libremente, los tiempos de cada operación deberán de ser de igual longitud y no debe aparecer movimiento hacia fuera de la línea de producción. Además, como el sistema está balanceado, cualquier falla afecta no solo a la etapa donde ocurre, sino también a las demás etapas de la línea de producción. (Cortes, 2016).

La siguiente Figura 6 representa las partes de un proceso de producción en serie, en el que la elaboración de un producto lleva a la materia prima a pasar por diferentes procesos consecutivos antes de llegar a ser el producto final para consumo.

*Figura 6. Diagrama producción en serie.*

*Fuente. Construcción propia de autores con base en Nahmias y Cortes 2018.*

**Sistema de producción por lotes.**

> "Implica la producción de un número limitado de productos idénticos (conocido como lote). El trabajo en cada lote se completa totalmente antes de cambiar la producción a otro lote. Es un método de producción normalmente asociado con la media del mercado, porque le da énfasis a la calidad y a la accesibilidad". (Escalón, 2015)

Este también puede ser llamado proceso continuo. Este puede parecer una línea de ensamble debido a que la producción sigue una secuencia y el flujo es continuo en lugar de mesurado con máquinas que normalmente están automatizadas y tienen capacidad de funcionamiento de 24 horas. (Chase, 2014)

*Figura 7. Sistema de producción por lotes.*

*Fuente: Construcción propia de autores, 2018*

**Demanda:**

> "Es necesario un pronóstico de demanda para hacer una planeación y un control de la producción. El primer punto importante es plantear el horizonte de tiempo, en el que se mira la demanda a corto (días - semanas), mediano (semanas - meses) o largo plazo (meses - años). Entre más lejano sea el horizonte, será menos exacto el pronóstico que se está realizando. Los métodos para pronosticar, objetivos son modelos causales, o métodos de series de tiempo". (Krugman, 2013)

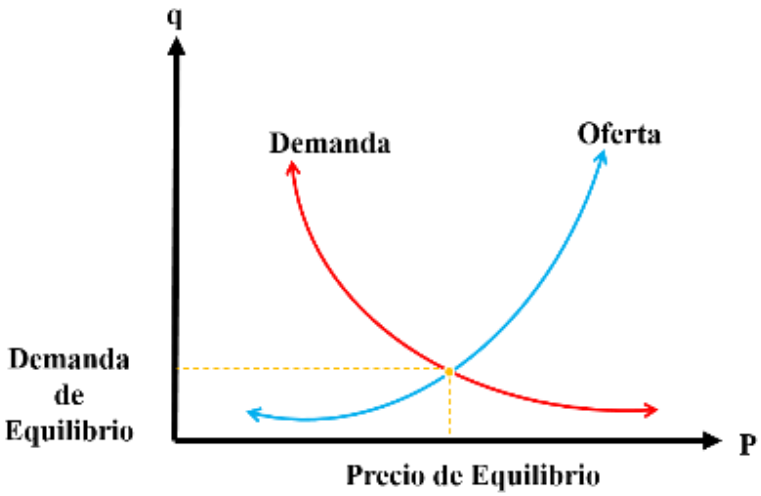



*Figura 8. Gráfico de equilibrio de la demanda.*

*Fuente. Fundamentos de economía (2013)*

Donde, Q: demanda potencial, n: número de compradores posibles para el mismo tipo de producto en un determinado mercado, p: precio promedio del producto en el mercado y q: cantidad promedio de consumo per cápita en el mercado.

**Pronóstico y manejo de la demanda. S**egún Nahmias (2014), dependiendo el tipo de pronóstico que se vaya a usar, se deben tener en cuenta diferentes aspectos, ya que al momento de hacer uso de la técnica cualitativa esta es subjetiva ya que esta tiene en cuenta opiniones y estimados. Al momento de hacer un pronóstico causal, este se analiza por medio de la regresión lineal, también se utiliza el análisis de series de tiempo, el cual consiste en relacionar los datos de la demanda actual para predecir la demanda futura. Para finalizar, se tienen los modelos de simulación.

***Métodos de pronóstico de la demanda.*** Según Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011) existen métodos tanto cuantitativos como cualitativos de pronósticos de la demanda. Algunos métodos cuantitativos utilizados son:

***Promedio Móvil simple.*** Es el modelo más simple de las series de tiempo, en este método se selecciona un número dado de periodos “n”, en el que A es el suceso real y t se refiere a los periodos de tiempo tenidos en cuenta. Y se calcula de la siguiente forma:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + \cdots + A_{t-n}}{n}$$

*Ecuación 1. Promedio móvil simple*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 497)*

En la Tabla 3 se presentan los métodos de pronóstico de la demanda, el concepto de cada uno de ellos, las fórmulas, los datos que se deben recolectar para aplicar cada uno de esos métodos, la cantidad de datos históricos necesarios para usar esos métodos, el patrón de datos y el horizonte con el que cuenta cada uno.

*Tabla 3. Métodos de pronóstico de la demanda.*

| **Métodos de pronóstico de la demanda** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Promedio móvil simple** | **Promedio móvil ponderado** | **Suavización exponencial simple** | **Suavización exponencial con tendencia** |
| **Concepto** | Es el modelo más simple de las series de tiempo, en este método se selecciona un número dado de periodos "n", en el que A es el suceso real y t se refiere a los periodos tenidos en cuenta. | Un promedio móvil ponderado permite asignar cualquier importancia a cada elemento, siempre y cuando la suma de sus ponderaciones sea igual a 1. (Chase, Jacobs, 2009, P 499). | Se basa en la sencilla idea de que puede calcularse un nuevo promedio a partir de uno antiguo y de la demanda más reciente que se haya observado. Esta ecuación establece que el nuevo pronóstico es igual al pronóstico anterior, más una porción de error (Chase, Jacobs, 2009, P 500). | En este método se agrega una constante de suavización delta (δ), la cual se encarga de reducir el error que ocurre entre la demanda real y el pronóstico. Algunos autores usan como constante la letra griega beta (β). |
| **Formula** | $F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \cdots + A_{t-n}}{n}$ | $Ft' = \frac{A'_{t-1} + A'_{t-2} + \cdots + A'_{t-n}}{n}$ | $F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$ | $S't = \alpha S_t + (1-\alpha)S'_{t-1}$<br>$S''_t = \beta S'_t + (1-\beta)S''_{t-1}$<br>$F_t = S'_t + S''_t$ |
| **Datos de las formulas** | f=*Forecast*=Pronóstico.<br>A=Valor real de la serie de tiempo= Cantidades vendidas. | Ft'=Pronóstico para el periodo t.<br>At'= La demanda obtenida para el periodo t en la suavización simple.<br>n= Número de períodos a promediar. | Ft =Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t.<br>F(t-1)=Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo anterior.<br>A(t-1)=Demanda real en el periodo anterior.<br>α=Índice de respuesta deseado, o constante de suavización. (0,3). | Ft=Valor pronosticado para el periodo t.<br>α = Constante de suavización para el nivel de serie.<br>S t=Valor histórico observado en el periodo t.<br>〖S'〗_t=Valor suavizado en el periodo t.<br>〖S"〗_t=Tendencia estimada en el periodo t.<br>β=Constante de suavización para la tendencia de la serie.<br>S (t-1)=Valor histórico pronosticado para el periodo t-1. |
| **Cantidad de datos históricos** | 6 a 10 meses; a menudo se utilizan datos semanales | Para empezar, se necesitan de 5 a 10 observaciones | Para empezar, se necesitan de 5 a 10 observaciones | Para empezar, se necesitan de 5 a 10 observaciones |

| Métodos de pronóstico de la demanda | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Promedio móvil simple** | **Promedio móvil ponderado** | **Suavización exponencial simple** | **Suavización exponencial con tendencia** |
| **Patrón de los datos** | Los datos deben ser estacionarios (es decir, sin tendencias ni temporalidad) | Los datos deben ser estacionarios | Estacionarios y tendencias | Los datos deben ser estacionarios |
| **Horizonte de pronóstico** | Corto | Corto | Corto | Corto |

*Fuente. Elaboración propia con base en información de Chase & Jacobs, 2011, Pág. 497 – 502.*

En la Tabla 4 se presentan los métodos de hallar el error de los pronósticos de los métodos de pronóstico de la demanda, y en esta se encuentra el concepto y la ecuación de cada uno.

*Tabla 4. Error de pronóstico de la demanda.*

| Error de pronóstico de la demanda | | |
|---|---|---|
| **Error** | **Concepto** | **Ecuación** |
| ***Desviación Absoluta Media (DAM) - Medida Del Error:*** | Según Chase (2009), este se refiere al error medio entre los pronósticos usando valores absolutos. Sirve para elegir el pronóstico con menor porcentaje de error. Se encarga de medir la dispersión de un valor observado y un valor esperado. | $MAD = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lvert A_t - F_t \rvert}{n}$ |
| ***Porcentaje medio de error (PME)*** | El porcentaje medio de error, también conocido como PME, es el indicador del promedio de error. | $PME = \frac{\sum_{t-1}^{n} \frac{(Y_t - \hat{Y})}{Y_t}}{n}$ |
| ***Porcentaje de error medio absoluto (PEMA)*** | El porcentaje de error medio absoluto es el encargado de indicar el promedio total del error medio absoluto en porcentaje. | $PEMA = \frac{\sum_{t-1}^{n} \frac{\lvert Y_t - \hat{Y} \rvert}{Y_t}}{n}$ |
| ***Error medio cuadrado (EMC)*** | El error medio cuadrado también conocido como EMC, se encarga de hallar el promedio total de los errores elevados al cuadrado. | $EMC = \frac{\sum_{t=t}^{n} (Y_t - \hat{Y})^2}{n}$ |

*Fuente. Elaboración propia con base en información de Chase & Jacobs, 2011, Pág. 497 – 502.*

**Inventario: "**el inventario es un cúmulo de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer las demandas de los clientes. Estos incluyen la materia prima, producción en proceso y productos terminados" (Schrodeder, Meyer y Rungtusanatham, 2011, pág. 20). Según los tres autores citados anteriormente, los inventarios son llevados por las empresas por tres grandes razones. Protección contra las incertidumbres, permite producción y compras económicas, cubre los cambios anticipados de la demanda u oferta y prevé el tránsito del inventario en la cadena de suministro.

Los inventarios de una compañía están constituidos por sus materias primas, sus productos en proceso, los suministros que utiliza en sus operaciones y los productos terminados (Muller,2010).

Se definen los inventarios como un "conjunto de elementos corpóreos, necesarios para la fabricación y venta de productos terminados". (Moreno, 2002) Es por ello que se aplican diversas técnicas para el manejo financiero y eficiente adecuado de los inventarios, como las siguientes: Método ABC, Costo-beneficio o Justo a tiempo

El índice de rotación de inventarios es un indicador muy importante en la industria para evaluar la eficiencia de una empresa. El índice anteriormente mencionado, nos ayuda a saber si los productos se venden con rapidez o lentitud

$$Tasa\ de\ rotación = \frac{Demanda\ total(en\ periodos\ X)}{Stock\ medio}$$

*Ecuación 2. Tasa de rotación.*

*Fuente. Elementos básicos de administración financiera. (2002)*

Esta Ecuación 2 permite medir la velocidad en que se repone el stock en un período de tiempo determinado.

El stock medio se refiere al promedio de existencias de producto terminado o de materia prima que existe durante cierto periodo período de tiempo. Podría expresar la inversión en existencias que realiza la empresa en promedio.

$$Stock\ medio = \frac{(Sotck\ inicial + Stock\ final)}{2}$$

*Ecuación 3. Stock medio.*

*Fuente. Elementos básicos de administración financiera. (2002)*

**Tipos de inventario:** De acuerdo con Nahmias (2007) existen 4 tipos de inventario durante el proceso de producción en cualquier empresa.

- Materias primas: que consiste en los recursos que requiere cualquier actividad de procesamiento en una empresa.
- Componentes: artículos que no han sido terminados en el proceso de producción.
- Trabajo en proceso: Inventario esperando en el sistema para ser procesados. Incluyen componentes y algunas materias primas.
- Bienes terminados: Es el artículo final listo para comercializar. En este punto ya se le agregó valor en todas las etapas de producción.

**Planeación de la producción.** En la planeación de la producción se crean estrategias de asociación, diseñan un calendario conjunto en el que se identifica la secuencia y frecuencias de las actividades de planificación que se siguen para influir en los ritmos de producción y pronósticos de la demanda de los socios comerciales. (Chase, 2014)

Algunos métodos de planeación de la producción pueden ser: Sistema de planeación de recursos de la empresa, administración y pronósticos de la demanda, programación agregada de ventas y operaciones, control de inventarios y planeación de requerimiento de la demanda. (Chase, 2014)

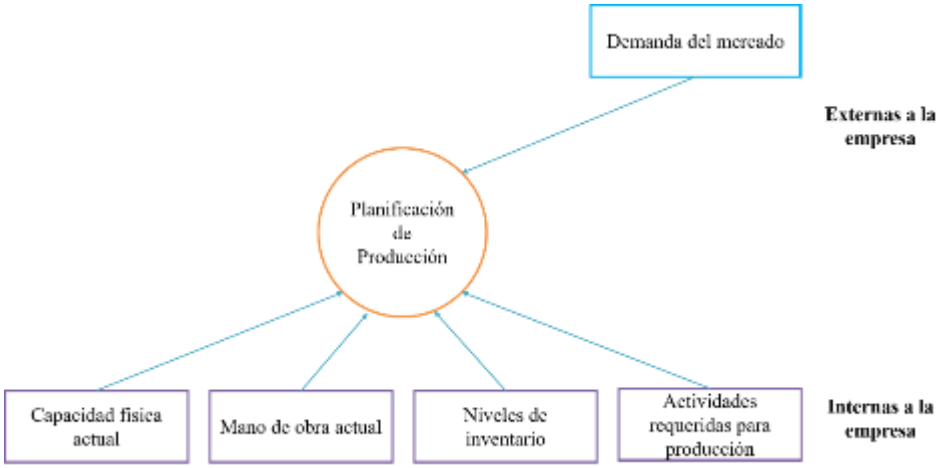



*Figura 9*. Requerimientos del sistema de planificación de la producción.

*Fuente. (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 533)*

**Requerimiento del sistema de planificación de la producción.** Como se identifica en la figura anterior, se muestran los elementos que se llevan a cabo en la planeación de la producción. La demanda tiene que ver con realizar un estudio y pronosticar las ventas que se esperan hacer en el siguiente periodo de tiempo, siendo esta la única característica que no puede ser controlada por la empresa, sino que es ajeno a esta. También conocer y estudiar la capacidad actual de las máquinas, programación de turnos actuales, qué niveles de inventario existen, y que actividades con requeridas para llevar a cabo la producción de la empresa.

A continuación, encontraremos los esquemas de la planificación de operaciones a corto plazo (hasta seis meses) y a mediano plazo (6 a 18 meses). Este sistema de planeación es el encargado de alimentar la programación de las máquinas, junto con la programación de compras de materia prima.

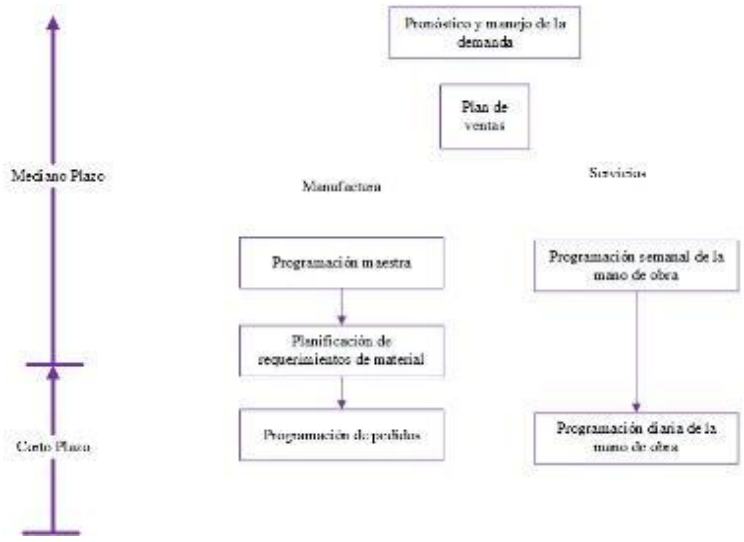



*Figura 10.* Esquema de las principales actividades de planificación de operaciones y suministros.

*Fuente. (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 533)*

En el proyecto se manejaron dos horizontes de tiempo, que son actividades de corto y de mediano plazo. En cuanto al mediano plazo se trabajaron actividades de pronóstico y manejo de la demanda, junto con la planificación de las operaciones que dependían del pronóstico de las ventas; en esta parte se obtiene información para las actividades de manufactura y generar programas detallados de requerimientos de material y lotes de producción. En cuanto al corto plazo podemos encontrar todo lo que está relacionado con la programación de la producción y la fuerza laboral, asignando tareas a las máquinas y horarios justos para los empleados.

Este esquema de actividades está estrechamente ligado unas a otras, empezando con el pronóstico de la demanda, que logra tener un plan de ventas estimado para cierta cantidad de tiempo; en este caso para el año 2020. Seguido de esto y con ayuda de la información del plan de ventas, podemos realizar un plan maestro de producción que alimentara una tabla de requerimiento de materia prima, y logrará que se puedan hacer las compras de material de forma ordenada y que haya un equilibrio de eficiencia entre la materia prima y la producción. Con el fin de disminuir costos de almacenamiento de inventario tanto de producto terminado, como de materia prima, se aplica el modelo de reposición de inventario Lote Económico de pedido (EOQ). Esta parte de planeación de la producción logrará entregar información detallada para realizar la programación de las máquinas en un corto plazo detallado ya sea por días o semanas,

asignando tareas de manera cuidadosa y ordenada, con el recurso humano necesario dentro de las posibilidades de horarios laborales.

**Modelo de inventario de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad:** según Chase (2009), este modelo vigila constantemente el nivel de inventario y realizan un pedido nuevo. Cuando las existencias en inventario alcanzan cierta cantidad R (punto de reorden). La cantidad económica de pedido (EOQ ó Q óptimo), es la cantidad optima de pedido, en la que se reducen costos.  se calcula mediante un modelo EOQ simple. En este modelo D es demanda anual, S es el costo de colocación de pedido y H es el costo anual de mantenimiento y de almacenamiento por unidad de inventario promedio:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

*Ecuación 4. Modelo EOQ simple.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 567)*

Donde:

D= Demanda (anual)

S= Costo de preparación o costo de hacer un pedido

H= Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio (a menudo, el costo de mantenimiento se toma como porcentaje del costo de la pieza, como $H = iC$, donde $i$ es el porcentaje del costo de manejo).

A continuación, se encuentra de forma gráfica en la Figura 11 el análisis de costos de un modelo EOQ.

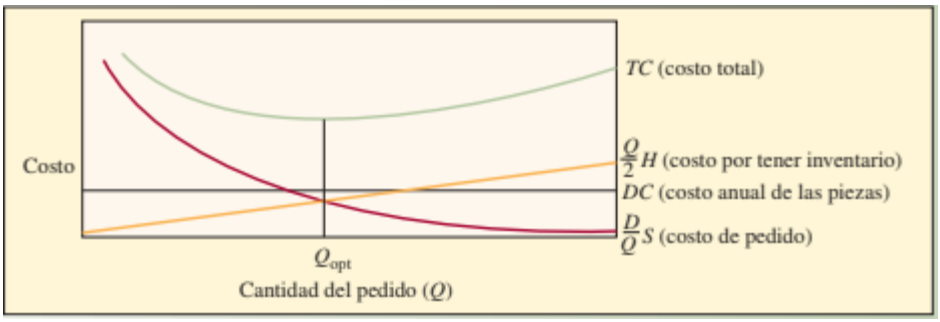



*Figura 11. Análisis de costos de un modelo EOQ*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 567)*

Esto evidencia que el modelo Q analiza los costos del pedido y de tener inventario, es por eso que es la cantidad óptima a pedir. Este maneja algunas variables mencionadas a continuación:

**Inventario de seguridad:** el inventario de seguridad se define como la cantidad de existencias que se mantendrán en el inventario con el fin de que no se incurra en faltas a la hora de entregar un pedido. El inventario de seguridad depende del nivel de servicio que quiera ofrecer la empresa o fábrica que quiere implementar el modelo. Puede determinar con base en varios criterios diferentes. Un enfoque común es que una compañía establezca que cierto número de semanas de suministros se van a almacenar en el inventario. Sin embargo, es mejor utilizar un enfoque que capte la variabilidad en la demanda". (Chase, Jacobs, 2009, P. 559).

Este inventario de seguridad puede calcularse de la siguiente forma:

$$SS = z.\sigma_L$$

*Ecuación 5. Cálculo del inventario de seguridad para un inventario de producción.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 570)*

Donde:

SS=inventario de seguridad

z=Es la proporción debajo de la curva acumulada a partir del extremo negativo

$\sigma_L$= Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \cdots + \sigma_L^2}$$

**Punto de reorden:** el punto R (punto de reorden) es la cantidad en la que se encuentra el inventario que indica que se debe pedir nuevamente la cantidad Q de producto, y se calcula de la siguiente manera:

$$R = \bar{d}L + z\sigma_l$$

*Ecuación 6. Cálculo de punto de reorden*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 569)*

Donde:

R= Punto de volver a pedir en unidades

L= *Lead time,* Tiempo de entrega en días (tiempo transcurrido entre que se hace y se recibe el pedido)

$\bar{d}$= Demanda promedio diario.

Z= Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica, puntaje del intervalo (95%)

$\sigma_l$ = Desviación estándar de la demanda en los días de aprovisionamiento.

Para hallar el *Lead time*, que es el tiempo de entrega en días en que se recibe el pedido, para citar un ejemplo, se dice que el *Lead Time* de una referencia para vender es:

$$L = T_p + T_{ee}$$

*Ecuación 7. Lead time.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 569)*

Donde:

$T_p$= Tiempo de producción del lote.

$T_{ee}$= Tiempo de enrollado y empacado.

$\bar{d}$= Demanda promedio diario en un periodo de n días.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n}$$

*Ecuación 8. Demanda promedio diario.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 569)*

$\sigma_L$= Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \cdots + \sigma_L^2}$$

Por lo tanto, se empezará a presentar a continuación todo el proceso que se llevó a cabo para punto de reorden y cada una de las partes con las que cuenta esta ecuación.

A continuación, se presenta de manera gráfica un modelo de reposición de inventarios EOQ en el que se evidencia la manera en que el inventario de seguridad suaviza el impacto de la aceleración de la demanda:

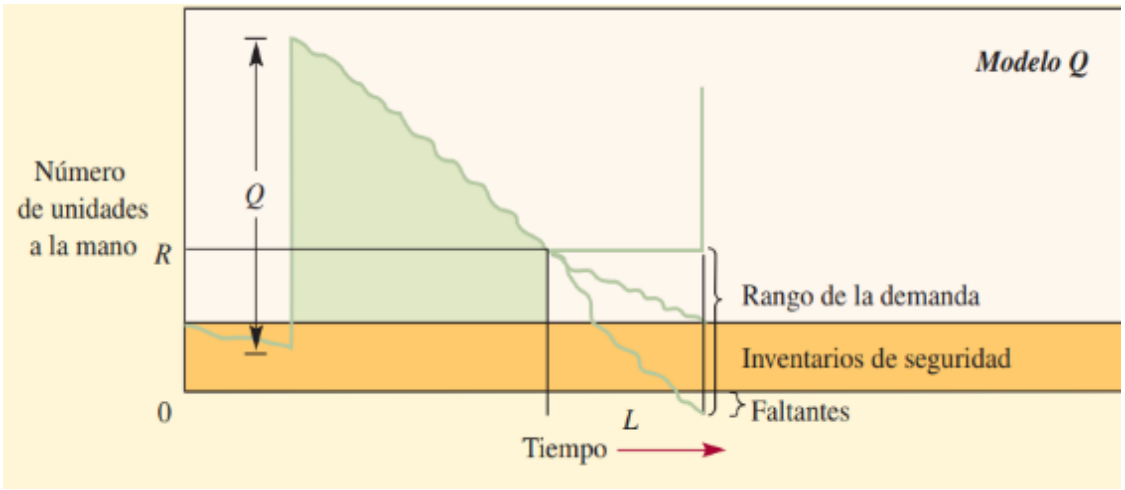



*Figura 12. Esquema de las principales actividades de planificación de operaciones y suministros.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 569)*

El Q óptimo (es la cantidad de pedido en unidades más eficiente en cuanto a costos), ya sea de materia prima o de producto terminado. R que es el punto de reorden (Momento en el que el inventario manejado baja a cierto nivel, y es cuando se debe hacer un pedido de la cantidad de lote económico de pedido (Q)). IS es el inventario de seguridad (Cierta cantidad de inventario para responder a alguna variación en la que la demanda aumente considerablemente). Se deben tener en cuenta los tiempos de respuesta de la reposición de inventario (L) tanto para el producto terminado (Tiempos de alistamiento de máquina, producción, enrollado y empaque) como para la materia prima (Tiempos de entrega del proveedor). En la gráfica se puede ver el rango de la demanda, esta puede variar en algún momento, esa variación sería absorbida por el inventario de seguridad.

El EOQ es el sistema que nace para conseguir que los costes de inventario sean lo más bajos posible, una de las prioridades de todas las fábricas que trabajan con almacenes. Dentro de una fábrica el control de inventarios es una de las partes más críticas.

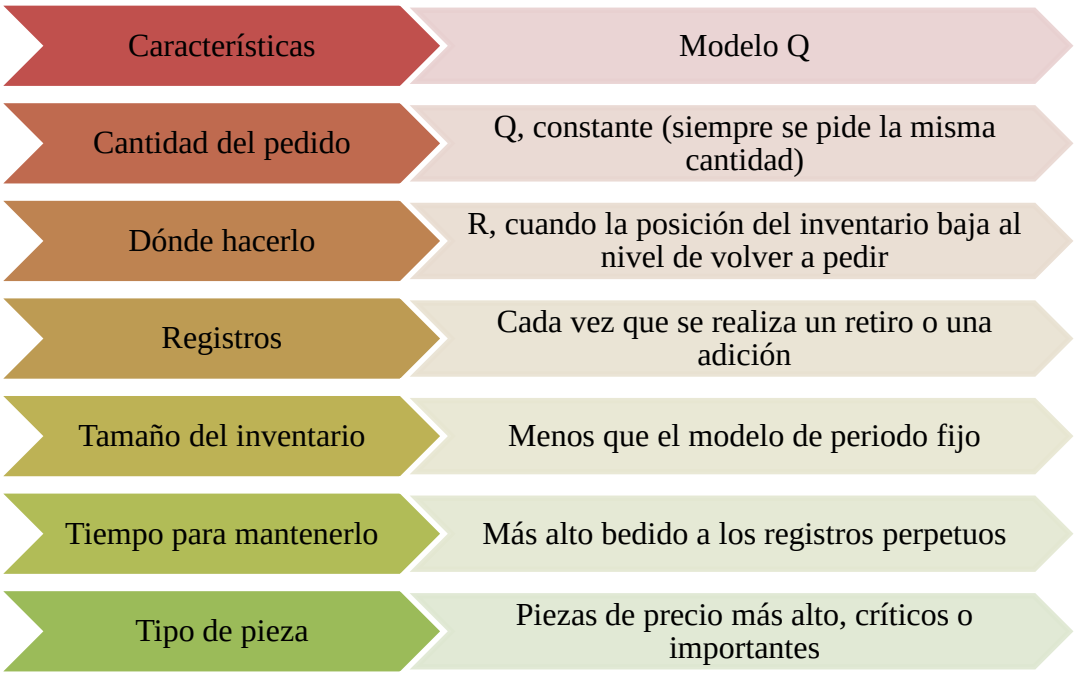



*Figura 13. Características del modelo Q.*
*Fuente. Fuente. Chase y Jacobs. (2014)*

Teniendo en cuenta todas las características que se presentaron en la Figura 13 que se enseña anteriormente se presenta la ecuación que hace semejante estas características.

$$Costo\ anual\ tota = Costo\ de\ compra\ anual + Costo\ de\ pedidos\ anuales + Costo\ de\ mantenimiento\ anual$$

*Ecuación 9. Modelo Q, Costo total de una Q pedida, un costo por unidad C, un costo de preparación S y un costo de mantenimiento por unidad H.*

*Fuente. Fuente. Chase y Jacobs. (2014)*

La Ecuación 11 que se presentó del modelo Q hace semejanza a:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

*Ecuación 10. Cantidad de pedido fija básico.*

*Fuente. Fuente. Chase y Jacobs. (2014)*

Donde:

TC=Costo anual total

D= Demanda (anual)

C=Costo por unidad

Q=Cantidad por pedir (la cantidad óptima se conoce como cantidad de pedido económica, EOQ, o $Q_{ópt}$)

S= Costo de preparación o costo de hacer un pedido

H= Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio (a menudo, el costo de mantenimiento se toma como porcentaje del costo de la pieza, como $H = iC$, donde $i$ es el porcentaje del costo de manejo)

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

*Ecuación 11. EOQ*

*Fuente. Chase y Jacobs. (2014)*

En otras palabras, el modelo del EOQ hace semejanza a la Ecuación 12 que se dará a conocer a continuación,

$$\boldsymbol{EOQ = \sqrt{\frac{2 * consumo * cco\ compras}{Costo\ unitario\ del\ producto * i}}}$$

*Ecuación 12. Modelo del EOQ.*

*Fuente. Chase y Jacobs. (2014)*

MPS (Plan Maestro de producción): Según Chase (2014), el MPS se ocupa de piezas finales, y es el mayor insumo para el MRP. Se define como el plan con los tiempos especificados, que muestra cuantas piezas finales va a fabricar la empresa y en qué tiempo. Para realizar un buen MPS, el programador debe analizar la demanda del producto.

El MPS *(Master Production Schedule)* es la definición de las cantidades a producir y momentos para fabricación de los productos en un horizonte determinado

Además, se debe tener en cuenta que el plan maestro de producción se trata de un plan de producción a medio plazo que indica el inicio de la producción en cantidades y plazos de entrega para cada producto según la demanda, teniendo en cuenta la capacidad de la fábrica.

En la Figura 14 se presentan las entradas y salidas del plan maestro de producción.

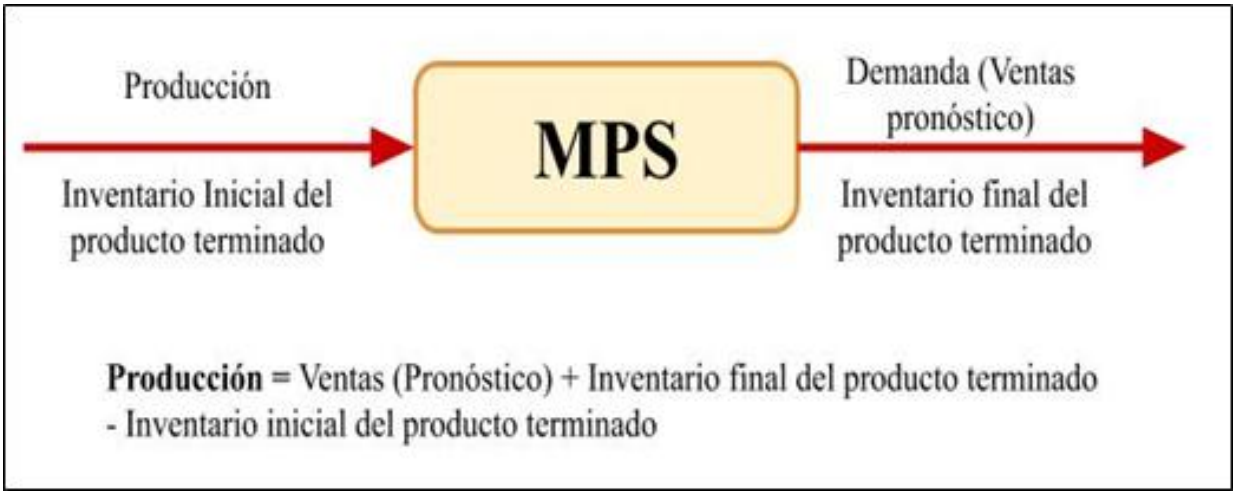



*Figura 14. Entradas y salidas de MPS.*
*Fuente.* (Torres, 2012)

.

Teniendo en cuenta que las entradas del MPS son la producción, el inventario inicial del producto terminado, la demanda y el inventario final del producto terminado, como se observa en la Figura 14, se puede concluir que la Ecuación 13 presenta el plan maestro de producción.

$$Producción\ (unidades) = Inventario\ final\ producto\ terminado\ (unidades) + Ventas\ pronosticadas\ (unidades) - Inventario\ inicial\ de\ producto\ terminado\ (unidades).$$

*Ecuación 13. Formula del MPS*
*Fuente.* (Torres, 2012)

***Datos necesarios para la elaboración de un plan maestro de producción.***

Así mismo a continuación en la Figura 15

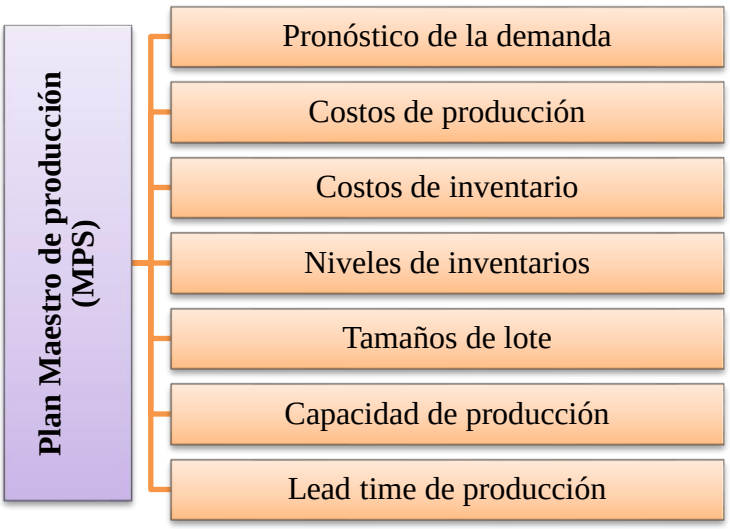



*Figura 15. Datos del plan maestro de producción.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información del libro análisis de la producción y operaciones de Steven Nahmias.*

"El MPS es un plan de producción para el artículo final o producto final por periodo. Se deriva de los pronósticos de demanda, inventarios disponibles e información semejante." (Nahmias, 2007)

***Funciones del plan maestro de producción***

En la Figura 16 se da a conocer las diferentes funciones con las que cuenta el plan maestro de producción.

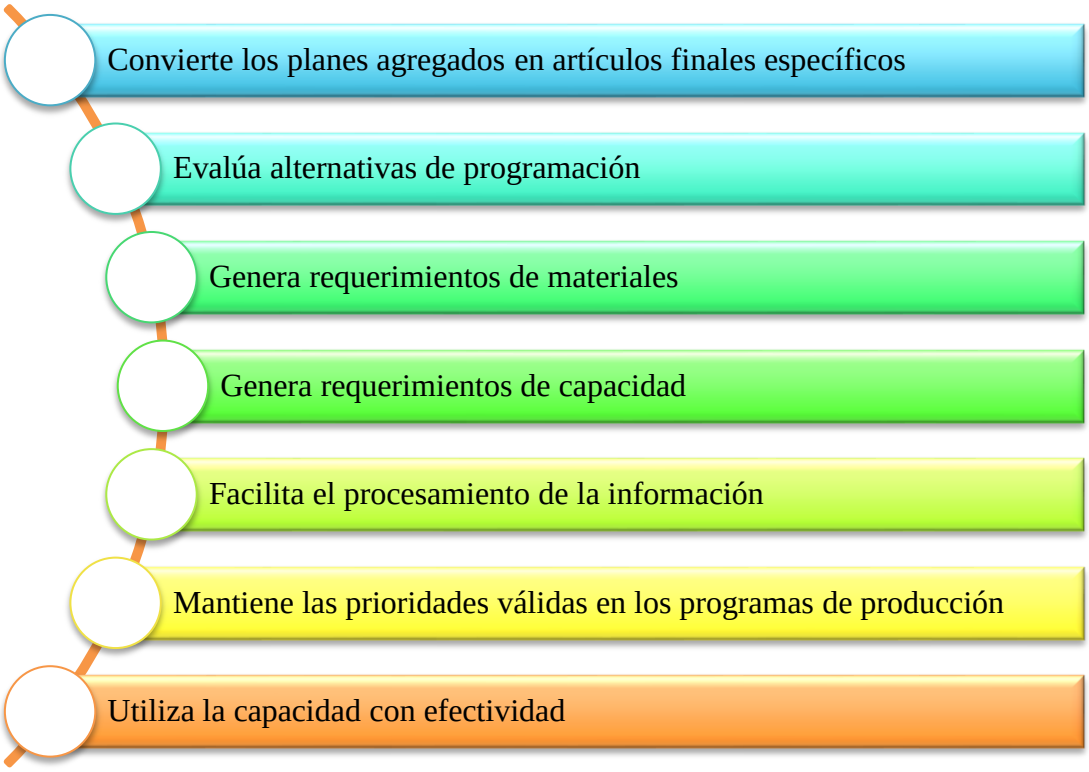



*Figura 16. Funciones del plan maestro de producción*

*Fuente.* (Naim Caba Villalobos, s.f.)

***Sincronización del flujo de información del plan maestro de producción.***

En la Figura 17 se presenta la sincronización del flujo de información del plan maestro de producción.

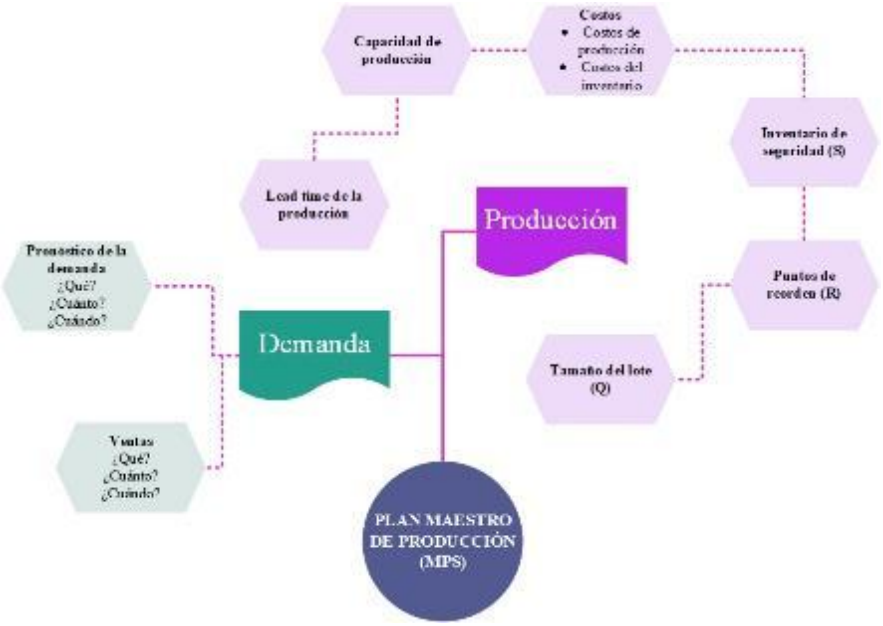



*Figura 17. Sincronización del plan maestro de producción*
*Fuente (Nahmias, 2007)*

***Paso a paso de cómo se construye el MPS***

En la Figura 18 se presenta el paso a paso para la elaboración del plan maestro de producción.

*Figura 18. Diagrama de bloques del plan maestro de producción.*
*Fuente (Nahmias, 2007)*

***Matriz de la planeación maestro de producción***

En la Tabla 5 a continuación , se presenta la matriz del plan maestro de producción mes a mes para un producto en un año X.

| REFERENCIA: | AÑO | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ELEMENTOS | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| INVENTARIO INICIAL | | | | | | | | | | | | |
| DEMANDA ESTIMADA | | | | | | | | | | | | |
| INVENTARIO DE SEGURIDAD | | | | | | | | | | | | |
| TAMAÑO DE LOTE | | | | | | | | | | | | |
| PRODUCCIÓN DE LOTES REQUERIDA | | | | | | | | | | | | |
| REFERENCIAS PRODUCIDAS | | | | | | | | | | | | |
| INVENTARIO FINAL | | | | | | | | | | | | |
| CAPACIDAD REQUERIDA | | | | | | | | | | | | |
| Alistamiento Requerido (horas) | | | | | | | | | | | | |
| HORAS LABORABLES | | | | | | | | | | | | |
| CAPACIDAD DISPONIBLE | | | | | | | | | | | | |
| CAPACIDAD UTILIZADA | | | | | | | | | | | | |
| COSTO MENSUAL MANO DE OBRA ($) | | | | | | | | | | | | |
| COSTO/HORA DISPONIBLE | | | | | | | | | | | | |
| COSTO DEL TIEMPO EMPLEADO ($) | | | | | | | | | | | | |
| COSTO TOTAL | | | | | | | | | | | | |

*Tabla 5. Matriz del plan maestro de producción.*
*Fuente. Elaboración propia con base en información del libro análisis de la producción y operaciones de Steven Nahmias*

Para concluir el MPS o programa maestro de producción define la cantidad de productos a producir en el horizonte de tiempo establecido. A nivel general, la cantidad de productos terminados en un MPS se definen a partir de dos fuentes de demanda: la demanda pronosticada y la demanda de los clientes que hacen pedidos específicos para una fecha deseada.

**Lista de materiales (*Bill of Materials*):** detalla las cantidades de materiales y componentes de los que consta cada producto. Este puede cambia según el diseño de cada uno.

Es un inventario completo de las materias primas, conjuntos, subconjuntos, piezas y componentes, así como las cantidades de cada uno de ellos necesarias para fabricar un producto. En pocas palabras, es la lista completa de todos los elementos necesarios para fabricar un producto.

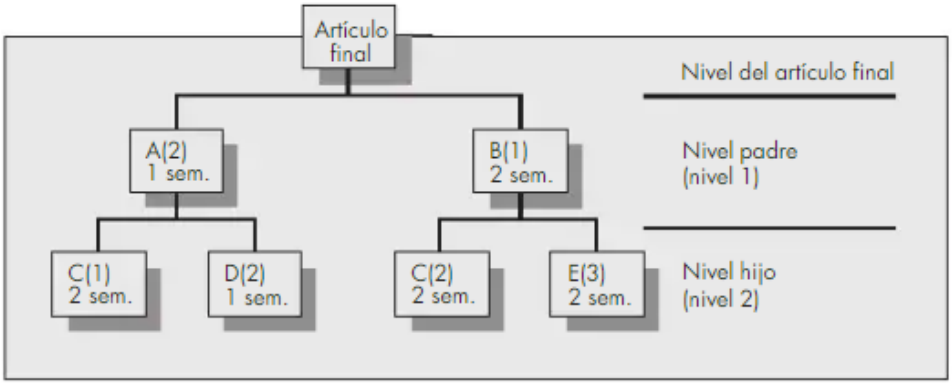



*Figura 19. Análisis de la producción y las operaciones*
*Fuente. Steven Nahmias. página 372*

Esta explosión de materiales muestra el articulo final en lo más alto, el artículo que se está ya vendiendo (nivel 0). Después viene el nivel 1 que son los materiales y las cantidades que se requiere de dicho material para poder armar el producto final; pero estos a su vez, posiblemente, en algunos casos requieren más materiales para la consecución de estos (Nivel 2). Los números en paréntesis indican la cantidad de componente que se necesita para elaborar el subproducto del nivel superior, es por eso que esta lista se debe leer de abajo para arriba.

***Elementos de una lista de materiales:***

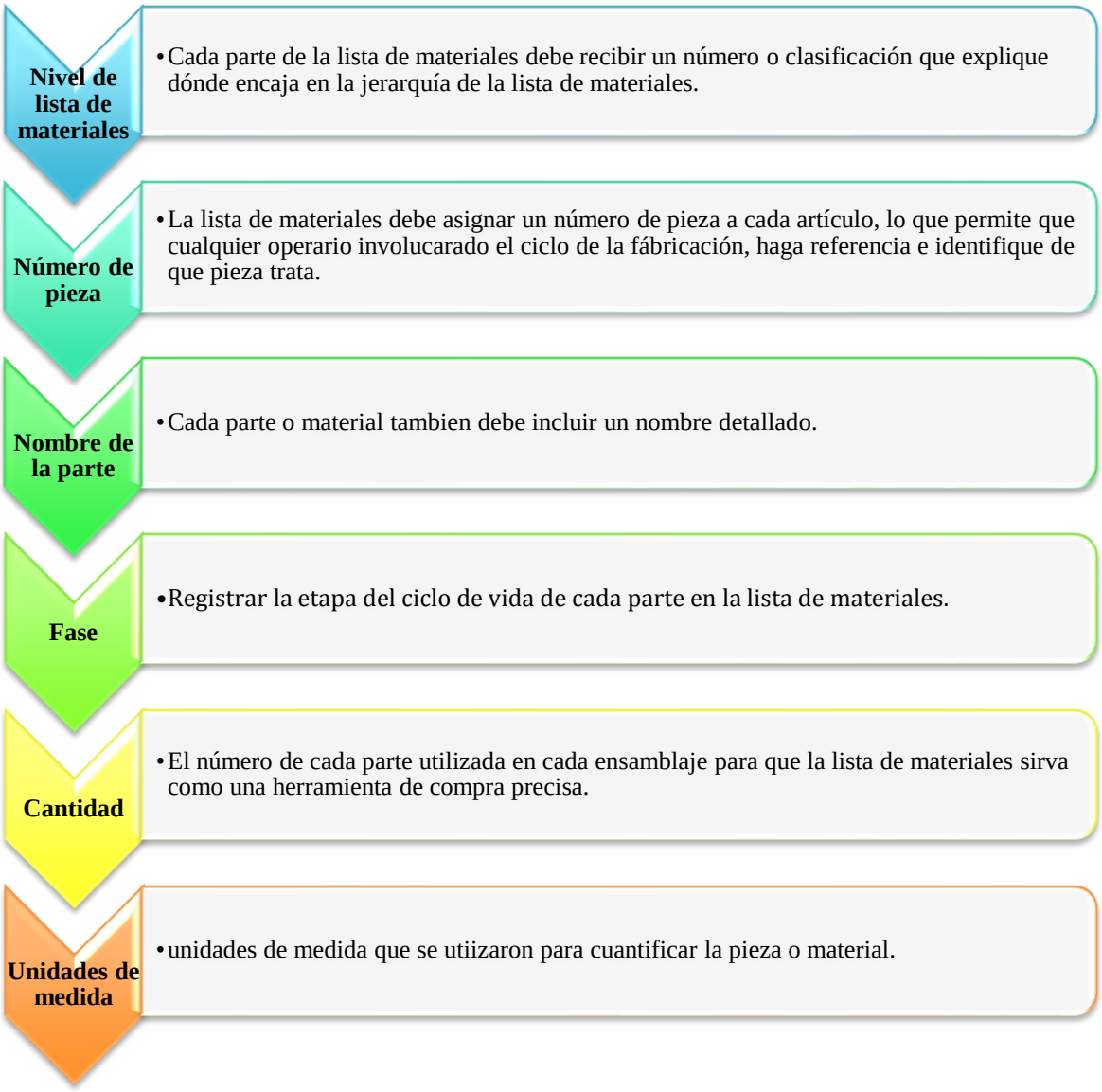



*Figura 20. Elementos de la lista de materiales (BOM).*
*Fuente. Steven Nahmias. página 372*

**Planificación de inventario ABC:** según Chase (2011), la clasificación ABC está relacionada con un análisis de Pareto para dividir los productos en grupos según su jerarquía. Se divide en 3 grupos: Volúmenes altos, medianos y volúmenes bajos. Para esto, como se mencionaba anteriormente, se realiza un análisis de Pareto para identificar la minoría que tiene mayor incidencia sobre el total de los productos.

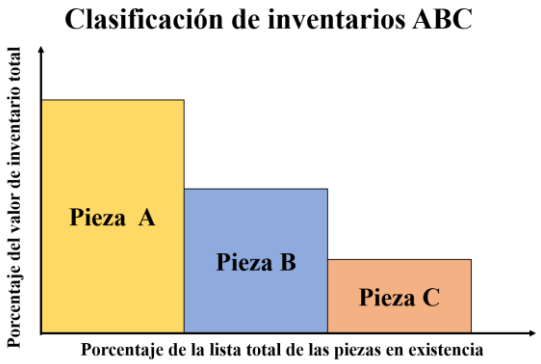



*Figura 21. Clasificación de inventarios ABC.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 578)*

Así mismo se decidió hacer la clasificación ABC, ya que la fábrica de vendas cuenta con unas máquinas más rápidas que otras, unas que presentan un mayor porcentaje operando y otras que el porcentaje es mal alto en las fallas. Por lo tanto, la clasificación ABC, se centrará en clasificar la mayor demanda en el grupo A y la menor demanda en el grupo C.

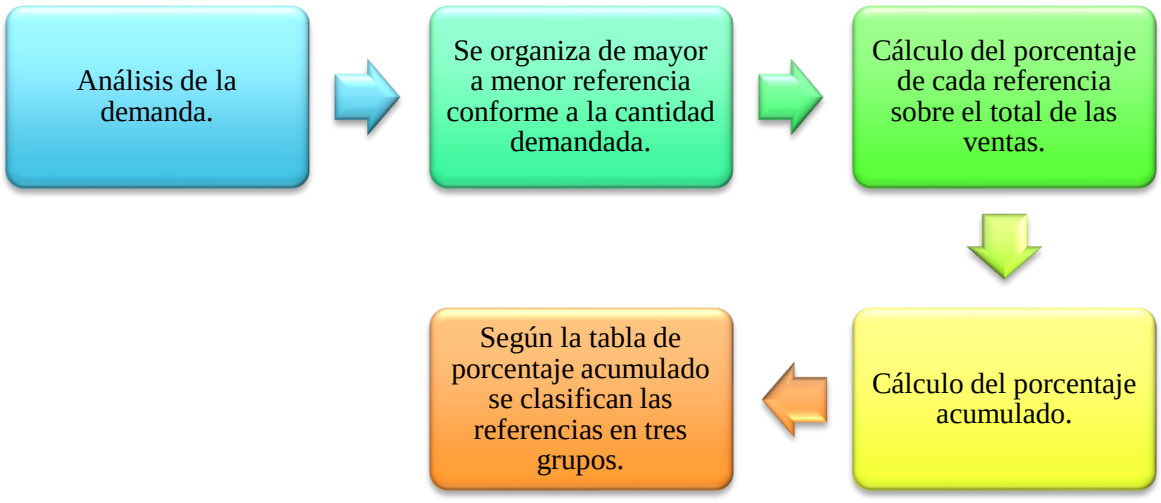



*Figura 22. Diagrama de bloques de la clasificación ABC.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 578)*

**Programación o cargue de máquinas**: está definido como el proceso de asignación de capacidad, e implica organización para centros de trabajo y para las máquinas. Existen 2 tipos de cargue de máquinas:

- Carga infinita: este asigna trabajos y carga a los centros de procesamiento sin tener en cuenta su límite de capacidad. Esto implica que algunas áreas de producción o algunas máquinas quedan sobrecargadas, y otras quedan por debajo de la capacidad productiva, lo que puede llegar a ser poco eficiente. (Render, 2004)

- Carga finita: en este caso, las máquinas son asignadas en función de la capacidad. La dificultad de este método radica en encontrar una combinación de cargas y asignación de trabajos que no exceda la capacidad de los centros. (Render, 2004)

**Programación de pedidos de materia prima:**

> "el objetivo fundamental de la gestión de inventarios (stocks) es garantizar la disponibilidad de los bienes almacenados en donde se debe tener en cuenta la cantidad, el tiempo y lugar, con que la empresa cuenta. Para ello, no sólo se requiere mantener un contacto directo con los proveedores de material, sino que se hace necesaria la gestión de un gran volumen de información y datos relacionados complejamente" (Nahmias, 2014).

Para lograr cumplir con esto, se hace uso del Modelo MRP (*Material Requirements Planning*) o planificación de las necesidades de material, que es una técnica de gestión de inventario (lote también llamado *stocks),* y de programación de la producción, que calcula la cantidad que la organización requiere de materias primas y de componentes, en cada semana del horizonte temporal planificado, a partir de los datos que facilita el Programa Maestro de Producción (PMP/MPS). Los requerimientos de MRP, y lo que se obtiene puede evidenciarse en la Figura 23.

*Figura 23. MRP.*

*Fuente. Construida por los autores. (2018)*

El Plan de Órdenes de Fabricación o de Pedidos, también denominado Plan de Materiales o Informe de Pedidos Planificados, es una salida fundamental del sistema, que indica la cantidad que se solicita en cada pedido de material o de componentes.

**Planificación de requerimientos de material (MRP, *Material Resources Planning*):** "el sistema de producción MRP determina las cantidades de producto para cada nivel del sistema sobre la base de predicciones relacionadas con artículos finales en cierto horizonte de planeación especifico". (Nahmias, 2014). Algunos beneficios que se podrían obtener con la implementación de un sistema MRP son:

- Mayor nivel de servicio.
- Disminución del stock.
- Reducción de las horas extra de producción.
- Incremento de la productividad.
- Disminución de costos.

A continuación, se presenta un diagrama en el que se muestra cómo se articula los niveles de inventario con el MRP, y como este consigue termina con un plan de compras para la materia prima en un horizonte de tiempo.

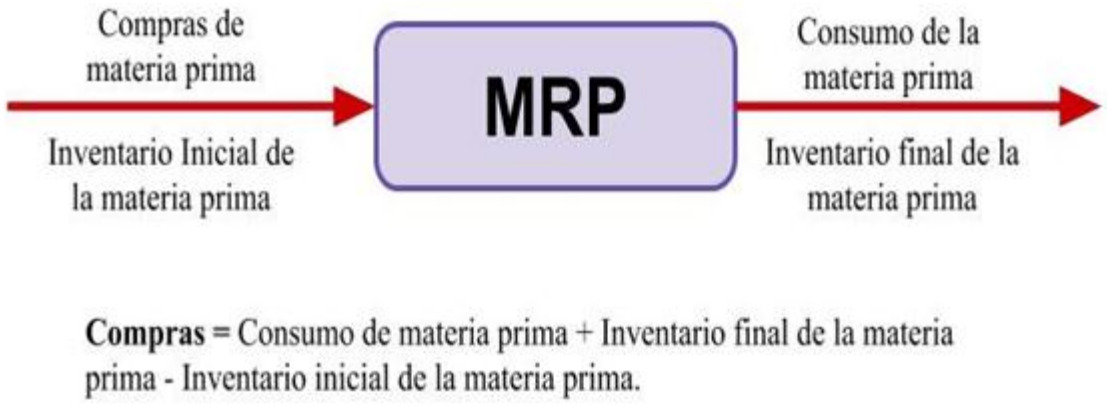



*Figura 24. Entradas y salidas del MRP*
*Fuente.* (Torres, 2012)

***Para realizar el MRP es necesario:***

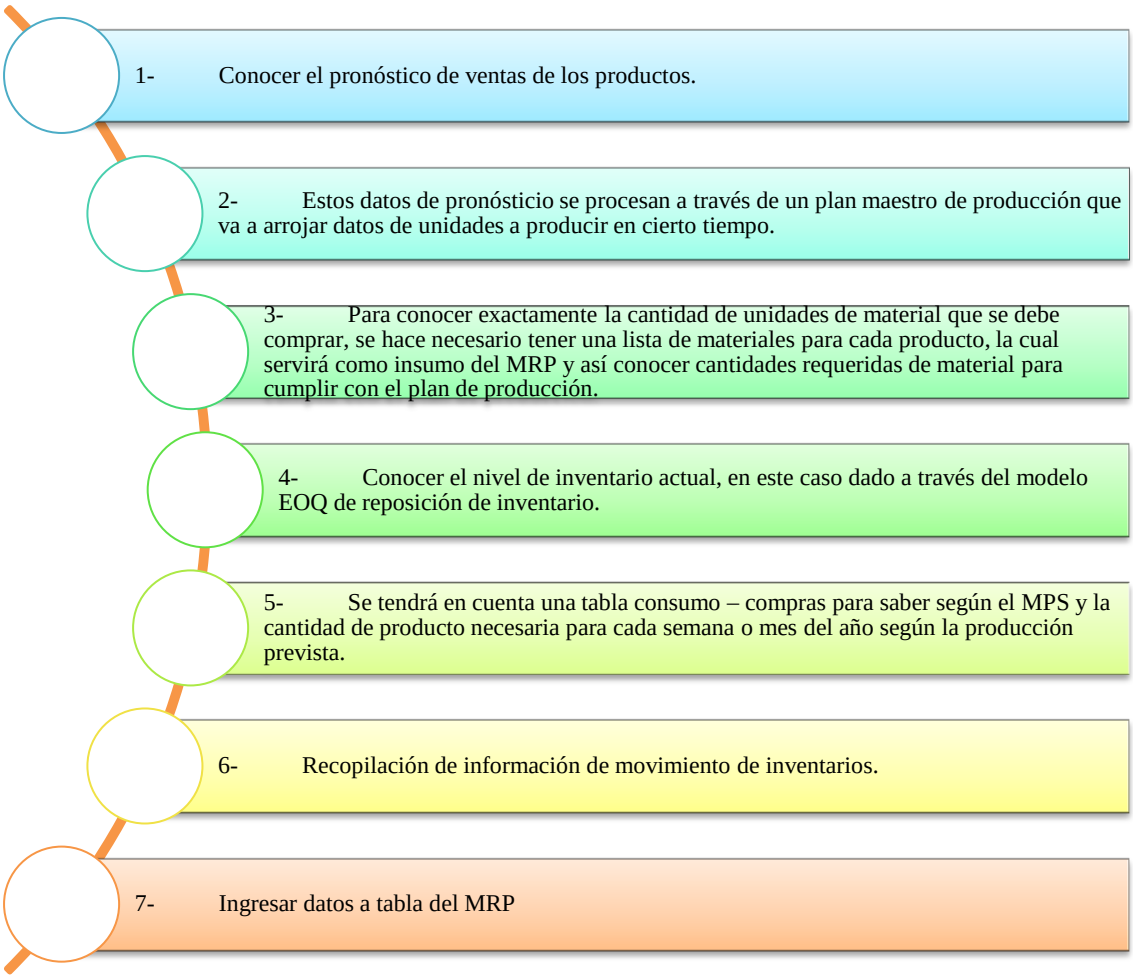



*Figura 25. Para realizar el MRP*
*Fuente. Elaboración propia*

A continuación, se encuentra una Tabla 6 de consumo de materia prima poniendo como ejemplo las referencias de la Venda Elástica Blanca en todos sus tamaños.

*Tabla 6. Cantidad requerida de materia prima por Kg de producto*

| | VEB | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Materia Prima | | " | " | " | " | " | **TOTAL (Kg)** |
| Poliéster Blanco | 3% | ,83 | ,83 | ,83 | ,83 | ,83 | 4,2 |
| Poliéster Piel | % | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | 0,0 |
| Hilo caucho | 7% | ,17 | ,17 | ,17 | ,17 | ,17 | 0,9 |

*Fuente. Elaboración propia*

Se muestra un ejemplo para evidenciar como funciona una tabla de este tipo. Aquí se muestra cuál es la cantidad de material requerido para 1 Kg de todas las referencias de Venda Elástica Blanca. Si se expone que se necesita esta cantidad de estas referencias, y se tiene que en total se va a usar 4,2 Kg de Poliéster Blanco, 0,9 Kg de hilo caucho y 0 Kg de Poliéster Piel. Así, cada vez que se vaya a producir algo, según el MPS se sabrá la cantidad de unidades a producir y según el MRP se podrá saber la cantidad de materia prima consumida y se ajustará en la tabla de control de inventarios. Así, se logra obtener una tabla del MRP que nos indique las cantidades de producto necesarias para la producción planeada.

*Tabla 7. Ejemplo del MRP*

| **Procesamiento MRP** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | VEB 2 | | | | |
| **Semanas** | | 1 | | | |
| **Información** | Descripción | | | | |
| **Necesidades brutas** | Cuantos artículos se necesitan | - | | | |
| **Disponibilidades** | Unidades disponibles en inventario | - | | | |
| **Pedidos pendientes** | Pedidos pendientes pronosticados | - | | | |
| **Necesidades netas** | Necesidades netas totales | - | | | |
| **Recepciones planeadas** | Unidades por recibir para nuevas entregas | - | | | |
| **Ordenes planeadas** | Cuando y unidades a pedir para cumplir con los tiempos del MPS | - | | | |

*Fuente. Elaboración propia*

La Tabla 7 se muestra una tabla del MRP, y la información que se debe conseguir para poder completarla a un horizonte de tiempo muy corto

A continuación, se presenta la Ecuación 14 con la que se calculan las compras necesarias para cumplir con las necesidades de materia prima para la producción:

$$Compras = Consumo\ de\ materia\ prima + inventario\ final\ de\ la\ materia\ prima - inventario\ inicial\ de\ la\ materia\ prima$$

*Ecuación 14. Compras.*

*Fuente.* (Torres, 2012)

Esto deja ver que la materia prima, se maneja según los niveles de inventario, cuando el inventario de X material está llegando al final, y dependiendo del *Lead Time,* se realiza la compra de ese material.

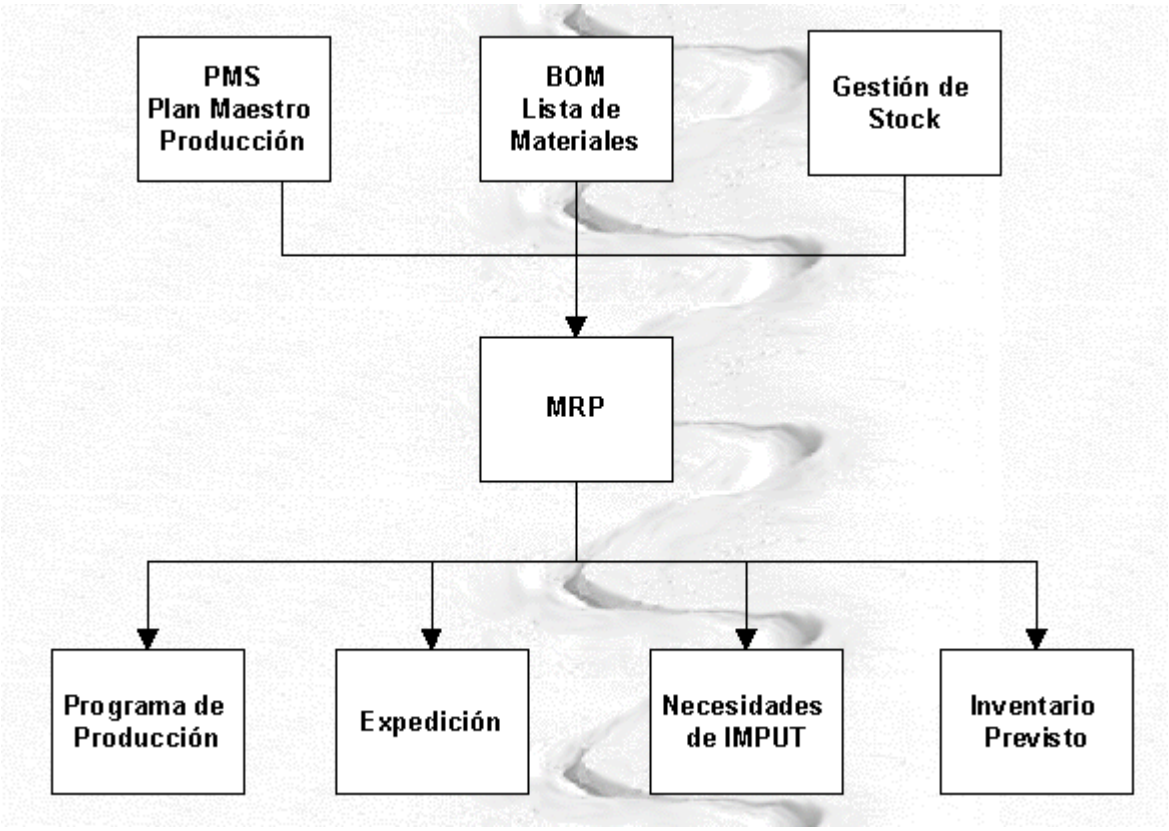



*Figura 26. MRP*

*Fuente. (Capellan, s.f.)*

**Programación de la producción:** según Chase (2009) la programación de la producción, también conocida como un sistema de ejecución de manufactura (SEM). Un sistema SEM es un sistema de información que programa, despacha, sigue, vigila y controla la producción de la planta. Estos sistemas también proporcionan enlaces en tiempo real a los sistemas de MRP, planeación de productos y procesos, así como sistemas que rebasan los límites de la fábrica, como administración de la cadena de suministro.

Según Heizer (2015) existen 4 criterios para realizar una programación correcta:

- ✓ Minimizar tiempos de finalización: Evaluado determinando el tiempo medio de finalización.
- ✓ Maximizar la utilización: Evaluado determinando el porcentaje de tiempo que la instalación es utilizada.
- ✓ Minimizar el inventario de trabajos en curso: evaluado determinando el número medio de trabajos en el sistema. Relación entre el número de trabajos y el inventario será alta. Al minimizar el número de trabajos en el sistema, más bajo será el inventario.
- ✓ Minimizar el tiempo de espera del cliente: Evaluado determinando el número medio de días u horas de retraso.

Como para este trabajo, uno de los problemas es el exceso de inventario de producto terminado, se aplica el tercer criterio combinado con una programación hacia adelante (Push) que no produce bajo pedido, sino que trata tener cierto nivel de inventario que supla la demanda, pero sin dejar de tratar que sea el mínimo nivel de inventario.

Las decisiones de programación empiezan con la planificación de la capacidad que define los recursos disponibles de instalación. Esta programación, traduce las decisiones de capacidad y planes maestros de producción en secuenciaciones de trabajo y asignaciones concretas de personal, materiales y maquinaria. Este está definido como el proceso de asignación de capacidad, e implica organización para centros de trabajo y para las máquinas. Existen 2 factores a tener en cuenta a la hora de programar.

***Programación hacia adelante y hacia atrás:***

- Hacia adelante inicia la programación a penas se conocen los requerimientos del trabajo. Se trabaja contra pedido, y se programa entrega lo antes posible.

- La programación hacia atrás se empieza con la fecha de entrega del producto. Se programa primero la última operación a realizar. Las etapas del trabajo se van programando una por una en orden inverso.

***Carga finita e infinita:***

- Carga infinita: Este asigna trabajos y carga a los centros de procesamiento sin tener en cuenta su límite de capacidad. Esto implica que algunas áreas de producción o algunas máquinas quedan sobrecargadas, y otras quedan por debajo de la capacidad productiva, lo que puede llegar a ser poco eficiente.

- Carga finita: en este caso, las máquinas son asignadas en función de la capacidad. La dificultad de este método radica en encontrar una combinación de cargas y asignación de trabajos que no exceda la capacidad de los centros. (Render, 2004)

Se tienen varios métodos de cargue y descargue de máquina, para mencionar algunos, se muestra una técnica conocida como input – output:

Esta permite gestionar los flujos de trabajo en la instalación.

> Este método tiene en cuenta la capacidad instalada de cada máquina, generalmente por turno o cada semana, es decir la cantidad de unidades de producto que saca por hora; esta capacidad es comparada con la cantidad de producto que debe producir en la semana, obtenida del MPS. Cabe la posibilidad que si el trabajo llega más rápido de lo que se procesa la instalación se sobrecargue, y empiece a bajar el nivel de servicio. (Domínguez, 2009, Pág. 300)

También para la asignación de máquinas existe un método utilizado frecuentemente a partir de un planteamiento matemático que es el método de Kuhn, que parte de una matriz de costos (Filas (operaciones) x Columnas (Máquinas)) que escoge un solo elemento por fila y columna, con el fin de minimizar al máximo los costos.

> Para conocer el menor costo, se escoge el menor número de la primera columna, y se resta ese número a todos los demás campos de la columna, siguiendo un algoritmo se llega a la opción más corta. Una desventaja de este método es que es excesivamente rígido.
>
> El método de los índices es quizás el más extendido, es una formalización del gráfico de carga. Este se inicia estableciendo una solución óptima sin considerar disponibilidades de capacidad, luego se van eliminando las sobrecargas mediante criterios de tiempo o costos, y terminará este método cuando ya no haya sobrecargas por eliminar. (Dirección de operaciones, Domínguez, 2009, Pág. 301)

También se tiene el método de asignación que implica asignar tareas o trabajos a recursos. El objetivo de esta es generalmente minimizar costos o tiempo requerido de ejecución de tareas. Lo primero que hay que realizar es sacar una tabla de trabajos vs Máquinas u operarios, como se ve en el ejemplo de la siguiente Tabla 8:

*Tabla 8. Flujo de trabajo de las máquinas.*

| | Máquina | | |
|---|---|---|---|
| Trabajo | 1 | 2 | 3 |
| VEB 2 | 7000 | 7500 | 6000 |
| VEB 3 | 7200 | 6800 | 7000 |
| VEB 4 | 6000 | 6500 | 8500 |

*Fuente. Elaboración propia*

En la Tabla 9 se puede ver el costo que tiene hacer cada trabajo en las máquinas seleccionadas. El paso para seguir es escoger por fila o columna el número menor, y restar este a los demás números de dicha fila columna, como se ve en la siguiente Tabla 9:

*Tabla 9. Tabla de índices.*

| | **Máquina** | | |
|---|---|---|---|
| **Trabajo** | **1** | **2** | **3** |
| VEB 2 | 1000 | 1500 | 0 |
| VEB 3 | 1200 | 0 | 200 |
| VEB 4 | 0 | 500 | 2500 |

*Fuente. Elaboración propia*

En esta Tabla 9, se traza el número menor de líneas por las columnas o filas que contengan ceros. Si el número de líneas es igual al número de columnas o filas, se puede hacer una asignación ideal como en este caso. Por lo tanto, el paso a seguir es asignar estas celdas con ceros, es decir, VEB2 trabajará mejor en la máquina 3, VEB 3, trabajará mejor en la máquina 2 y la VEB 4, trabajará a menor costo en la máquina número 2.

Según Heizer (2015), La programación de cualquier manera se puede ayudar de los diagramas de Gantt que se refieren a ayudas visuales que son útiles en la carga y la programación de máquinas o trabajos. Estos diagramas muestran el uso de los recursos, tales como centros de trabajo de la mano de obra. Estos al momento de usarse para cargar, estos muestran 3 variables fundamentales que son procesamiento, no programado y disponibilidad de la máquina. A continuación, encontramos un ejemplo de un diagrama de Gantt para una posible semana de trabajo.

*Tabla 10. Ejemplo de diagrama de Gantt.*

| Periodos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tarea | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Reemplazar conos | | | | | |
| prender máquinas | | | | | |
| Cambiar referencia | | | | | |
| Enrollar y empacar | | | | | |

Este es un ejemplo de un formato de diagrama de Gantt, que se puede realizar junto con algún método de realización de programación de producción.

**Control de la producción:** el control de la producción es usado para asignar prioridades de la producción, mantener informados los volúmenes de producción, proporcionar datos para control de producción, medir eficiencias y productividad de trabajadores y máquinas. Para esto, hay una serie de herramientas como la lista de despacho diario, informes de estado y excepción, informe anticipado de retrasos, informes de retrabajos, informes de desempeño que dan el número y porcentaje de pedidos completados, lista de faltantes para el control de insumos. En la siguiente imagen se muestra la dinámica de cómo la persona encargada de recibir los pedidos es la que se encarga de controlar la producción elaborando órdenes a las distintas estaciones de trabajo.

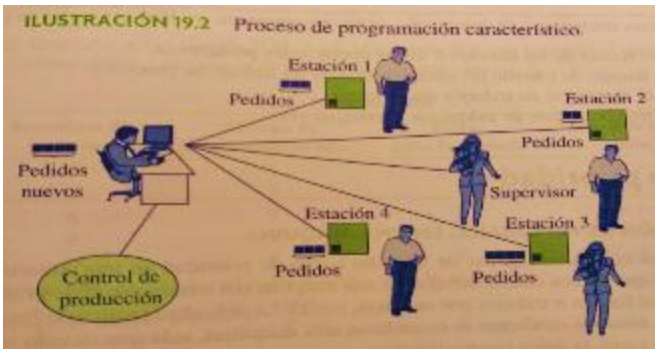



*Figura 27. Proceso de programación característico.*

*Fuente. (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009).*

Esta parte comprende un control de todo el proceso productivo, desde la disposición de materias primas, elementos de producción, materiales en el lugar indicado, hasta la cantidad de productos despachados por día o semana (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009).

**Metodología del control de la producción:** según Pérez en el 2003 el control puede ser la transmisión de información sobre el cumplimiento del trabajo. Existen ciertos criterios con el fin de poder controlar de manera correcta la producción:

- Suministrar información periódica, adecuada y exacta
- El sistema debe ser flexible y adecuarse a los cambios de variaciones de carga y de trabajo.
- Debe ser un sistema simple y comprensible.
- Debe ser un sistema de control muy económico.
- Valido para poder realizar una acción correctiva basada en la información que se recopilo.

En este caso el control de la producción será hecha por algunos indicadores, que se encargaran de arrojar información de retroalimentación de todo el proceso productivo, como lo son el control del nivel de inventario tanto de producto terminado como de materia prima, control de utilización de capacidad de la fábrica, control de producción diaria, de eficiencia y control de la programación de la producción

**Productividad.** Según Gutiérrez y de la Vara (2013), la productividad se entiende como la relación entre lo producido y los medios utilizados (Ver Ecuación 15). Puede ser medida mediante unidades producidas, piezas vendidas o en utilidades. Mejorar la productividad se refiere a optimizar el uso de los recursos y así, maximizar los resultados. Puede ser medida mediante algunos criterios como: reportes financieros, cumplimiento de especificaciones, observar a los clientes y comparación con sus competidores. Esta puede ser medida de la siguiente forma:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

*Ecuación 15. Productividad.*

*Fuente: Productivity management (1987)*

Según Fernández García (2010), La productividad no se puede confundir con la eficiencia, debido a que esta significa bienes de alta calidad en menor tiempo. La rentabilidad no es consecuencia del incremento de la productividad. La productividad se aplica a muchos más casos que la producción. Fernández la define como la capacidad de lograr objetivos y de generar respuestas de máxima calidad con el menor esfuerzo humano.

La productividad puede dividirse en 2 componentes: eficiencia y eficacia.

*Tabla 11. Componentes de la productividad.*

| Componente | ¿Qué es? | ¿Cómo se mejora? |
|---|---|---|
| **Eficiencia** | Es la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados | - Optimizando uso de recursos<br>- Reducción de tiempo ocioso<br>- Fallas de máquinas<br>- Falta de materia prima<br>- Retrasos |
| **Eficacia** | Grado con el cual las actividades previstas son logradas. Se trata de cumplir con los objetivos | - Mejorando resultado de equipos<br>- Mejorando el proceso en general<br>- Mejorando resultado de la materia prima |

*Fuente (García, 2010)*

Según Chase en su libro "Administración de operaciones" (2009), la productividad se puede expresar de 3 formas. Parcial, si se necesita saber la razón entre el producto y un único insumo; Multifactorial, si se necesita saber la razón entre el producto y un grupo de insumos; y de forma total si se requiere conocer la productividad de forma entera.

**Ejemplo:**

*Tabla 12. Ejemplos de medición de la productividad.*

| Medida | Ejemplo de medición |
|---|---|
| Parcial | $\frac{Producto}{Entradas}, \frac{Producto}{Capital}, \frac{Producto}{Materiales}, \frac{Producto}{Energía}$ |
| Multifactorial | $\frac{Producto}{Trabajo+Capital+Energía}, \frac{Producto}{Trabajo,Capital,Materiales}$ |
| Total | $\frac{Producto}{Insumo}, \frac{Bienes\ y\ servicios\ producidos}{Total\ recursos\ utilizados}$ |

*Fuente. Análisis de la producción y las operaciones. (2007)*

Para el caso de la fábrica de vendas, el tipo de productividad que mejor puede aplicar es el de la medida parcial de la productividad, dado que se requiere evaluar el tiempo productivo de la máquina, y en cuanto a la parte de la mano de obra, el tiempo de enrollado y empacado de la mercancía terminada.

**Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución prestablecida (OIT, Introducción al estudio del trabajo, 1996). Por consiguiente, se hizo un estudio de tiempos para la tarea de enrollar, empacar y marcar el producto terminado.

A continuación, se dará a conocer cuáles son los pasos a seguir para hacer un estudio de tiempos de una correcta manera.

*Figura 28. Pasos para seguir para realizar un estudio de tiempos.*

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

***Tamaño de la muestra***

Según el teorema de límite central se necesita un n inicial de 12 o más observaciones para comprobar si la distribución se comporta moderadamente (Hines, 1995). Luego se procede a realizar un estudio piloto para determinar el número de observaciones necesarias por cada ciclo de trabajo a estudiar. Para muestras pequeñas se usa la distribución de probabilidad t student que mediante la siguiente fórmula asegura un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de ± 5% (Mendenhall & Beaver, 2006).

$$n = \left(\frac{t * s}{k * x}\right)^2$$

*Ecuación 16. Tamaño de la muestra.*

*Fuente. Ingeniería industrial de Freivalds & Niebel (2014)(Pág. 342)*

Donde:

t = Valor de la distribución t de Student.

s = desviación del tiempo de ciclo de estudio.

x = media del tiempo de ciclo de estudio.

k = porcentaje de error admisible.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, una vez establecidos los elementos que componen las operaciones, se procedió a realizar un estudio piloto para calcular el tamaño de

muestra, el cual consta de 12 observaciones por cada elemento para determinar cuántas observaciones fueron necesarias para llegar a un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de ± 5%.

***Registro de los tiempos observados***

Existen dos métodos para registrar los tiempos durante el estudio. El primero se denomina método de tiempos continuos, el cual permite que el cronometro marque los puntos de quiebre mientras el tiempo sigue corriendo y el segundo se denomina método con regresos a cero, en el cual después de cada punto de quiebre el tiempo del cronómetro vuelve a cero. (Niebel, 2009)

Se procedió a registrar el tiempo de cada elemento según el número de observaciones que arrojó el estudio piloto. Luego, se consolidan y se calcula el tiempo observado, que es hallar el promedio de todos los tiempos encontrados.

***Valoración del ritmo de trabajo***

Luego de tener el registro de los tiempos de las actividades, es necesario calificar a los operadores involucrados en el estudio. El estudio toma mayor validez al contar con trabajadores que tienen un desempeño estándar. La OIT define el desempeño estándar como el rendimiento que obtiene naturalmente y sin esforzarse los trabajadores calificados, como promedio de la jornada (8 horas), siempre que conozcan y respeten el método especificado (OIT, Introducción al estudio del trabajo, 1996).

***Método de Westinghouse***

Existen diferentes métodos para calificar el desempeño de las actividades observadas durante un estudio de tiempos. A continuación, se presenta una Figura 29 comparativo de estos métodos (Niebel, 2009) y la selección del método que aplica el segundo piso de la fábrica que es el espacio en que enrollan y empacan las vendas.

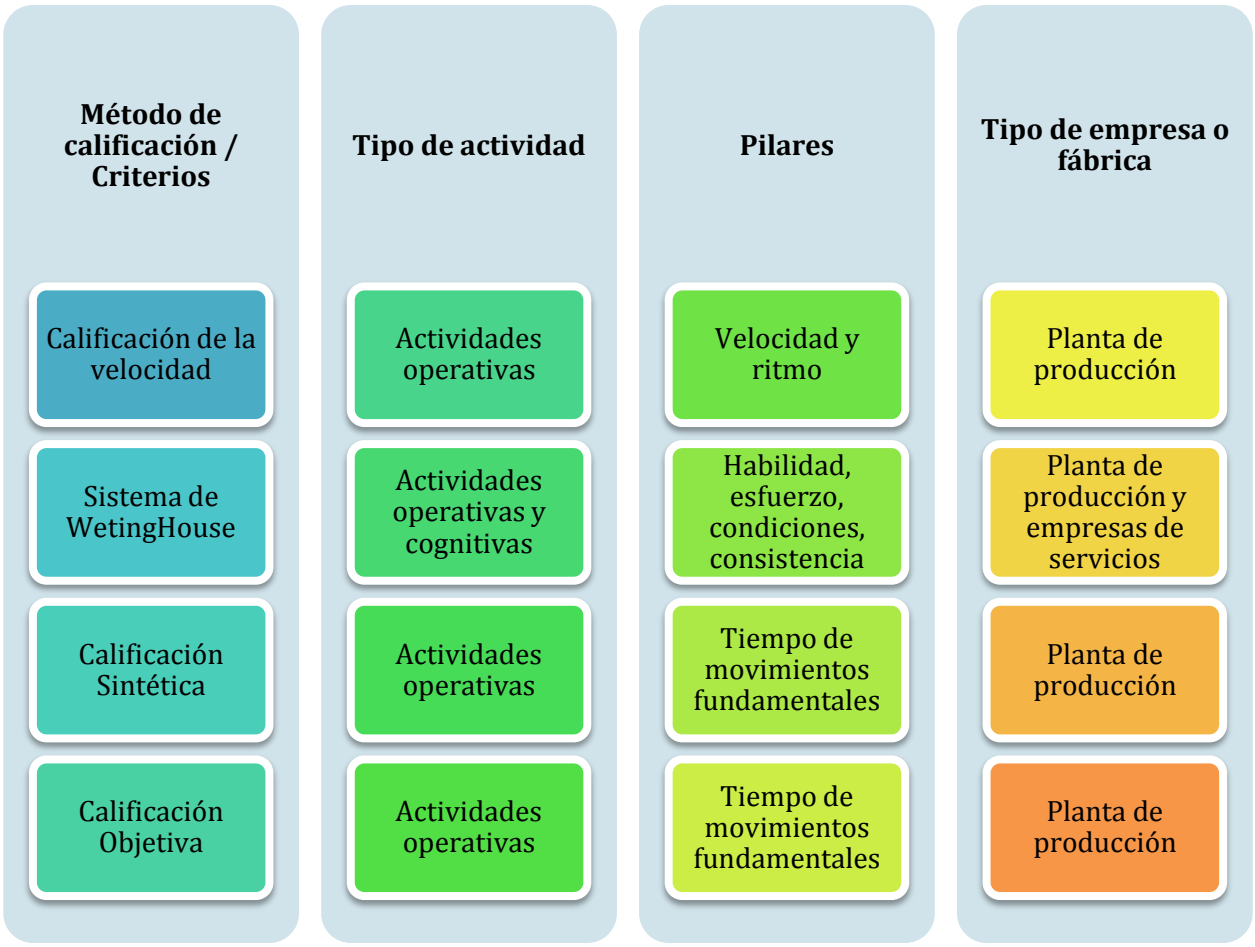



*Figura 29. Métodos para calificar.*

*Fuente. Elaboración propia de los autores con base en los métodos para calificar de Ingeniería industrial de Freivalds & Niebel (2014)*

Este sistema de calificación considera cuatro pilares para evaluar el desempeño del trabajador: Habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia (Niebel, 2009).

**Habilidades:** se refiere a la destreza a seguir a un método dado, así mismo la relación con la experiencia que se demuestra mediante la coordinación adecuada entre la mente y las manos, en otras palabras, la destreza para ejecutar una actividad según el método establecido relacionado con la experiencia.

A continuación, se da a conocer la Tabla 13 que se utilizará para calificar las habilidades del operario al momento de enrollar y empacar.

*Tabla 13. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de habilidades.*

| SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR HABILIDADES | | |
|---|---|---|
| **HABILIDADES** | | |
| 0,15 | **A1** | SUPERIOR |
| 0,13 | **A2** | SUPERIOR |
| 0,11 | **B1** | EXCELENTE |
| .0,08 | **B2** | EXCELENTE |
| 0,06 | **C1** | BUENA |
| 0,03 | **C2** | BUENA |
| 0 | **D** | PROMEDIO |
| -0,05 | **E1** | ACEPTABLE |
| -0,1 | **E2** | ACEPTABLE |
| -0,16 | **F1** | MALA |
| -0,22 | **F2** | MALA |

*Fuente.Freivalds &. Niebel (2014)*

**Esfuerzo:** es la demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz. El esfuerzo representa la velocidad con que se aplica la habilidad que, en gran medida, puede ser controlada por el operario. En otras palabras, es la velocidad con la que se aplica la habilidad.

A continuación, se da a conocer la Tabla 14 que se utilizará para calificar los esfuerzos del operario al momento de enrollar y empacar.

*Tabla 14. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de esfuersos.*

| SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR EL ESFUERZO | | |
|---|---|---|
| **ESFUERZO** | | |
| 0,13 | **A1** | EXCESIVO |
| 0,12 | **A2** | EXCESIVO |
| 0,1 | **B1** | EXCELENTE |
| 0,08 | **B2** | EXCELENTE |
| 0,05 | **C1** | BUENO |
| 0,02 | **C2** | BUENO |
| 0 | **D** | PROMEDIO |
| -0,04 | **E1** | ACEPTABLE |
| -0,08 | **E2** | ACEPTABLE |
| -0,12 | **F1** | MALO |
| -0,17 | **F2** | MALO |

*Fuente. Freivalds &. Niebel (2014)*

**Condiciones:** son las condiciones que se consideran en este procedimiento de calificación del desempeño, que afectan al operario y no a la operación. En otras palabras, este pilar incluye la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido. Estos factores influyen en el trabajador y no en la operación.

A continuación, se da a conocer la Tabla 15 que se utilizará para calificar las condiciones del operario al momento de enrollar y empacar.

*Tabla 15. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de condiciones.*

| SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR LAS CONDICIONES | | |
|---|---|---|
| **CONDICIONES** | | |
| 0,07 | **A** | IDEAL |
| 0,04 | **B** | EXCELENTE |
| 0,02 | **C** | BUENO |
| 0 | **D** | PROMEDIO |
| -0,03 | **E** | ACEPTABLE |
| -0,07 | **F** | MALO |

*Fuente. Freivalds &. Niebel (2014)*

**Consistencia:** este pilar se refiere al grado de variación en los tiempos transcurridos en el estudio.

A continuación, se da a conocer la Tabla 16 que se utilizará para calificar la consistencia del operario al momento de enrollar y empacar.

*Tabla 16. Tabla de sistema de WestingHouse para la calificación de consistencia.*

| SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR LA CONSISTENCIA | | |
|---|---|---|
| **CONSISTENCIA** | | |
| 0,04 | **A** | PERFECTA |
| 0,03 | **B** | EXCELENTE |
| 0,01 | **C** | BUENA |
| 0 | **D** | PROMEDIO |
| -0,02 | **E** | ACEPTABLE |
| -0,04 | **F** | MALA |

*Fuente. Freivalds &. Niebel (2014)*

***Determinación de suplementos u holguras constantes***

Según Meyers (2000) en el proceso de determinación de un estándar de tiempo, se debe tener en cuenta un aspecto fundamental el cual consiste en determinar la cantidad de tiempo que necesita una persona que realiza una actividad, para poder realizarla de manera constante. Esto significa el cálculo de los tiempos que el trabajador necesita para recuperarse de la fatiga adquirida en una actividad realizada.

Cuando se habla de la determinación de los estándares de tiempo, la práctica más común es la aplicación de suplementos o márgenes adicionales de tiempo, agregados a la duración de la tarea reflejando el tiempo necesario para recuperarse de un trabajo (Estellés, 2012).

*Tabla 17. Holguras recomendadas por ILO.*

| **HOLGURAS RECOMENDADAS POR ILO** | | |
|---|---|---|
| **A. HOLGURA CONSTANTES** | | |
| | **Puntuación recomendada** | **Puntuación de la fábrica** |
| **1. Holgura personal** | 5 | |
| **2. Holgura por fatiga básica** | 4 | |
| **B. HOLGURAS VARIABLES** | | |
| | **Puntuación recomendada** | **Puntuación de la fábrica** |
| **1. Holgura por estar parado** | 2 | |
| **2. Holgura por posición anormal:** | | |
| a) Un poco incómoda | 0 | |
| b) Incómoda (flexionado) | 2 | |
| c) Muy incómoda (acostado, estirado) | 7 | |
| Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar): Peso levantado, lb: | | |
| 5 | 0 | |
| 10 | 1 | |
| 15 | 2 | |
| 20 | 3 | |
| 25 | 4 | |
| 30 | 5 | |
| 35 | 7 | |
| 40 | 9 | |
| 45 | 11 | |
| 50 | 13 | |
| 60 | 17 | |
| 70 | 22 | |
| **4. Mala iluminación:** | | |
| a) Un poco abajo de lo recomendado | 0 | |
| b) Bastante abajo de lo recomendado | 2 | |
| c) Muy inadecuada | 5 | |

| HOLGURAS RECOMENDADAS POR ILO | | |
|---|---|---|
| **A. HOLGURA CONSTANTES** | | |
| | **Puntuación recomendada** | **Puntuación de la fábrica** |
| **1. Holgura personal** | 5 | |
| **2. Holgura por fatiga básica** | 4 | |
| **B. HOLGURAS VARIABLES** | | |
| **5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable** | 0-100 | |
| **6. Atención cercana:** | | |
| a) Trabajo bastante fino | 0 | |
| b) Trabajo fino o exacto | 2 | |
| c) Trabajo muy fino o muy exacto | 5 | |
| **7. Nivel de ruido** | | |
| a) Continuo | 0 | |
| b) Intermitente: fuerte | 2 | |
| c) Intermitente: muy fuerte | 5 | |
| d) De tono alto: fuerte | 5 | |
| **8. Esfuerzo mental:** | | |
| a) Proceso bastante complejo | 1 | |
| b) Espacio de atención compleja o amplia | 4 | |
| c) Muy complejo | 8 | |
| **9. Monotonía:** | | |
| a) Baja | 0 | |
| b) Media | 1 | |
| c) Alta | 4 | |
| **10. Tedio:** | | |
| a) Algo tedioso | 0 | |
| b) Tedioso | 2 | |
| c) Muy tedioso | 5 | |
| | **TOTAL** | |

*Fuente. Elaboración propia de los autores con base en Freivalds & Niebel (2014)*

***Ruido***

El ruido es un sonido inarticulado que suele causar una sensación auditiva molesta (Freivalds, 2009) El ruido es una de las causas más frecuentes de fatiga, irritación y disminución en la producción, por esta razón el ruido debe ser reducido o incluso eliminado ya que puede ocasionar alteraciones en el estado de ánimo y dificulta que el operario realice su labor con un alto nivel de precisión (García, 2009).

*Tabla 18. Intensidad de los ruidos más comunes.*

| Decibelios | clase de ruido | Efecto en el organismo humano |
|---|---|---|
| 0 | Umbral de audibilidad | ***Soportable incluso por la noche*** |
| 10 | Ruido de hojarasca | |
| 30 | Ruido de fondo en las habitaciones por noche | |

| Decibelios | clase de ruido | Efecto en el organismo humano |
|---|---|---|
| 40 | Ruido de fondo en las habitaciones | ***Soportable por el día*** |
| 50 | Despachos, restaurantes | |
| 55 | Conversación normal | |
| 60 | Despachos con mecanógrafas | |
| 65 | Talleres con taladros, pequeñas prensas etcétera | ***Soportables, pero a larga producen fatiga*** |
| 70 | Calles ruidosas | |
| 75 | Talleres con prensas medianas, metro | |
| 80 | Tornos silbatos de policía, gritos humanos | |
| 85 | Talleres con telares | |
| 90 | Claxon agudo | ***Soportables, pero a la larga producen sordera*** |
| 95 | Talleres de caldera, martillos neumáticos, prensas grandes | |
| 100 | Sierras circulares de acero | |
| 105 | Maquinas rápidas de labrar madera, compresores potentes | |
| 110 | Martillos neumáticos en locales cerrados | ***Soportables solo por corto tiempo*** |
| 115 | Remachadoras mecánicas | |
| 120 | Avión con motor de explosión, motor | |
| 125 | Avión a reacción a 6 m de distancia | |
| 130 | Avión con varios reactores a 6 m de distancia | |
| 135 | A partir de 135 decibeles, los ruidos son | Insoportables |

*Fuente. Freivalds &. Niebel (2014)*

*Tabla 19. Nivel de ruido*

| Niveles de ruido permisibles de OSHA | |
|---|---|
| **Nivel de ruido (dBA)** | **Tiempo permisible (horas)** |
| 80 | 32 |
| 83 | 16 |
| 90 | 8 |
| 95 | 4 |
| 100 | 2 |
| 105 | 1 |
| 110 | 0,5 |
| 115 | 0,25 |
| 120 | 0,125 |
| 125 | 0,063 |

*Fuente. Freivalds &. Niebel (2014)*

En la Tabla 19 anterior se presenta la duración de exposición al ruido continúo permitido en un determinado horario de trabajo. Es necesario recalcar que, para cualquier nivel de ruido superior a los 90 dB es necesario buscar la manera de mitigarlo.

### *Iluminación*

Es la cantidad de luz que incide sobre una superficie o una sección (Niebel & Freivalds, 2009), la iluminación es fundamental para la realización de cualquier tarea, una buena iluminación acelera la producción, es importante para la salud, la seguridad y eficiencia de los trabajadores (García, 2005).

*Tabla 20. Niveles de iluminación recomendados para utilizar en el diseño de alumbrado en interiores*

| Categoría | Rango de luminiscencia (fc) | Tipo de actividad | Área de referencia |
|---|---|---|---|
| A | 2-3-5 | Áreas públicas con inmediaciones oscuras | Alumbrado general a través de un cuarto o área |
| B | 5-7,5-10 | Orientación simple para visitas temporales breves | |
| C | 10-15-20 | Espacios de trabajo donde las tareas visuales se realizan sólo en ocasiones. | |
| D | 20-30-50 | Realización de tareas visuales de gran contraste temas, por ejemplo, lectura material impreso, captura de originales, escritura a mano con tinta y xerografía; trabajo rudo de prensa y máquina; inspección ordinaria; ensamble rudo. | Luminancia en la tarea |
| E | 50-75-100 | Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeño tamaño, por ejemplo, lectura de manuscritos con lapicero sobre papel de muy baja calidad y material pobremente reproducir; inspección altamente difícil ensamble difícil. | |
| F | 100-150-200 | Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño, por ejemplo, lectura de manuscritos con lápiz duro sobre papel de muy baja calidad y material pobremente reproducir; inspección altamente difícil, ensamble difícil. | |
| G | 200-300-500 | Realización de trabajos visuales de bajo contraste y peso por un periodo prolongado, por ejemplo, ensamble fino; sección muy difícil; trabajo fino de prensa y maquina; ensamble extrafino. | Luminancia sobre la carga a través de combinación de alumbrados locales generales y complementarios |
| H | 500-750-1000 | Realización de trabajo visuales muy precios y prolongados, por ejemplo, inspección difícil: trabajo extrafino de prensa y máquina, ensamble extrafino. | |
| I | 1000-1500-2000 | Realización de trabajos visuales muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño, por ejemplo, procedimientos químicos. | |

*Fuente. Freivalds &. Niebel (2014)*

En la tabla que se presentó anteriormente se puede observar un cuadro característico de los niveles de iluminación recomendados para los diferentes tipos de actividades o tareas a realizar.

### *Temperatura*

Este factor juega un papel muy importante a la hora de determinar la productividad de un trabajador, por ende, el control de las condiciones climáticas en el lugar del trabajo es esencial para la salud y la comodidad de los trabajadores y para mantener una mayor productividad (Kanawaty, 1998)

*Tabla 21. Control del clima de trabajo*

| Tipo de trabajo | °C | °F |
|---|---|---|
| Trabajo sedentario | 20-22 | 68-72 |
| Trabajo físico ligero en posición sedentaria | 19-20 | 66-68 |
| Trabajo ligero de pie | 17-18 | 63-65 |
| Trabajo mediano de pie | 16-17 | 61-63 |
| Trabajo pesado de pie | 14-16 | 57-61 |

*Fuente. Freivalds &. Niebel (2014)*

Como se puede observar en la tabla anterior existen diversos tipos de trabajo efectuados por el personal. Hay personas que requieren más esfuerzo físico que otros, algunos trabajan en ambientes con temperatura controlada y otros en lugares encerrados. Dicho lo anterior, se deben crear condiciones climáticas óptimas para el puesto de trabajo y de esta manera aumentar la disposición del personal (OIT, 1998).

***Cálculo y determinación del tiempo estándar de operación***

El último paso fue determinar el tiempo estándar de operación. Para ello se tuvo en cuenta el tiempo observado, la valoración del ritmo de trabajo y el porcentaje del factor de suplemento. En la tabla que se presenta a continuación se muestra el cálculo del tiempo estándar de operación para cada elemento del ciclo de trabajo.

Teniendo en cuenta que tiempo estándar es el último paso que se debe hacer para el estudio de tiempos, en este se tiene en cuenta el tiempo observado, la valoración del ritmo de trabajo y el factor de suplemento

$$TE = (TO * FD) * FS$$

*Ecuación 17. Tiempo Estándar*

*Fuente. Ingeniería Industrial de Niebel métodos, estándares y diseño del trabajo. Astrid Freivalds y Benjamin W. Niebel. (2014)*

Donde:

TE=Tiempo estándar de operación.

TO=Tiempo observado.

FD=Factor de desempeño.

FS= Factor de suplemento.

También se acostumbra a expresar la holgura como un multiplicador para que el tiempo normal (TN) se ajuste fácilmente al tiempo estándar (TE):

$$TE = TN * TN * Holgura = TN * (1 - Holgura)$$

*Ecuación 18. Tiempo estándar.*

*Fuente. Ingeniería Industrial de Niebel métodos, estándares y diseño del trabajo. Astrid Freivalds y Benjamin W. Niebel. (2014)*

Donde:

TE= tiempo estándar.

TN= tiempo normal.

**Muestreo del trabajo**

Es una técnica que se utiliza para investigar las proporciones del tiempo total que se dedican a las diferentes actividades que constituyen una tarea o una situación de trabajo (Niebel, 2009).

Esta técnica está basada en una ley fundamental de la probabilidad que dice que, en un instante de tiempo, un evento puede ocurrir o no ocurrir. Para calcular la probabilidad de x ocurrencias de un evento en n observaciones se utiliza la siguiente ecuación correspondiente a una distribución de probabilidad binomial (Niebel, 2009):

$$P(x)\frac{n!}{x!\,(n-x)!}P^2q^{n-x}$$

*Ecuación 19. Probabilidad de x ocurrencias.*

*Fuente. Ingeniería industrial de Niebel métodos, estándares y diseño del trabajo. Andris Freivalds & Benjamin W. Niebel (2014)*

Donde:

P= Probabilidad de una sola ocurrencia.

q= Probabilidad de una NO ocurrencia (1-p).

n= Número de observaciones.

***Determinar el tamaño de la muestra***

Teniendo en cuenta que la distribución binomial es una aproximación a la distribución normal, ya que a medida en el número de observaciones x aumenta para determinar el tamaño de la muestra el cual demuestra la significación estadística, para ello se debe hacer uso de la fórmula que se muestra a continuación en la Ecuación 20:

$$N = \frac{z^2 * p * (1 - p)}{e^2}$$

*Ecuación 20. Determinación de número necesario de observaciones*

*Fuente. Ingeniería industrial de Niebel métodos, estándares y diseño del trabajo. Andris Freivalds & Benjamin W. Niebel (2014)*

Donde:

z = Puntaje de la desviación normal estándar para un nivel dado de confianza.

p = Probabilidad de ocurrencia del evento.

e = Límite aceptable de error estimado.

***Realizar observaciones requeridas***

Luego de determinar el número de observaciones requeridas, se procede a realizar dichas observaciones y a registrarlas en un formulario. Un formato estándar podría no ser útil, pues este depende del tipo de estudio que se esté realizando (Niebel, 2009). Así que se diseña un formato para cada estudio específico.

**OEE**

Un indicador importante para la medición de productividad es la Eficiencia General de Equipos OEE (por sus siglas en inglés). Según Rajadell y Sánchez (2010), el OEE se define como un indicador que se calcula diariamente para cada máquina, comparando el número de piezas que en condiciones ideales se hubieran podido fabricar y las piezas que realmente se fabricaron. Para utilizar dicho indicador son necesarios tres índices: Índice de disponibilidad, índice de eficiencia y de calidad. A continuación, se muestra como obtener el cálculo de los índices anteriormente mencionados:

Índice de Disponibilidad: cociente del tiempo productivo entre tiempo disponible. Este se afecta por paradas de máquinas, tiempos de alistamiento, fallas, esperas y demás.

*Tabla 22. Índice de disponibilidad.*

| ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD | |
|---|---|
| Tiempo total disponible en minutos u horas | |
| Tiempos de parada, Set Up, fallas, descanso expresado en minutos u horas | |
| Tiempo total utilizado expresado en minutos u horas. (A-B) | |

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010)*

$$Índice\ de\ disponibilidad = \left(\frac{C}{A}\right) * 100$$

*Ecuación 21. Índice de disponibilidad.*

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010)*

Índice de Eficiencia: cociente entre la producción y la capacidad productiva para un determinado periodo de producción. Se ve afectado por pequeñas paradas y las velocidades de las máquinas.

*Tabla 23. Índice de eficiencia.*

| ÍNDICE DE EFICIENCIA | |
|---|---|
| Total de piezas producidas | |
| Piezas fabricadas por unidad de tiempo en caso ideal (unidades / h) | |
| Tiempo total utilizado (B*C) | |

| | |
|---|---|
| Máximo total de piezas fabricadas | |

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010)*

$$Índice\ de\ eficiencia = \left(\frac{A}{D}\right) * 100$$

*Ecuación 22. Índice de eficiencia.*

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010)*

Índice de calidad: cociente entre la buena producción y la producción total. Se ve afectado por re-trabajos y piezas defectuosas.

*Tabla 24. Índice de calidad.*

| Índice de calidad | |
|---|---|
| Total de piezas defectuosas | |
| Total de piezas buenas | |
| Total de piezas producidas (A+B) | |

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010)*

$$Índice\ de\ calidad = \left(\frac{B}{C}\right) * 100$$

*Ecuación 23. Índice de calidad.*

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010).*

## 2.3. Marco legal

En el presente marco se relaciona la legislación cuyos lineamientos se tuvieron en consideración en este trabajo de grado.

**- Artículo 161 del Código Sustantivo del Trabajo**

La duración máxima legal de la jornada ordinaria de trabajo para los diferentes sectores de la producción (vigilancia, hospitales, laboratorios, fabricación entre otros) es de ocho (8) horas al día y cuarenta y ocho (48) a la semana de tal forma que una jornada diaria o semanal superior a la ordinaria, supondría trabajo suplementario o de horas extras.

**- Numeral 2. Artículo 162 del Código Sustantivo del Trabajo**

Cuando la empresa requiere aumentar la jornada ordinaria de trabajo máxima, lo puede hacer, pero teniendo en cuenta que el número máximo de horas extraordinarias no podrá pasar de doce (12) semanales y estas deben presentarse en casos esporádicos

**- Artículo 159 del Código Sustantivo del Trabajo**

Para la remuneración del trabajo extra: El trabajo nocturno se remunera con un recargo de 35% sobre el valor del trabajo diurno. El trabajo extra diurno se remunera con un recargo de 25% sobre el valor del trabajo diurno. El trabajo extra nocturno se remunera con un recargo del 75% sobre el valor del trabajo diurno.

## 2.4. Marco tecnológico

### 2.4.1. Software

En la Tabla 25 que se muestra a continuación se hace una comparación de algunos softwares para la planeación, programación y control de la producción, los cuales cuentan con una versión gratuita para empresas pequeñas (*pymes*). (Ver Anexos AA)

*Tabla 25. Software.*

| Software |
|---|
| Software Visionwin |
| Odoo |
| Software ERP |
| Dynamics 365 |
| Sap Business One |
| Software Compiere Erp |
| Erp5 |

*Crystal Ball* ® "Es una suite de aplicaciones basada en hojas de cálculo, líder para modelaje predictivo, previsión, simulación y optimización. Le da una visión sin precedentes sobre los factores críticos que afectan el riesgo de su análisis. Con *Crystal Ball*, puede tomar las decisiones correctas y formular tácticas para alcanzar sus objetivos y tener ventajas competitivas, incluso en las condiciones de mercado más inciertas". (Crystal Ball, 2007-2019)

# 3. Diagnóstico

En este capítulo se muestra el diagnóstico de la problemática de la fábrica, mostrando las falencias que se encontraron en la planeación, programación y control de la producción.

*Figura 30. Diagnóstico de las falencias en la planeación, programación y control de la producción de la fábrica de vendas.*

*Fuente. Elaboración propia de los autores.*

## 3.1. Descripción de la fábrica

Se hará una descripción de la fábrica de vendas en donde se dará a conocer la organización administrativa, la infraestructura física de la fábrica, los productos fabricados y mercados atendidos, las materias primas, insumos y empaques, y para finalizar la descripción del proceso de producción.

*Figura 31.Descripción de la fábrica.*

*Fuente. Elaboración propia de los autores.*

### 3.1.1. Organización administrativa

A continuación, se presenta el contexto administrativo de la fábrica de vendas a partir de la estructura organizacional, la infraestructura física, los procesos generales, descripción de los productos, materia prima, insumos y empaques.

Con el fin de entender de mejor manera el recurso humano de la fábrica, se realiza el organigrama (con el que la fábrica no contaba). Ver Figura 32.

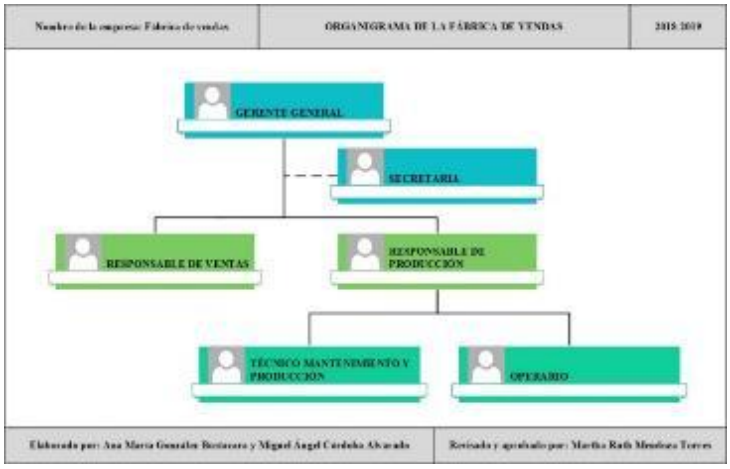



*Figura 32.Organigrama de cargos de la fábrica.*
*Fuente. Elaboración propia del autor.*

El organigrama jerárquicamente se compone por los dueños de la fábrica que ocupan los cargos de gerente general y responsable de ventas, seguido de la secretaria. El responsable de producción que se encarga de revisar qué referencias se deben fabricar, así mismo ella es la encargada de enrollar y empacar el producto que sube de la hilandería, y por otro lado ella es la encarga de recibir la materia, así mismo ella decide en qué momento se deben hacer los cambios de referencia, con el fin de indicarle al técnico en qué momento hacer cambio de referencia y de que se debe encargar al operario, así mismo se debe tener en cuenta que la secretaria es la encargada de hablar con los proveedores de materia y hacer los pedidos de materia prima, y la cantidad depende de lo que diga el responsable de producción.

***Descripción de los cargos:***

En la presente Tabla 26 se hará una descripción de los cargos que se encuentran en el organigrama presentado anteriormente.

*Tabla 26. Descripción de cargos.*

| CARGOS | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Gerente general | Las funciones son planificar, organizar, dirigir, controlar, coordinar, analizar, calcular y deducir el trabajo de la fábrica, además de contratar al personal adecuado. |
| Responsable de ventas | El gerente de ventas está a cargo de supervisar y dirigir las actividades de una oficina y él es responsable de la maximización de las Ventas de la fábrica |
| Responsable de producción | Es la responsable por realizar toda la programación de la línea de producción, es la encargada de la liberación de pedidos de compra de materia prima, también supervisar las actividades de la fabricación, entrega de producto terminado a los clientes, y de enrollar y empacar el producto que sube de la hilandería. |
| Técnico de mantenimiento y producción | Es el encargado de hacer cambios de referencias, solucionar cualquier problema que le suceda a las máquinas |
| Operario | Es el encargo de múltiples actividades en el área de producción, cambio de conos, empaque de conos nuevos, enrollar |
| Secretaria | Intermediaria entre la fábrica, clientes, proveedores. |

*Fuente. Elaboración propia (2019)*

***Turnos de trabajo de todo el personal de la fábrica***

Actualmente trabajan de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:30 p.m. Cada uno tiene una hora de almuerzo diferente porque en todo momento deben estar pendientes de cómo están operando las máquinas.

***Cargas de trabajo:*** cómo se mostró anteriormente en la Figura 32, el organigrama de esta fábrica se encuentra un gerente general, una secretaria, un responsable de ventas y un responsable de producción, un técnico de mantenimiento y producción y un operario, teniendo en cuenta estos cargos a continuación se dará a conocer el proceso que realiza cada uno de ellos en las horas de trabajo.

- ✓ ***Responsable de Producción***

En la Figura 33 puedo ver como se distribuyen las tareas a lo largo del día ella tiene muchas tareas en el transcurso del día, algunas de las tareas de las que se encuentra encargado el responsable de producción es decidir y dirigir el técnico de mantenimiento en qué momento debe hacer los cambios de referencia, debe revisar que está haciendo tanto el técnico como el operario, por otro lado debe enrollar todo lo que sube de la hilandería, los días que llega la materia prima ella debe revisar está, y los días que llegan los clientes a recoger los pedidos ella es la encargada de entregarles los pedidos que le hicieron a la secretaria.

A continuación en la Figura 33 se presenta el flujograma del responsable de producción, el cual da a conocer las tareas que normalmente hace el responsable de producción.

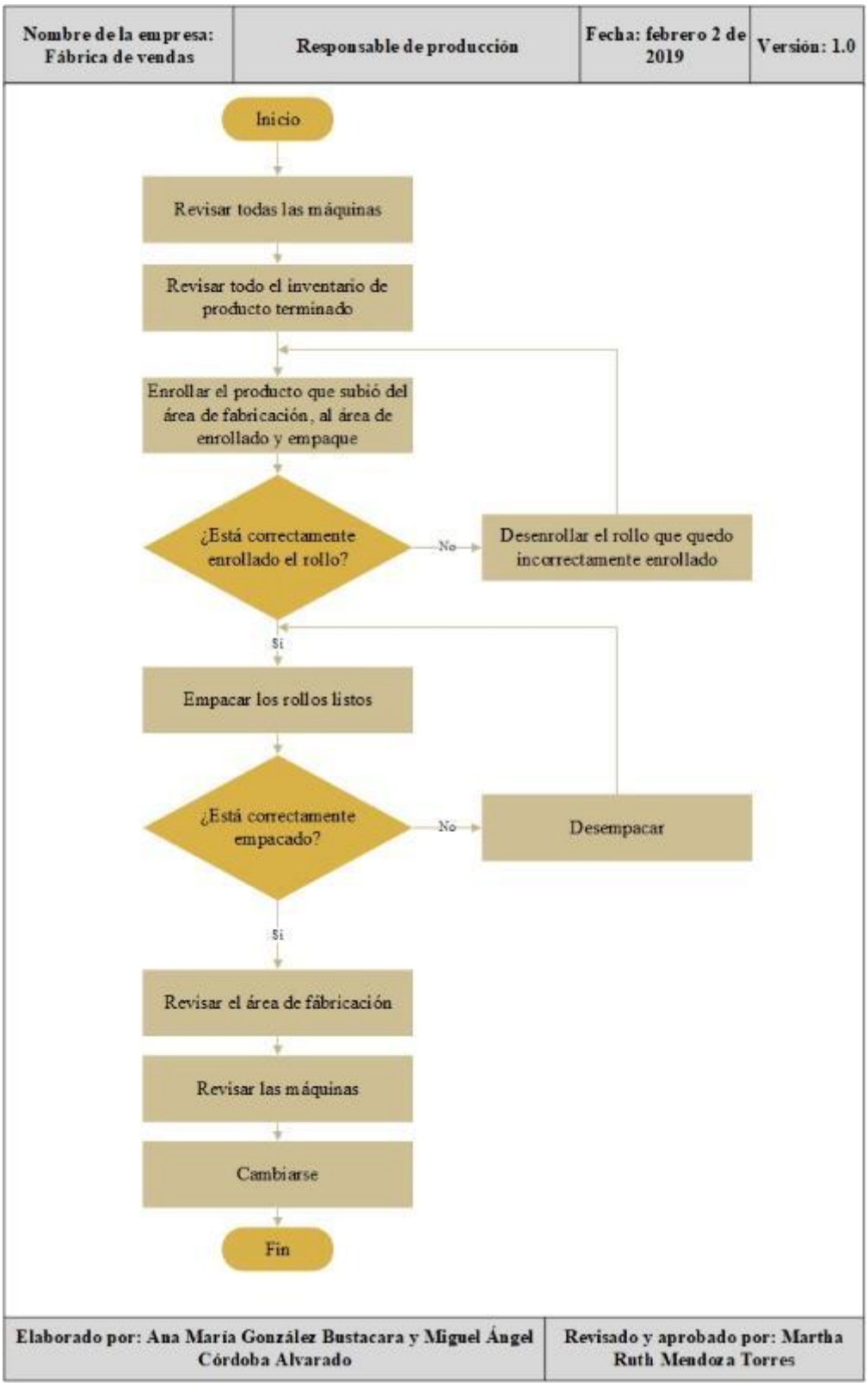



*Figura 33. Diagrama de flujo del responsable de producción de la fábrica.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

- ✓ ***Técnico de mantenimiento y producción:***

En la Figura 34, se observa lo que hace normalmente el técnico de mantenimiento y producción en un día que no está haciendo cambio de referencia, y por lo general es el encargado de revisar cómo está trabajando cada una de las máquinas, y si llega a fallar una cómo puede solucionar el problema que está sucediendo, así mismo debe inspeccionar todos las filetas (donde están ubicados la cantidad de conos de hilo necesarios dependiendo la referencia), pues el cono que se encuentra actualmente ya se va acabar, o hay momentos en que aún le falta, pero deja uno en la parte inferior de la fileta para hacer las uniones en el momento debido.

*Foto 1. Fileta.*

*Fuente. Tomada por los autores (2018)*

A continuación, se presenta el flujograma del responsable de producción, el cual da a conocer las tareas que normalmente hace el técnico de mantenimiento y producción; se debe tener presente que estás son las tareas que ejecuta los días que no está haciendo cambio de referencia.

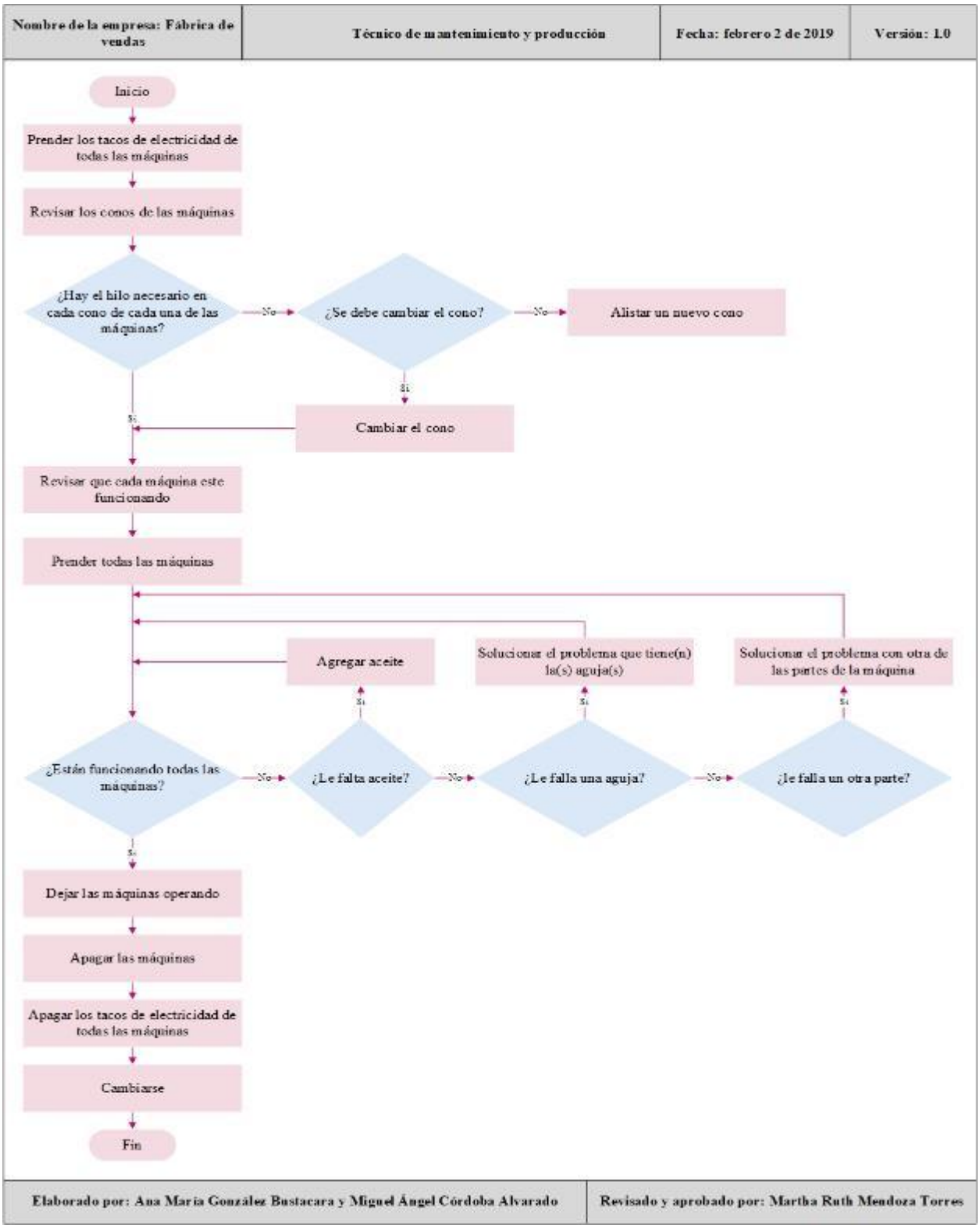



*Figura 34. Diagrama de flujo del técnico de mantenimiento y producción de la fábrica*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

***Operario***

En la Figura 35 están las tareas del operario, cuando no está colaborando a enrollar y empacar. Por lo general el operario es el encargado de inspeccionar todos las filetas donde se encuentran los conos y estar pendiente en qué momento debe unir dos hilos, pues el cono que se encuentra actualmente ya se va a acabar, o hay momentos en que aún le falta, pero deja uno en la parte inferior de la fileta para hacer las uniones en el momento debido, también es la encargada de empacar los conos en bolsas con el fin de evitar que se ensucie el hilo, y así mismo hay momentos en que debe ayudarle a la responsable de producción a enrollar el producto que sube de la hilandería, ya que tienen exceso de producto terminado y/o la responsable de producción está recibiendo materia prima y no le alcanza para enrollar y empacar lo que debe.

A continuación, en la se presenta Figura 35 está el diagrama de flujo de actividades del operario, donde se demuestran las diferentes tareas que realiza en el transcurso de su jornada laboral.

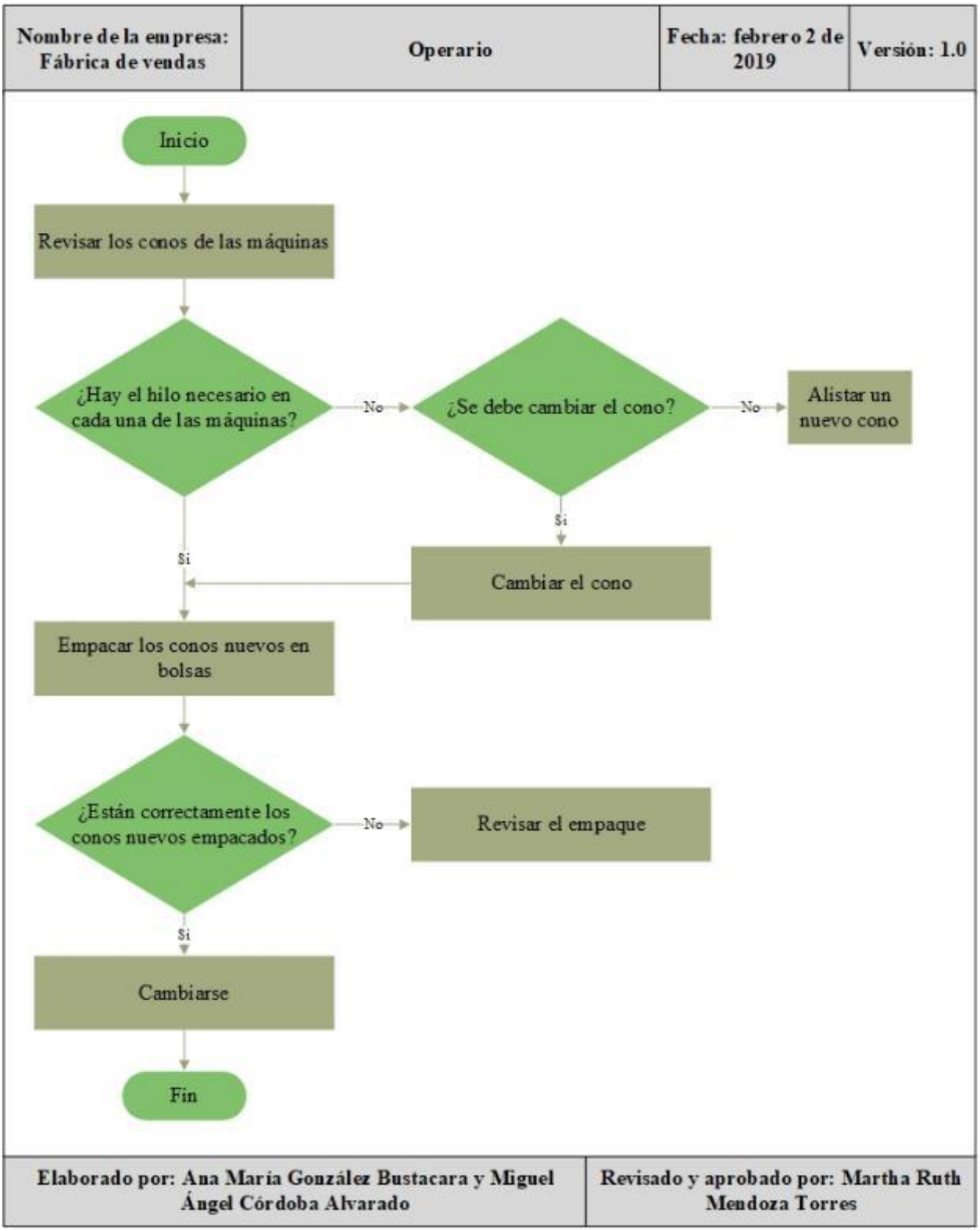



*Figura 35. Diagrama de flujo del operario*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

### 3.1.2. Infraestructura física de la fábrica

Por medio de planos se dará a conocer cómo está la distribución actual de la fábrica y un diagrama de recorrido del operario y del técnico.

A continuación, se encuentra el plano de la fábrica, el cual consta del área de máquinas, que corresponde al primer piso en la Ilustración 2, y el segundo piso en la Ilustración 3, que es donde se hace el enrollado y el empacado de producto terminado y listo para su distribución.

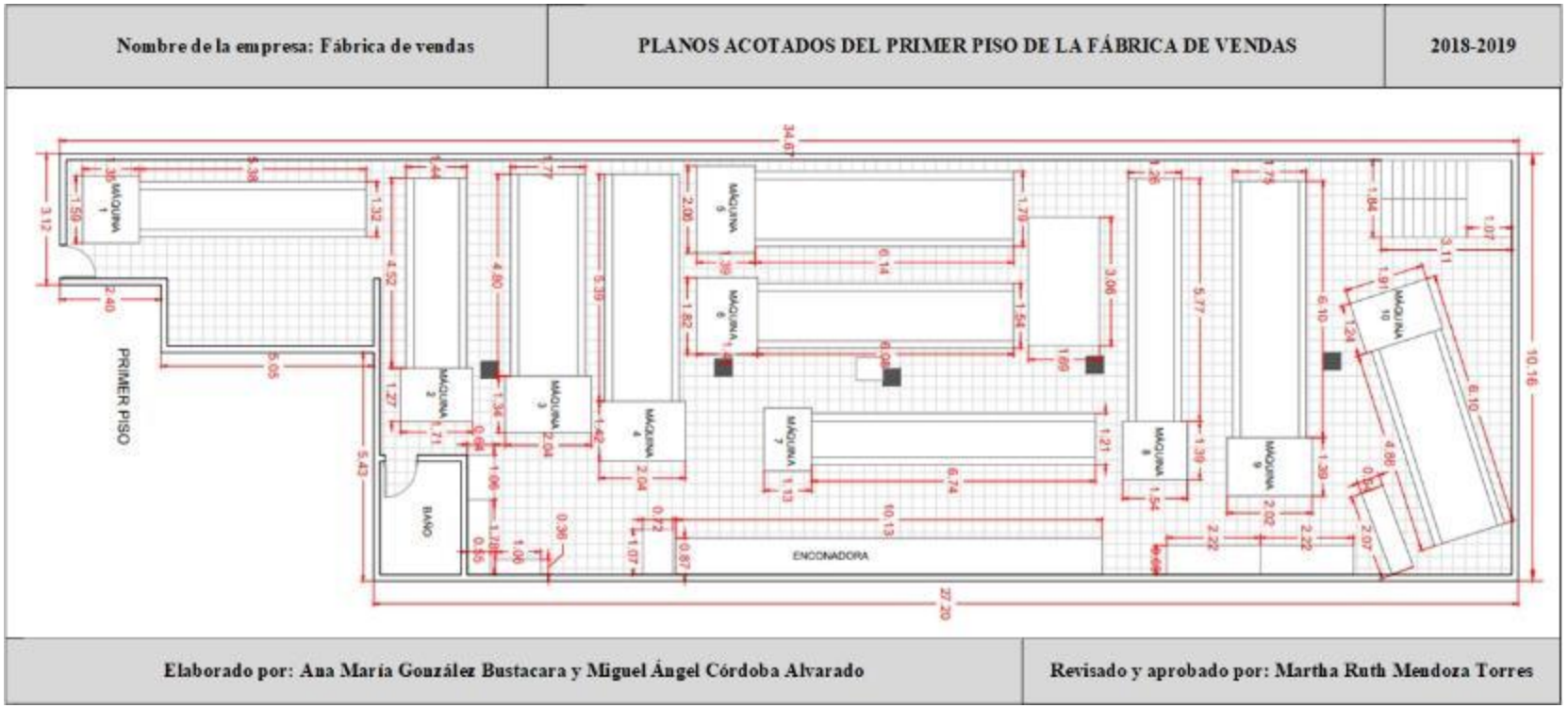
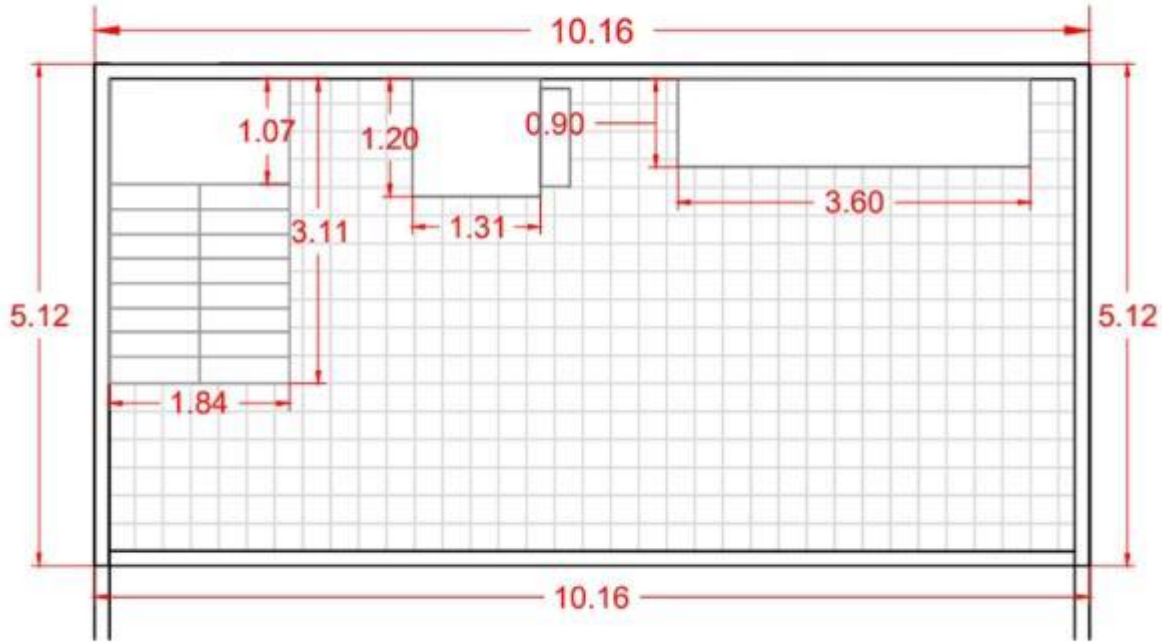



*Ilustración 2. Planos del primer piso de la fábrica*
*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica*

| Nombre de la empresa: Fábrica de vendas | PLANOS ACOTADOS DEL SEGUNDO PISO DE LA FÁBRICA DE VENDAS | 2018-2019 |
|---|---|---|




| Elaborado por: Ana María González Bustacara y Miguel Ángel Córdoba Alvarado | Revisado y aprobado por: Martha Ruth Mendoza Torres |
|---|---|

*Ilustración 3. Planos del segundo piso de la fábrica.*
*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica*

### *Diagrama de recorrido*

Como se puede observar en la Figura 36 el recorrido que hace habitualmente el operario y en la Figura 37 el recorrido del técnico y del operario son consecutivos.

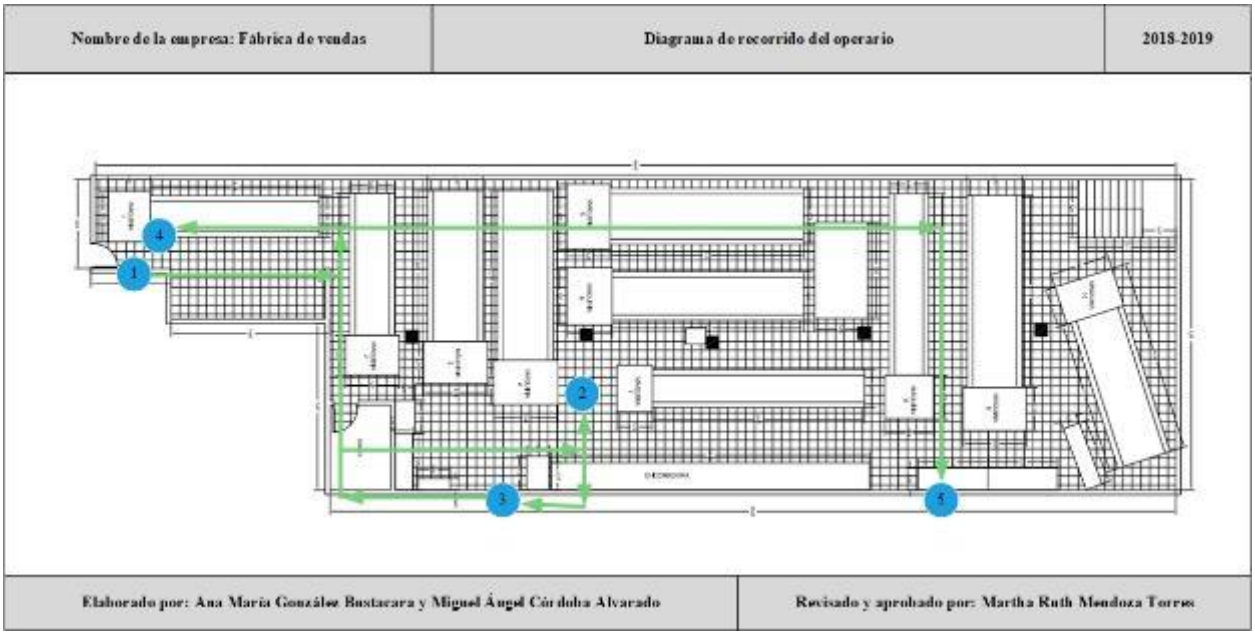



*Figura 36. Diagrama de recorrido del operario.*
*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica*

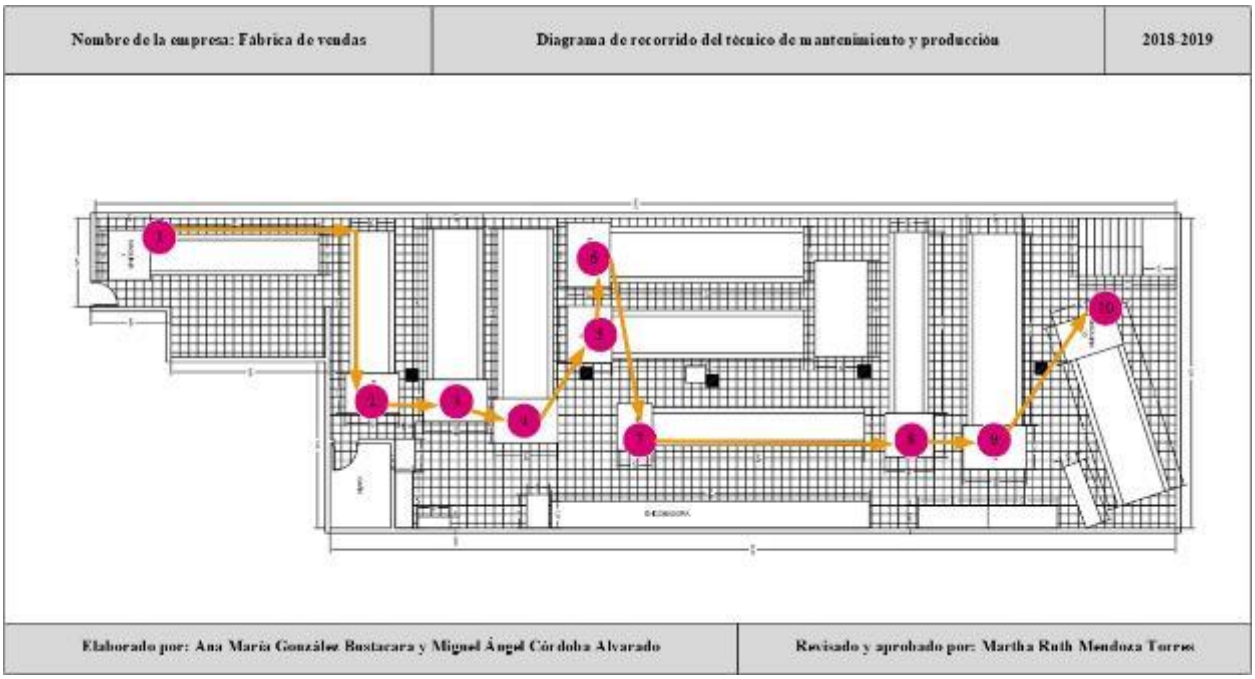



*Figura 37. Diagrama de recorrido del técnico de mantenimiento y producción*
*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica*

Con base en los dos diagramas de recorrido presentados anteriormente, se puede concluir que hacen tareas simultáneamente, y que el uno no depende del otro, así mismo teniendo en cuenta los tiempos que cada uno emplea en estas tareas, solo uno de los dos se puede encargar de todas estas tareas y al otro se le debería asignar tareas nuevas.

- ✓ ***Maquinaria***

Teniendo en cuenta que la fábrica de vendas cuenta con 10 máquinas, y que durante el diagnóstico se encontró que ninguna de estas máquinas cuenta con una ficha técnica, se hizo una para cada una de las máquinas.

***Ficha Técnica***

Teniendo en cuenta que la fábrica no cuenta con fichas técnicas de cada una de sus máquinas, se construyó la ficha de cada una de estas. En la Tabla 27 se puede observar la ficha técnica de la máquina 1, la cual consta de sus medidas en centímetros, la Velocidad (s/vuelta), la circunferencia (cm), la cantidad de venda entregada por minuto (cm), Velocidad (rpm).

Para ver las fichas técnicas de las 10 máquinas con las que cuenta la fábrica ver

Anexos E.

*Tabla 27. Ficha técnica de la máquina #1.*

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA TÉCNICA DE MAQUINARÍA</th><th colspan="2">MÁQUINA # 1</th></tr>
<tr><td>REALIZADO POR</td><td colspan="2">ANA MARÍA GONZÁLEZ BUSTACARA Y MIGUEL ÁNGEL CORDOBA ALVARADO</td><td>FECHA:</td><td>viernes, 25 de enero de 2019</td></tr>
<tr><td>FABRICANTE</td><td>COLLI</td><td colspan="3" rowspan="8">
</td></tr>
<tr><td>PAÌS</td><td>ITALIA</td></tr>
<tr><td>MODELO</td><td>1996</td></tr>
<tr><td>MARCA</td><td>COMEZ</td></tr>
<tr><td>MOTOR (HP)</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>VOLTAJE</td><td>220</td></tr>
<tr><td>Nº SERIE</td><td>18418</td></tr>
<tr><td>FRECUENCIA (Hz)</td><td>60</td></tr>
<tr><td>N° DE EQUIPO</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="4">CARACTERÍSTICAS GENERALES</td><td rowspan="10"> </td></tr>
<tr><td></td><td>ALTURA</td><td>ANCHO</td><td>LARGO</td></tr>
<tr><td></td><td>250 cm</td><td>190 cm</td><td>770 cm</td></tr>
<tr><td colspan="4">CARACTERÍSTICAS TECNICAS</td></tr>
<tr><td>Velocidad (s/vuelta)</td><td>Circunferencia (cm)</td><td>Cantidad de venda entregada por minuto (cm)</td><td>Velocidad (rpm)</td></tr>
<tr><td>23,93</td><td>16,96</td><td>42,51</td><td>2,51</td></tr>
<tr><td colspan="4">FUNCIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Máquina de crochet de alta eficiencia para la producción de una gama muy amplia de tejidos estrechos tanto rígidos como elásticos.</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
</table>

*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

- ✓ ***Productos fabricados y mercados atendidos***

***Productos fabricados***

En la Tabla 28 por medio de fotos tomadas por los autores, se presentaran cada una de las 20 referencias con las que cuenta la fábrica y las divisiones de vendas blancas elásticas o fijas y vendas color piel elásticas o fijas. (Ver

Anexos F para conocer todas las referencias de la fábrica)

*Tabla 28. Productos fabricados y listos para entregar.*

| Tipo | Color | Ancho (in) | Referencia | Producto | Representación |
|---|---|---|---|---|---|
| Venda elástica | Blanca | 2 | VEB 2 | Vendas Blancas Elásticas de 2 | |

*Fuente. Elaboración propia de los autores.*

***Mercados atendidos***

Los mercados atendidos por la fábrica de vendas son empresas que se encargan de empacar al menudeo las vendas, para sacarlas a la venta las cuales tienen en cuenta las normas de sanidad, de uso terapéutico, hospitalario y deportivo.

- ✓ ***Materias primas, insumos y empaques***

A continuación, se darán a conocer cuáles son las materias primas necesarias para hacer las 20 referencias de los productos con los que cuenta la fábrica, así mismo cuales son los insumos necesarios, y finalmente cuáles son los materiales.

***Materias primas***

Las 20 referencias se diferencian en las pulgadas del ancho de cada una de estas (2,3,4,5 o 6), que sean fijas o elásticas y los dos colores (Blancas o color piel). A continuación, se dará a conocer las materias primas que se utilizan en diferentes cantidades para cada una de estas 20 referencias.

- ✓ ***Poliéster blanco***

La materia prima que se necesita mayor cantidad para cualquiera de las 20 referencias de los productos con los que cuenta la fábrica, es el poliéster blanco. En la Foto 2, se puede observar en

las cajas que entregan los proveedores los rollos de poliéster blanco, la Foto 3 da a conocer el rollo de poliéster blanco, Foto 4.se puede observar como cubren los rollos de poliéster blanco con una bolsa transparente con el fin de evitar que se ensucien estos rollos.

*Foto 2.Caja de conos de poliéster blanco.*
*Fuente. Tomada por los autores (2018)*

*Foto 3. Cono de poliéster blanco.*
*Fuente. Elaboración propia (2018)*

*Foto 4.Conos de poliéster blanco con bolsa.*
*Fuente. Elaboración propia (2018)*

- ✓ ***Poliéster de color piel***

La materia prima que hace que las vendas color piel se diferencien de las vendas blancas es el poliéster color piel. Los proveedores entregan estos conos en una caja la cantidad depende de los kilos que se hayan pedido.

- ✓ ***Hilo Caucho***

La materia prima que es utilizada para hacer las vendas elásticas sean blancas o color piel es el hilo caucho. En Foto 5 se puede observar como vienen las tiras del hilo caucho en cada una de sus cajas, en la Foto 6 se puede dar a conocer en que parte de las máquinas se deben colocar las

cajas del hilo caucho cuando se vayan hacer vendas elásticas, y en la Foto 7, se presentan dos cajas las cuales se están uniendo, con el fin de obtener un hilo caucho más largo.

*Foto 5.Hilo caucho*
*Fuente. Elaboración propia (2018)*

*Foto 6.Cajas de hilo caucho.*
*Fuente. Elaboración propia (2018)*

*Foto 7.Cajas con hilo caucho.*
*Fuente. Elaboración propia (2018)*

***Proveedores***

Hay tres (3) proveedores cada uno es conforme a una de las tres (3) materias primas que se necesitan para los productos con los que cuenta la fábrica,

| Proveedor | Materia prima | Descripción | Foto |
|---|---|---|---|
| *Harmex* | *poliéster blanco* | "Harmex en una compañía 100% colombiana, dedicada a la comercialización de filamentos sintéticos y naturales desde el año de 1999, con presencia a nivel nacional, garantiza la distribución de aproximadamente 180 TM. mes de productos textiles. Harmex S.A. respalda el crecimiento, de la mediana industria en el negocio textil colombiano y es el oferente de la modernidad para cadena de producción." (Harmex S.A., s.f.) | |
| *Riperme* | *poliéster color piel* | "Riperme es una sociedad por acciones simplificadas matriculada el viernes 2 de diciembre de 1988 en la cámara de Cámara de comercio de Bogotá. Esta | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | empresa se dedica principalmente a confección de prendas de vestir, excepto prendas de piel.” (RIPERME SAS , 2014) | |
| *Uniccor* | *hilo caucho* | Se demora alrededor de 3 días en entregar las cajas de las tiras de hilo caucho. | |

Durante el proceso de investigación se encontró que la entrega de esta materia prima poliéster blanco llega dos días después del día en que se hace el pedido. Mientras que el proveedor Riperme se demora alrededor de treinta (30) días en entregar los rollos de poliéster color piel, después de que se hace el pedido. Por otro lado, durante el análisis y recolección de información se encontró que Uniccor hace entrega del pedido que se le realiza 3 días después.

***Insumos***

Los insumos que son utilizados durante el proceso de producción de cualquiera de las 20 referencias son agujas, aceite, gasolina, las abrazaderas, los peines y los tubos guía los cuales se presentan en la Tabla 29.

*Tabla 29. Insumos*

| Insumos | Descripción | Foto |
|---|---|---|
| Agujas | Como se ve en la Ilustración da a conocer los tres tipos de agujas que hay y que la referencia de cada una de estas agujas depende de la máquina. | |

| Insumos | Descripción | Foto |
|---|---|---|
| Abrazadoras | Son la conexión entre las agujas y las máquinas | |
| Soldar | El técnico generalmente debe hacer soldaduras con el aparato que se muestra en la Ilustración, para unir estas dos piezas ya que no venden las referencias exactas que se necesitan. | |
| Aceite | Aceite el cual es utilizado para agregarle un poco a las poleas, tuercas de las máquinas. | |
| Gasolina | La gasolina la cual es utilizada en el momento de cambios de referencias para limpiar las agujas | |
| Peines | Conocer los peines que son los encargados de separar cada uno de los hilos que tiene cada referencia de los productos | |

| Insumos | Descripción | Foto |
|---|---|---|
| Tubos guías | Los tubos guías son utilizados para poner entre hilo e hilo, de tal manera que cuando caiga uno significa que se acabó ese cono de hilo | |

*Fuente. Elaboración propia (2018)*

***Empaques – Rollos de bolsa transparente***

En cuanto al empaque de los rollos, hay dos empaques uno para las vendas elásticas y otro para las vendas fijas, el empaque de cada una de estas referencias varía porque el diámetro de los rollos de las referencias elásticas es menor, que el diámetro de las referencias fijas.

*Foto 8. Empaques del producto terminado.*

*Fuente. Elaboración propia (2018)*

- ✓ ***Empaque de vendas elásticas***

En la Foto 9 se puede observar el rollo de la bolsa transparente en la que se empacan los rollos de vendas elásticas, bien sean blancas o elásticas.

*Foto 9. Empaque de vendas elásticas blancas o color piel*

*Fuente. Elaboración propia (2018)*

- ✓ ***Empaque de vendas fijas***

En la Foto 10 se puede observar el rollo de la bolsa transparente en la que se empacan los rollos de vendas fijas, bien sean blancas o elásticas.

*Foto 10. Empaque de vendas fijas blancas o color piel.*

*Fuente. Elaboración propia (2018)*

***Marcación***

Como se puede observar en la Foto 11 es la manera en que la se marcan cada uno de los productos terminados. Esta marcación está compuesta por lote, fecha del día que se empaco y se enrollo, máquina en la que se produjo éste producto, la referencia en otras palabras que producto está empacado, y empacador, quién fue la persona que lo enrollo y lo empaco.

*Foto 11. Marcación del producto terminado*

*Fuente. Elaboración propia (2019)*

### 3.1.3. Descripción del proceso de producción

Para hacer una descripción precisa y concreta de todos los procesos que se deben hacer para obtener los productos (cualquiera de las 20 referencias) con los que cuenta la fábrica se presentaran las diferentes herramientas que se utilizaron en la Figura 38.

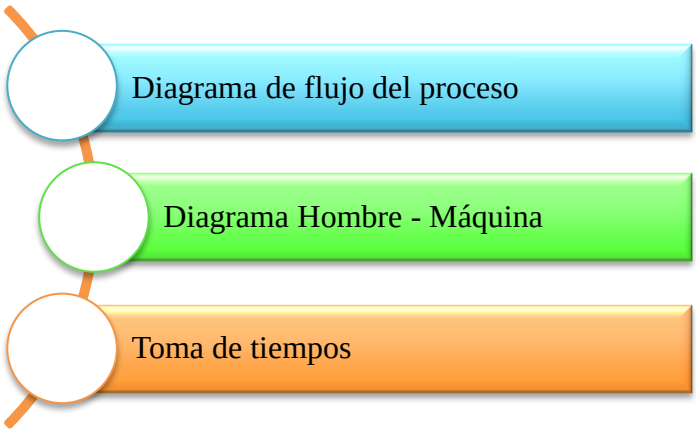



*Figura 38. Herramientas para la descripción del proceso de descripción.*

*Fuente. Elaboración propia*

***Diagrama de flujo del proceso de producción, enrollado y empaque***

En la Figura 39 y en la Figura 40 se pueden observar los diagramas de flujo del proceso de producción, enrollado y empaque, para obtener el producto terminado.

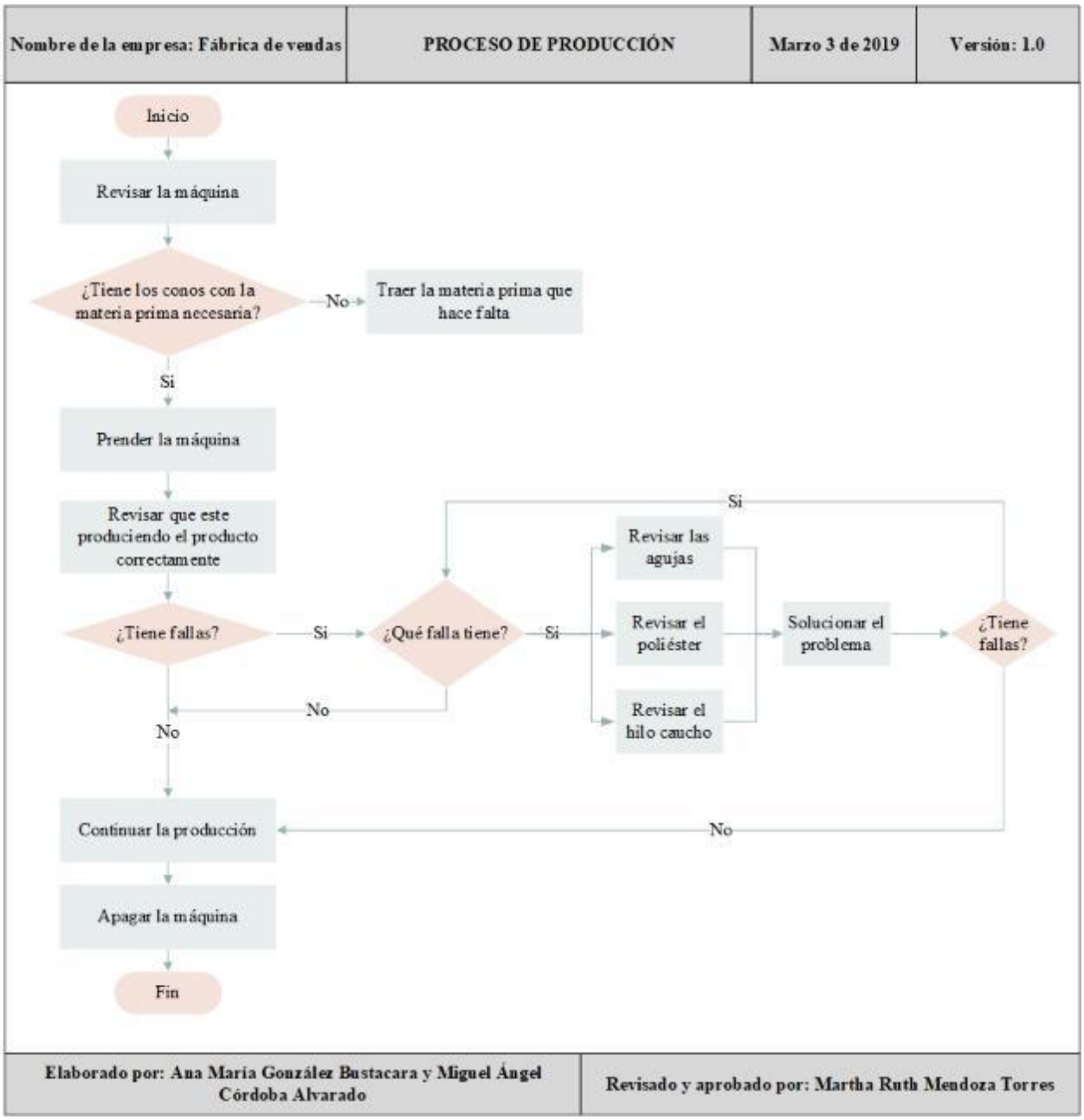



*Figura 39. Diagrama de flujo del proceso de producción*

*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

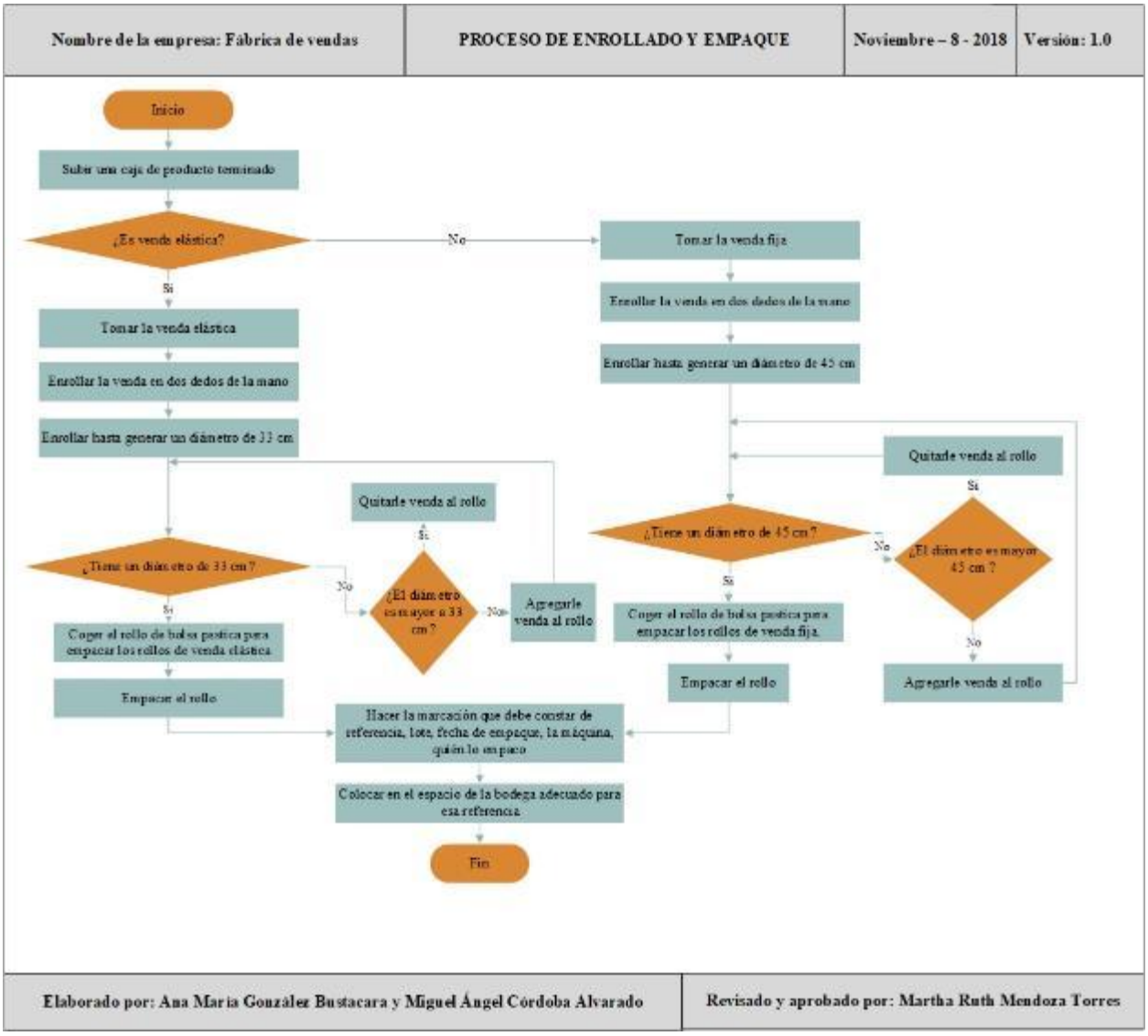



*Figura 40. Diagrama de flujo del proceso de enrollado y empaque*

*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

- ✓ ***Diagrama de flujo de cambio de referencia***

En cuanto al cambio de referencia se encontró que solo uno de los operarios sabe hacer el cambio en cualquiera de las 10 máquinas, de cualquiera de las 20 referencias con las que cuenta la fábrica. Por otro lado, no tienen un manual o un diagrama de flujo que explique el proceso que se debe seguir hacer el cambio de referencia.

Por lo tanto, se planteó un diagrama de flujo para explicar cómo se deben hacer los cambios de referencia de cada una de las 20 con las que cuenta la fábrica, en

Anexos G se encuentran cada uno de los diagramas de flujo para hacer los cambios, de cada una de las referencias.

En la Figura 41 se puede observar el inicio del proceso de cambio de referencia, y en el

Anexos G se dará a conocer el diagrama de flujo de cambio de referencia completo.

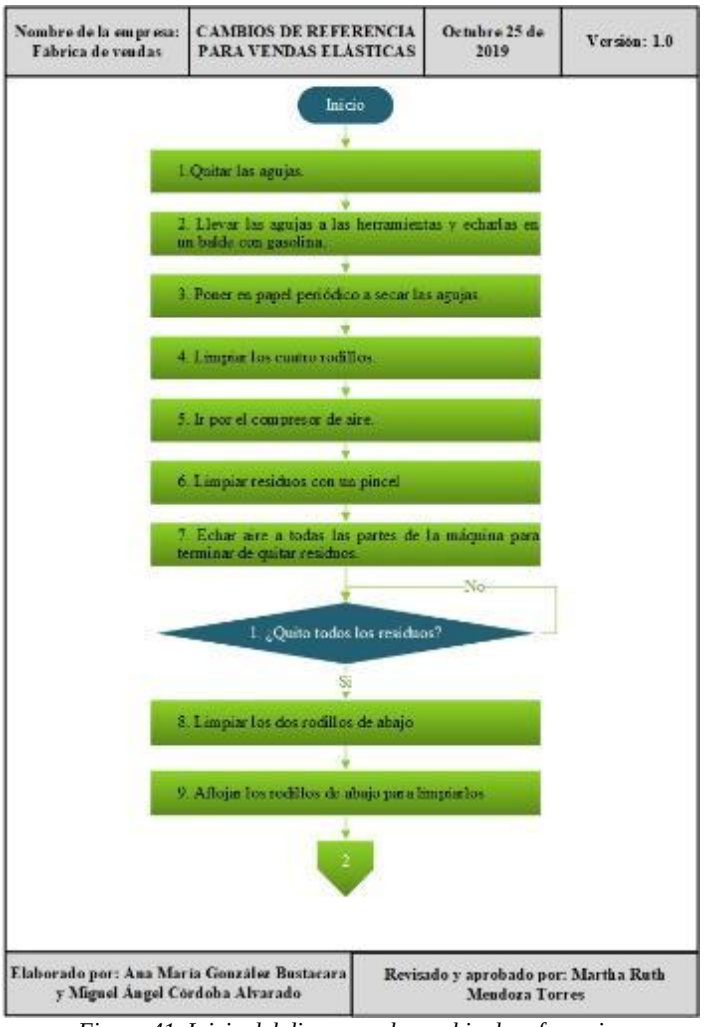



*Figura 41. Inicio del diagrama de cambio de referencia.*
*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

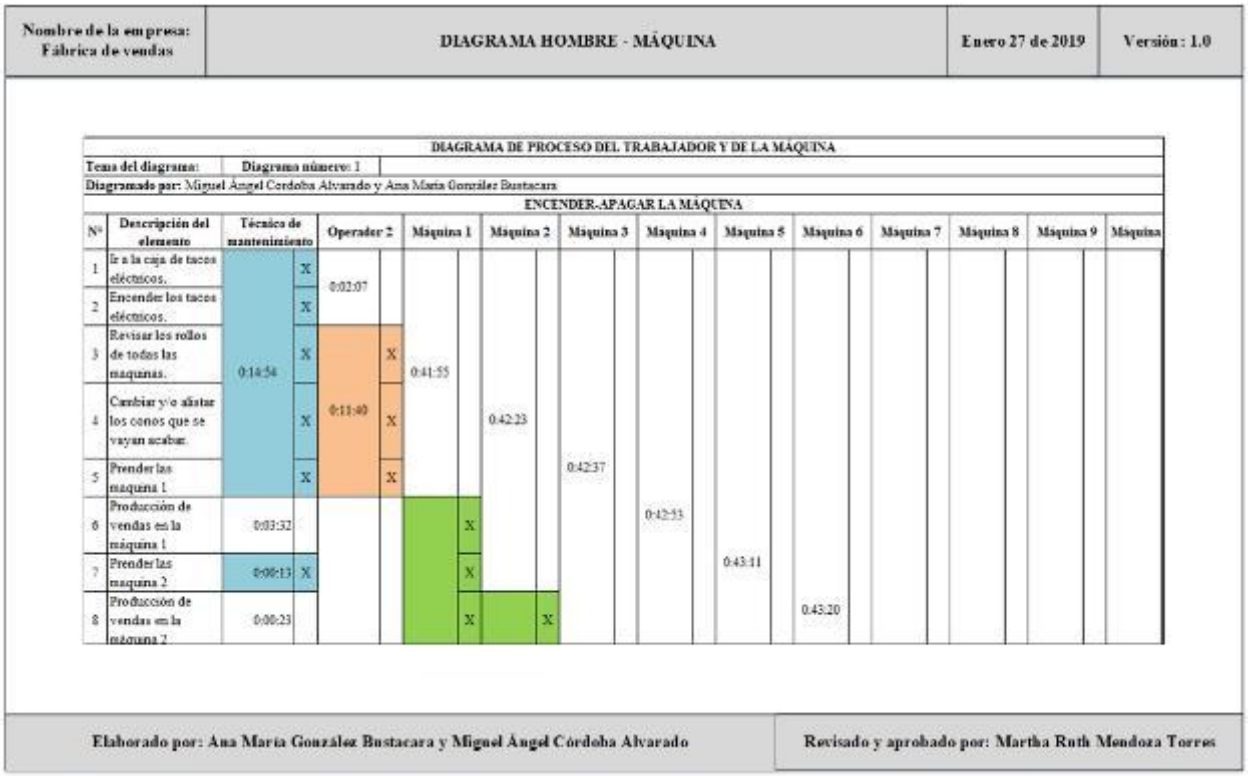
***Diagrama hombre – Máquina***

A continuación en la Tabla 30, los tiempos de los que hace uso cada uno de los operarios y cada uno de las máquinas, y se analizaron por medio de un diagrama Hombre – Máquina.

El diagrama de hombre-máquina (ver

Anexos M) se construyó con el fin de saber el tiempo ocioso de cada uno de los operarios, cuál es su rutina, y por otro lado saber cuál es el tiempo ocio y de trabajo de cada una de las máquinas. Por medio de este diagrama se pudo analizar que la producción de las vendas depende del trabajo de las máquinas y que no de los operarios.

*Tabla 30. Diagrama de procesos del trabajo y de las máquinas.*



| Nombre de la empresa: Fábrica de vendas | DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA | Enero 27 de 2019 | Versión: 1.0 |
|---|---|---|---|

DIAGRAMA DE PROCESO DEL TRABAJADOR Y DE LA MÁQUINA

Tema del diagrama: Diagrama número: 1

Diagramado por: Miguel Ángel Cordoba Alvarado y Ana Maria Gonzalez Bustacara

ENCENDER-APAGAR LA MÁQUINA

| Nº | Descripción del elemento | Técnico de mantenimiento | | Operador 2 | | Máquina 1 | | Máquina 2 | | Máquina 3 | Máquina 4 | Máquina 5 | Máquina 6 | Máquina 7 | Máquina 8 | Máquina 9 | Máquina |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ir a la caja de tacos eléctricos. | 0:14:54 | X | 0:02:07 | | 0:41:55 | | 0:42:23 | | 0:42:37 | 0:42:53 | 0:43:11 | 0:43:20 | | | | |
| 2 | Encender los tacos eléctricos. | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Revisar los rollos de todas las maquinas. | | X | 0:11:40 | X | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Cambiar y/o añstar los conos que se vayan acabar. | | X | | X | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Prender las maquina 1 | | X | | X | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Producción de vendas en la máquina 1 | 0:03:32 | | | | | X | | | | | | | | | | |
| 7 | Prender las maquina 2 | 0:00:13 | X | | | | X | | | | | | | | | | |
| 8 | Producción de vendas en la máquina 2 | 0:00:23 | | | | | X | | X | | | | | | | | |

| Elaborado por: Ana Maria González Bustacara y Miguel Ángel Córdoba Alvarado | Revisado y aprobado por: Martha Ruth Mendoza Torres |
|---|---|

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

La siguiente Tabla 31 muestra los tiempos ociosos de los operarios.

*Tabla 31. Tiempos ociosos y horas hombre por ciclos*

| | |
|---|---|
| Tiempo ocioso por ciclo | 08:14:54 |
| Tiempo de hombres | 00:45:06 |
| Horas hombre por ciclo | 09:00:00 |

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

Como puede observar en la Tabla 31 que se presentó anteriormente, el tiempo que emplean los operarios de aproximadamente 45 minutos. A diferencia de las máquinas, en la siguiente Tabla 32 se encuentra el tiempo que permanece operando cada una de las máquinas que hay en la

fábrica, y se puede observar que de las 9 horas de operación en la fábrica en promedio 8 dependen de las máquinas.

*Tabla 32. Horas ociosas de las máquinas, productividad de las máquinas y tiempo del ciclo de las máquinas.*

| | |
|---|---|
| Horas ociosas de la máquina | 00:54:56 |
| Horas Productivas de la máquina | 08:05:04 |
| Tiempo del ciclo de la máquina | 09:00:00 |

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

El diagrama hombre- máquina demuestra que en el área de la hilandería la producción depende más que todo de las máquinas, y que cada máquina es muy independiente.

Teniendo en cuenta los resultados que se presentaron anteriormente, se puede concluir que hay dos operarios que hacen casi el mismo trabajo durante el transcurso del día, y que las máquinas operan al mismo tiempo, la diferencia de tiempo fue gracias a las fallas que presento cada una de las máquinas, y que dependiendo la falla unas se demoran más que otras en regresar a funcionar.

## 3.2. Planeación de la producción

Para el diagnóstico de la planeación de la producción se utilizaron las herramientas que se dan a conocer en la Figura 42.

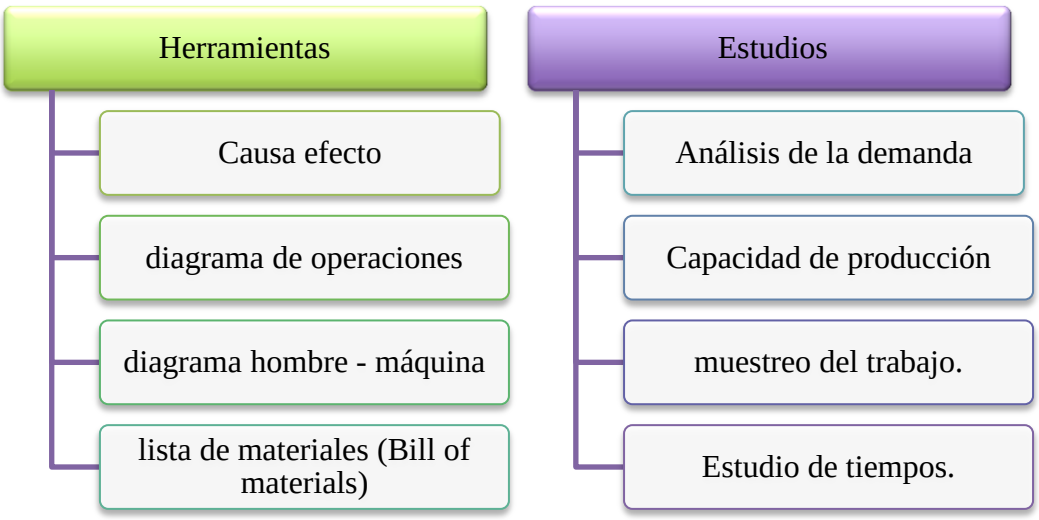



*Figura 42. Herramientas y estudios del diagnóstico de la planeación de la producción.*

*Fuente. Elaboración propia de los autores.*

### 3.2.1. Causa – Efecto

En la Figura 43 que se muestra a continuación, y con el uso de la metodología de las 6 M´s, se indican cuáles son las causas inicialmente identificadas que provocan que la productividad de la fábrica esté desequilibrada frente a la demanda

*Figura 43. Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto) de la fábrica de ventas.*
*Fuente. Elaboración propia del autor con base en información proporcionada por la fábrica.*

El uso de esta herramienta evidencia que no hay ninguna causa en específico que provoque las falencias de la producción de las vendas, sino que los inconvenientes que se presenta se dan por distintos factores. La productividad de la fábrica se ve afectada porque no es acorde a la demanda debido a que no existe un análisis comparativo de ésta con la producción, y simplemente mantienen operando las máquinas, además que hay un desconocimiento de la capacidad productiva de la fábrica.

A continuación, se explicará cada una de las causas que se encontraron:

*Tabla 33. Diagrama de causa – efecto.*

| Causas | Raíces de las causas |
|---|---|
| **Máquinas y Equipos** | Maquinaria antigua. Las 10 máquinas que están operando actualmente son modelo 1996. Son máquinas que debido a su antigüedad presentan fallas "constantes" en su funcionamiento, y son de difícil mantenimiento. |
| **Máquinas y Equipos** | Diferencia de productividad entre máquinas. La velocidad de producción de las máquinas es distinta debido a que su marca, potencia y referencia cambia. |
| **Máquinas y Equipos** | Demora en máquinas para cambio de producto. Al ser una máquina antigua, su manejo es netamente manual, lo que provoca que el monte y desmonte de referencias sea un proceso muy largo, ya que dura en promedio más de10 horas. |
| **Mano de obra** | Cada operador, en especial el técnico, tiene una función en específico incluyendo los cambios de referencia, lo que provoca que el cambio de referencia que hace esta persona, por lo tanto no hay otra persona que pueda hacer esto. |
| **Mano de obra** | Desconocimiento del proceso en su totalidad. Los operadores no están totalmente familiarizados con el proceso, sino que cada uno hace el trabajo que se le asigna. |
| **Mano de obra** | Falta de colaboración entre el personal. Al ver que un operario cuenta con un retraso en sus labores de trabajo, las otras personas no acuden a la colaboración de esta persona. |
| **Mano de obra** | Conflictos entre el personal. Al ser tan pocos operarios, los conflictos son más frecuentes debido a que la atención prestada a cada uno de ellos es mayor. |
| **Métodos** | Métodos de cambios de referencia. Esperar a que se termine una referencia para hacer el recambio, el cambio de referencia sucede en el momento en que en el inventario de dicha referencia llega a cero (0); en ese momento se vuelve a comenzar con la producción de la referencia. |
| **Métodos** | Método de Producción variable. No existe un método estandarizado de producción, sino que este es empírico. |
| **Métodos** | Método de recambio de referencias es demasiado largo. El cambio de alguna referencia en una máquina es de aproximadamente 2 días. |
| **Administración o mediciones** | Falta de personal operativo. En algunas épocas del año, los dueños de la fábrica se ven obligados a contratar por algunos días a una o dos personas más para apoyar al personal de planta y aumentar su producción. |
| **Administración o mediciones** | Falta medición de productividad. La fábrica desconoce la relación entre salidas y entradas, y solo se dedican a producir. |
| **Administración o mediciones** | Falta de programación de aseo. El aseo que se hace por parte del personal es muy poco. |
| **Administración o mediciones** | Falta medición de desperdicios. Los desperdicios de algunos procesos, como por ejemplo el daño de una aguja, cambio de referencia, no son tenidos en cuenta y no se miden. |
| **Administración o mediciones** | Falta control de nivel de inventario. El inventario de producto terminado es variable y en muchos casos hay demasiadas unidades sin despachar. |

| Causas | Raíces de las causas |
|---|---|
| **Administración o mediciones** | Exceso de materia prima. En algunas ocasiones la materia prima debe ser almacenada por un largo periodo de tiempo debido al exceso. |
| **Materiales** | El hilo se revienta durante la producción. Durante la producción, en algunos casos, la tira de hilo se revienta y debe ser detenida esa máquina por ciertos momentos. |
| **Materiales** | Daño de la materia prima. El poliéster (Hilo) empieza a coger un color amarillo al tercer mes de almacenado. |
| **Materiales** | El hilo-caucho se pega durante la producción. El caucho desprende un químico durante su paso por los rodillos, esto provoca que se puedan romper por el polvillo que suelta. |

*Fuente. Elaboración propia del autor*

Para concluir el diagrama causa – efecto demostró que la fábrica de vendas no cuenta con un sistema de planeación, programación y control de la producción, que donde más se encontraron causas fue en la parte administrativa, ya que realmente la fábrica no cuenta con un personal que sea el que tome con argumentos las decisiones de hacer cambios de referencia, de comprar la materia prima necesaria, de manejar el personal que se encuentra en la hilandería y en el área de enrollado y empaque, que distribuya bien las cargas de trabajo del personal de la fábrica.

### 3.2.2. Actividades productivas de la fábrica (muestreo del trabajo)

En este numeral se dan a conocer las actividades productivas de la fábrica y cómo se encuentra actualmente trabajando. Se elabora un muestreo del trabajo, por medio del cual de identifica el porcentaje de fallas de las máquinas, con el fin de saber cuál es su verdadero tiempo productivo y las operaciones que tiene cada una de las máquinas de la fábrica.

Los pasos que se muestran a continuación en la Figura 44, son los que se aplicaron al momento en que se hizo el muestreo del trabajo.

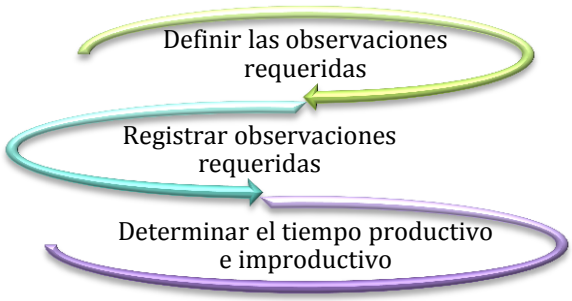



*Figura 44. Estructura del muestreo del trabajo.*
*Fuente. Elaboración propia del autor*

Por lo tanto, se hizo una toma de tiempos para saber cuáles con las fallas que tiene cada una de las máquinas. La Ecuación 24 es la que determina el número necesario de observaciones que se deben tomar.

$$N = 3{,}84 * \left(\frac{pq}{e^2}\right)$$

*Ecuación 24. Determinación de número necesario de observaciones.*

*Fuente. (Freivalds, 2009)*

Cómo se puede ver en la Ecuación 24, el número de observaciones depende de p que es el porcentaje verdadero de ocurrencias del elemento que se observa, expresado como decimal, q que es igual a 1-p, en otras palabras, la probabilidad de una ausencia de ocurrencia, n es el número de observaciones, l que es el límite de error y dónde 1.96 es el valor de z, para un 95% del nivel de confianza, por lo tanto $z^2$ es 3,84.

$$N = \frac{3{,}84 * 0{,}5 * 0{,}5}{(0{,}05)^2} = 384$$

*Ecuación 25. Número de observaciones requeridas.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica*

Significa que se requiere realizar 384 observaciones para determinar el porcentaje de fallas cada una de las máquinas con las que cuenta la fábrica, como se puede observar en la Ecuación 25.

### *Aplicación del muestreo de trabajo*

La aplicación que tiene esta metodología en el presente trabajo de grado, es determinar los porcentajes de fallas de cada una de las 10 máquinas de la fábrica. En

Anexos J se encuentra la tabla del muestreo del trabajo.

En la siguiente Tabla 34 se muestran los resultados que se obtuvieron del muestreo del trabajo:

*Tabla 34. Porcentaje de fallas de las máquinas de la fábrica.*

| N° | Máquina | Operando | Fallas |
|---|---|---|---|
| 1 | Máquina 1 | 95,73% | 4,27% |
| 2 | Máquina 2 | 97,93% | 2,07% |
| 3 | Máquina 3 | 97,40% | 2,60% |
| 4 | Máquina 4 | 98,98% | 1,02% |
| 5 | Máquina 5 | 97,95% | 2,05% |
| 6 | Máquina 6 | 97,18% | 2,82% |
| 7 | Máquina 7 | 94,85% | 5,15% |
| 8 | Máquina 8 | 98,72% | 1,28% |
| 9 | Máquina 9 | 97,71% | 2,29% |
| 10 | Máquina 10 | 98,22% | 1,78% |
| | **% Promedio de trabajo** | **97,47%** | |

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

La Tabla 34 da a conocer que el porcentaje de fallas de las máquinas es corto, debido a que en promedio las máquinas trabajan el 97,47% del tiempo que están activas.

En la siguiente Figura 45 se muestra el porcentaje de producción de la máquina 1 y cuáles fueron las fallas que se presentaron en ésta en

Anexos J se encuentran los resultados para todas las máquinas.

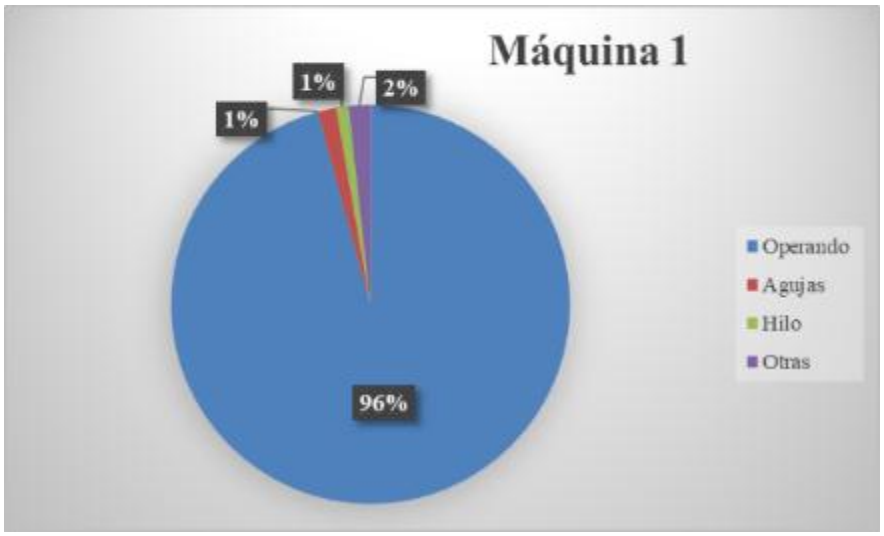



*Figura 45. Gráfica del porcentaje de operación y de fallas de la Máquina 1.*

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

### 3.2.3. Análisis de la capacidad de la producción de las máquinas

Posterior a la toma de tiempos de producción de cada máquina, se procede a realizar un análisis de la capacidad de producción de cada una. Cada una de las 10 máquinas entregan la venda lista para el enrollado y el empacado a través de los rodillos de salida, de cierto diámetro distinto para cada máquina. A pesar que las máquinas realizan la misma función, y son muy parecidas en su composición y tamaño, estas varían la velocidad de producción debido a que existen dos marcas de máquinas, la potencia de los motores varía, entre otros. Se analizaron las máquinas individualmente, para luego hacer un recuento de toda la información de la capacidad de producción de las máquinas y sacar un total y un promedio de lo que las máquinas producen diariamente.

*Tabla 35. Capacidad de producción de las máquinas de la fábrica.*

| | **Diámetro rodillo (cm)** | **Tiempo en dar una vuelta (segundos/vuelta)** | **Circunferencia rodillo (cm)** | **Cantidad de venda entregada por minuto (cm)** | **Velocidad (rpm)** |
|---|---|---|---|---|---|
| Máquina 1 | 5,4 | 23,93 | 16,96 | 42,51 | 2,51 |
| Máquina 2 | 5,5 | 27,23 | 17,27 | 38,05 | 2,20 |
| Máquina 3 | 5,4 | 51,7 | 16,96 | 19,68 | 1,16 |
| Máquina 4 | 5,3 | 26,48 | 16,64 | 37,71 | 2,27 |
| Máquina 5 | 5,9 | 31,47 | 18,53 | 35,32 | 1,91 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Máquina 6 | 5,5 | 43,09 | 17,27 | 24,05 | 1,39 |
| Máquina 7 | 6 | 40,18 | 18,84 | 28,13 | 1,49 |
| Máquina 8 | 4,4 | 23,57 | 13,82 | 35,17 | 2,55 |
| Máquina 9 | 4,4 | 23,14 | 13,82 | 35,82 | 2,59 |
| Máquina 10 | 4,6 | 21,63 | 14,44 | 40,07 | 2,77 |
| **PROMEDIO** | **5,24** | **31,242** | **16,45** | **33,65** | **2,08** |
| | | | **TOTAL** | **336,52** | |

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

Teniendo en cuenta los resultados que se obtuvieron en el muestreo del trabajo que se presentan en la Tabla 35, se puede concluir que la diferencia de velocidades es notable entre algunas máquinas, lo que no se tiene en cuenta por parte de los dueños ni de los operarios y que puede llevar a un incorrecto aprovechamiento de la capacidad productiva de la fábrica. Por ejemplo, la máquina 1 comparada con la máquina 3, es el doble de productiva. Esto se debería tener en cuenta a la hora de realizar un cambio de referencia, o de calcular los tiempos de producción de un pedido. (Ver **Anexos L**)

Teniendo en cuenta los resultados que se obtuvieron a continuación se presenta una matriz (Tabla 36) donde se da a conocer cuánto se puede producir de cada una de las referencias en cada una de las máquinas. Así mismo se debe tener en cuenta, que está es la capacidad cuando duran las 9 horas funcionando, ninguna de las máquinas presenta fallas, y no hay cambios de referencias.

*Tabla 36. Matriz de la capacidad de producción.*

| | | | KG DE VENDA EN CADA MÁQUINA POR HORA | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** |
| | | **Velocidad (m/día)** | **612,144** | **547,92** | **283,392** | **543,024** | **508,608** | **346,32** | **405,072** | **506,448** | **515,808** | **577,008** |
| **Tiras** | **Referencia** | **Kg/m** | | | | | | | | | | |
| 8 | VEB 2 | 0,02 | 8,2 | 7,3 | 3,8 | 7,2 | 6,8 | 4,6 | 5,4 | 6,8 | 6,9 | 7,7 |
| 6 | VEB 3 | 0,02 | 7,3 | 6,6 | 3,4 | 6,5 | 6,1 | 4,2 | 4,9 | 6,1 | 6,2 | 6,9 |
| 6 | VEB 4 | 0,02 | 9,4 | 8,4 | 4,3 | 8,3 | 7,8 | 5,3 | 6,2 | 7,8 | 7,9 | 8,8 |
| 4 | VEB 5 | 0,03 | 7,6 | 6,8 | 3,5 | 6,8 | 6,3 | 4,3 | 5,0 | 6,3 | 6,4 | 7,2 |
| 4 | VEB 6 | 0,03 | 9,0 | 8,0 | 4,2 | 8,0 | 7,5 | 5,1 | 5,9 | 7,4 | 7,6 | 8,5 |
| 8 | VFB 2 | 0,01 | 4,9 | 4,4 | 2,3 | 4,3 | 4,1 | 2,8 | 3,2 | 4,1 | 4,1 | 4,6 |
| 6 | VFB 3 | 0,01 | 4,5 | 4,0 | 2,1 | 4,0 | 3,7 | 2,5 | 3,0 | 3,7 | 3,8 | 4,2 |
| 6 | VFB 4 | 0,02 | 6,5 | 5,8 | 3,0 | 5,8 | 5,4 | 3,7 | 4,3 | 5,4 | 5,5 | 6,2 |
| 4 | VFB 5 | 0,02 | 5,4 | 4,9 | 2,5 | 4,8 | 4,5 | 3,1 | 3,6 | 4,5 | 4,6 | 5,1 |
| 4 | VFB 6 | 0,02 | 6,0 | 5,4 | 2,8 | 5,3 | 5,0 | 3,4 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 5,6 |
| 8 | VEP 2 | 0,02 | 8,7 | 7,8 | 4,0 | 7,7 | 7,2 | 4,9 | 5,8 | 7,2 | 7,3 | 8,2 |
| 6 | VEP 3 | 0,02 | 7,8 | 6,9 | 3,6 | 6,9 | 6,4 | 4,4 | 5,1 | 6,4 | 6,5 | 7,3 |
| 6 | VEP 4 | 0,03 | 11,0 | 9,9 | 5,1 | 9,8 | 9,2 | 6,2 | 7,3 | 9,1 | 9,3 | 10,4 |
| 4 | VEP 5 | 0,03 | 9,0 | 8,0 | 4,2 | 8,0 | 7,5 | 5,1 | 5,9 | 7,4 | 7,6 | 8,5 |
| 4 | VEP 6 | 0,04 | 9,8 | 8,8 | 4,5 | 8,7 | 8,1 | 5,5 | 6,5 | 8,1 | 8,3 | 9,2 |
| 8 | VFP 2 | 0,01 | 5,4 | 4,9 | 2,5 | 4,8 | 4,5 | 3,1 | 3,6 | 4,5 | 4,6 | 5,1 |
| 6 | VFP 3 | 0,01 | 4,9 | 4,4 | 2,3 | 4,3 | 4,1 | 2,8 | 3,2 | 4,1 | 4,1 | 4,6 |
| 6 | VFP 4 | 0,02 | 8,2 | 7,3 | 3,8 | 7,2 | 6,8 | 4,6 | 5,4 | 6,8 | 6,9 | 7,7 |
| 4 | VFP 5 | 0,03 | 6,8 | 6,1 | 3,1 | 6,0 | 5,7 | 3,8 | 4,5 | 5,6 | 5,7 | 6,4 |
| 4 | VFP 6 | 0,03 | 6,8 | 6,1 | 3,1 | 6,0 | 5,7 | 3,8 | 4,5 | 5,6 | 5,7 | 6,4 |

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

### 3.2.4. Estudio de tiempos

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, una vez establecidos los elementos que componen las operaciones, se procedió a realizar un estudio piloto para calcular el tamaño de muestra, el cual consta de 12 observaciones por cada elemento para determinar cuántas observaciones fueron necesarias para llegar a un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de ± 5%.

En la Tabla 37 se puede observar los resultados que se obtuvieron con el estudio piloto.

*Tabla 37. Observaciones del estudio piloto.*

| **FORMA PARA OBSERVACIÓN DE ESTUDIO DE TIEMPOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Estudio núm.:** | | **1** | | | | **Fecha:** | | | | **16 de Noviembre del 2018** | | | | | | | | **Página** | | | | **1** | | | |
| **Operación:** | | **Enrollar las vendas** | | | | **Operador:** | | | | **Responsable de producción** | | | | | | | | **Observador:** | | | | **Ana María González Bustacara y Miguel Ángel Córdoba Alvarado** | | | |
| **Número de elemento y descripción** | | **1** | **Tomar la venda** | | | **2** | **Enrollar la venda** | | | **3** | **Dar vueltas sobre la mesa** | | | **4** | **Recortar las imperfecciones** | | | **5** | **Dar vueltas sobre la mesa** | | | **6** | **Medir el diámetro adecuado del rollo** | | |
| **Nota** | **Ciclo** | **C** | **LC** | **TO** | **TN** | **C** | **LC** | **TO** | **TN** | **C** | **LC** | **TO** | **TN** | **C** | **LC** | **TO** | **TN** | **C** | **LC** | **TO** | **TN** | **C** | **LC** | **TO** | **TN** |
| | 1 | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | 7 | 1 | | | 10 | 3 | | | 29 | 19 | | | 48 | 19 | | | 58 | 10 | | | 143 | 85 | |
| | 3 | | 3179 | 2 | | | 3181 | 2 | | | 3199 | 18 | | | 3220 | 21 | | | 3232 | 12 | | | 3315 | 83 | |
| | 4 | | 6487 | 1 | | | 6490 | 3 | | | 6507 | 17 | | | 6528 | 21 | | | 6537 | 9 | | | 6622 | 85 | |
| | 5 | | 9825 | 2 | | | 9829 | 4 | | | 9845 | 16 | | | 9865 | 20 | | | 9875 | 10 | | | 9961 | 86 | |
| | 6 | | 13191 | 3 | | | 13194 | 3 | | | 13209 | 15 | | | 13230 | 21 | | | 13242 | 12 | | | 13329 | 87 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | | 16589 | 1 | | | 16592 | 3 | | | 16606 | 14 | | | 16626 | 20 | | | 16636 | 10 | | | 16724 | 88 | |
| | 8 | | 20018 | 2 | | | 20021 | 3 | | | 20039 | 18 | | | 20060 | 21 | | | 20072 | 12 | | | 20158 | 86 | |
| | 9 | | 23480 | 3 | | | 23483 | 3 | | | 23501 | 18 | | | 23522 | 21 | | | 23534 | 12 | | | 23614 | 80 | |
| | 10 | | 26964 | 1 | | | 26967 | 3 | | | 26984 | 17 | | | 27003 | 19 | | | 27013 | 10 | | | 27093 | 80 | |
| | 11 | | 30479 | 1 | | | 30483 | 4 | | | 30500 | 17 | | | 30519 | 19 | | | 30530 | 11 | | | 30610 | 80 | |
| | 12 | | 34030 | 1 | | | 34032 | 2 | | | 34050 | 18 | | | 34068 | 18 | | | 34079 | 11 | | | 34164 | 85 | |

*Fuente. Elaboración propia con base en la teoría de Ingeniería Industrial de Niebel métodos, estándares y diseño del trabajo. Astrid Freivalds y Benjamin W. Niebel. (2014)*

***Registro de los tiempos observados***

En este trabajo de grado se usó el primer método con el fin de registrar el estudio de tiempos. Se procedió a registrar el tiempo de cada elemento según el número de observaciones que arrojó el estudio piloto. Luego, se consolidaron y se calculó el tiempo observado, que es hallar el promedio de todos los tiempos encontrados. En la presente Tabla 38 se muestran los resultados y la desviación estándar de cada uno de estos tiempos:

*Tabla 38. Resultados y desviación*

| **Total** | 18 | 33 | 187 | 220 | 119 | 925 | 13 | 1583 | 31 | 77 | 109 | 310 | 536 | 631 | 1573 | 1589 | 1593 | 1612 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Calificación** | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 |
| **TN Total (m)** | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 10 | 0 | 17 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 7 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| **Número de observaciones** | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| **TN promedio (m)** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **% de holgura** | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| **Tiempo estándar elemental (m)** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| **Número de ocurrencias** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Tiempo estándar (m)** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| **Media** | 1 | 3 | 17 | 20 | 11 | 84 | 1 | 144 | 3 | 7 | 10 | 28 | 48 | 57 | 143 | 144 | 145 | 146 |
| **Desviación Estándar** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| **Media** | 10 | | | | | | 10 | | | | | | 103 | | | | | |
| **MEDIA TOTAL** | **32** | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Fuente. Elaboración propia con base en la información de la fábrica y en la teoría de Ingeniería Industrial de Niebel métodos, estándares y diseño del trabajo. Astrid Freivalds y Benjamin W. Niebel. (2014)*

### *Valoración del ritmo de trabajo*

Dadas estas calificaciones, se hizo uso y se encontró en la fábrica que el operario encargado de enrollar y empacar cuenta con un factor de calificación de 1,08 como se muestra en la figura presente a continuación.

*Tabla 39. Estudio de calificación.*

| **ESTUDIO DE CALIFICACIÓN** | |
|---|---|
| HABILIDADES | 0,06 |
| ESFUERZO | 0 |
| CONDICIONES | 0,04 |
| CONSISTENCIA | 0 |
| TOTAL | 0,08 |
| **FACTOR DE CALIFICACIÓN** | **1,08** |

*Fuente. Elaboración propia de los autores con base en los métodos para calificar de Ingeniería industrial de Niebel métodos, estándares y diseño del trabajo. Freivalds &. Niebel (2014)*

### *Determinación de suplementos u holguras constantes*

Para definir las calificaciones otorgadas que se presentan a continuación en la Tabla 40, fue necesario realizar observaciones de las condiciones de trabajo y las implicaciones físicas que requiere cada actividad (enrollar y empacar) de cada una de las referencias con las que cuenta la fábrica.

*Tabla 40. Holguras recomendadas por ILO.*

| A. HOLGURA CONSTANTES | | |
|---|---|---|
| | Puntuación recomendada | Puntuación de la fábrica |
| 1. Holgura personal | 5 | 5 |
| 2. Holgura por fatiga básica | 4 | 4 |
| B. HOLGURAS VARIABLES | | |
| | Puntuación recomendada | Puntuación de la fábrica |
| 1. Holgura por estar parado | 2 | 2 |
| 2. Holgura por posición anormal: | | |
| b) Incómoda (flexionado) | 2 | 2 |
| Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar): Peso levantado, lb: | | |
| 45 | 11 | 11 |
| 4. Mala iluminación: | | |
| b) Bastante abajo de lo recomendado | 2 | 2 |
| 5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable | 0-100 | 0 |
| 6. Atención cercana: | | |
| b) Trabajo fino o exacto | 2 | 2 |
| 7. Nivel de ruido | | |
| c) Intermitente: muy fuerte | 5 | 5 |
| 8. Esfuerzo mental: | | |
| b) Espacio de atención compleja o amplia | 4 | 4 |
| 9. Monotonía: | | |
| c) Alta | 4 | 4 |
| 10. Tedio: | | |
| c) Muy tedioso | 5 | 5 |
| TOTAL | | 46 |

*Fuente. Elaboración propia de los autores con base en Freivalds & Niebel (2014)*

### 3.2.5. Lista de materiales (*Bill of Materials*)

Para establecer cuáles son los materiales y la cantidad que se necesitan de cada uno de estos para la producción de cada una las referencias, se hará uso del *Bill Materials*

***Lista de materiales (Bill Of Materials) de las vendas elásticas blancas de 2.***

En la Figura 46 que se muestra a continuación, da a conocer los materiales que se necesitan para hacer venda elástica blanca de 2. Los materiales de las otras referencias se encuentran en los Anexos I.

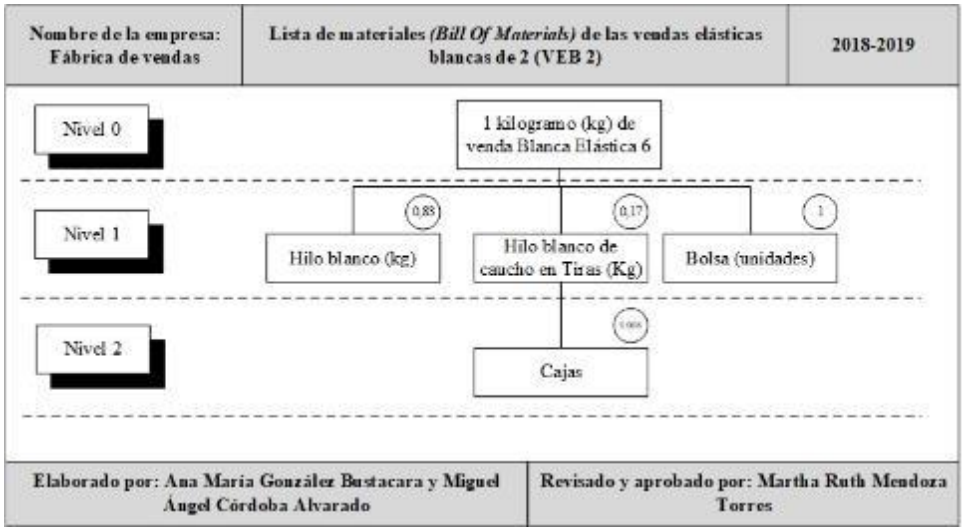



*Figura 46. Bill materials de venda elástica blanca de 2.*
*Fuente. Elaboración propia.*

Esto es importante, ya que da a conocer cuántos materiales se necesitan para cada una de las referencias y al momento en que se plantea el MPS, se sepa la cantidad de materiales que se requieren.

La Tabla 41, Tabla 42, Tabla 43 y Tabla 44 el requerimiento de materia prima por 1 kilogramo (Kg) de cada una de las 20 referencias con las que cuenta la fábrica.

***Vendas elásticas blancas (VEB)***

Para las referencias de las de vendas elásticas blancas en la Tabla 41 se presenta la cantidad de materia prima necesaria para la producción de 1 kilogramo de cada una de las 5 referencias de venda elástica blanca.

*Tabla 41. Requerimiento de materia prima para venda elástica blanca*

| | VEB | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Materia Prima | % | 2" | 3" | 4" | 5" | 6" | **TOTAL (Kg)** |
| Poliéster Blanco | 83% | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 4,15 |
| Poliéster Piel | 0% | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Hilo caucho | 17% | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,85 |

*Fuente. Elaboración propia.*

***Vendas fijas blancas (VFB)***

Para las referencias de vendas fijas blancas en la Tabla 42 se presenta la cantidad de materia prima necesaria para la producción de 1 kilogramo de cada una de las 5 referencias de venda fija blanca.

*Tabla 42. Requerimiento de materia prima para venda fija blanca*

| | VFB | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Materia Prima | % | 2" | 3" | 4" | 5" | 6" | **TOTAL (Kg)** |
| Poliéster Blanco | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 5,00 |
| Poliéster Piel | 0% | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Hilo caucho | 0% | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

*Fuente. Elaboración propia.*

***Venda elástica piel (VEP)***

Para las referencias de las de vendas elásticas color piel en la Tabla 43 se presenta la cantidad de materia prima necesaria para la producción de 1 kilogramo de cada una de las 5 referencias de venda elástica piel.

*Tabla 43. Requerimiento de materia prima para venda elástica piel.*

| | VEP | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Materia Prima | % | 2" | 3" | 4" | 5" | 6" | **TOTAL (Kg)** |
| Poliéster Blanco | 66% | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 3,30 |
| Poliéster Piel | 17% | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,85 |
| Hilo caucho | 17% | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 3,30 |

*Fuente. Elaboración propia.*

***Venda fija piel (VFP)***

Para las referencias de las de vendas fijas color piel en la Tabla 44 se presenta la cantidad de materia prima necesaria para la producción de 1 kilogramo de cada una de las 5 referencias de venda fija piel.

*Tabla 44. Requerimiento de materia prima para venda fija piel.*

| | VFP | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Materia Prima | % | 2" | 3" | 4" | 5" | 6" | **TOTAL (Kg)** |
| Poliéster Blanco | 80% | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 4,00 |
| Poliéster Piel | 20% | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 1,00 |
| Hilo caucho | 0% | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

*Fuente. Elaboración propia.*

### 3.2.6. Análisis de demanda

Para hacer el análisis de demanda se partió de los volúmenes vendidos durante el segundo semestre del 2018 y primer semestre del 2019, que corresponde al periodo de funcionamiento de la fábrica bajo los dueños actuales, por cuanto, no se cuenta con estadísticas de ventas de los anteriores propietarios.

Con base en esta información, se calcularon y compararon varios métodos de pronósticos por referencia, para identificar el método que tiene el mayor poder de predicción de la demanda, información necesaria para el proceso de planeación de la producción.

En la siguiente Figura 47 se aprecian los picos y los valles de demanda durante el periodo de julio 2018 a julio 2019, siendo los meses de agosto y octubre los de mayores ventas junto con marzo, mayo y junio, y los meses de menores ventas diciembre, febrero y abril.

Este comportamiento evidencia que las ventas son estacionales, es decir presentan variabilidad, por lo cual se requiere equilibrar, ya sea la producción o los inventarios para responder a la producción y cumplir con los volúmenes demandados sin incurrir en excesos o déficits de inventario.

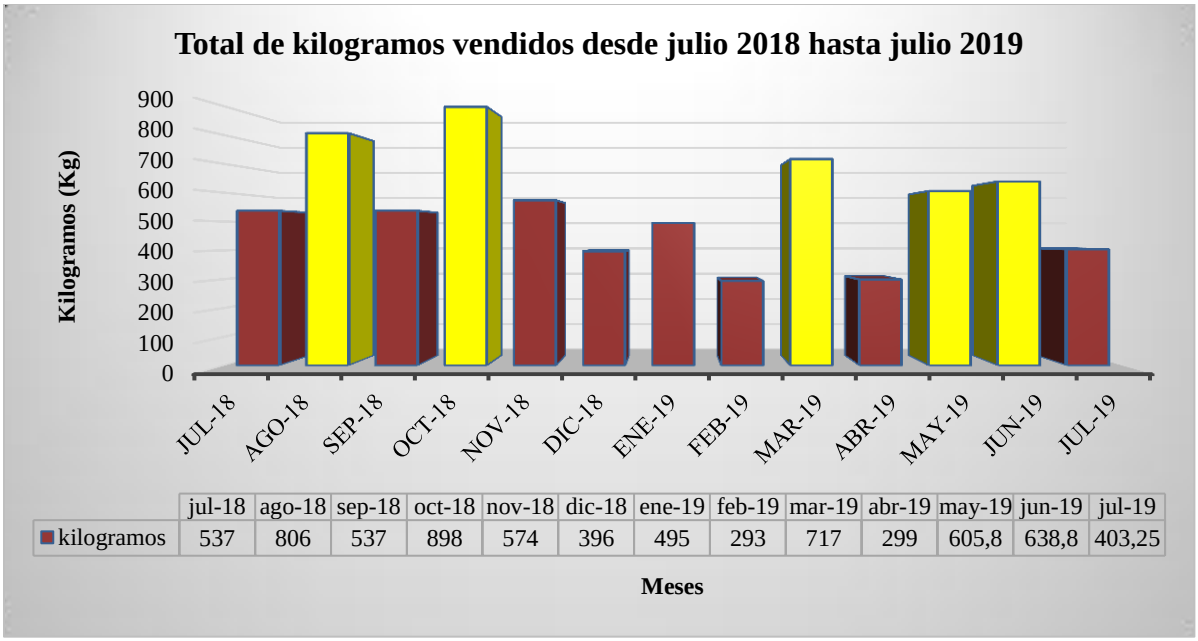



*Figura 47. Kilogramos vendidos desde julio 2018 hasta julio 2019*

*Fuente. Elaboración propia*

La Figura 48 representa los kilos totales vendidos de cada una de las referencias en el año de estudio (julio 2018 a julio 2019), siendo la referencia más vendida la venda elástica blanca de 6 pulgadas de ancho y las vendas que no se vendieron, las fijas color piel de 2, 3, 4, 5 y 6 pulgadas de ancho. Es decir que, de un portafolio de oferta de 20 referencias, solo se vendieron 15 durante el año. Así mismo se planteó un diagrama de flujo ver

Anexos K, el cual presenta los pasos seguidos por los autores, para calcular los pronósticos de demanda de las diferentes referencias.

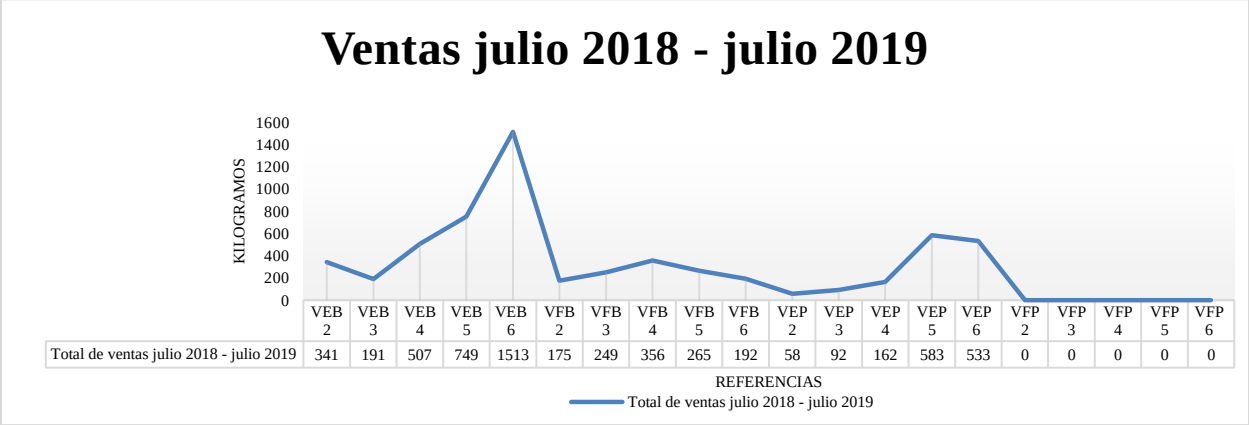



*Figura 48. Kilogramos vendidos de cada una de las referencias desde julio 2018 hasta julio del 2019.*

*Fuente. Elaboración propia*

Para calcular los pronósticos de demanda, en la Tabla 45, se presentan los diferentes métodos aplicados, con base en la cantidad de datos de ventas disponibles.

*Tabla 45. Guía para seleccionar un método de pronóstico apropiado.*

| Métodos de pronóstico | Cantidad de datos históricos | Patrón de los datos | Horizonte de pronóstico |
|---|---|---|---|
| Regresión Lineal | De 10 a 20 observaciones para la temporalidad, al menos cinco observaciones por temporada | Estacionarios, tendencias y temporalidad | Corto o mediano |
| Promedio móvil simple | 6 a 10 meses; a menudo se utilizan datos semanales | Los datos deben ser estacionarios (es decir, sin tendencias ni temporalidad) | Corto |
| Promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple | para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones | Los datos deben ser estacionarios | Corto |
| Suavización exponencial con tendencia | para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones | Estacionarios y tendencias | Corto |

*Fuente. Chase y Jacobs. (2014)*

A continuación, se presentan los resultados de los diferentes modelos para la referencia de venda elástica de 2 pulgadas, como ejemplo de la metodología aplicada. Para las 19 referencias restantes, se pueden apreciar los pronósticos en el anexo L.

Para el pronóstico de cada una de las referencias se hizo uso del programa Crystal Ball ® (versión 11.1.2.4) con el fin de obtener resultados más exactos. En la siguiente Tabla 46 se

presenta el resumen de los métodos de pronósticos que tienen el menor error y por tanto el mayor poder de predicción de la demanda, para cada referencia de vendas.

*Tabla 46. Métodos de pronóstico de la demanda para cada referencia.*

| **Pronóstico de la demanda** | | |
|---|---|---|
| **Producto** | **Referencia** | **Método de pronóstico** |
| Vendas Blancas Elásticas de 2 | VEB 2 | Promedio móvil simple |
| Vendas Blancas Elásticas de 3 | VEB 3 | Promedio móvil simple |
| Vendas Blancas Elásticas de 4 | VEB 4 | Promedio móvil simple |
| Vendas Blancas Elásticas de 5 | VEB 5 | Suavización exponencial simple |
| Vendas Blancas Elásticas de 6 | VEB 6 | Promedio móvil simple |
| Vendas Blancas Fijas 2 | VFB 2 | Suavización exponencial simple |
| Vendas Blancas Fijas 3 | VFB 3 | Promedio móvil simple |
| Vendas Blancas Fijas 4 | VFB 4 | Suavización exponencial doble |
| Vendas Blancas Fijas 5 | VFB 5 | Promedio móvil simple |
| Vendas Blancas Fijas 6 | VFB 6 | Promedio móvil simple |
| Vendas Color Piel Elásticas de 2 | VEP 2 | Promedio móvil simple |
| Vendas Color Piel Elásticas de 3 | VEP 3 | Promedio móvil simple |
| Vendas Color Piel Elásticas de 4 | VEP 4 | Promedio móvil simple |
| Vendas Color Piel Elásticas de 5 | VEP 5 | Promedio móvil doble |
| Vendas Color Piel Elásticas de 6 | VEP 6 | Promedio móvil simple |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Es así como el método de promedio móvil simple tiene mínimo error para 11 referencias, el promedio móvil doble para una referencia, la suavización exponencial simple con alfa = 0,3 para dos referencias y la suavización exponencial doble para una referencia. Esto indica que la demanda por referencia o grupos de referencia presenta diferencias de comportamiento, por lo que se requiere aplicar el método de pronóstico adecuado a cada referencia.

En la Tabla 47 a continuación, se presentan los resultados del error de pronóstico, obtenidos de la aplicación de cada uno de los tres métodos.

*Tabla 47. Comparación de los modelos de error de la demanda.*

| **Métodos** | **Rango** | **RMSE** | **DAM** | **PEMA** |
|---|---|---|---|---|
| Promedio móvil doble | 5 | 27,72 | 21,77 | 71,23% |
| **Promedio móvil simple** | **1** | **19,71** | **16,04** | **45,71%** |
| Suavizado exponencial doble | 2 | 21,67 | 17,69 | 46,04% |
| Suavizado exponencial simple | 4 | 27,12 | 22,63 | 51,66% |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tendencia desechada no estacional | 3 | 21,68 | 17,70 | 46,07% |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Como se puede observar el método de pronóstico de la demanda que se debe utilizar para las vendas elásticas blancas de 2 es el promedio móvil simple, porque tiene el menor error según los métodos aplicados.

### 3.3. Diagnóstico de la planeación, programación y control de la producción

Dado que la fábrica carece de un sistema de planeación, programación y control de producción con sus respectivos procedimientos, para realizar este diagnóstico fue necesario organizar una ruta de trabajo que ejecutara el paso a paso de los mismos, iniciando con el pronóstico de demanda, luego con la selección y cálculo de los parámetros del modelo de reposición de inventarios de cada referencia, continuando con el MPS, la explosión de materiales para hallar el consumo de cada materia prima, requerido por el plan de producción, selección y cálculo de parámetros de modelo de reposición de inventarios de materia prima y finalmente cálculo de volumen de compras requerido de cada materia prima. Estos procedimientos documentados se pueden apreciar en el Anexo G.

A continuación, se dará a conocer todo el proceso del diagnóstico de la planeación, programación y control, tomando como ejemplo la venda elástica de 2 pulgadas. (ver Anexos O. Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica – Porcentaje de materia prima, Anexos P. Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica – Lead time de producto terminado, Anexos Q Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica - Inventario Promedio de producto terminado, Anexos R Diagnóstico de todas las referencias de vendas de la fábrica - EOQ de producto terminado, Anexos S. Fichas de costo estándar, Anexos T. Costos indirectos de fabricación, Anexos U. Tasa aplicable de cada referencia, Anexos V. Tabla del costo estándar de cada referencia), en donde se presenta el paso a paso del diagnóstico de la producción de todas las referencias con las que actualmente cuenta la fábrica, y así mismo a continuación se presentará el diagnóstico de solo una de las 20 referencias.

#### 3.3.1. Planeación de la producción

Para la planeación de producción se iniciará presentando el porcentaje de materia necesaria para la referencia.

| % DE MATERIA PRIMA POR METRO (m) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nº | Referencia | Referencia | pulgadas (in) | Poliester Blanco | Poliester Color Piel | Hilo Caucho | Poliester Blanco | Poliester Color Piel | Hilo Caucho | Total |
| 1 | Venda Elástica Blanca | VEB 2 | 2 | X | | X | 83% | 0% | 17% | 100% |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Teniendo en cuenta la lista de materiales se hizo una tabla donde se especifica qué materia prima se necesita para dicha referencia, y el porcentaje de cada una de las referencias para la producción de un metro (m) de cada una de las referencias. (Ver Anexos O)

### *Lead time de producto terminado*

Para el proceso de planeación de la producción es necesario determinar cuáles serán las políticas o modelos de reposición de inventarios, tanto de materia prima como de producto terminado. Y para esto se requiere conocer los tiempos de reposición de estos dos tipos de inventario. En la siguiente gráfica se especifica cuáles son los eventos iniciales y finales que determinan la duración de esos tiempos tanto para producto terminado como para materia prima.

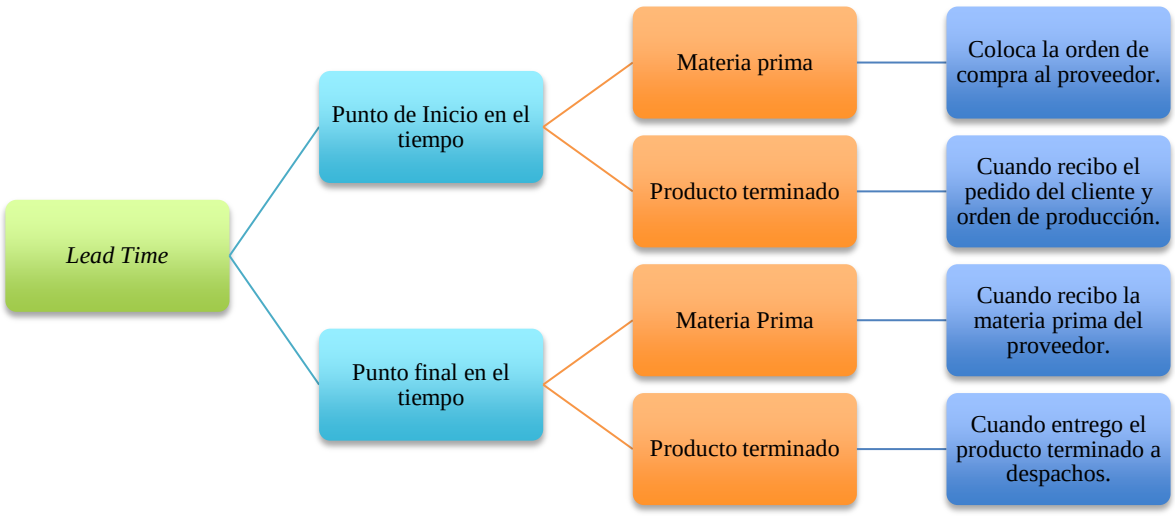



*Figura 49. Lead time para materia prima y para producto terminado.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información de Chase y Jacobs. (2014)*

En la Tabla 48 se muestra cual es *lead time* de las vendas blancas elásticas de 2” y los de las otras referencias se encuentra en el Anexos P.

*Tabla 48. Lead time de venda elástica blanca de 2.*

| N° | Nombre de la Referencia | Referencia | Lead time Total |
|---|---|---|---|
| 1 | Venda Elástica Blanca | VEB 2 | 1,95 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

***Ficha de Costo estándar***

En la Tabla 49 se presenta la ficha de costo estándar para un kilogramo (Kg) de la venda elástica blanca de 2”. (Ver

Anexos S en donde se encuentra la ficha de costo estándar de cada referencia de vendas de la fábrica)

*Tabla 49. Ficha del costo estándar de la venda elástica blanca de 2*

| **VEB 2** | **Vendas Blancas Elásticas de 2”** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Materias primas** | **kg de materia prima por kg de producto terminado** | **Unidades** | **Precio Unitario de proveedor** | | **Costo estándar** | |
| Poliéster Blanco | 0,83 | Kg | $ | 7.000 | $ | 5.810 |
| Hilo caucho | 0,17 | kg | $ | 19 | $ | 3 |
| | | | **Costo estándar de materia prima** | | **$** | **5.813** |
| **Mano de obra directa** | | **Tasa Hora - Hombre** | | | | |
| Tejido | 0,30 | Horas | | | $ | - |
| Enrollado y Empaque | 1,00 | Horas | $ | 6.958 | $ | 6.958 |
| | | | **Costo estándar de la mano de obra directa** | | **$** | **6.958** |
| | | | **Tasa de costos indirectos de fabricación** | | **$** | **6.479** |
| **Costo estándar de** | | **Vendas Blancas Elásticas de 2** | | | **$** | **19.250** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Para realizar correctamente la ficha de costo estándar (Tabla 38) inicialmente se toman los datos de la cantidad de materias primas que se necesitan para la producción de un kilo de esta referencia (venda elástica blanca de 2” (VEB 2)) y el precio de compra de cada una de estas materias primas, para obtener el costo estándar de las mismas, y finalmente el costo estándar total de la materia prima que necesita está referencia, por kilo.

Posteriormente se deben obtener los costos de la mano de obra directa, para cada una de las referencias y como hay dos procesos en la fabricación, es decir el tejido y el enrollado, y empaque, teniendo en cuenta los tiempos que se invierten en cada uno y cuál es el costo de la tasa hora hombre de la mano de obra directa, se obtuvo el costo estándar de la misma para el producto venda elástica blanca de 2” (VEB 2).

*Tabla 50. Hora de un operario de la fábrica*

| Hora de un operario de la fábrica | | |
|---|---|---|
| Salario mínimo | $ 828.116 | |
| Factor carga laboral | 1,52 | $ 1.258.736,32 |
| Subsidio transporte | $ 97.000 | $ 1.355.736,32 |
| | | **$ 6.957,85** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Seguidamente, se hizo la tasa de costos indirectos de fabricación, que son los "costos diferentes del consumo de materias primas y de la remuneración de la mano de obra directa, y abarcan tópicos como la supervisión, el control de calidad, los repuestos, el mantenimiento, la labor directiva implícita en la producción y el consumo de energéticos. Debido a su heterogeneidad, estos costos se clasifican en fijos y semi-variables" (Gómez, Jorge E. Burbano Ruiz & Alberto Ortiz, 2000), así:

Entre los costos indirectos están el ICA, la depreciación de la maquinaria y la depreciación de muebles y enseres, y la suma de estos da como resultado el valor de los costos fijos. En la Tabla 51 se muestran los mismos.

*Tabla 51.Costos Fijos de los costos indirectos de fabricación*

| FIJOS | | | |
|---|---|---|---|
| **ICA (4,14 por mil)** | **Depreciación Maquinaria** | **Depreciación Muebles y enseres** | **Total fijos** |
| $ 567.934,93 | $ 1.500.000,00 | $ 306.500,00 | $ 2.374.434,93 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Para la depreciación de las máquinas se tuvo en cuenta que se cuenta con 10 máquinas y cada una de estas se deprecia anualmente el 10%. La Tabla 52 presenta los datos de muebles y enseres que hay en la fábrica, la cantidad y el costo de cada uno de estos, con el fin de obtener la depreciación total de los muebles y enseres de la fábrica.

*Tabla 52. Depreciación de muebles y enseres*

| Depreciación de los muebles y enseres | | | |
|---|---|---|---|
| **Muebles o enseres** | **costo** | **cantidad** | **costo total** |
| 2 mesas madera | $ 200.000 | 2 | $ 400.000 |
| 6 lockers | $ 200.000 | 6 | $ 1.200.000 |
| 1 armario | $ 250.000 | 1 | $ 250.000 |
| 1 mesa grande | $ 350.000 | 1 | $ 350.000 |

| Depreciación de los muebles y enseres | | | |
|---|---|---|---|
| **Muebles o enseres** | **costo** | **cantidad** | **costo total** |
| 1 mesa pequeña | $ 80.000 | 1 | $ 80.000 |
| 10 sillas | $ 35.000 | 10 | $ 350.000 |
| 3 mesas | $ 35.000 | 3 | $ 105.000 |
| 1 mesa cuadrada | $ 68.000 | 1 | $ 68.000 |
| 1armario | $ 250.000 | 1 | $ 250.000 |
| 1 silla | $ 12.000 | 1 | $ 12.000 |
| | | | $ 3.065.000 |
| **Depreciación total de los muebles y enseres** | | **10%** | **$ 306.500** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Para obtener el total de los costos semi-variables se calcularon los valores de la mano de obra indirecta, la energía, la gasolina, el mantenimiento y los recambios entre referencias. La suma de estos da el total de los costos semi-variables.

*Tabla 53. Costos indirectos de fabricación semi-variables.*

| SEMIVARIABLES | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Mano de obra indirecta** | **Energía** | **Gasolina** | **Mantenimiento** | **Recambios** | **Total semivariables** |
| $ 1.355.736,32 | $ 18.477.999 | $ 1.958.795 | $ 4.800.000 | $ 16.268.836 | $ 42.861.366,34 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

La suma de estos costos indirectos fijos y semi-variables son da el resultado de los costos totales indirectos de la fabricación presupuestada.

*Tabla 54. costos totales indirectos de la fabricación presupuestada.*

| **Total fijos** | **Total semivariables** | **Total de costos indirectos de fabricación** |
|---|---|---|
| $ 2.374.434,93 | $ 42.861.366,34 | **$ 45.235.801,27** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Una vez se tuvieron los costos indirectos de la fabricación se halló la tasa aplicable para cada uno de los productos, haciendo uso de la Ecuación 26.

$$Tasa\ aplicable\ de\ la\ referencia = \frac{\left(\frac{(total\ costos\ indirectos\ de\ fabricación\ presupuuestadas * Exigencias\ de\ horas\ de\ fabricación\ por\ referencia\ )}{Total\ de\ exigencias\ de\ horas\ de\ fabricación}\right)}{Producción\ estimada}$$

*Ecuación 26. Tasa aplicable a cada referencia*

*Fuente 1. Presupuestos, enfoque moderno de planeación y control de recursos (2000)*

Para hacer la tasa aplicable de la venda elástica blanca de 2” se utiliza la Ecuación 40 reemplazando los datos de la Tabla 55, como se ve en la Ecuación 27.

$$Tasa\ aplicable\ de\ la\ venda\ elástica\ blanca\ de\ 2" = \frac{\left(\frac{(\$45.235.801 * 441{,}76)}{9055{,}16}\right)}{340{,}6} = \$6.479{,}27$$

*Ecuación 27. Tasa aplicable para la venda elástica blanca de 2.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica y del libro de Presupuestos, enfoque moderno de planeación y control de recursos (2000).*

*Tabla 55. Datos necesarios para la tasa aplicable de la venda elástica de 2.*

| | | Cantidades anuales | Horas de Tejido por Kilo | Horas de Enrollado y empaque | Horas de producción por kilo | Horas totales de tejido | Horas totales de enrollado y empaque | Horas totales de producción | Pocentaje uso horas planta | Valor asignado de costos indirectos de fabricación según porcentaje de uso de horas planta | Tasa por kilo, de costo indirecto de fabricación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vendas Blancas Elásticas de 2 | VEB 2 | 340,60 | 0,30 | 1,00 | 1,30 | 101,16 | 340,60 | 441,76 | 4,9% | $ 2.206.840,0 | $ 6.479,27 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Finalmente, con la suma del costo estándar de la materia prima, el costo estándar de la mano de obra directa, y los costos indirectos de fabricación asignados por kilo de producto, se obtiene el costo estándar de cada uno de los productos (Referencias de vendas) con los que cuenta la fábrica. En la Tabla 56 se puede ver el costo estándar del kilogramo de la venda elástica blanca de 2". (Ver Anexos V para las otras referencias)

*Tabla 56. Costo estándar de la venda elástica blanca de 2".*

| **Costo estándar de cada referencia de la fábrica** | | |
|---|---|---|
| **Nombre de la referencia** | **Referencia** | **Costo estándar** |
| Vendas Blancas Elásticas de 2 | VEB 2 | **$ 19.250,41** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

### *Inventario Promedio de producto terminado*

El inventario promedio de producto terminado que responde a todas las 20 vendas, el cual es necesario para hallar la tasa de tener inventario, la cual es la base es el 100% del costo del inventario. Y ese valor total de inventario es el que se necesita también para calcular el costo financiero de tener inventario.

*Tabla 57. Inventario promedio del producto terminado*

| Inventario promedio | Inicial (Kg) | Final (Kg) | Inventario Promedio | Inicial ($) | Final ($) | Inventario Promedio ($) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **150,67123** | **150,32** | **150,49735** | **$ 63.281.918** | **$ 63.135.856** | **$ 63.208.887** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

### *Costos de orden de producto terminado*

La Tabla 59 de los costos de orden muestra cuánto vale emitir una orden de producción y así mismo el flujograma presenta el tiempo que gastó el proceso a seguir para hacer una orden. Para la cual se tuvieron en cuenta los datos que se presentan en la Tabla 58, con salarios actuales del personal de la fábrica.

*Tabla 58. Salario del personal actual de la fábrica de vendas.*

| Salario del personal de la fábrica | | | |
|---|---|---|---|
| **Personal** | **Salario** | **Hora- Hombre** | **Min - Hombre** |
| Gerente | $ 2.000.000 | $ 2.778 | $ 46 |
| Secretaria | $ 1.800.000 | $ 2.500 | $ 42 |
| Responsable de producción | $ 1.000.000 | $ 1.389 | $ 23 |
| Operario 1 | $ 828.116 | $ 1.150 | $ 19 |
| Operario 2 | $ 828.116 | $ 1.150 | $ 19 |
| Vendedor | $ 1.000.000 | $ 1.389 | $ 23 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

En la Figura 50 se da a conocer cuál es el proceso que se debe seguir para emitir una orden de producción.

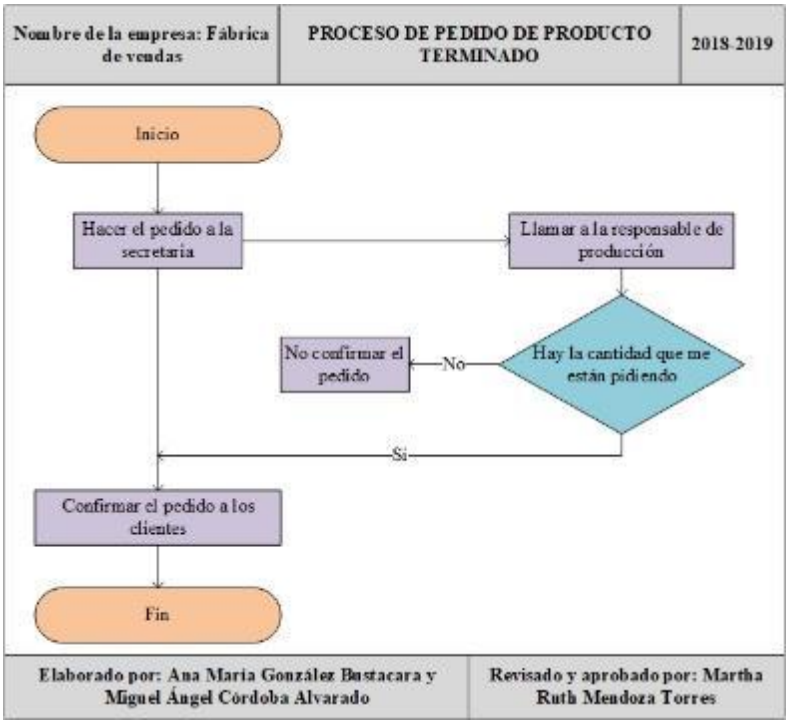



*Figura 50. Proceso de orden de producción*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

*Tabla 59. Costo de orden de producción*

| **Costos de orden de producción** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **Costo** | **Costo** |
| Costos del personal | Secretaria | 4 min | $ 167 | $ 329 |
| Costos del personal | Responsable de producción | 7 min | $ 162 | |
| Costos del formato de la orden de producción | | | $ 200 | $ 100 |
| Costos del teléfono | | | | $ 300 |
| | | | **Total** | **$ 729** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

### *Tasa de producto terminado*

Para poder obtener la tasa de inventario se hizo una tabla que se muestra a continuación, (Tabla 60 y Tabla 61), la cual presenta el porcentaje de los costos de tener el inventario de producto terminado en la fábrica, los cuales son los costes relacionados con el almacenamiento y el mantenimiento del inventario.

*Tabla 60. Tasa del producto terminado*

| N° | Tasa de tener inventario de producto terminado | | | Costo |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Arriendo | Cuota Mensual | $ 4.300.000 | $ 860.000 |
| 3 | Arriendo | Producto terminado | 20% | |
| 4 | Personal | | $ 1.355.768 | $ 135.577 |
| 5 | Activos Fijos | 1. Valor de adquisición (Tejedoras) | $ 15.000.000 | $ 1.555.110 |
| 6 | Activos Fijos | 2. Depreciación (10 años *12 meses) | $ 1.500.000 | |
| 7 | Activos Fijos | 3. Mantenimiento | $ 54.591 | |
| 8 | Activos Fijos | 3.1. Tiempo del técnico | $ 10.351 | |
| 9 | Activos Fijos | 3.2. Repuestos | $ 6.800 | |
| 10 | Activos Fijos | 3.3. Lubricante (aceite) | $ - | |
| | | 3.4. Gasolina | $ 37.440 | |
| 11 | Consumo de energía eléctrica | Luz (costo Kwh) | $ 519 | |
| 12 | Inventario Promedio | Inventario Inicial de producto terminado | $ 63.281.918 | $ 63.208.887 |
| 13 | Inventario Promedio | Inventario Final de producto terminado | $ 63.135.856 | |
| 14 | Costo de seguro | Tasa del seguro | 0,7% | $ 442.462 |
| 15 | Costo financiero de tener inventario | DTF (anual)/12 meses | 4,4% | $ 231.766 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

La Ecuación 28 da a conocer la fórmula que se debe utilizar para hallar la tasa (i) de inventario de producto terminado.

$$Tasa\ (i) inventario\ de\ producto\ terminado = \left(\frac{(Arriendo + Personal + Activos\ fijos + Costo\ de\ seguro + Costo\ financiero)}{\left(\frac{Inventario\ inicial\ de\ producto\ terminado + Inventario\ final\ de\ producto\ terminado}{2}\right)}\right) * 100$$

*Ecuación 28. Tasa (i) de inventario de producto terminado*

Se debe tener en cuenta que el costo del personal es el salario que actualmente tiene el personal de la fábrica, el DTF actualmente es del 4,4% tomada del banco de la republica (Tasas de captación (DTF y CDT), s.f.).

En la Tabla 61 a continuación se resumen estos costos y el resultado de su suma es el costo de tener inventario del producto terminado.

*Tabla 61. Total, de la tasa de inventario del producto terminado.*

| N° | Resumen de costos | Costo |
|---|---|---|
| 1 | Arriendo | $ 860.000 |
| 2 | Personal | $ 135.577 |

| N° | Resumen de costos | Costo |
|---|---|---|
| 3 | Activos Fijos | $ 1.555.110 |
| 4 | Costo de Seguro | $ 442.462 |
| 5 | Costo Financiero | $ 231.766 |
| Costo de tener inventario de producto terminado | | $ 3.224.915 |
| **Tasa (i) Inventario Producto terminado** | | **5,1%** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

***EOQ de producto terminado***

Como se mostró anteriormente el EOQ, es *Economic Order Quantity* en otras palabras cantidad económica de pedido, teniendo en cuenta que el inventario permite enfrentar fluctuaciones de la demanda, evitar quiebres de stock, obtener economías de escala, permite una mayor flexibilidad productiva, se puede usar como un arma competitiva, entre otras.

El EOQ *(Economic Order Quantity)* indica la cantidad de Kilogramos (Kg) a fabricar de cada referencia, según un inventario de seguridad, un punto de reorden (R), y da el tamaño del lote (Q).

***La cantidad de pedido (Q)***

En la Tabla 62 se presentan el inventario de seguridad, el punto de reorden y el tamaño del lote para las vendas elásticas de 2. En

Anexos R, se muestra el EOQ de cada una de las referencias con las que cuenta la fábrica.

*Tabla 62. EOQ de la venda elástica blanca de 2.*

| N° | Nombre de la referencia | Referencia | R | Inventario seguridad | Q |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vendas Blancas Elásticas de 2 | VEB 2 | 11,710 | 3,920 | 12,523 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

***Gráfica del EOQ actual de la fábrica***

La Figura 51 que se presenta a continuación, muestra el punto de inventario de seguridad, el punto de reorden, y la cantidad que se debe pedir, para la venda elástica blanca 2".

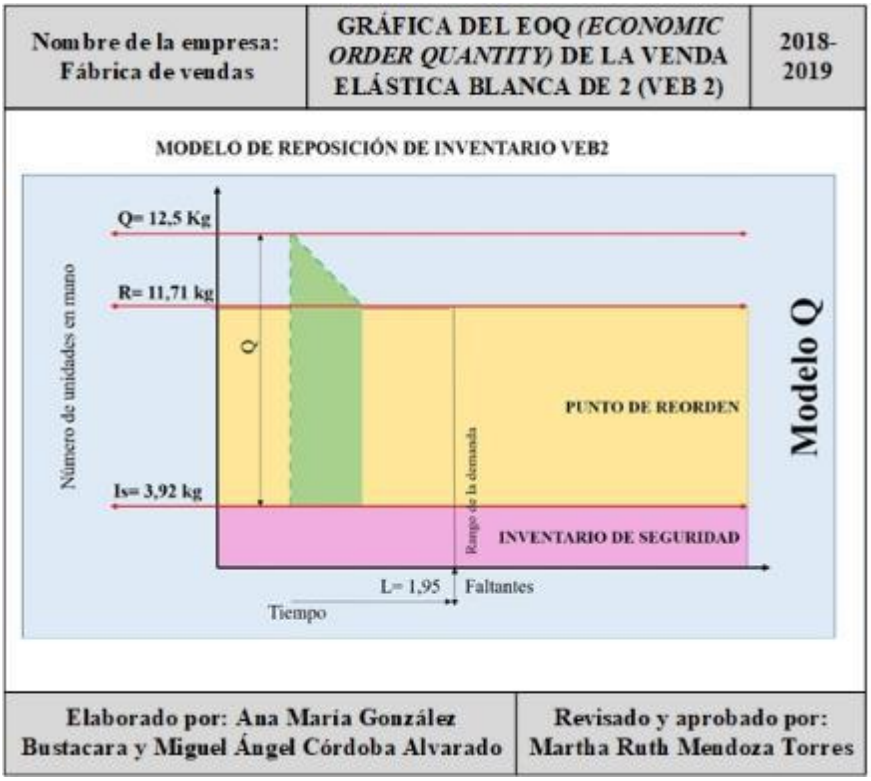



*Figura 51. Gráfica del modelo EOQ de las vendas blancas elásticas de 2.*

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

### 3.3.2. Materia prima

A continuación, se dará a conocer el proceso que se realizó para poder analizar el EOQ del poliéster blanco (una de las materias primas). (ver

Anexos X, para las otras materias primas)

***Lead time de materia prima (poliéster blanco)***

En la presente Tabla 64 se dará a conocer el lead time de las tres materias primas que se necesitan en diferentes cantidades para cada una de las 20 referencias con las que cuenta la fábrica.

Para hallar el lead time de las materias se hizo una tabla dónde se tomó la fecha de la colocación del pedido de la materia prima, la fecha en que se recibió esta materia y finalmente se hizo un cálculo del tiempo (días) que paso desde el día que se hizo el pedido hasta el día que llego la materia prima a la fábrica. En la

Tabla 63 se da a conocer la recolección de información para el poliéster blanco una de las materias primas de la fábrica.

*Tabla 63. Recolección de información para el lead time del poliéster blanco.*

| z | Proveedor | Materia Prima | Cantidad (Kg) | Costo ($/Kg) | Costo Total | # de Orden | Fecha de Colocación | Fecha de Recibido | Días |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | HARMEX | Poliester Blanco | 280,00 | $ 6.000 | $ 1.680.000 | 1 | 04-07-18 | 06-07-18 | 2 |
| 2 | HARMEX | Poliester Blanco | 945,00 | $ 7.140 | $ 6.747.300 | 2 | 06-07-18 | 08-07-18 | 2 |
| 3 | HARMEX | Poliester Blanco | 175,00 | $ 6.000 | $ 1.050.000 | 3 | 06-07-18 | 09-07-18 | 3 |
| 4 | HARMEX | Poliester Blanco | 700,00 | $ 6.100 | $ 4.270.000 | 4 | 13-07-18 | 15-07-18 | 2 |
| 5 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.050,00 | $ 6.100 | $ 6.405.000 | 5 | 18-07-18 | 20-07-18 | 2 |
| 6 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.050,00 | $ 6.100 | $ 6.405.000 | 6 | 31-07-18 | 02-08-18 | 2 |
| 7 | HARMEX | Poliester Blanco | 651,00 | $ 6.003 | $ 3.907.728 | 7 | 05-08-18 | 07-08-18 | 2 |
| 8 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.050,00 | $ 6.100 | $ 6.405.000 | 8 | 10-08-18 | 13-08-18 | 3 |
| 9 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.050,00 | $ 7.259 | $ 7.621.950 | 9 | 14-08-18 | 17-08-18 | 3 |
| 10 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.050,00 | $ 7.259 | $ 7.621.950 | 10 | 22-08-18 | 25-08-18 | 3 |
| 11 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.050,00 | $ 7.259 | $ 7.621.950 | 11 | 28-08-18 | 30-08-18 | 2 |
| 12 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.225,00 | $ 6.222 | $ 7.621.950 | 12 | 25-09-18 | 27-09-18 | 2 |
| 13 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.512,00 | $ 7.378 | $ 11.155.536 | 13 | 19-10-18 | 21-10-18 | 2 |
| 14 | HARMEX | Poliester Blanco | 910,00 | $ 7.378 | $ 6.713.980 | 14 | 19-11-18 | 21-11-18 | 2 |
| 15 | HARMEX | Poliester Blanco | 1.440,00 | $ 7.795 | $ 11.224.080 | 15 | 07-12-18 | 09-12-18 | 2 |
| 16 | HARMEX | Poliester Blanco | 5.996,60 | $ 10.502 | $ 62.977.138 | 16 | 07-02-19 | 10-02-19 | 3 |

*Tabla 64. Lead time del poliéster blanco.*

| N° | Marca | Materia Prima | Lead Time (Días) | Desviación estándar (+/-) | - | + |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | HARMEX | Poliéster Blanco | 2 | 0,48 | 2 | 3 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

En Anexos W se encuentran todas las órdenes de compra y como se pudo obtener el Lead time de cada una de estas.

***Costos de orden de materia prima***

En la Tabla 65 y

Tabla 66 que se muestran a continuación, se indica cuál es el costo de colocar una orden de compra de materia prima para la fábrica de vendas.

*Tabla 65. Salario actual del personal de la fábrica*

| Salario del personal de la fábrica | | | |
|---|---|---|---|
| **Personal** | **Salario** | **Hora- Hombre** | **Min - Hombre** |
| Gerente | $ 2.000.000 | $ 2.778 | $ 46 |
| Secretaria | $ 1.800.000 | $ 2.500 | $ 42 |
| Supervisor | $ 1.000.000 | $ 1.389 | $ 23 |
| Operario 1 | $ 828.116 | $ 1.150 | $ 19 |
| Operario 2 | $ 828.116 | $ 1.150 | $ 19 |
| Vendedor | $ 1.000.000 | $ 1.389 | $ 23 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

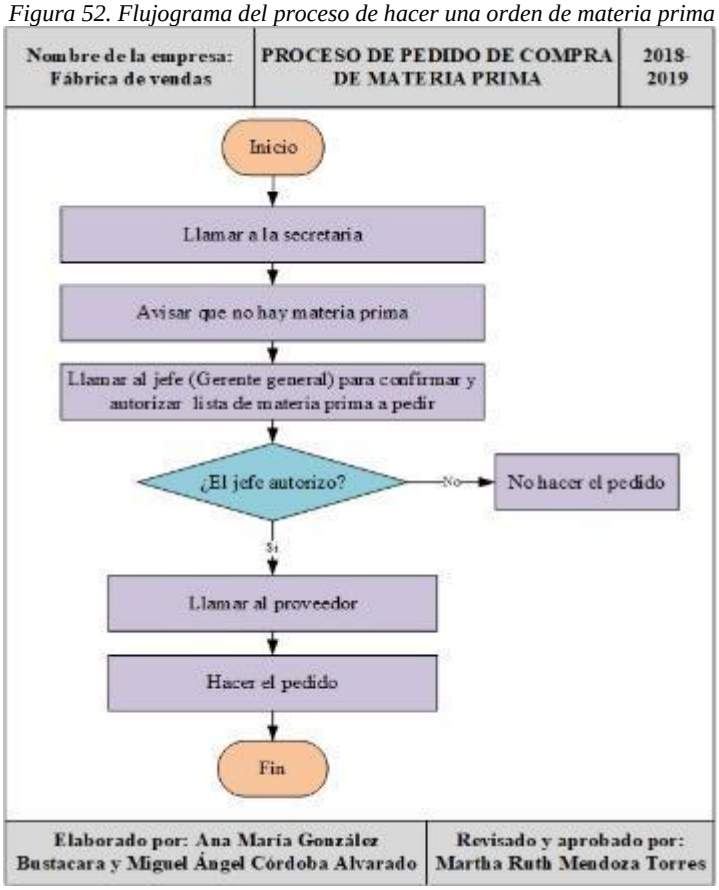
*Tabla 66. Costos de orden de materia prima*

| Costos de orden de materia prima | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **Costo** | **Costo** |
| Costos del personal | Secretaria | 5 min | $ 208 | $ 509 |
| Costos del personal | Supervisor | 13 min | $ 301 | |
| Costos del formato de la orden de producción | | | | $ 100 |
| Costos del teléfono | | | | $ 300 |
| | | | **Total** | **$ 909** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

Y en la siguiente figura se muestra el proceso de colocar la orden de compra de materia prima. Teniendo en cuenta que la responsable de producción es la encargada de llamar a la secretaria y continuar con el proceso que se presenta a continuación.

*Figura 52. Flujograma del proceso de hacer una orden de materia prima*




*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

### *Tasa de materia prima*

Para poder obtener la tasa de costo de tener inventario de materia prima se recopilaron y asignaron los siguientes costos derivados de tener el mismo.

Se debe tener en cuenta, que el porcentaje (5%) del arriendo corresponde al porcentaje del área de la hilandería que guardan la materia prima de las vendas, así mismo solo se tiene en cuenta el 10% del sueldo de un personal, porque ahí está el tiempo que invierte esté en la materia prima.

*Tabla 67. Tasa de tener inventario de materia prima*

| **Tasa de tener inventario materia prima** | | | **Costo** |
|---|---|---|---|
| Arriendo | Cuota Mensual | $ 4.300.000 | $ 215.000 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Arriendo | Materia prima | 5% | |
| Personal | | $ 1.355.768 | $ 135.577 |
| Consumo de energía eléctrica | Luz (mensual) | | $ - |
| Inventario Promedio | Inventario Inicial de materia prima | $ 9.396.308 | $ 9.396.308 |
| Inventario Promedio | Inventario Final de materia prima | $ 9.396.308 | |
| Costo de seguro | Tasa del seguro | 0,7% | $ 65.774 |
| Costo financiero de tener inventario | DTF (anual)/12 meses | 4,4% | $ 34.453 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

La que se presenta a continuación da a conocer la fórmula que se debe utilizar para hallar la tasa (i) de inventario de materia prima.

$$Tasa\ (i) inventario\ de\ producto\ terminado = \left(\frac{(Arriendo+Personal+Activos\ fijos+Costo\ de\ seguro+Costo\ financiero)}{\left(\frac{Inventario\ inicial\ de\ producto\ terminado+Inventario\ final\ de\ producto\ terminado}{2}\right)}\right)*100$$

*Ecuación 29. Tasa (i) de inventario de materia prima*

Esta Tabla 68 muestra las partidas de costos totales de tener inventarios de materias primas, como base para calcular la tasa i de tener estos inventarios que es del 3,7%.

*Tabla 68. Tasa total de tener inventario de materia prima.*

| N° | Resumen de costos | Costo |
|---|---|---|
| 1 | Arriendo | $ 215.000 |
| 2 | Personal | $ 135.577 |
| 3 | Activos Fijos | $ - |
| 4 | Costo de Seguro | $ 65.774 |
| 5 | Costo Financiero | $ 34.453 |
| Costo de tener inventario de MP | | $ 350.577 |
| **Tasa (i) Inventa MP** | | **3,7%** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

***EOQ de materia prima***

Actualmente para el poliéster blanco el punto de reorden de esta materia prima sería de 16, 64 kilogramos (Kg), un inventario de seguridad de 4,14 kilogramos (Kg) y el tamaño de lote (Stock) debe ser de 92,89 Kilogramos (Kg), como se da a conocer en la Tabla 69. (Ver

Anexos X para ver el EOQ de todas las materias primas necesarias para la producción de todas las referencias).

*Tabla 69. EOQ de la materia prima- poliéster blanco*

| N° | Marca | Materia Prima | R | Inventario seguridad | Q |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | HARMEX | Poliéster Blanco | 16,624 | 4,144 | 92,889 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por la fábrica.*

## 3.4. Diagnóstico de la Programación de la producción

Actualmente la programación de las máquinas depende del inventario de producto terminado, una vez se dan cuenta que no cuenta con una referencia, deciden hacer el cambio de referencia en cualquiera de las 10 máquinas.

### *Orden de producción*

Actualmente el criterio que utilizan para la orden de producción en una máquina es que en el momento que se me acaba uno de los productos terminados (Cualquier referencia) se escoge cualquiera de las máquinas y se hace cambio de referencia.

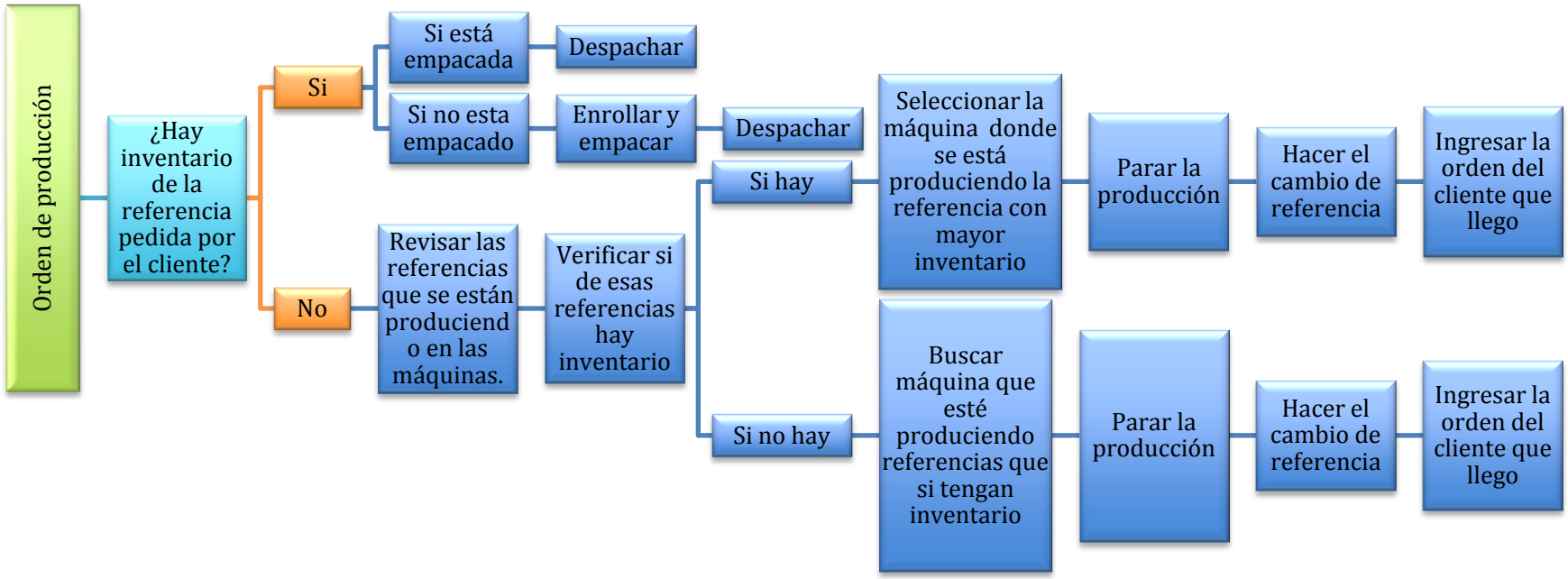



*Figura 53. Árbol de decisión de orden de producción.*

*Fuente. Elaboración propia con base en la información de la fábrica.*

***Criterios de enrollado y empaque***

Actualmente los criterios que se tienen en cuenta para el proceso de enrollado y empaque, son empíricos y desconocen la prioridad de entrega a clientes. Los mismos se presentan en la Figura 54.

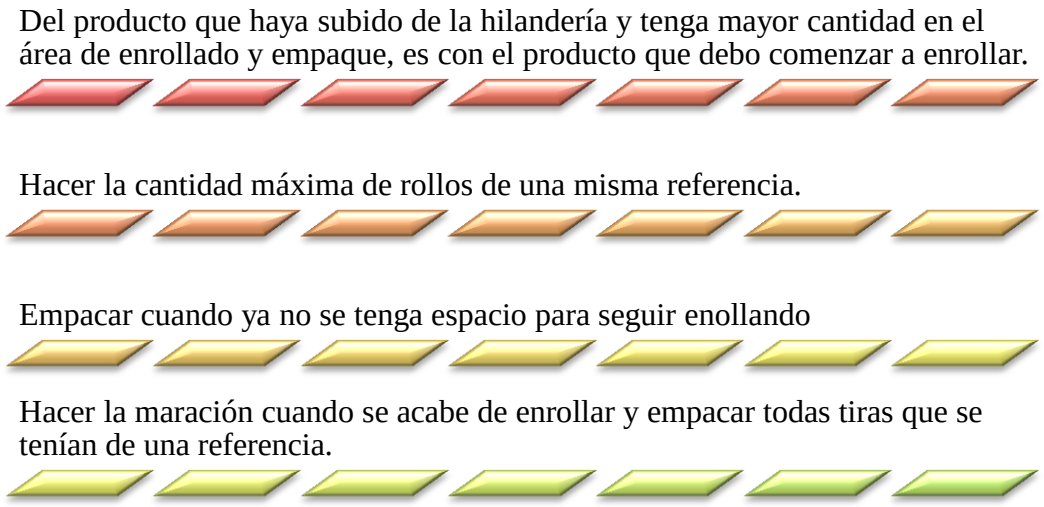



*Figura 54. Criterios de enrollado y empaque.*
*Fuente. Elaboración de los autores con base en la información de la fábrica.*

## 3.5. Diagnóstico del control de la producción

La fábrica no cuenta con un control de la producción, tampoco con el control de la materia prima, debido a que hacen los pedidos de materia prima una vez se les acaba esta, y debido a eso es que les ha tocado parar la producción de las referencias que necesitan esa materia prima. En la Tabla 70, se presenta el control de la producción actual de la fábrica de vendas.

*Tabla 70. Control de la producción.*

| Proceso | Subproceso | ¿Qué están haciendo? |
|---|---|---|
| Cantidad producida en las máquinas | Ordenes de producción | Actualmente el control de la producción de las referencias depende de la demanda, ya que dependiendo el volumen es que se decide hacer los cambios de referencias y cuantas máquinas deben poner a producir la misma referencia |
| Cantidad producida en las máquinas | Pedidos de clientes | No cuentan con un control de la cantidad que se debe producir para cumplir con los pedidos de los clientes, puesto que hay momentos que tienen exceso de inventario, como hay otros que tienen déficit de producto terminado. |
| Enrollado y | Cantidad a | Actualmente el control de enrollar es "ya se enrollo todo lo |

| Proceso | Subproceso | ¿Qué están haciendo? |
|---|---|---|
| empaque | enrollar | que subió de la hilandería" |
| Enrollado y empaque | Cantidad a empacar | En estos momentos "Ya se empaco todo lo que enrolle el día de hoy" |
| Inventario | Producto terminado | Inicialmente estaban haciendo una marcación del producto que se empacaba, pero en cierto punto decidieron dejar de hacer eso, porque no querían seguir imprimiendo la marcación. |
| Inventario | Producto terminado | En el momento en que les hace un pedido un cliente se dan cuenta, que el inventario que tienen en ese momento es el necesario o les hace falta |
| Inventario | Materia prima | Cuando están haciendo cambios de referencia y deben agregar o quitar conos dependiendo el cambio de referencia se dan cuenta que se les va acabar la materia prima. |
| Inventario | Materia prima | Cuando están revisando si se deben unir conos para continuar con la producción que tienen en ese momento, se dan cuenta que se les va acabar esa materia prima, o si ya se les acabo y deber parar la producción. |

*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

### 3.6. Productividad actual de la fábrica

Como el tiempo de ciclo de las máquinas es de nueve (9) horas, se encontró según el estudio de los diagramas hombre- máquina que el mismo está compuesto de 8,25 horas de tiempo productivo y 0,75 horas de tiempo improductivo por turno. Como se trabaja un turno diario únicamente, estas horas son las mismas diarias. La semana de labor de la fábrica es de cinco (5) días y se estiman 4,33 semanas por mes y doce (12) meses por año.

A continuación, se presenta la depuración de la capacidad instalada de máquinas y los valores de utilización, eficiencia y productividad de las mismas correspondientes al periodo de estudio de julio del 2018 a julio de 2019 (13 meses), sobre los datos anteriores.

Además, para obtener estos valores se hizo la conversión del total de kilos vendidos por referencia en ese periodo a horas de proceso de máquina, dividiendo los primeros por el estándar de producción de kilos por hora por referencia de cada máquina.

En las siguientes tablas se presentan los resultados de este análisis, el cual se muestra para un año y para 13 meses, dado que estos últimos fueron los considerados para la estadística de kilos vendidos por referencia. La primera tabla presenta la estadística de ventas por kilos, la segunda el promedio de horas de producción por referencia para la cantidad vendida equivalente

a la producida por falta en la fábrica de estadísticas ciertas de producción, y la tercera tabla muestra la depuración de la capacidad y los cálculos de utilización de la misma, eficiencia en su uso y productividad resultado de la utilización por la eficiencia del recurso horas máquinas disponibles para la producción.

*Tabla 71. Kilos vendidos de cada una de las referencias de julio 2018 a julio 2019.*

| Ventas de julio 2018 a julio 2019 | |
|---|---|
| Referencia | Kilos vendidos |
| VEB 6 | 1513,15 |
| VEB 5 | 749,1 |
| VEP 5 | 582,85 |
| VEP 6 | 532,65 |
| VEB 4 | 507,1 |
| VFB 4 | 356,05 |
| VEB 2 | 340,6 |
| VFB 5 | 264,55 |
| VFB 3 | 248,85 |
| VFB 6 | 192 |
| VEB 3 | 190,65 |
| VFB 2 | 175,3 |
| VEP 4 | 162,45 |
| VEP 3 | 91,6 |
| VEP 2 | 57,55 |

*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

En la Tabla 72 se presenta la matriz de horas de producción para ventas reales de julio 2018 a julio 2019 para cada una de las máquinas con las que cuenta la fábrica actualmente.

*Tabla 72. Matriz de horas de producción para ventas reales de julio 2018 a julio 2019 (13 meses)*

| Matriz de horas de producción para ventas reales de julio 2018 a julio 2019 (13 meses) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** | **Promedio de horas por referencia** |
| VEB 2 | 38,2 | 42,7 | 82,6 | 43,1 | 46,1 | 67,5 | 57,8 | 46,2 | 45,4 | 40,6 | **51,0** |
| VEB 3 | 23,8 | 26,6 | 51,4 | 26,8 | 28,6 | 42,1 | 36,0 | 28,8 | 28,2 | 25,2 | **31,8** |
| VEB 4 | 49,5 | 55,3 | 107,0 | 55,9 | 59,6 | 87,5 | 74,8 | 59,9 | 58,8 | 52,6 | **66,1** |
| VEB 5 | 90,1 | 100,7 | 195,0 | 101,6 | 108,4 | 159,3 | 136,1 | 109,0 | 106,9 | 95,7 | **120,3** |
| VEB 6 | 154,5 | 172,7 | 333,8 | 174,1 | 186,0 | 273,2 | 233,3 | 186,6 | 183,3 | 163,8 | **206,1** |
| VFB 2 | 32,8 | 36,6 | 70,9 | 37,0 | 39,5 | 58,1 | 49,5 | 39,6 | 39,0 | 34,8 | **43,8** |
| VFB 3 | 50,8 | 56,7 | 109,8 | 57,3 | 61,1 | 89,7 | 76,9 | 61,5 | 60,4 | 53,9 | **67,8** |
| VFB 4 | 50,0 | 55,8 | 108,0 | 56,4 | 60,2 | 88,5 | 75,5 | 60,4 | 59,3 | 53,0 | **66,7** |
| VFB 5 | 44,5 | 49,8 | 96,1 | 50,3 | 53,6 | 78,8 | 67,4 | 53,9 | 52,8 | 47,2 | **59,4** |
| VFB 6 | 29,4 | 32,9 | 63,6 | 33,1 | 35,4 | 51,9 | 44,5 | 35,5 | 34,9 | 31,2 | **39,2** |
| VEP 2 | 6,1 | 6,8 | 13,1 | 6,8 | 7,3 | 10,7 | 9,2 | 7,3 | 7,2 | 6,4 | **8,1** |
| VEP 3 | 10,8 | 12,1 | 23,4 | 12,2 | 13,0 | 19,1 | 16,4 | 13,1 | 12,9 | 11,5 | **14,5** |
| VEP 4 | 13,5 | 15,1 | 29,2 | 15,2 | 16,3 | 23,9 | 20,4 | 16,3 | 16,0 | 14,3 | **18,0** |
| VEP 5 | 59,5 | 66,5 | 128,6 | 67,1 | 71,7 | 105,2 | 89,9 | 71,9 | 70,6 | 63,1 | **79,4** |
| VEP 6 | 49,9 | 55,7 | 107,7 | 56,2 | 60,0 | 88,1 | 75,4 | 60,3 | 59,1 | 52,9 | **66,5** |
| VFP 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | **0,0** |
| VFP 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | **0,0** |
| VFP 4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | **0,0** |
| VFP 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | **0,0** |
| VFP 6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | **0,0** |
| **Horas promedio** | **35,2** | **39,3** | **76,0** | **39,7** | **42,3** | **62,2** | **53,2** | **42,5** | **41,7** | **37,3** | |

*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

*Tabla 73. Análisis de la capacidad y productividad.*

| ANALISIS DE CAPACIDAD Y PRODUCTIVIDAD | |
|---|---|
| | **Análisis capacidad año** |
| **Análisis de capacidad por máquina** | |
| Horas diarias capacidad teórica/máquina (Diagrama hombre máquina) | 8,25 horas |
| Días laborales semana /por máquina | 5 |
| Semanas promedio mes | 4,33 |
| **Total, horas capacidad teórica mes/máquina** | **178,6 horas** |
| Descuento horas por cambio de referencia por máquina | 10 horas |
| **Total, horas capacidad efectiva mes/máquina** | **168,6** |
| | |
| Número total de máquinas | 10 |
| **Total, horas capacidad teórica mes por total máquinas** | **1786,1** |
| Descuento horas cambio referencia por total máquinas | 100 |
| **Total, horas capacidad efectiva mes/máquina** | **1686** |
| Numero meses año o periodo de estudio | 12 |
| | |
| **Total, horas capacidad teórica año o periodo por total máquinas** | **21433,5 horas** |
| Descuento horas cambio referencia año o periodo por total máquinas | 1200 |
| Sub-Total horas capacidad efectiva año por total máquinas | 20233,5 |
| **% disponibilidad de máquinas** | 97,45% |
| **Total, horas capacidad efectiva año por total máquina** | **19717,54 horas** |
| Horas capacidad real utilizada año o periodo | 938,8 |
| Utilización máquinas (capacidad real /capacidad teórica) | 6,7% |
| Eficiencia (Capacidad real/capacidad efectiva | 7,3% |
| **Productividad = utilización x eficiencia** | **0,49%** |

*Fuente. Elaboración propia con base en información de la fábrica.*

En la tabla anterior se analiza la productividad de la fábrica en términos de utilización de la maquinaria y eficiencia de la misma. Se realiza un cálculo de la capacidad teórica, es decir el total de las horas que pueden ser utilizadas las máquinas, y se compara con el tiempo total que se utilizó para fabricar el total de producto vendido durante ese año. Para efectos de revisar la eficiencia de las máquinas, se hace la comparación de la capacidad real (es decir el tiempo utilizado para fabricar el producto vendido) y el tiempo en total que se puede utilizar las máquinas, restándole el tiempo de fallas y de Set up (alistamiento); la multiplicación de estas dos variables da como resultado una medida de productividad Las cifras indican que la fábrica tuvo una productividad en cuanto a maquinaria de un 0,49%. Esta productividad es relativa a la capacidad instalada de la fábrica, y la utilización de esta.

Por otro lado, una medida de la capacidad de una máquina para realizar una operación de acuerdo con los estándares de calidad, en la frecuencia deseada y sin interrupciones es el OEE (*Overall Efficiency Equipment* – Eficiencia global de la máquina). "El cual mide la disponibilidad, eficiencia y la calidad de un equipo para un producto dado. La disponibilidad está afectada por las averías, ajustes, encendidos, arranques y paradas de máquina. En la eficiencia influyen las pérdidas de velocidad y el ritmo de trabajo de la máquina." (Garcia, 2019)

$$OEE\ (\%) = Índice\ de\ Disponibilidad * Índice\ de\ Eficiencia * Índice\ de\ calidad$$

*Ecuación 30. Eficiencia global de equipo.*

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010)*

Dónde:

La disponibilidad se calcula cómo se ve en la Ecuación 31.

$$Índice\ de\ disponibilidad = \left(\frac{C}{A}\right) * 100$$

*Ecuación 31. Cálculo de disponibilidad.*

*Fuente. (Rajadell & Sánchez, 2010)*

En la Tabla 74 se muestra la disponibilidad de cada una de las máquinas de la fábrica. Este tiempo se obtiene de calcular el tiempo del turno total en un día de trabajo, y restarle tiempo improductivo de la máquina durante el día. Se muestra el ejemplo de la máquina 1.

*Tabla 74. Índice de disponibilidad de la maquina 1 .*

| Índice de disponibilidad | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** |
| A | Tiempo total disponible | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 | 8:17:42 |
| | % Operando | 95,73 % | 97,93 % | 97,40 % | 98,98 % | 97,95 % | 97,18 % | 94,85 % | 98,72 % | 97,71 % | 98,22 % |
| | % Fallas | 4,27% | 2,07% | 2,60% | 1,02% | 2,05% | 2,82% | 5,15% | 1,28% | 2,29% | 1,78% |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tiempo de cambio de referencia en un mes | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | 9:58:42 | |
| | | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | 1:06:31 | |
| B | Otros tiempos de parada, averías, falta de material, cambios de producto, etc. | 1:27:47 | 1:16:49 | 1:19:27 | 1:11:37 | 1:16:44 | 1:20:34 | 1:32:11 | 1:12:53 | 1:17:55 | 1:15:23 | |
| C | Tiempo de utilización (A-B) | 6:49:55 | 7:00:53 | 6:58:15 | 7:06:05 | 7:00:58 | 6:57:08 | 6:45:31 | 7:04:49 | 6:59:47 | 7:02:19 | |
| D | ïndice de disponibilidad [(C/A)*100] | 82,4% | 84,6% | 84,0% | 85,6% | 84,6% | 83,8% | 81,5% | 85,4% | 84,3% | 84,9% | |

*Fuente. Elaboración propia con base la información de la fábrica.*

Una vez se tiene la disponibilidad de la máquina, se halla la eficiencia que se calcula cómo se ve en la

Ecuación 32.

$$Índice\ de\ eficiencia = \left(\frac{A}{D}\right) * 100$$

Ecuación 32. Cálculo de eficiencia.

*Fuente. Lean Manufacturing ….*

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentra la eficiencia.

*Tabla 75. Índice de eficiencia de la máquina 1.*

| **Índice de eficiencia** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** | |
| A | N° total de kilogramos producidos (Buenos y malos) | 298,3 | 298,3 | 298,3 | 298,3 | 298,3 | 298,3 | 298,3 | 298,3 | 298,3 | 298,3 | |
| B | Cadencia ideal (A máximo) | 3060,72 | 2739,6 | 1416,96 | 2715,12 | 2543,04 | 1731,6 | 2025,36 | 2532,24 | 2579,04 | 2885,04 | |
| C | Tiempo utilizado (Ya calculado) | 7:47:21 | 7:59:39 | 7:56:42 | 8:05:28 | 7:59:44 | 7:55:27 | 7:42:26 | 8:04:03 | 7:58:24 | 8:01:15 | |
| D | Piezas máximas teóricas [B(C/] | 9431 | 8225 | 4280 | 8054 | 7633 | 5245 | 6307 | 7533 | 7763 | 8633 | |
| E | Índice de eficiencia [(A/D)*100] | 3,16 % | 3,63 % | 6,97 % | 3,70 % | 3,91 % | 5,69 % | 4,73 % | 3,96 % | 3,84 % | 3,46 % | |

*Fuente. Elaboración propia con base en la información de la fábrica*

$$Índice\ de\ eficiencia = \left(\frac{A}{D}\right) * 100$$

Finalmente, se halla la ratio de Calidad (FFT (*First Time Through* – Piezas bien a la primera) Ratio de Calidad), cómo se ve en la Tabla 76.

*Tabla 76. Ratio de calidad de la fábrica.*

| Índice de calidad | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** | |
| A | N° total de kilogramos defectuosos | 3,0 | 6,0 | 3,0 | 8,9 | 4,5 | 4,5 | 7,5 | 10,4 | 4,6 | 4,7 | |
| B | N° total de piezas Buenas | 298,5 | 298,3 | 298,8 | 298,6 | 299,0 | 299,1 | 299,1 | 298,3 | 298,8 | 298,4 | |
| C | N° total de piezas Producidas (A+B) | 301,5 | 304,3 | 301,7 | 307,6 | 303,4 | 303,6 | 306,5 | 308,8 | 303,4 | 303,0 | |
| D | Índice de calidad [(B/C)*100] | 99% | 98% | 99% | 97% | 99% | 99% | 98% | 97% | 98% | 98% | |

*Fuente. Elaboración propia con base en el cálculo de indicadores productivos (2019)*

Finalmente, el OEE es:

*Tabla 77. Cálculo OEE todas las máquinas*

| Cálculo del OEE | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** |
| A | Índice de disponibilidad | 83,80% | 86,00% | 85,47% | 87,05% | 86,02% | 85,25% | 82,92% | 86,79% | 85,78% | 86,29% |
| B | Índice de eficiencia | 3,16% | 3,63% | 6,97% | 3,70% | 3,91% | 5,69% | 4,73% | 3,96% | 3,84% | 3,46% |
| C | Índice de calidad | 99,01% | 98,04% | 99,01% | 97,09% | 98,53% | 98,53% | 97,57% | 96,62% | 98,49% | 98,46% |
| D | OEE (A*B*C) | **2,62%** | **3,06%** | **5,90%** | **3,13%** | **3,31%** | **4,78%** | **3,83%** | **3,32%** | **3,25%** | **2,94%** |

*Fuente. Elaboración propia con base en el cálculo de indicadores productivos (2019)*

Se puede concluir en base a los resultados obtenidos, que el índice con una mayor susceptibilidad a ser mejorado es el de la eficiencia. En teoría la fábrica está operando de una forma productiva, pero están fallando en la programación de las máquinas y la asignación de trabajos al taller; es debido a esto, que la fábrica puede producir cualquiera de las 20 referencias, pero no en la cantidad óptima y que corresponde a la demanda de cada referencia. Cabe resaltar que el alto resultado en el índice de Calidad es debido a que el funcionamiento de las máquinas no permite la salida de venda de manera defectuosa.

## 4. Hallazgos del diagnóstico

Para hacer el análisis de los hallazgos, se hizo la Tabla 78 donde se presenta los hallazgos encontrados en el diagnóstico, las consecuencias que presenta cada uno de estos, las propuestas que se presentarán en el capítulo titulado Propuesta de solución.

*Tabla 78. Hallazgos encontrados en el diagnóstico*

| | Hallazgos | Consecuencias | Propuestas |
|---|---|---|---|
| 1 | No se realiza ningún pronóstico de la demanda | Déficit o excesos de producto terminado | Aplicar métodos de pronósticos de demanda con base en series de tiempo, para poder proyectar volumen de ventas por referencia, planear la producción y los niveles de inventarios de seguridad de productos terminados. |
| 2 | No se realiza una planeación de la producción | Obligan a la fábrica a acumular inventarios por lo que incurre en costos innecesarios. | Tener un modelo de reposición de inventarios EOQ, que ayude a que el nivel de inventario sea de mínimo costo, pero que absorba la variabilidad de la demanda para satisfacer la misma. |
| 3 | Desconocimiento del consumo requerido de materia prima | Desconocimiento de requerimientos para la producción, genera agotamiento de materia prima, interrumpiendo el flujo de la producción. | Contar con una lista de materiales con el porcentaje de cada una utilizado por kilogramo de cada referencia de venda, y el procedimiento de explosión de materiales que calcule cuanto se va a consumir en cada pedido hecho por los clientes y orden de producción. |
| 4 | Tiempo de recambio de referencia en las máquinas alto frente a tiempo de corrida de las mismas. | Se pierde tiempo en los recambios, limitando la productividad de las máquinas | Establecer un orden determinado y una agrupación de referencias similares por máquina para que, al momento de hacer cambios de referencias, se disminuyan los tiempos improductivos de recambios. |
| 5 | Programación empírica de las máquinas. | Se asignan las órdenes de producción en desorden y aleatoriamente a las máquinas, sin criterios de productividad afectando la misma. | Aplicar una programación de las máquinas bajo criterios técnicos y sustentados en estudios de productividad de las propuestas |

| | Hallazgos | Consecuencias | Propuestas |
|---|---|---|---|
| 6 | Carencia de control de la producción de la fábrica | Se desconocen los resultados de los procesos en términos de productividad y respuesta a la demanda, impidiendo el mejoramiento de la producción. | Establecer indicadores de control de la productividad y el consumo de materias primas que puedan retroalimentar el sistema de planeación de la producción |
| 7 | Desarticulación de procesos de planeación, programación y control de la producción | Fabrica ineficiente, con procesos improductivos, y riesgos de incumplimiento frente a la demanda y sobre costos de inventarios. | Diseño de procedimientos documentados de planeación, programación y control de la producción, y soporte de su ejecución mediante una herramienta en Excel, para planear y programar la producción, y obtener datos de salida de la productividad de los procesos, que servirán como control del sistema, y realimentará este mismo. |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

# 5. Propuesta de solución

En el presente capítulo se dan a conocer las propuestas que se plantean con el fin de lograr un sistema para planear, programar y controlar la producción de la fábrica, haciendo uso de procedimientos, métodos e instrumentos del sistema de producción. La Figura 55, es el modelo de sistema que se quiere proponer, empezando por la planeación que alimentará de información a la programación, y finalmente se hará el debido control de la producción para que este sistema se realimente.

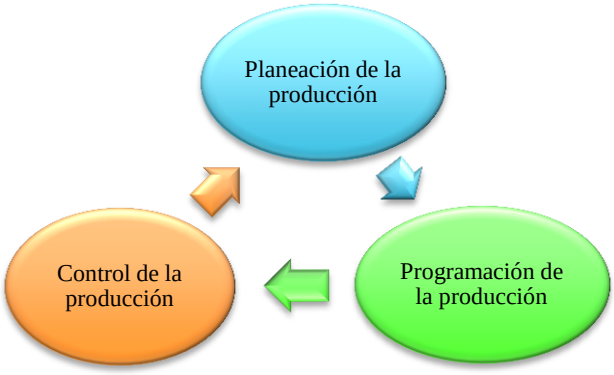



*Figura 55. Sistema de la producción*

*Fuente. Elaboración propia con base en la dirección del trabajo de grado*

Teniendo en cuenta el diagnóstico presentado en el capítulo anterior, se dará a conocer un árbol de propuestas en la Figura 56, que es un cuadro lógico donde se integran y se relacionan los objetivos del proyecto con las propuestas de los tres grandes temas presentados anteriormente. En esta figura se inició con el diagnóstico y cada una de las herramientas se marcó en la parte superior con un número (ejemplo: Causa – efecto con el número 1), posteriormente están las propuestas dónde se encuentran los subsistemas de cada uno de los sistemas de planeación, programación y control y en la parte superior de cada uno de los subsistemas hay un número que representa, a qué parte del diagnóstico están conectados cada uno.

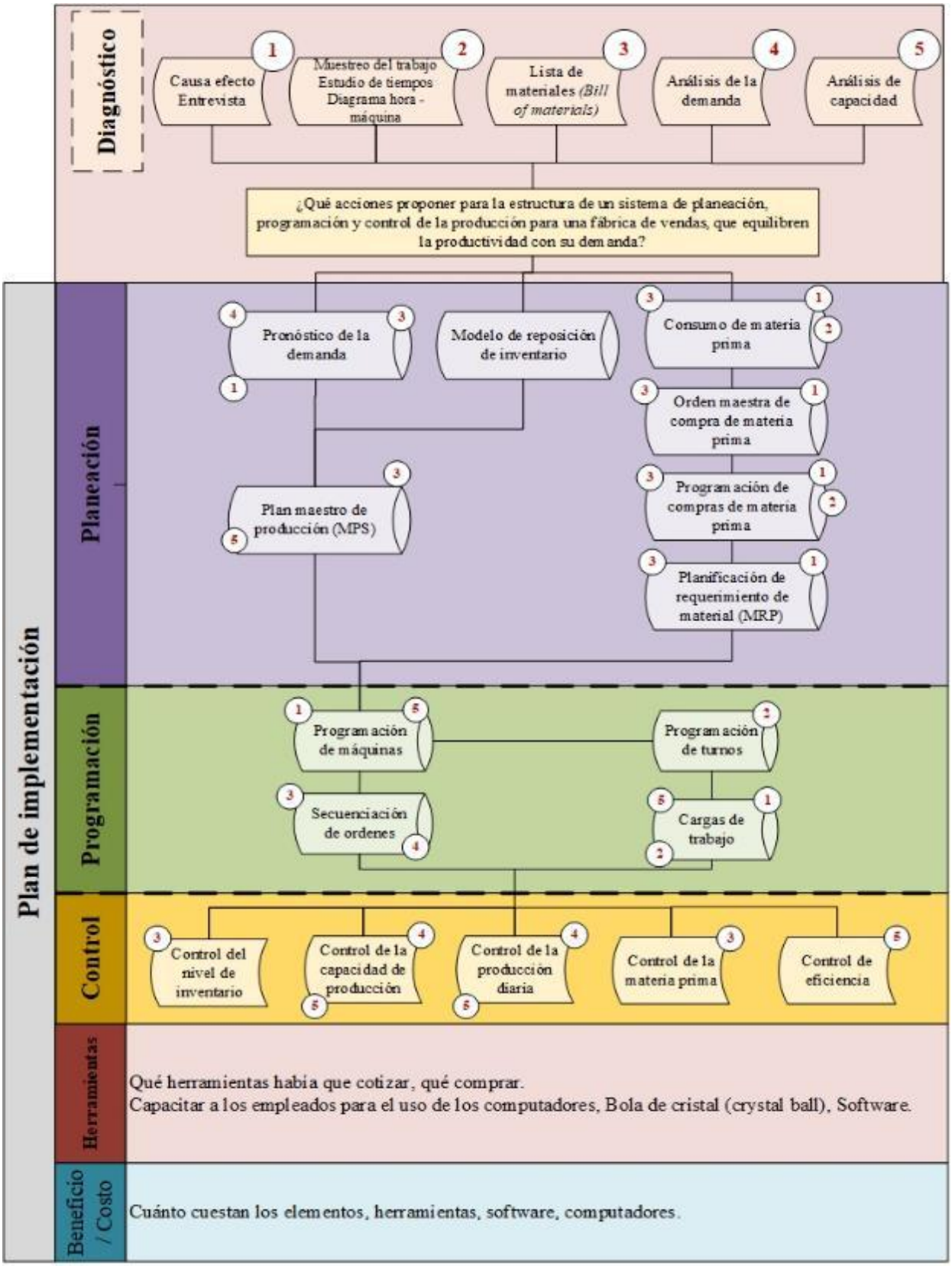



*Figura 56. Árbol de propuestas.*
*Fuente. Elaboración propia.*

Teniendo en cuenta el árbol que se presentó en la Figura 56 se justifica por medio de la Tabla 79 .

*Tabla 79. Justificación de la planeación en el árbol de propuestas.*

| | Captura | Registro | Procesamiento | Análisis | Toma de decisión |
|---|---|---|---|---|---|
| **Pronóstico de la demanda** | Cálculo manual de inventario. | Registro de información en base de datos de Excel. | Métodos de pronósticos de series de tiempo procesados en el programa de Excel al mismo tiempo que se van ingresando los datos para la planeación de Producción. | Se debe o no producir la referencia que se esté analizando. | ¿Qué referencia se debe producir? |
| **Modelo de reposición de Inventario** | Datos de base de datos e información de la empresa como el Lead time de producción, inventario promedio. | Guarda información en base de datos de Excel. | Modelo de EOQ de inventario, inventario de seguridad, punto de reorden, cantidad económica de pedido. | Qué nivel mínimo de inventario se debe mantener o entre que rangos. | ¿Se empieza a producir? ¿Hacer cambio de referencia? ¿Cuánto produzco? |
| **MPS** | Inventario inicial y final, lead time, pronósticos | Cálculos del MPS para obtener el plan de producción, con base al sistema simulado en Excel | Método de MPS bajo que arroja datos de cantidad a producir por periodos de tiempo | Cuanto y cuando producir manteniendo inventario de seguridad de producto terminado | ¿Cuánto produzco para cumplir con la demanda variable? |
| **Consumo de Material** | Cálculo del consumo de cada materia prima por periodo de tiempo | Guarda información en base de datos de Excel | Revisar cuanta materia prima se consume en un debido tiempo según cantidad a producir por referencia y lista de materiales BOM por referencia de producto. | ¿Cuánto material se consume en el mes? ¿Cuál es el LEP por materia prima? ¿Cuál es el inventario de seguridad y cual el punto de reorden por materia prima? | ¿Cuál es la cantidad de compras óptima por cada materia prima? |
| **Orden maestra de producción** | Calculado mediante hojas de Excel | Guarda información en base de datos de Excel | Cálculo de volumen de compras a un periodo de tiempo de mediano plazo | Cuánto pedir y revisar LEP | Puede haber descuentos por cantidad de pedido, ¿Cuándo y cuánto? |
| **MRP** | BOM, Lead time proveedores, Inventario de seguridad, Lote mínimo de despacho, pronósticos | Guarda información en base de datos de Excel | Calcula la cantidad de materiales necesarios para una cantidad pedida de productos bajo criterios y manejo de inventarios | Cuando se deben hacer pedidos de materias primas teniendo en cuenta los pronósticos | Hacer pedidos de materia en cierta cantidad, durante cierto tiempo, y cierta periodicidad. |

*Fuente. Elaboración propia.*

A continuación en la Tabla 80, se dará a conocer la justificación de la programación en el árbol de propuestas.

*Tabla 80. Justificación de la programación en el árbol de propuestas.*

| | Captura | Registro | Procesamiento | Análisis | Toma de decisión |
|---|---|---|---|---|---|
| **Programación de máquinas** | Demanda y MPS | Guarda información en base de datos de Excel | Revisar la demanda, así mismo revisar el documento de la simulación en Excel, para validar cuales son las ordenes de producción, con el fin de programar cargue de las máquinas. | Se relaciona con un volumen de producción que se puede desarrollar, normalmente se expresa en horas/máquina, aunque puede utilizar otras dimensiones como $/hora, Kg/hora. | ¿Cuánto produzco para cumplir con la demanda? |
| **Secuenciación de órdenes de producción** | Demanda y MRP | Guarda información en base de datos de Excel | Revisar la producción pendiente por despachar en el sistema en Excel. | Explicar el tiempo requerido para procesar el enrollado y empaque de una orden de X kilogramos | Hacer pedidos de materia en cierta cantidad, durante cierto tiempo, y cierta periodicidad. |

*Fuente. Elaboración propia.*

Y para finalizar se mostrará en la Tabla 81 las justificaciones de las propuestas del control de la producción de vendas.

*Tabla 81. Justificación del control en el árbol de propuestas.*

| | Captura | Registro | Procesamiento | Análisis | Toma de decisión |
|---|---|---|---|---|---|
| **Control inventarios P.T** | Información sacada de base de datos de Excel | Información a registrar en el programa Excel | Se revisará en qué nivel está el inventario haciendo el respectivo cálculo de inventario. If= Io + Producción diaria - Ventas | Se cuida que este se mantenga dentro del rango de inventario de seguridad y el lote óptimo de pedido | En este caso, la encargada de producción de la fábrica lleva un control del inventario revisando periódicamente, y cuando llega el momento de pedir material, poder pedirlo con oportunidad, si no, usar el inventario que se encuentra en ese momento |
| **Control de utilización de capacidad** | Tomado por un instrumento contador de metros de venda | El encargado de producción debe mantener informada a la gerencia de cuáles son los movimientos dentro de la empresa en cuanto a cargue y descargue de máquinas, y tiempo de funcionamientos o fallas, de forma diaria. | Se revisa si las máquinas estuvieron trabajando el tiempo estimado. | Se revisa que las máquinas estén trabajando correctamente y que estén produciendo la cantidad de venda óptima. | Se toma la decisión de detener alguna máquina, hacer un cambio de referencia de alguna de las referencias de poca rotación, reponer inventario de x referencia, cumplir con un pedido fuera de lo común |

| | Captura | Registro | Procesamiento | Análisis | Toma de decisión |
|---|---|---|---|---|---|
| **Control de la producción diaria** | Tomado por un instrumento contador de metros de venda | El instrumento contador dará la información final con el fin de documentarla en Excel | Al final de cada día, se registran los datos de cuanto se produjo durante todo el día y este se le suma al inventario inicial. | Controla que las referencias que están programadas para esta semana se estén trabajando. | Se hace un control de rutina que se revisará durante el día laboral. Con el fin de mirar si se debe hacer un cambio. |
| **Control de ejecución del programa de producción** | Toma de datos manual llevada a una plataforma de Excel | Información se registra en un Gantt de control de producción | Se revisa si se está realizando lo que está estipulado en el MPS, y si se están manejando las referencias correctas | Se revisa que las máquinas estén debidamente programadas con sus respectivas referencias de vendas | Se revisa siguiendo un diagrama de Gantt si el programa de producción que se planteó desde un principio se está cumpliendo. Si no, hacer el debido cambio en las máquinas. En caso de que no se esté siguiendo el MPS o se hayan adelantado algunos procesos. |
| **Control de inventario M.P** | Información sacada de base de datos de Excel | Información a registrar en el programa Excel | Se hace el respectivo cálculo del inventario que queda al final del día, semana o mes. If= Io + compras – Consumo | Se cuida que este se mantenga dentro del rango de inventario de seguridad y el lote óptimo de pedido | En este caso el encargado de producción debe saber si está muy bajo el inventario, pedir con el respectivo tiempo dado por el Lead time, si no, usar el inventario que se encuentra en ese momento. |

*Fuente. Elaboración propia.*

## 5.1. Planeación

Como se muestra en el marco teórico para la planeación de la producción se debe tener en cuenta, el procedimiento del pronóstico de la demanda y los procedimientos de la reposición de inventario, para lograr hacer el MPS, y los procedimientos del plan de la producción. Así mismo, se debe hacer el MRP, el cual consta de los procedimientos del cálculo del consumo de materia prima que es la explosión de materiales y así mismo de hizo uso de listas de materiales (Bill Of Materials), es decir la ficha técnica de materias primas de cada referencia. Cómo se puede ver en la Figura 57, esto es de todo lo que consta la planeación de la producción de la fábrica.

*Figura 57. Planeación.*
*Fuente. Elaboración propia con base en la dirección del trabajo de grado*

### 5.1.1. Procedimientos

A continuación, se presenta el procedimiento que se debe ejecutar para la planeación de la producción de la fábrica, que consta de un diagrama de flujo, responsables, recursos, métodos, modelación matemática, simulación.

***Pronóstico de la demanda***

A continuación en la Figura 58 se presenta el procedimiento a seguir para el pronóstico de la demanda.

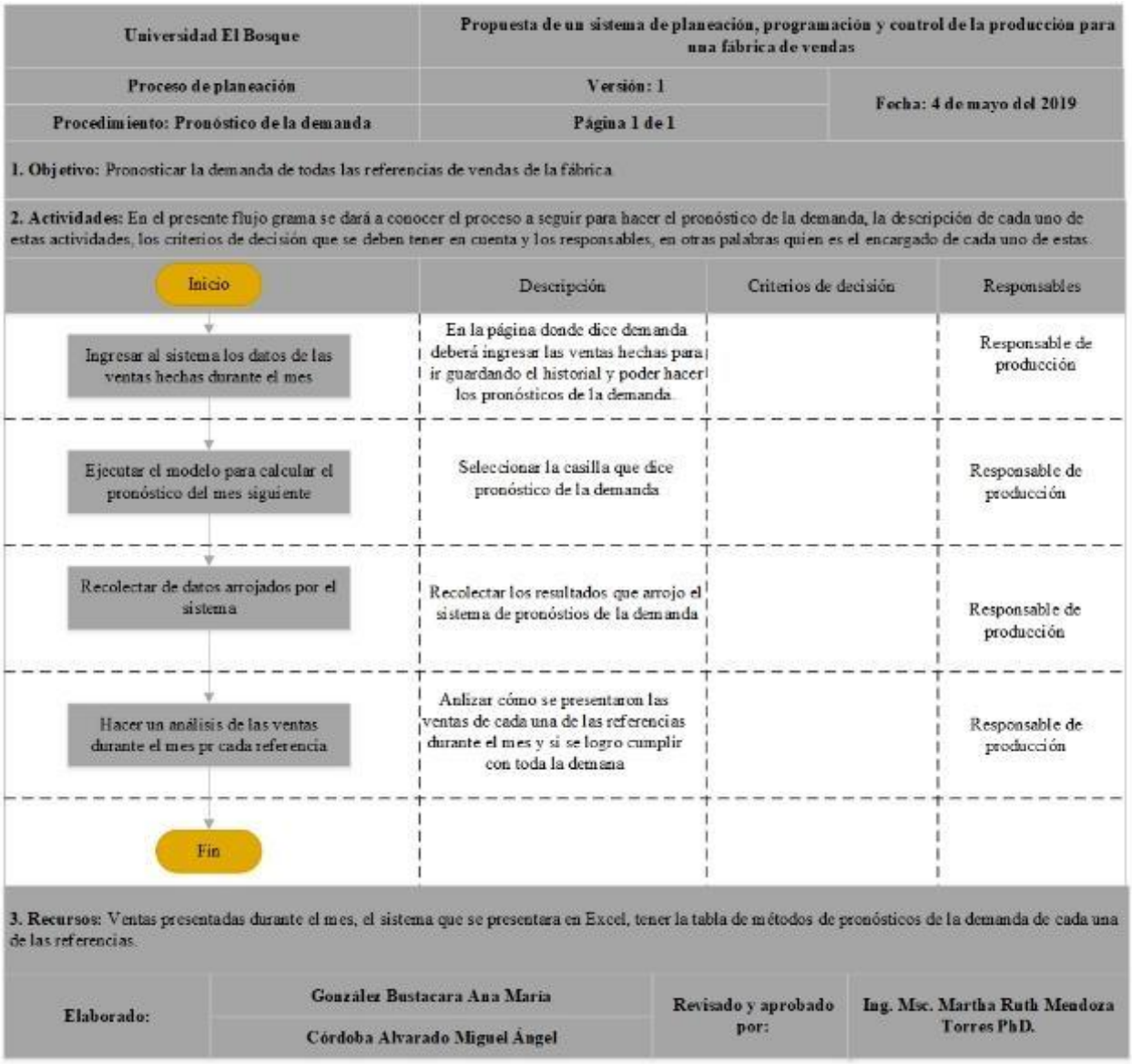
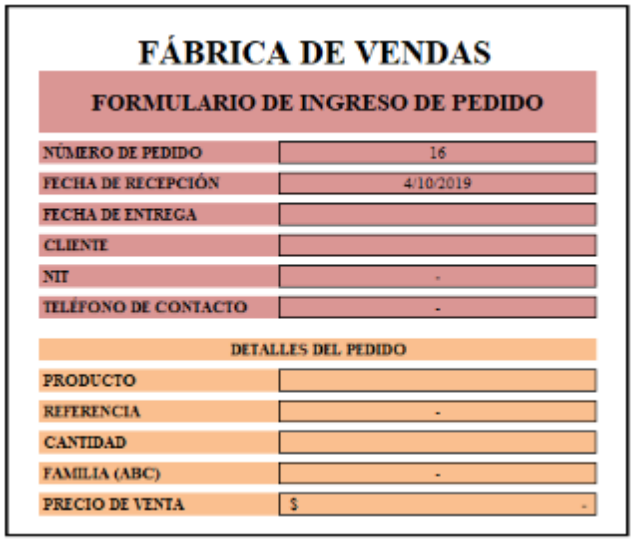



*Figura 58. Demanda*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

En la Figura 59, la Figura 60, la Figura 61 y en la Figura 62 se da a conocer la simulación en el Excel ®. Inicialmente se presenta el formulario en el que se llenan los pedidos que hacen los clientes. (ver Figura 59)



**FÁBRICA DE VENDAS**

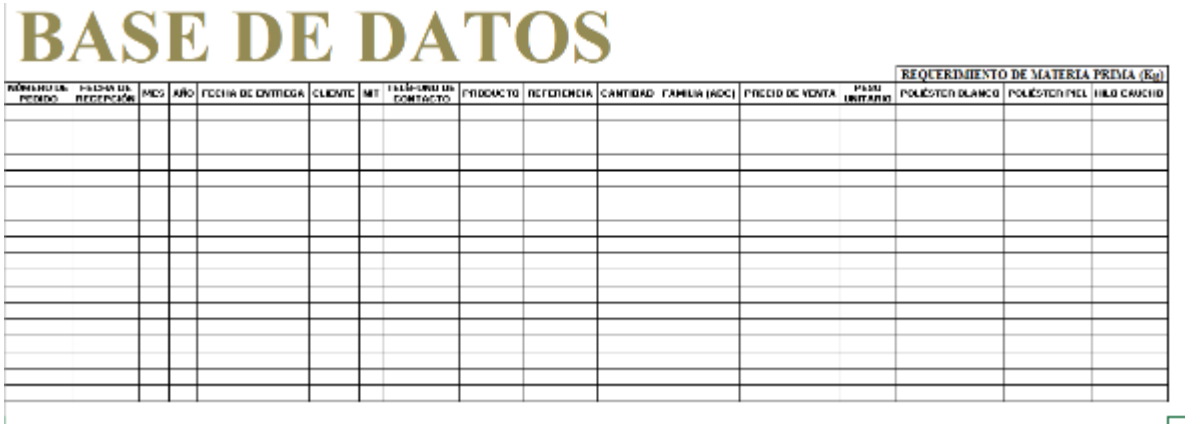
**FORMULARIO DE INGRESO DE PEDIDO**

| | |
|---|---|
| NÚMERO DE PEDIDO | 16 |
| FECHA DE RECEPCIÓN | 4/10/2019 |
| FECHA DE ENTREGA | |
| CLIENTE | |
| NIT | - |
| TELÉFONO DE CONTACTO | - |
| **DETALLES DEL PEDIDO** | |
| PRODUCTO | |
| REFERENCIA | - |
| CANTIDAD | |
| FAMILIA (ABC) | - |
| PRECIO DE VENTA | $ - |

*Figura 59. Formulario de ingreso de pedidos.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

Los datos que se recolectan en el formulario, pasan a la base de datos como se ve en la Figura 60 y después se trasladan al pronóstico de la demanda en donde se presentan dos tablas una en la que están las ventas reales y otra que es la que se encuentra el pronóstico de la demanda.



**BASE DE DATOS**

| NÚMERO DE PEDIDO | FECHA DE RECEPCIÓN | MES | AÑO | FECHA DE ENTREGA | CLIENTE | NIT | TELÉFONO DE CONTACTO | PRODUCTO | REFERENCIA | CANTIDAD | FAMILIA (ABC) | PRECIO DE VENTA | PESO UNITARIO | REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA (Kg) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | POLIÉSTER BLANCO | POLIÉSTER PIEL | HILO CAUCHO |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Figura 60. Base de datos*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

La Figura 61 muestra la tabla que se encuentra en el simulador de Excel, en esta se presentan los pronósticos de la demanda a corto plazo, dependiendo de las ventas reales que aparecen en la Figura 62.

PRONÓSTICO DE VENTAS

| | PRONÓSTICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas C |
| MES | VEB 2 | VEB 3 | VEB 4 | VEB 5 | VEB 6 | VFB 2 | VFB 3 | VFB 4 | VFB 5 | VFB 6 | VEP 2 | VEP 3 | VEP 4 | VEP 5 | VEP 6 | VFP 2 | VFP 3 | VFP 4 | VFP 5 | VFP 6 |
| ERROR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENERO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FEBRERO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MARZO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABRIL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JUNIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JULIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGOSTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEPTIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCTUBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOVIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DICIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Figura 61. Tabla del simulador de Excel del pronóstico de la demanda.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

En la Figura 62 se presentan las ventas reales mensuales de cada una de las referencias.

| | DATOS DE INGRESO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas | Vendas Co |
| MES | VEB 2 | VEB 3 | VEB 4 | VEB 5 | VEB 6 | VFB 2 | VFB 3 | VFB 4 | VFB 5 | VFB 6 | VEP 2 | VEP 3 | VEP 4 | VEP 5 | VEP 6 | VFP 2 | VFP 3 | VFP 4 | VFP 5 | VFP 6 |
| ERROR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENERO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FEBRERO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MARZO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABRIL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JUNIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JULIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGOSTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEPTIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCTUBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOVIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DICIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Figura 62. Ventas reales*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### *Planeación de la producción*

En la Figura 63, se da a conocer el procedimiento para la planeación de la producción, quién es el encargado de cada una de las operaciones que se deben realizar.

| Universidad El Bosque | Propuesta de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas | |
|---|---|---|
| Proceso de planeación | Versión: 1 | Fecha: 4 de mayo del 2019 |
| Procedimiento: Planeación de la producción | Página 1 de 1 | |

**1. Objetivo:** Responder al plan de producción.

**2. Actividades:** Se debe tener en cuenta el pronóstico de la demanda, que él tamaño del lote que se tiene cumpla con la demanda, revisar el inventario con el que se cuenta

| Inicio | Descripción | Criterios de decisión | Responsables |
|---|---|---|---|
| Conocer los datos históricos de la demanda | Revisar como se esta comportando la demanda | | Responsable de producción |
| Determinar la tendencia de la demanda | Revisar y determinar la tendencia de la demanda que esta mostrando actualmente | | Responsable de producción |
| Realizar el pronóstico de la demanda | Realizar el paso a paso del pronóstico de la demanda, para hacer la proyección a corto plazo de está | | Responsable de producción |
| Diligenciar los datos en el sistema | Diligenciar los datos en el sistema para llenar el MPS (Inventario inicial, la demanda estimada, el inventario de seguridad, tamaño de lote, producción de lotes requerida, referencias producidas, inventario final, capacidad requerida). | | Responsable de producción |
| Verificar el MPS y el EOQ del producto terminado | Hay momentos en que la demanda podría llegar a incrementar (pedido inesperado) se debe hacer cambio de proceso de producción. | | Responsable de producción |
| ¿Es necesario solicitar producción del producto terminado? | | Si: Seleccionar una máquina (depende de la programación de carga de las máquinas) para hacer la producción necesaria. No: Pasar al área de enrollado y empaque | Responsable de producción |
| Solicitar la producción de la referencia necesaria | En el momento en que sea necesario se deberá hacer cambio de referencia en alguna de las máquinas y se hará la producción de la referencia inesperada. | | Responsable de producción |
| Pasar el producto del área de la hilandería al área de enrollado y empaque | Una vez se tenga la producción de los lotes necesarios para cumplir con la demanda está pasa al área de enrollado y empaque para completar el proceso de producción y así responder a los clientes. | | Responsable de producción |
| Fin | | | |

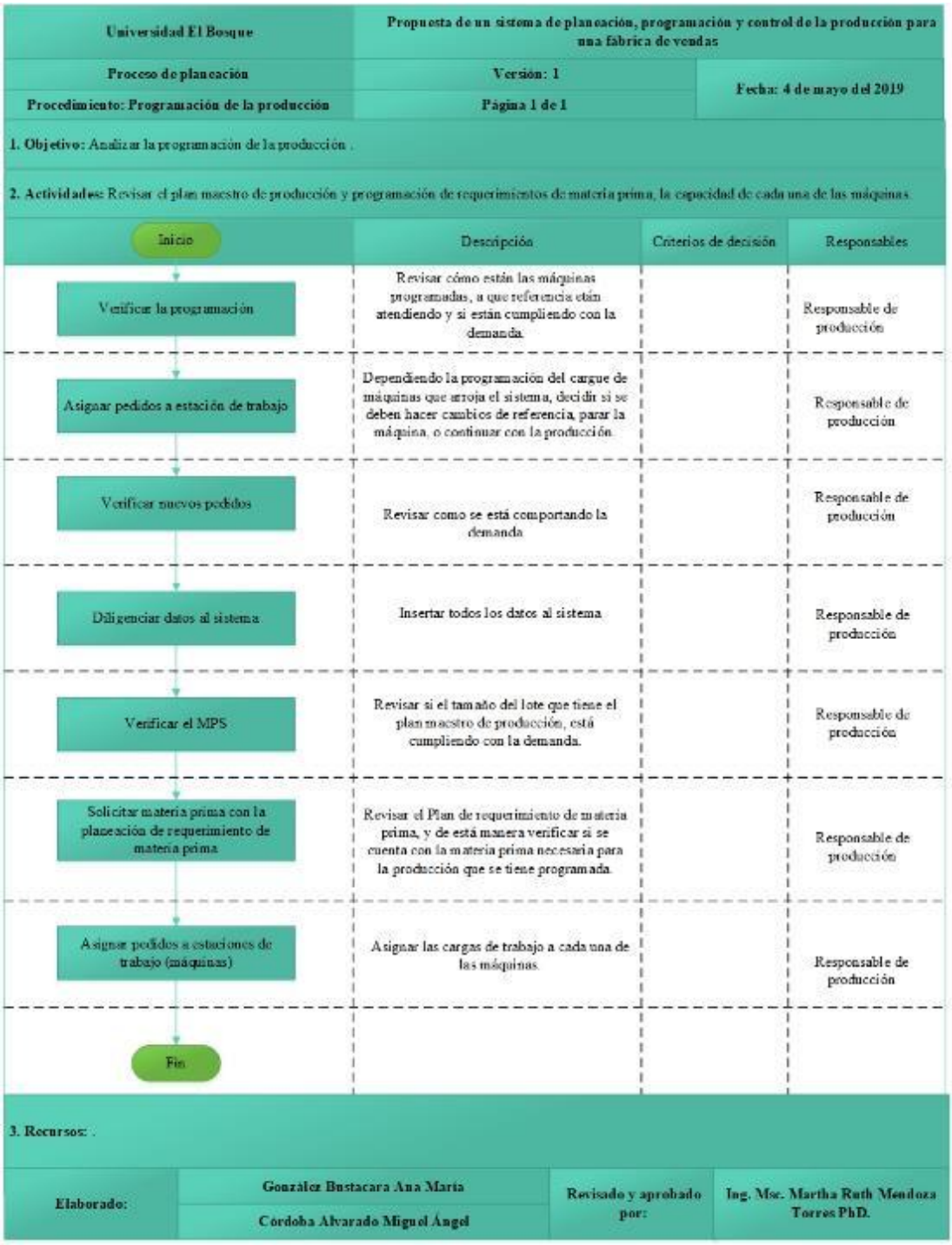
**3. Recursos:** .

| Elaborado: | González Bustacara Ana María<br>Córdoba Alvarado Miguel Ángel | Revisado y aprobado por: | Ing. Msc. Martha Ruth Mendoza Torres PhD. |
|---|---|---|---|

*Figura 63. Planeación de la producción.*
*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### *Programación de la producción*

En la Figura 64, se presentan los procedimientos que se deben llevar acabo para la programación de la producción de la fábrica.



| Universidad El Bosque | Propuesta de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas | |
|---|---|---|
| Proceso de planeación | Versión: 1 | Fecha: 4 de mayo del 2019 |
| Procedimiento: Programación de la producción | Página 1 de 1 | |

**1. Objetivo:** Analizar la programación de la producción .

**2. Actividades:** Revisar el plan maestro de producción y programación de requerimientos de materia prima, la capacidad de cada una de las máquinas.

| Inicio | Descripción | Criterios de decisión | Responsables |
|---|---|---|---|
| Verificar la programación | Revisar cómo están las máquinas programadas, a que referencia están atendiendo y si están cumpliendo con la demanda. | | Responsable de producción |
| Asignar pedidos a estación de trabajo | Dependiendo la programación del cargue de máquinas que arroja el sistema, decidir si se deben hacer cambios de referencia, parar la máquina, o continuar con la producción. | | Responsable de producción |
| Verificar nuevos pedidos | Revisar como se está comportando la demanda | | Responsable de producción |
| Diligenciar datos al sistema | Insertar todos los datos al sistema | | Responsable de producción |
| Verificar el MPS | Revisar si el tamaño del lote que tiene el plan maestro de producción, está cumpliendo con la demanda. | | Responsable de producción |
| Solicitar materia prima con la planeación de requerimiento de materia prima | Revisar el Plan de requerimiento de materia prima, y de está manera verificar si se cuenta con la materia prima necesaria para la producción que se tiene programada. | | Responsable de producción |
| Asignar pedidos a estaciones de trabajo (máquinas) | Asignar las cargas de trabajo a cada una de las máquinas. | | Responsable de producción |
| Fin | | | |

**3. Recursos:** .

| Elaborado: | González Bustacara Ana María | Revisado y aprobado por: | Ing. Msc. Martha Ruth Mendoza Torres PhD. |
|---|---|---|---|
| | Córdoba Alvarado Miguel Ángel | | |

*Figura 64. Programación de la producción*
*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### *Control de la producción*

En la Figura 65, se encuentra el paso a paso para el procedimiento que se debe seguir para llevar un control de la producción.

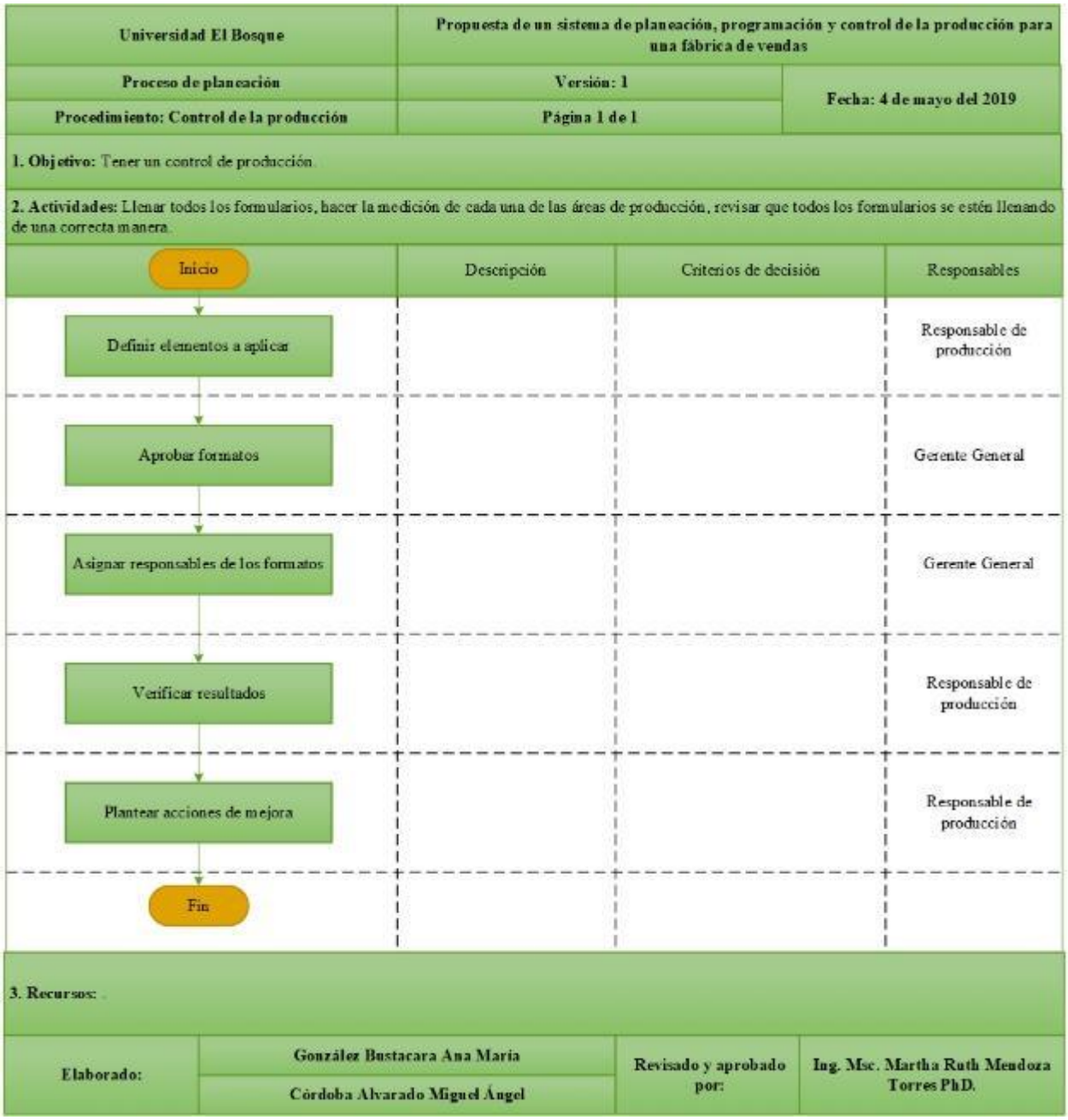



*Figura 65. Control de la producción.*
*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.1.2. Métodos

En la Figura 66 se dará a conocer cuáles son los subsistemas de planeación del sistema de producción de una fábrica de vendas.

*Figura 66. Componentes del sistema de la planeación de la producción.*

*Fuente. Elaboración propia del autor.*

A continuación, se dará a conocer la propuesta de planeación de la producción de la fábrica enfocada en una de las veinte referencias con las que cuenta la fábrica en estos momentos.

***Pronóstico de la demanda***

Los pronósticos de la demanda serán utilizados para la proyección de la demanda futura de las 20 referencias con las que cuenta la fábrica, y con esta analizar los picos y los valles de cada uno de los meses.

- ✓ ***Método de pronóstico mensual***

Los pronósticos mensuales serán utilizados para el cálculo de la relación de referencia requerida por un determinado mes, el cual contribuye a la toma de decisiones sobre la cantidad requerida de cada una de las referencias.

Para la selección del método de pronóstico adecuado es necesario calcular el error para ello se tomaron en cuenta; la desviación media absoluta (MAD) promedia las magnitudes del error del pronóstico, el error porcentual medio (MAPE) se calcula a partir del error absoluto de cada

periodo dividiendo este entre el valor real observado en ese periodo y promediando estos errores porcentuales absolutos y la raíz cuadrada del error cuadrado medio (RMSE) donde se sancionan los errores grandes pero tienen las mismas unidades de la serie (Chase, 2014) y con base en los errores que se mostraron en el diagnóstico de la fábrica, se construyeron las dos tablas que se muestran a continuación. (ver Tabla 82 y Tabla 83)

Los métodos recomendamos para cada una de las referencias son:

*Tabla 82. Métodos de pronóstico de la demanda para cada una de las referencias.*

| **Nombre de la empresa: fábrica de vendas** | **Pronósticos de la demanda recomendados para cada una de las referencias** | **Junio 25 del 2019** | **versión 1.0** |
|---|---|---|---|

| **Referencia** | **Producto** | **Método de pronóstico** |
|---|---|---|
| VEB 2 | Vendas Blancas Elásticas de 2 | Promedio móvil simple |
| VEB 3 | Vendas Blancas Elásticas de 3 | Promedio móvil simple |
| VEB 4 | Vendas Blancas Elásticas de 4 | Promedio móvil simple |
| VEB 5 | Vendas Blancas Elásticas de 5 | Suavización exponencial simple |
| VEB 6 | Vendas Blancas Elásticas de 6 | Promedio móvil simple |
| VFB 2 | Vendas Blancas Fijas 2 | Suavización exponencial simple |
| VFB 3 | Vendas Blancas Fijas 3 | Promedio móvil simple |
| VFB 4 | Vendas Blancas Fijas 4 | Suavización exponencial doble |
| VFB 5 | Vendas Blancas Fijas 5 | Promedio móvil simple |
| VFB 6 | Vendas Blancas Fijas 6 | Promedio móvil simple |
| VEP 2 | Vendas Color Piel Elásticas de 2 | Promedio móvil simple |
| VEP 3 | Vendas Color Piel Elásticas de 3 | Promedio móvil simple |
| VEP 4 | Vendas Color Piel Elásticas de 4 | Promedio móvil simple |
| VEP 5 | Vendas Color Piel Elásticas de 5 | Promedio móvil doble |
| VEP 6 | Vendas Color Piel Elásticas de 6 | Promedio móvil simple |

| **Elaborado por: Ana María González Bustacara y Miguel Ángel Córdoba Alvarado** | **Revisado y aprobado por: Martha Ruth Mendoza Torres** |
|---|---|

*Fuente. Elaboración propia con base en la dirección del trabajo de grado.*

En la Tabla 83 se presenta las referencias y los métodos del pronóstico de la demanda que se debe utilizar para cada una de estas y las ecuaciones, para hacer el pronóstico de la demanda.

*Tabla 83. Métodos y formulas.*

| Método del pronóstico de la demanda | Producto (Referencia) | Formula |
|---|---|---|
| Promedio móvil simple | • Venda elástica blanca de 2.<br>• Venda elástica blanca de 3.<br>• Venda elástica blanca de 4.<br>• Venda elástica blanca de 6.<br>• Venda fija blanca de 3.<br>• Venda fija blanca de 5.<br>• Venda fija blanca de 6.<br>• Venda elástica piel de 2.<br>• Venda elástica piel de 3.<br>• Venda elástica piel de 4.<br>• Venda elástica piel de 6 | $F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \cdots + A_{t-n}}{n}$<br>f=*Forecast*=Pronóstico.<br>A=Valor real de la serie de tiempo= Cantidades vendidas. |
| Promedio móvil doble | • Venda elástica piel de 5 | $F_{t'} = \frac{A'_{t-1} + A'_{t-2} + A'_{t-3} + \cdots + A'_{t-n}}{n}$<br>Ft'=Pronóstico para el periodo t.<br>At'= La demanda obtenida para el periodo t en la suavización simple.<br>n= Número de períodos a promediar. |
| Suavización exponencial simple | • Venda elástica blanca de 5.<br>• Venda fija blanca de 2. | $F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$<br>Ft =Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t.<br>F(t-1)=Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo anterior.<br>A(t-1)=Demanda real en el periodo anterior.<br>α=Índice de respuesta deseado, o constante de suavización. (0,3). |
| Suavización exponencial doble | • Venda fija blanca de 4. | $S'_t = \alpha S_t + (1-\alpha)S'_{t-1}$<br>$S''_t = \beta S'_t + (1-\beta)S''_{t-1}$<br>$F_t = S'_t + S''_t$<br>Ft=Valor pronosticado para el periodo t.<br>α = Constante de suavización para el nivel de serie.<br>S t=Valor histórico observado en el periodo t. |

| Método del pronóstico de la demanda | Producto (Referencia) | Formula |
|---|---|---|
| | | 〖S'〗_t=Valor suavizado en el periodo t.<br>〖S"〗_t=Tendencia estimada en el periodo t.<br>β=Constante de suavización para la tendencia de la serie.<br>S (t-1)=Valor histórico pronosticado para el periodo t-1. |

*Fuente. Elaboración propia con base en la dirección del trabajo de grado*

### 5.1.3. Plan maestro de producción - PMP (*Master production Schedule* (MPS))

Teniendo en cuenta que para hacer un MPS deben tener las especificaciones que se muestran en la Figura 67.

*Figura 67. MPS*
*Fuente. Elaboración propia con base en la dirección del trabajo de grado*

***i. Inventario inicial:***

$$Inventario\ inicial = Inventario\ final - Producción\ del\ periodo\ anterior$$

***ii. Demanda estimada:***

Como se presentó anteriormente en la Tabla 82, dependiendo cada una de las referencias se debe usar un método de pronóstico de la demanda, con el fin de disminuir el error de los pronósticos de la demanda.

iii. ***Inventario de seguridad*** - Se calcula a partir de la distribución normal Z = 0,97.

***iv. Tamaño de lote – EOQ***

Ejemplo del MPS en la simulación realizada en Excel ®.

### *1. Ingresar los pedidos en el sistema*

Se inicia ingresando el nombre del cliente, el teléfono del cliente, el producto que desea y los kilogramos que quiere de dicha referencia.

En cuanto al número de pedido, la fecha de entrega, la referencia, la familia (ABC) y el precio de venta ($) el sistema lo hace automáticamente.

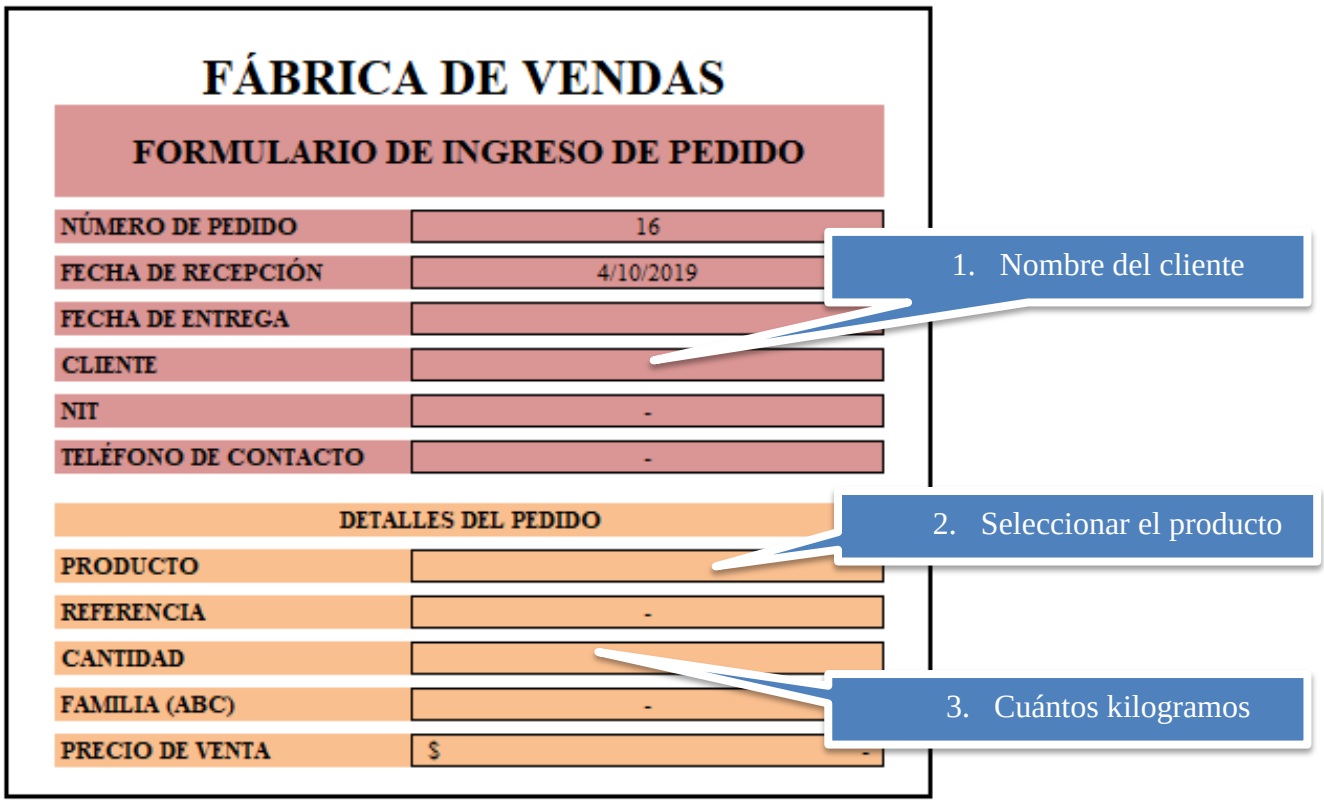



*Figura 68. Formulario de ingreso del pedido para la fábrica de vendas*
*Fuente. Elaboración propia (2019)*

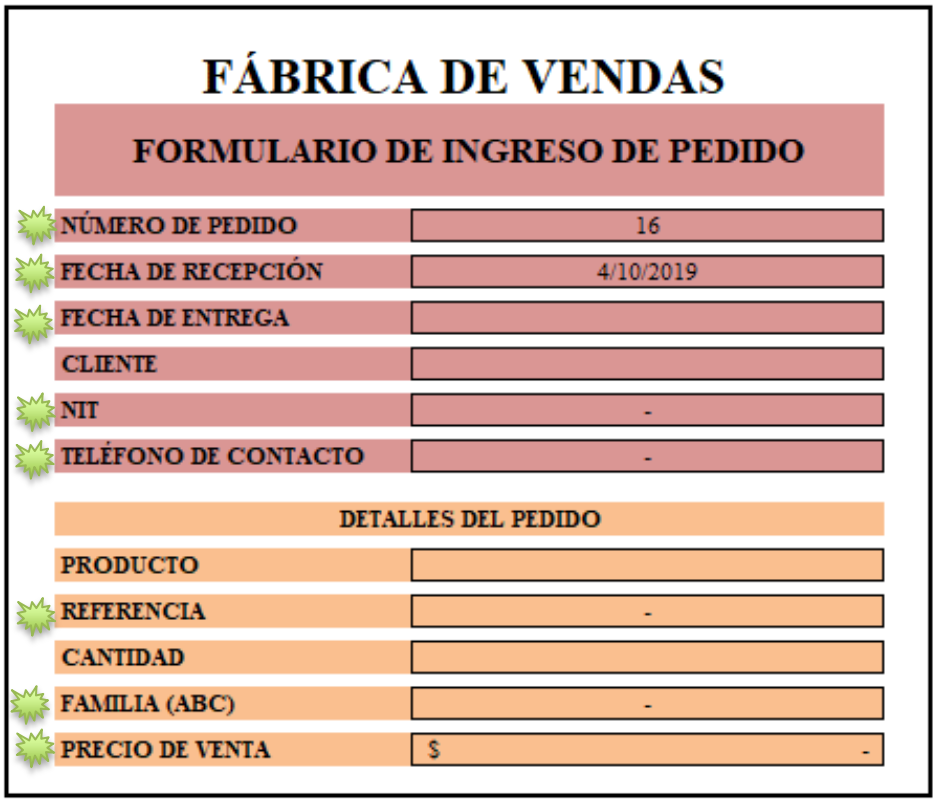
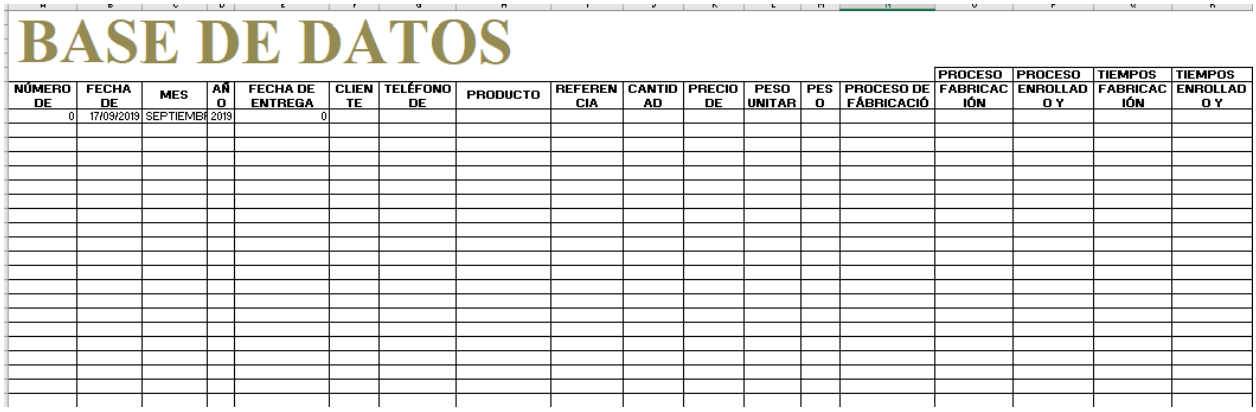



*Figura 69. Partes del formulario automáticas.*
*Fuente. Elaboración propia (2019)*

### *2. Automáticamente estos datos quedarán guardados en la base de datos.*

Los datos que son ingresados de cada uno de los pedidos son guardados automáticamente en la base datos.




| NÚMERO DE | FECHA DE | MES | AÑO | FECHA DE ENTREGA | CLIENTE | TELÉFONO DE | PRODUCTO | REFERENCIA | CANTIDAD | PRECIO DE | PESO UNITAR | PESO | PROCESO DE FÁBRICACIÓ | PROCESO FABRICACIÓN | PROCESO ENROLLADO Y | TIEMPOS FABRICACIÓN | TIEMPOS ENROLLADO Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 17/09/2019 | SEPTIEMBR | 2019 | 0 | | | | | | | | | | | | | |

*Figura 70. Base de datos de sistema*

*Fuente. Elaboración propia (2019)*

### *3. Revisar los datos que el sistema llevo al plan maestro de producción. (MPS)*

Una vez son ingresadas las ordenes de los clientes, el sistema se retroalimenta, y se encarga de avisar cuando se debe hacer producción del lote de alguna de las referencias, y así mismo el sistema es el encargado de llenar el plan maestro de cualquiera de las referencias, con base en los pedidos que se realizaron.

PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN

| FECHA | REFERENCIA | INVENTARIO INICIAL | DEMANDA ESTIMADA | INVENTARIO DE SEGURIDAD | TAMAÑO DE LOTE | PRODUCCIÓN DE LOTES REQUERIDA | PEDIDOS DE LOS CLIENTES | INVENTARIO FINAL | MPS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Elásticas de 2 | | | 3,9 | 12,5 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Elásticas de 3 | 0 | | 1,9 | 6,2 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Elásticas de 4 | 0 | | 3,3 | 10,7 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Elásticas de 5 | 0 | | 4,4 | 14,2 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Elásticas de 6 | 0 | | 4,9 | 15,5 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Fijas 2 | 0 | | 2,1 | 6,7 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Fijas 3 | 0 | | 2,3 | 7,4 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Fijas 4 | 0 | | 2,6 | 8,2 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Fijas 5 | 0 | | 2,0 | 6,5 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Blancas Fijas 6 | 0 | | 1,7 | 5,6 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Color Piel Elásticas de 2 | 0 | | 1,2 | 3,8 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Color Piel Elásticas de 3 | 0 | | 1,4 | 4,6 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Color Piel Elásticas de 4 | 0 | | 1,7 | 5,3 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Color Piel Elásticas de 5 | 0 | | 3,0 | 9,4 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Color Piel Elásticas de 6 | 0 | | 2,9 | 9,4 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Color Piel Fija 2 | 0 | | 0,0 | 0,0 | 0 | | 0 | 0 |
| 2/10/2019 | Vendas Color Piel Fija 3 | 0 | | 0,0 | 0,0 | 0 | | 0 | 0 |

*Figura 71. Plan maestro de producción para la fábrica de vendas.*

*Fuente. Elaboración propia (2019)*

### 5.1.4. Plan de requerimiento de materiales-MRP

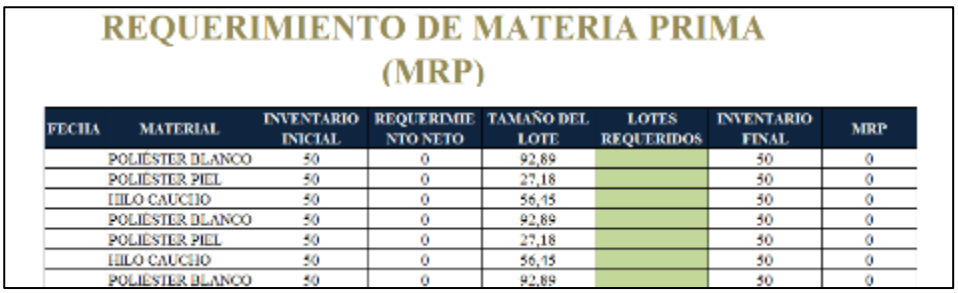
En la Figura 72, se presentan las entradas y salidas que se tuvieron presentes a la hora de formular la simulación en Excel ® del MRP.

**Compras** = Consumo de materia prima + Inventario final de la materia prima - Inventario inicial de la materia prima.

*Figura 72. Plan de requerimiento de materiales*

Esta propuesta en tener presente el requerimiento de materia prima para la producción de todas las referencias dependiendo la demanda que se presente. En este se tendrá en cuenta, en qué momento se debe hacer el pedido de cada una de las materias primas (Lead time)

Ejemplo en la simulación que se hizo en Excel ® para requerimiento de materia prima se puede ver en la Figura 73.



REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA (MRP)

| FECHA | MATERIAL | INVENTARIO INICIAL | REQUERIMIENTO NETO | TAMAÑO DEL LOTE | LOTES REQUERIDOS | INVENTARIO FINAL | MRP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | POLIÉSTER BLANCO | 50 | 0 | 92,89 | | 50 | 0 |
| | POLIÉSTER PIEL | 50 | 0 | 27,18 | | 50 | 0 |
| | HILO CAUCHO | 50 | 0 | 56,15 | | 50 | 0 |
| | POLIÉSTER BLANCO | 50 | 0 | 92,89 | | 50 | 0 |
| | POLIÉSTER PIEL | 50 | 0 | 27,18 | | 50 | 0 |
| | HILO CAUCHO | 50 | 0 | 56,15 | | 50 | 0 |
| | POLIÉSTER BLANCO | 50 | 0 | 92,89 | | 50 | 0 |

*Figura 73. Plan de requerimiento de materiales en Excel.*

*Fuente. Elaboración propia (2019)*

### *Informe general*

En la Figura 74, se presenta el modelo del informe general que genera el simulador en Excel® lo que da la información general de cómo se encuentra una referencia en específico.

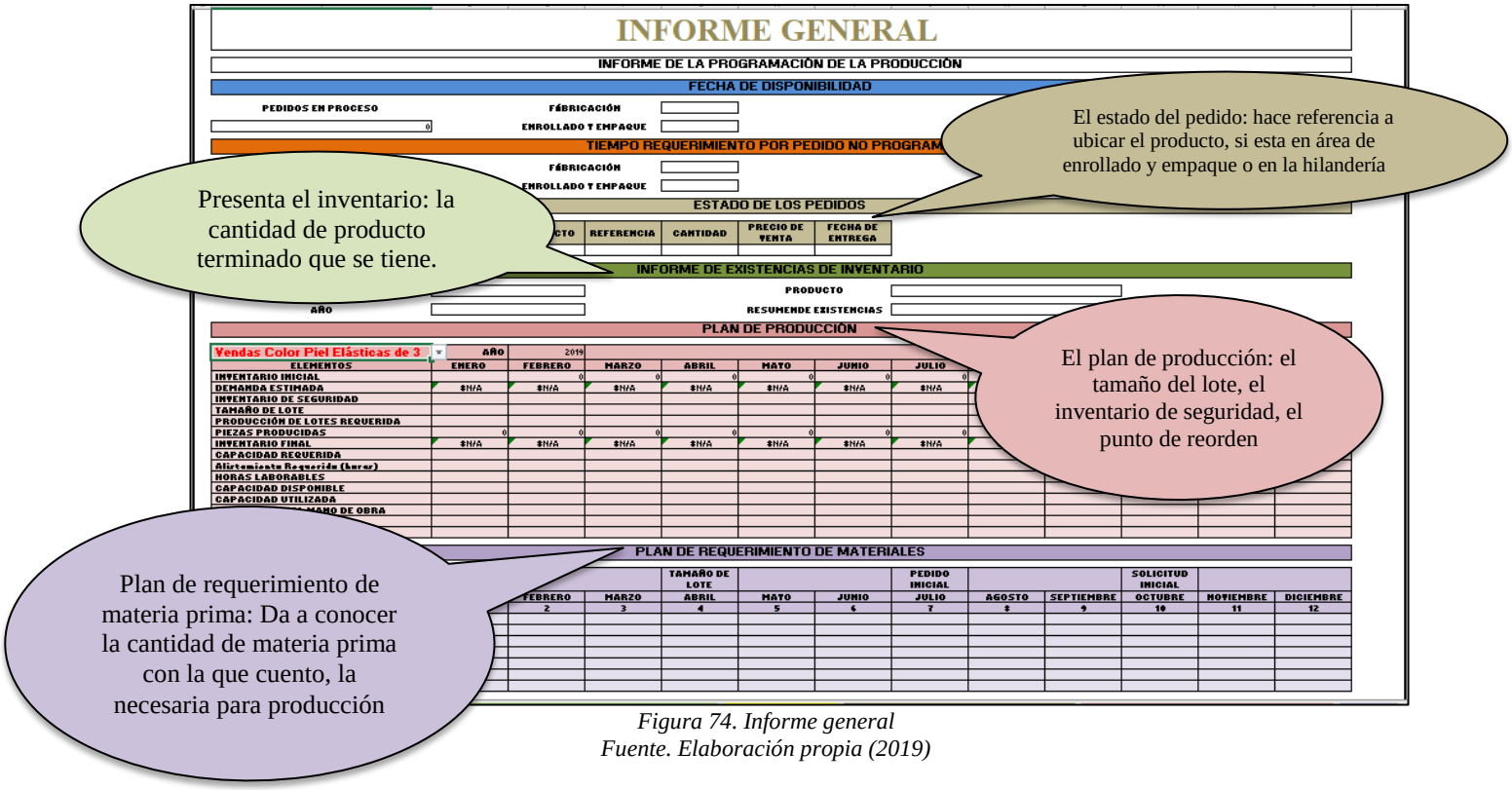



*Figura 74. Informe general*
*Fuente. Elaboración propia (2019)*

## 5.2. Programación

En la Figura 75, se muestra cuáles son los subsistemas de programación del sistema producción de una fábrica de vendas.

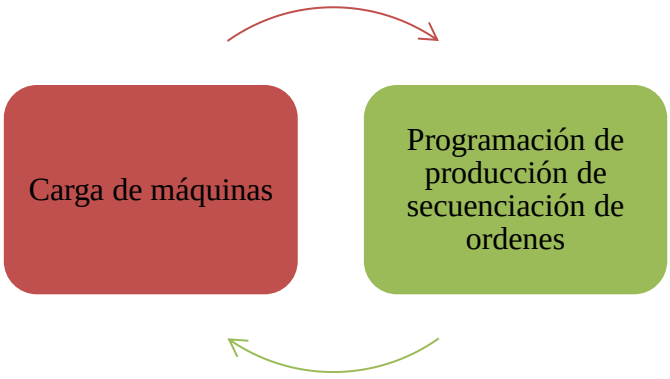



*Figura 75. Programación de la producción.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.2.1. Clasificación ABC

Se tomó la decisión de hacer la clasificación ABC, con el fin de revisar cuales eran las vendas que tienen mayor demanda y estas dejarlas en la clasificación A, y las que menos ventas presentan están ubicadas en la clasificación C. En el diagrama de bloques que se presenta en la Figura 76, se explica el paso a paso para hacer la clasificación ABC.

Así mismo se decidió hacer la clasificación ABC, ya que la fábrica de vendas cuenta con unas máquinas más rápidas que otras, unas que presentan un mayor porcentaje operando y otras que el porcentaje es mal alto en las fallas. Por lo tanto, la clasificación ABC, se centrará en clasificar la mayor demanda en el grupo A y la menor demanda en el grupo C.

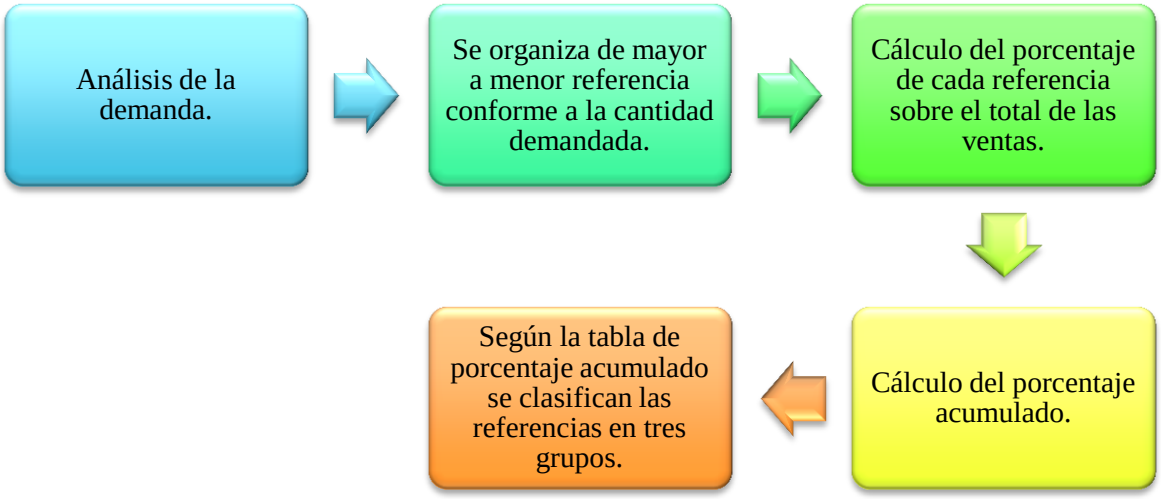



*Figura 76. Diagrama de bloques de la clasificación ABC.*

*Fuente (Chase & Jacobs, 2011, Pág. 578)*

En la Tabla 84, se presenta la clasificación ABC de las 20 referencias con las que cuenta la fábrica de vendas, y como se explicó anteriormente las que están ubicadas en el grupo A son las que tienen una mayor demanda, hasta el momento teniendo en cuenta las ventas que se presentaron desde julio 2018 hasta julio 2019, las vendas que tienen mayor demanda son las vendas elásticas blancas de 6, 5, 2 y 4.

*Tabla 84. Inventario ABC*

| | REFERENCIA | Total VENTAS (Kg)/mes | % sobre total | % acumulado |
|---|---|---|---|---|
| 1 | VEB 6 | 1327 | 0,17 | 17,0% |
| 2 | VEB 5 | 1269 | 0,16 | 33,3% |
| 3 | VEB 2 | 904 | 0,12 | 44,9% |
| 4 | VEB 4 | 718 | 0,09 | 54,1% |
| 5 | VEP 5 | 615 | 0,08 | 62,0% |
| 6 | VEP 6 | 582 | 0,07 | 69,5% |
| 7 | VFB 4 | 441 | 0,06 | 75,1% |
| 8 | VFB 3 | 427 | 0,05 | 80,6% |
| 9 | VFB 2 | 336 | 0,04 | 84,9% |
| 10 | VFB 5 | 275 | 0,04 | 88,5% |
| 11 | VEB 3 | 249 | 0,03 | 91,6% |
| 13 | VEP 4 | 210 | 0,03 | 94,3% |
| 12 | VFB 6 | 195 | 0,03 | 96,8% |
| 14 | VEP 3 | 153 | 0,02 | 98,8% |
| 15 | VEP 2 | 93 | 0,01 | 100,0% |
| 16 | VFP 2 | 0 | 0,00 | 100,0% |
| 17 | VFP 3 | 0 | 0,00 | 100,0% |
| 18 | VFP 4 | 0 | 0,00 | 100,0% |
| 19 | VFP 5 | 0 | 0,00 | 100,0% |
| 20 | VFP 6 | 0 | 0,00 | 100,0% |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

En la Figura 77, se puede observar que las cuatro referencias presentadas anteriormente (vendas elásticas blancas de 6, 5, 2 y 4) ocupan más del 50% de las ventas totales y por esto están en la clasificación A.

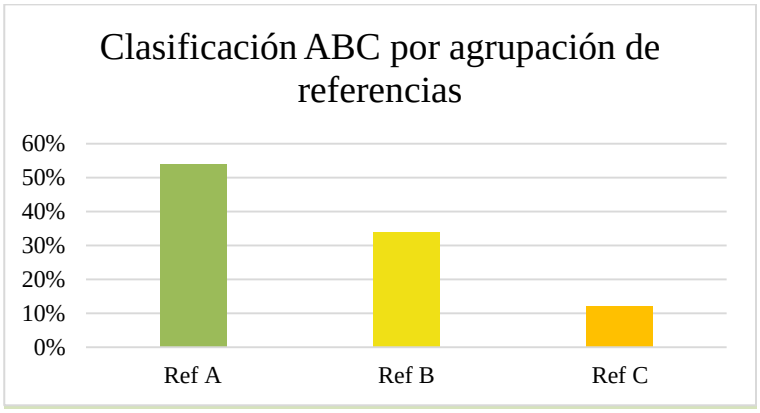



*Figura 77. Gráfica del inventario ABC.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.2.2. Rendimiento en kilos

El rendimiento en kilos consiste en tener presente cuales son las máquinas más rápidas y cuál es el total de kilos que se puede producir en una hora de cada una de las referencias en cada una de las máquinas.

Esto está presente en la programación ya que se pensó en varios casos que podrían llegar a suceder, uno de estos es el momento en que la demanda supere el lote económico que se tiene para cada una de las referencias, por lo tanto, el tener claro cuál es la máquina más indicada para cumplir con la demanda, es muy importante.

*Tabla 85. Rendimiento en kilogramos.*

| **Nombre de la empresa: fábrica de vendas** | | | **Rendimiento en kilos** | | | | | | | | | **Junio 25 del 2019** | **versión 1.0** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **KG DE VENDA EN CADA MÁQUINA POR HORA** | | | | | | | | | | |
| | | | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** | |
| | | **Velocidad (m/dia)** | **612,144** | **547,92** | **283,392** | **543,024** | **508,608** | **346,32** | **405,072** | **506,448** | **515,808** | **577,008** | |
| **Tiras** | **Referencia** | **Kg/m** | | | | | | | | | | | |
| 8 | VEB 2 | 0,02 | 8,2 | 7,3 | 3,8 | 7,2 | 6,8 | 4,6 | 5,4 | 6,8 | 6,9 | 7,7 | |
| 6 | VEB 3 | 0,02 | 7,3 | 6,6 | 3,4 | 6,5 | 6,1 | 4,2 | 4,9 | 6,1 | 6,2 | 6,9 | |
| 6 | VEB 4 | 0,02 | 9,4 | 8,4 | 4,3 | 8,3 | 7,8 | 5,3 | 6,2 | 7,8 | 7,9 | 8,8 | |
| 4 | VEB 5 | 0,03 | 7,6 | 6,8 | 3,5 | 6,8 | 6,3 | 4,3 | 5,0 | 6,3 | 6,4 | 7,2 | |
| 4 | VEB 6 | 0,03 | 9,0 | 8,0 | 4,2 | 8,0 | 7,5 | 5,1 | 5,9 | 7,4 | 7,6 | 8,5 | |
| 8 | VFB 2 | 0,01 | 4,9 | 4,4 | 2,3 | 4,3 | 4,1 | 2,8 | 3,2 | 4,1 | 4,1 | 4,6 | |
| 6 | VFB 3 | 0,01 | 4,5 | 4,0 | 2,1 | 4,0 | 3,7 | 2,5 | 3,0 | 3,7 | 3,8 | 4,2 | |
| 6 | VFB 4 | 0,02 | 6,5 | 5,8 | 3,0 | 5,8 | 5,4 | 3,7 | 4,3 | 5,4 | 5,5 | 6,2 | |
| 4 | VFB 5 | 0,02 | 5,4 | 4,9 | 2,5 | 4,8 | 4,5 | 3,1 | 3,6 | 4,5 | 4,6 | 5,1 | |
| 4 | VFB 6 | 0,02 | 6,0 | 5,4 | 2,8 | 5,3 | 5,0 | 3,4 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 5,6 | |
| 8 | VEP 2 | 0,02 | 8,7 | 7,8 | 4,0 | 7,7 | 7,2 | 4,9 | 5,8 | 7,2 | 7,3 | 8,2 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | VEP 3 | 0,02 | 7,8 | 6,9 | 3,6 | 6,9 | 6,4 | 4,4 | 5,1 | 6,4 | 6,5 | 7,3 |
| 6 | VEP 4 | 0,03 | 11,0 | 9,9 | 5,1 | 9,8 | 9,2 | 6,2 | 7,3 | 9,1 | 9,3 | 10,4 |
| 4 | VEP 5 | 0,03 | 9,0 | 8,0 | 4,2 | 8,0 | 7,5 | 5,1 | 5,9 | 7,4 | 7,6 | 8,5 |
| 4 | VEP 6 | 0,04 | 9,8 | 8,8 | 4,5 | 8,7 | 8,1 | 5,5 | 6,5 | 8,1 | 8,3 | 9,2 |
| 8 | VFP 2 | 0,01 | 5,4 | 4,9 | 2,5 | 4,8 | 4,5 | 3,1 | 3,6 | 4,5 | 4,6 | 5,1 |
| 6 | VFP 3 | 0,01 | 4,9 | 4,4 | 2,3 | 4,3 | 4,1 | 2,8 | 3,2 | 4,1 | 4,1 | 4,6 |
| 6 | VFP 4 | 0,02 | 8,2 | 7,3 | 3,8 | 7,2 | 6,8 | 4,6 | 5,4 | 6,8 | 6,9 | 7,7 |
| 4 | VFP 5 | 0,03 | 6,8 | 6,1 | 3,1 | 6,0 | 5,7 | 3,8 | 4,5 | 5,6 | 5,7 | 6,4 |
| 4 | VFP 6 | 0,03 | 6,8 | 6,1 | 3,1 | 6,0 | 5,7 | 3,8 | 4,5 | 5,6 | 5,7 | 6,4 |

| | |
|---|---|
| **Elaborado por: Ana María González Bustacara y Miguel Ángel Córdoba Alvarado** | **Revisado y aprobado por: Martha Ruth Mendoza Torres** |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.2.3. Combinaciones para los cambios de referencia

Consiste en que, en el diagnóstico se encontró que se pueden hacer cambios de referencia, pero ya no de más de 9 horas, sino que se disminuirá el tiempo, pues hay varias referencias que cuentan con la misma cantidad de conos en la fileta y lo que varía es la cantidad y/o el color de los conos que se encuentran en la parte superior de la fileta, estos conos que se encuentran en la parte superior son los encargados de hacer el tejido horizontal de cada una de las referencias y la cantidad depende de las pulgadas (ancho) que tiene cada una de las referencias y el número de tiras que se pueden instalar en cada una de las máquinas.

Inicialmente se hizo la Tabla 86 que presenta la cantidad de conos que se deben colocar en cada una de las filetas, donde se presentan cuáles van en la parte superior y cuáles van en la parte inferior.

*Foto 12. Fileta con conos*

*Fuente. Tomada por los autores (2018)*

*Foto 13. Parte superior de la fileta.*

*Fuente. Tomada por los autores (2018)*

La Tabla 86, presenta las combinaciones de referencias que se pueden realizar y que disminuirían el tiempo de cambio de referencia (aproximadamente más de 10 horas).

*Tabla 86. Urdidos, tramas y conos de cada una de las referencias*

| Venda Elástica | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tiras** | **Referencia** | **Urdido** | **Trama** | **Conos por tira** | **Tramas por tira** |
| 8 | 2" | 256 | 16 | 32 | 2 |
| 6 | 3" | 276 | 12 | 46 | 2 |
| 6 | 4" | 372 | 12 | 62 | 2 |
| 4 | 5" | 312 | 8 | 78 | 2 |
| 4 | 6" | 372 | 8 | 93 | 2 |
| **Venda Fija** | | | | | |
| **Tiras** | **Referencia** | **Urdido** | **Trama** | **Conos por tira** | **Tramas por tira** |
| 8 | 2" | 256 | 32 | 32 | 4 |
| 6 | 3" | 276 | 24 | 46 | 4 |
| 6 | 4" | 372 | 24 | 62 | 4 |
| 4 | 5" | 312 | 16 | 78 | 4 |
| 4 | 6" | 372 | 8 | 93 | 2 |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

La Tabla 87 presenta marcada con una X las posibles combinaciones que se pueden realizar para hacer cambios de referencia con una disminución del tiempo que invierten en este proceso.

*Tabla 87. Referencias a combinar*

| REFERENCIAS QUE SE PUEDEN COMBINAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **VEB 2** | **VEB 3** | **VEB 4** | **VEB 5** | **VEB 6** | **VEP 2** | **VEP 3** | **VEP 4** | **VEP 5** | **VEP 6** | **VFB 2** | **VFB 3** | **VFB 4** | **VFB 5** | **VFB 6** | **VFP 2** | **VFP 3** | **VFP 4** | **VFP 5** | **VFP 6** |
| **VEB 2** | - | | | | | X | | | | | X | | | | | X | | | | |
| **VEB 3** | | - | | | | | X | | | | | X | | | | | X | | | |
| **VEB 4** | | | - | | | | | X | | | | | X | | | | | X | | |
| **VEB 5** | | | | - | | | | | X | | | | | X | | | | | X | |
| **VEB 6** | | | | | - | | | | | X | | | | | X | | | | | X |

| REFERENCIAS QUE SE PUEDEN COMBINAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **VEB 2** | **VEB 3** | **VEB 4** | **VEB 5** | **VEB 6** | **VEP 2** | **VEP 3** | **VEP 4** | **VEP 5** | **VEP 6** | **VFB 2** | **VFB 3** | **VFB 4** | **VFB 5** | **VFB 6** | **VFP 2** | **VFP 3** | **VFP 4** | **VFP 5** | **VFP 6** |
| **VEP 2** | X | | | | | - | | | | | X | | | | | X | | | | |
| **VEP 3** | | X | | | | | - | | | | | X | | | | | X | | | |
| **VEP 4** | | | X | | | | | - | | | | | X | | | | | X | | |
| **VEP 5** | | | | X | | | | | - | | | | | X | | | | | X | |
| **VEP 6** | | | | | X | | | | | - | | | | | X | | | | | X |
| **VFB 2** | X | | | | | X | | | | | - | | | | | X | | | | |
| **VFB 3** | | X | | | | | X | | | | | - | | | | | X | | | |
| **VFB 4** | | | X | | | | | X | | | | | - | | | | | X | | |
| **VFB 5** | | | | X | | | | | X | | | | | - | | | | | X | |
| **VFB 6** | | | | | X | | | | | X | | | | | - | | | | | X |
| **VFP 2** | X | | | | | X | | | | | X | | | | | - | | | | |
| **VFP 3** | | X | | | | | X | | | | | X | | | | | - | | | |
| **VFP 4** | | | X | | | | | X | | | | | X | | | | | - | | |
| **VFP 5** | | | | X | | | | | X | | | | | X | | | | | - | |
| **VFP 6** | | | | | X | | | | | | | | | | X | | | | | - |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.2.4. Programación y carga de máquinas

En la Figura 78, se encuentra el paso a paso para la elaboración de la programación

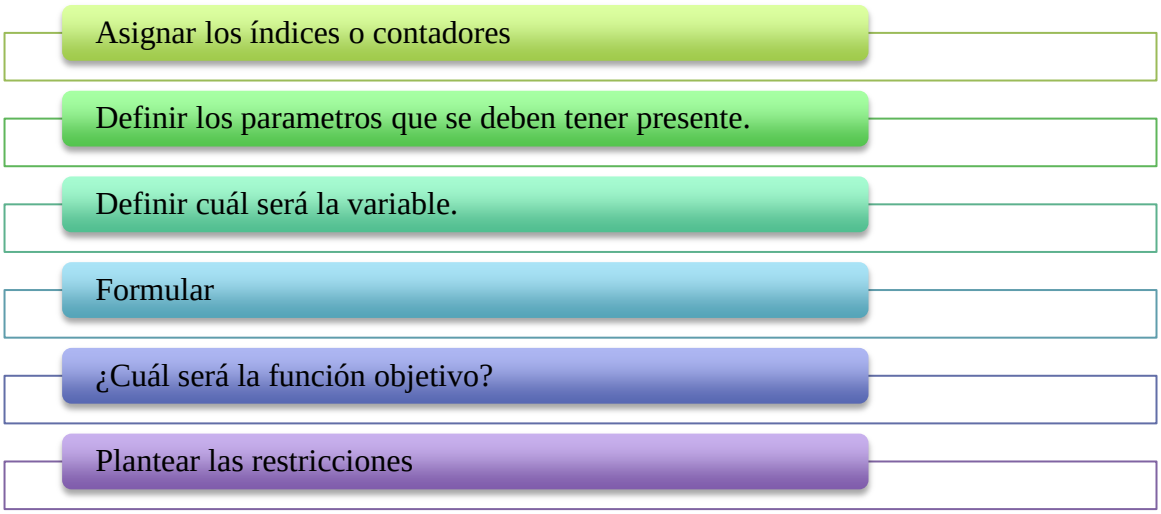



*Figura 78. Paso a paso para la elaboración de la programación.*
*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

El modelo matemático que se presenta a continuación representa la programación y carga de cada una de las 10 máquinas con las que cuenta la fábrica.

***Índices o contadores***

Para indicar cuáles son los índices o contadores se tuvo en cuenta la información que se presenta en la Figura 79, en dónde se especifica la cantidad de máquinas que hay en este momento en la fábrica, la 20 referencias de producto terminado que se venden en la fábrica, y que solo se necesitan 3 materias primas.

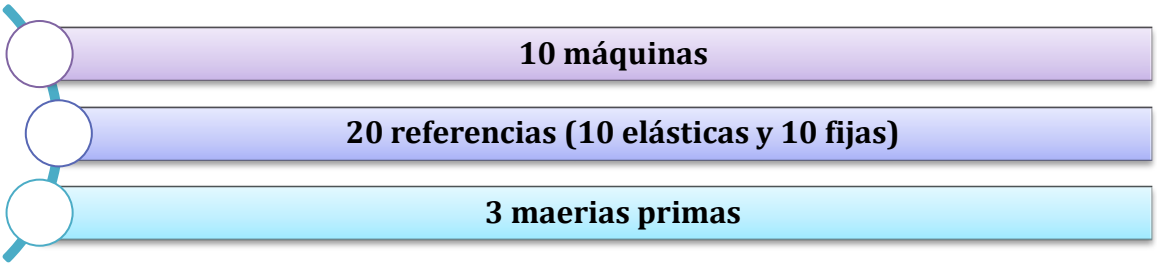



*Figura 79. Información de la fábrica.*
*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

***Parámetros***

$i = Producto\{i = 1,2,3,4 \dots 20\}$

$j = Máquina\ \{j = 1,2,3 \dots 10\}$

$l = Materia\ prima\{1,2,3\}$

$k = Días\ \{k = 1,2,3,4,5\}$

En la Figura 80 se presentan cada una de las variables que se deben tener en cuenta para la programación y cargue de máquinas de la fábrica de vendas.

**Disponibilidad (d)**

**Costo del lote (c)**

Cuanto cuesta la producción de un lote, se debe tener para cada una de las 20 referencias.

**Tiempo- horas para producir el lote (t)**

El tiempo que se invierte cuándo se va producir un lote de cuaquiera de las vendas.

**Tamaño del lote (Tal)**

De cuánto es el Q optimo de cada una de las 20 referencias

**Inventario inicial ($Inv_0$)**

Inicialmente con cuántos kilogramos se cuenta

**Capacidad de producción ($Cap$)**

cuánto es lo máximo que se puede producir en cada una de las máquinas

$\boldsymbol{Cmp_{il}}$ **= Consumo de materia prima l para** producto i

tener claro cuánta materia prima se necesita para la producción de cada una de las 20 referencias.

$\boldsymbol{dmpl_l}$ **= disponibilidad de materia prima**

actualmente cuánta materia prima se tiene.

*Figura 80. Parámetros*
*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

***Variables***

Las variables que se presentan a continuación son las dos variables que harán parte de la programación de la producción.

$X_{ijk} = Cantidad\ de\ producto\ i\ procesado\ en\ la\ máquina\ j\ el\ día\ k$

X consiste en la producción de cualquiera de los productos en la máquina que gaste menos tiempo.

$Y_l = Compra\ de\ materia\ prima\ (Kg)$

Radica en presentar cuál es la cantidad necesaria a comprar, de tal manera que nunca falte materia prima, y pueda cumplir con la programación de las máquinas.

***Formulación***

***Función objetivo:*** Cantidad a producir de i productos en j máquinas en el día k

$$\sum_{k=1}^{5}\sum_{i=1}^{20}\sum_{j=1}^{10} C_{ij} * X_{ijk}$$

***Restricciones***

- Capacidad de producción $(Cap)$

$$\sum_{i=1}^{20} t_{ij} * X_{ijk} \leq d_{jk}$$

$$\forall\ i, j$$

- Agenda de producción

$$\sum_{k=1}^{5}\sum_{j=1}^{10} X_{ijk} * Tdl_i + Inv_{0_i} \geq demanda\ i$$

- Compra de materia prima

$$\sum_{i=1}^{20}\sum_{j=1}^{10}\sum_{k=1}^{5} X_{ijk} * td_{li} * Cmp_{il} \leq dmp_{l}$$

$$\forall\, l$$

- Capacidad máxima

$$X_{ijk} \leq Cap_{ij}$$

$$\forall\, i, j, k$$

## 5.3. Control de la producción

En la presente figura se dará a conocer cuáles son los subsistemas del control del sistema de producción de una fábrica de vendas.

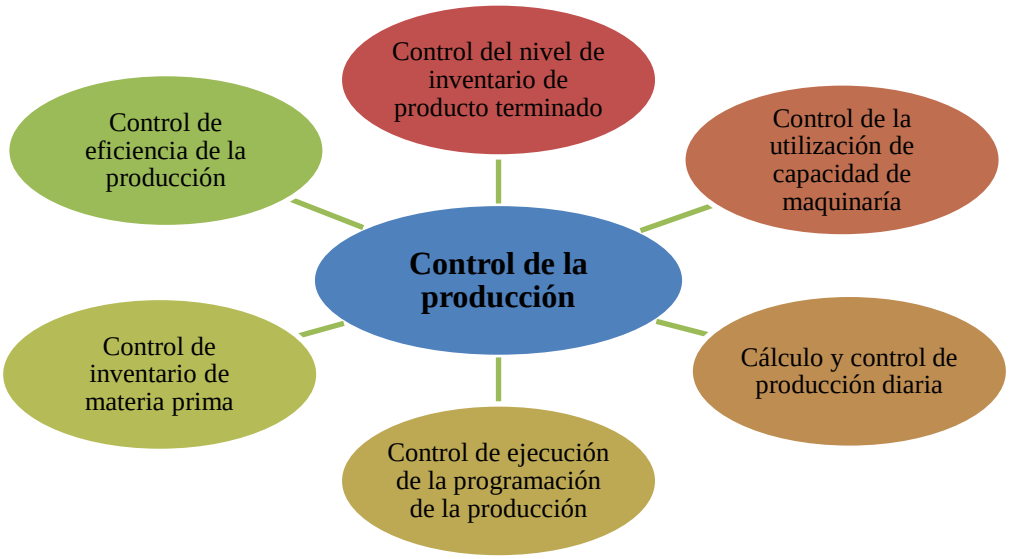



*Figura 81.Propuestas del Control de la producción*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.3.1. Control del nivel de inventario de producto terminado

La Figura 82, explica quién será el encargado de llenar los formularios del control del nivel de inventario de producto terminado, con qué frecuencia lo debe hacer, qué y cómo se debe analizar, y dependiendo el resultado que obtenga que decisión deberá tomar, y la Tabla 88 es el formulario.

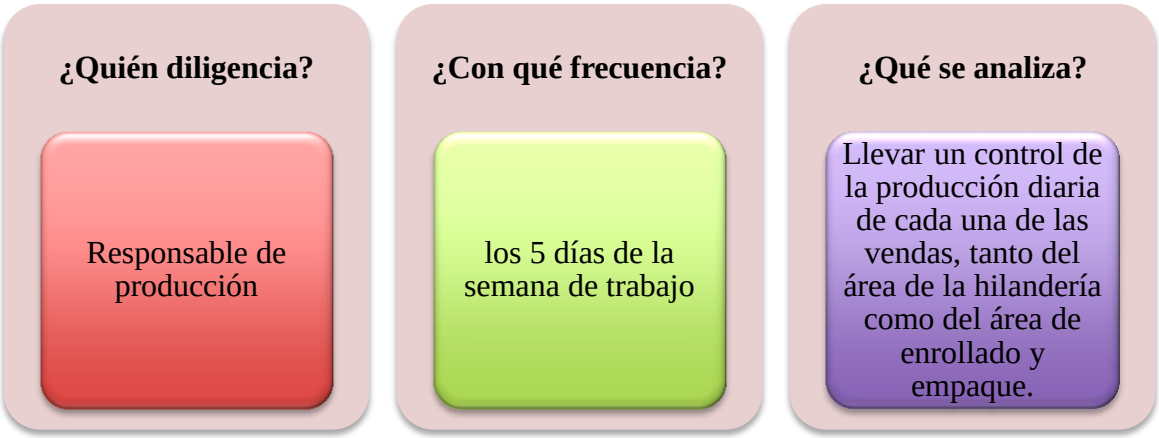



*Figura 82. Control del inventario del producto terminado.*
*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

| FÁBRICA DE VENDAS | | | CONTROL DE INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | PROCESO: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS | | | |
| | | | VERSIÓN 01 | | | |
| VENTA ELÁSTICA BLANCA | | | | | | |
| | FECHA DE RECIBIDO | FECHA DE INICIO DE PRODUCCIÓN | HORA DE INICIO | HORA DE FIN | FECHA DE ENTREGA | RESPONSABLE |
| PRODUCCIÓN | | | | | | |
| ENROLLADO Y EMPAQUE | | | | | | |
| ONSERVACIONES | | | | | | |
| | | | | | | |
| INFORMACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL | | | | | | |
| RESPONSABLE DE PRODUCCIÓN | RESPONSABLE DE LA FABRICACIÓN | | VERIFICÓ | | | |
| | | | APROBÓ | | | |

*Tabla 88. Formulario del control de inventario de producto terminado*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.3.2. Control de la utilización de capacidad de maquinaría

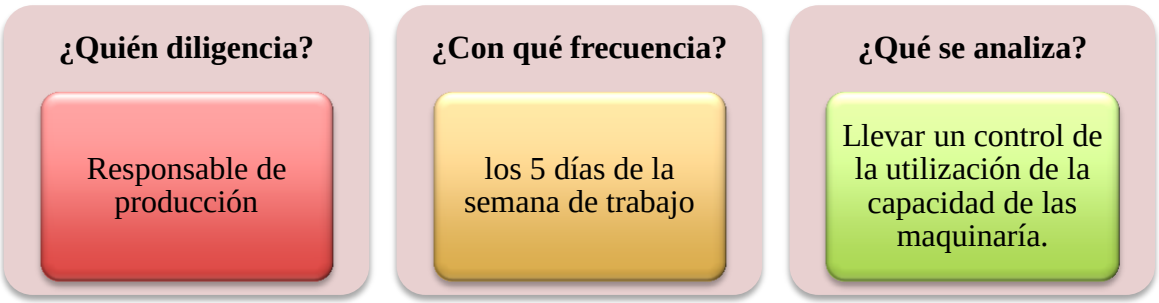



*Figura 83. Control del inventario del producto terminado.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

*Tabla 89. Formulario #2*

| **Empresa: Fábrica de vendas** | **Formulario del control de la programación de máquinas** | | | | | | | **Fecha:_____/20__** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | **Versión: 1.0** | | |
| **Referencia** | **Máquina 1** | **Máquina 2** | **Máquina 3** | **Máquina 4** | **Máquina 5** | **Máquina 6** | **Máquina 7** | **Máquina 8** | **Máquina 9** | **Máquina 10** |
| VEB 2 | | | | | | | | | | |
| VEB 3 | | | | | | | | | | |
| VEB 4 | | | | | | | | | | |
| VEB 5 | | | | | | | | | | |
| VEB 6 | | | | | | | | | | |
| VFB 2 | | | | | | | | | | |
| VFB 3 | | | | | | | | | | |
| VFB 4 | | | | | | | | | | |
| VFB 5 | | | | | | | | | | |
| VFB 6 | | | | | | | | | | |
| VEP 2 | | | | | | | | | | |
| VEP 3 | | | | | | | | | | |
| VEP 4 | | | | | | | | | | |
| VEP 5 | | | | | | | | | | |
| VEP 6 | | | | | | | | | | |
| VFP 2 | | | | | | | | | | |
| VFP 3 | | | | | | | | | | |
| VFP 4 | | | | | | | | | | |
| VFP 5 | | | | | | | | | | |
| VFP 6 | | | | | | | | | | |
| **Información de gestión** | | | | | | | | | | |
| **Responsable:** | | | | | | | | **Verificado:** | | |
| | | | | | | | | **Aprobado:** | | |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.3.3. Cálculo y control de producción diaria

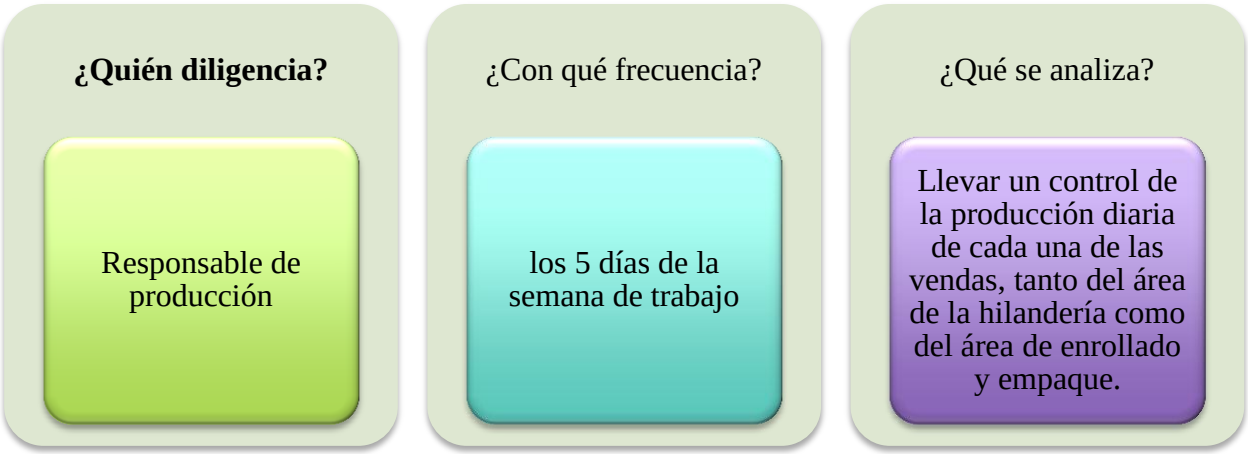



*Figura 84. Control del inventario del producto terminado.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

### 5.3.4. Control de ejecución de la programación de la producción

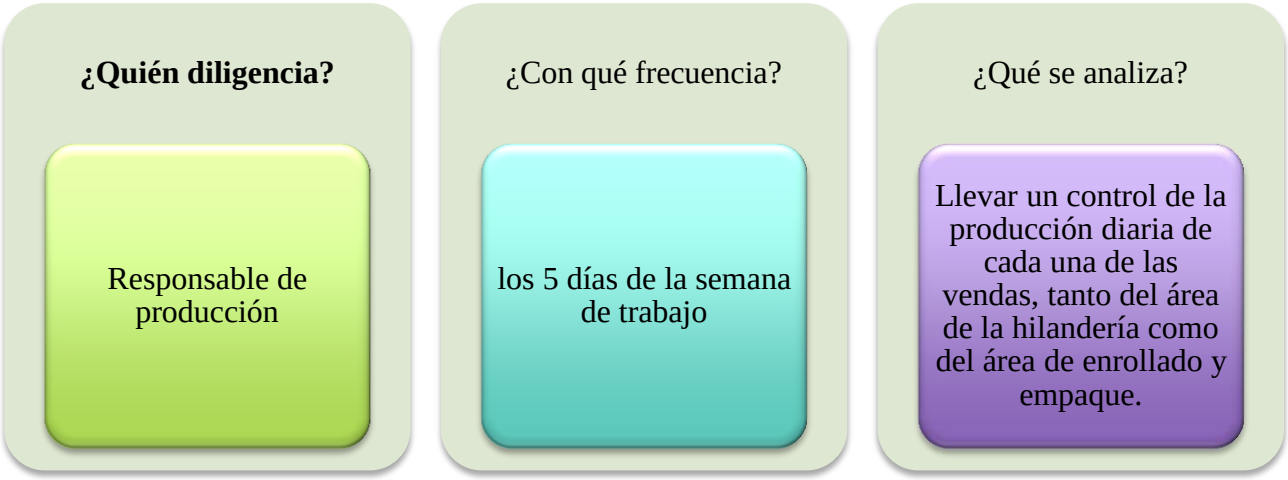



*Figura 85. Control del inventario del producto terminado.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

Así mismo se debe analizar la recolección de los datos que se recoge en este formulario. (Ver Tabla 88)

### 5.3.5. Control de inventario de materia prima

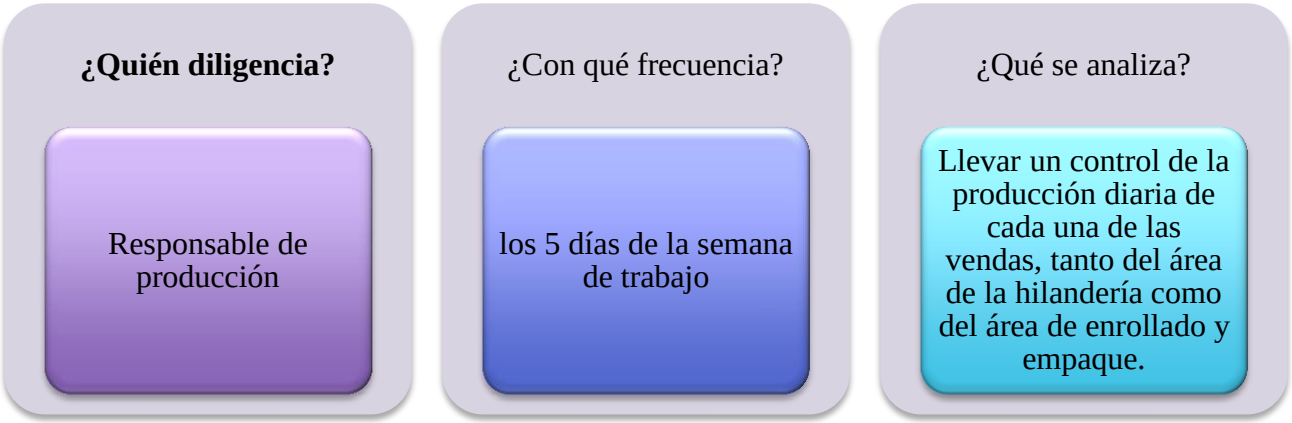



*Figura 86. Control del inventario del producto terminado.*

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

Así mismo se debe analizar la recolección de los datos que se recoge en este formulario. (ver Tabla 88)

| **FÁBRICA DE VENDAS** | | **FICHA DE CONTROL DE MATERIA PRIMA** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **VERSIÓN 01** | | |
| **MATERIA PRIMA** | | | | |
| | **FECHA DE COLOCACIÓN DEL PEDIDO** | **FECHA DE RECIBIDO** | **CANTIDAD** | **INVENTARIO FINAL** |
| **POLIÉSTER BLANCO** | | | | |
| **POLIÉSTER PIEL** | | | | |
| **HILO CAUCHO** | | | | |
| **OBSERVACIONES** | | | | |
| | | | | |
| **INFORMACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL** | | | | |
| **RESPONSABLE DE PRODUCCIÓN** | **RESPONSABLE DE LA FABRICACIÓN** | **VERIFICÓ** | | |
| | | **APROBÓ** | | |

# FORMATO DE CONTROL DE INVENTARIO

| | |
|---|---|
| FECHA DE INGRESO | |
| PRODUCTO | |
| CANTIDAD | |

## INFORME DE EXISTENCIA EN INVENTARIO

| | | | |
|---|---|---|---|
| MES DE OPERACIÓN | | PRODUCTO | |
| AÑO | | RESUMEN DE EXISTEN | |

| PRODUCTO | CLASIFICACIÓN | NIDADE DE MEDID | COMPRA MENSUAL | ONSUMO MENSUA | TOTAL EXISTENCIA |
|---|---|---|---|---|---|
| Vendas Blancas Elásticas de 2 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Elásticas de 3 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Elásticas de 4 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Elásticas de 5 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Elásticas de 6 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Fijas 2 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Fijas 3 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Fijas 4 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Fijas 5 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Blancas Fijas 6 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Elásticas de 2 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Elásticas de 3 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Elásticas de 4 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Elásticas de 5 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Elásticas de 6 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Fija 2 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Fija 3 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Fija 4 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Fija 5 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Vendas Color Piel Fija 6 | PRODUCTO TERMINADO | KILOGRAMOS | | | |
| Poliéster Blanco | MATERIA PRIMA | KILOGRAMOS | | | |
| Poliéster Piel | MATERIA PRIMA | KILOGRAMOS | | | |
| Hilo caucho | MATERIA PRIMA | KILOGRAMOS | | | |

## BASE COMPRA DE MATERIA PRIMA

| FECHA DE INGRESO | MES | AÑO | PRODUCTO | CANTIDAD | NIDADES DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|
| | ENERO | 1900 | | | #N/A |
| | ENERO | 1900 | | | #N/A |
| | ENERO | 1900 | | | #N/A |
| | ENERO | 1900 | | | #N/A |
| | ENERO | 1900 | | | #N/A |

### 5.3.6. Indicadores

A continuación, se muestran los indicadores con los que se va a realizar el control de la producción, con sus respectivos detalles, formulas y periodo de tiempo en que deberían ser evaluados.

- Los indicadores de control de inventarios
- Los indicadores de productividad
- Los indicadores de equilibrio entre la productividad y la demanda

| N° | Objetivo | | Formula | | Encargado | Frecuencia de seguimiento | Periodo de análisis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Utilización | Se evalúa el porcentaje de la capacidad total de producción empleada en las máquinas, y lo compara con la capacidad total disponible. | | $Utilización = \frac{Capacidad\ utilizada}{Capacidad\ disponible}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| 4 | Rendimiento | Se hace una evaluación que muestra la relación entre la producción real, teniendo en cuenta fallas y pares de máquinas inesperadas, y el nivel óptimo de la producción. | | $Rendimiento = \frac{Nivel\ de\ producción\ real}{Nivel\ de\ producción\ esperada}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |

| N° | Objetivo | | Formula | | Encargado | Frecuencia de seguimiento | Periodo de análisis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Entregas perfectamente recibidas | Número y porcentaje de pedidos que no cumplen las especificaciones de calidad y servicio definidas, con desglose por proveedor. Costos de recibir pedidos sin cumplir las especificaciones de calidad y servicio, como: costo de retorno, coste de volver a realizar pedidos, retrasos en la producción, coste de inspecciones adicionales de calidad, etc. | | $Entregas\ perfectamente\ recibidas = \left(\frac{Pedidos\ rechazados}{Total\ de\ órdenes\ de\ compra\ recibidas}\right) * 100$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| 7 | Nivel de cumplimiento de proveedores | Consiste en calcular el nivel de efectividad en las entregas de mercancía de los proveedores en la bodega de producto terminado. Identifica el nivel de efectividad de los proveedores de la empresa y que están afectando el nivel de recepción oportuna de mercancía en la bodega de almacenamiento, así como su disponibilidad para despachar a los clientes. | | $Nivel\ de\ cumplimiento\ de\ proveedores = \left(\frac{Pedidos recibidos\ fuera\ de\ tiempo}{Total\ de\ pedidos\ recibidos}\right) * 100$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |

| N° | Objetivo | | Formula | | Encargado | Frecuencia de seguimiento | Periodo de análisis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **8** | Índice de rotación de mercancía (producto terminado) | Proporción entre las ventas y las existencias promedio. Indica el número de veces que el capital invertido se recupera a través de las ventas. Las políticas de inventario, en general, deben mantener un elevado índice de rotación, por eso, se requiere diseñar políticas de entregas muy frecuentes, con tamaños muy pequeños. Para poder trabajar con este principio es fundamental mantener una excelente comunicación entre cliente y proveedor. | | $\text{Índice de rotación de mercancias} = \left(\frac{\text{Ventas acumuladas}}{\text{Inventario promedio}}\right) * 100$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| **9** | Índice de duración de mercancías | Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período. Indica cuantas veces dura el inventario que se tiene. | | $\text{Inventario de duración de mercancias} = \left(\frac{\text{Inventario final}}{\text{ventas promedio}}\right) * 30$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| **10** | Capacidad de producción utilizada | La siguiente norma tiene por objetivo controlar la capacidad utilizada, para lograr una mejor utilización de las instalaciones de la compañía, controlar la utilización efectiva de las instalaciones (productivas o de almacenaje) | | $Valor = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Capacidad máxima del recurso}}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| **11** | Rendimiento de máquina | Controlar la productividad de una máquina con respecto a la capacidad máxima de utilización posible | | $\text{Rendimiento de máquina} = \left(\frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Capacidad máxima del recurso}}\right) * 100$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |

| N° | Objetivo | | Formula | | Encargado | Frecuencia de seguimiento | Periodo de análisis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Duración de inventario | Controlar los días de inventario disponible de la mercancía almacenada en el centro de distribución | | $Duración\ del\ inventario = \left(\frac{Inventario\ final}{Ventas\ promedio}\right) * 30\ días$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| 13 | ABC | Mide si en el grupo a se cubre más del 60% de las ventas totales. | | $\frac{5}{60}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| 14 | Rotación del stock | Mide si el stock está respondiendo a la demanda | | $\frac{Ventas\ anuales}{Stock\ Promedio}$ | Responsable de producción | Anual | Anual |
| 15 | Nivel de servicio por orden | Mide la capacidad del inventario para cumplir con el número de ordenes pedidas | | $\frac{Ordenes\ despachadas}{total\ de\ ordenes\ pedidas}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| 16 | Nivel de servicio por referencia o plus | Mide la capacidad del inventario de cada una de las referencias | | $\frac{Referencias\ despachadas}{total\ de\ referencias\ pedidas}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |

| N° | Objetivo | | Formula | | Encargado | Frecuencia de seguimiento | Periodo de análisis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **17** | Nivel de servicio por unidad | Mide la cantidad de lo que se ordenó y que el inventario es capaz de responder | | $\frac{Unidades\ despachads}{Unidades\ pedidas}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| **18** | Tasa de cobertura | Muestra el periodo cubierto en promedio por el stock (en meses | | $\frac{Stock\ promedio}{Demanda\ promedio}$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| **19** | Productividad | La productividad de la utilización de las máquinas | | $Productividad = Eficiencia * Utilización$ | Responsable de producción | Mensual | Mensual |
| **20** | Nivel de equilibrio | Muestra que tanto varían las unidades de inventario a las unidades pedidas | | $\frac{Unidades\ Pedidas}{Unidades\ en\ Stock}$ | Responsable de producción | Cada pedido | Cada pedido |

# 6. Plan de implementación

En el presente capítulo de dará a conocer el plan de implementación de las propuestas presentadas anteriormente en la Tabla 90.

## 6.1. Costos del plan de implementación

A continuación se presenta el plan de implementación detallado en la Tabla 90, el cual contempla las siguientes actividades: presentación del modelo de planeación de la producción propuesto, presentación al gerente general de la herramienta, presentación del estudio y sus resultados al personal de la fábrica, inducción al jefe de producción, elaborar plan de mantenimiento, elaborar instructivo para el procedimiento de recolección y almacenamiento, clasificar, pesar, registrar y organizar en el hará de inventario de producto terminado de acuerdo con el plan establecido, comprar licencia de *Crystal Ball*; igualmente explica el objetivo de cada una de estas actividades, el responsable de cada una de estas, los costos y la duración.

*Tabla 90. Plan de implementación*

| **Costos del Plan de implementación** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Actividad** | **Recursos requeridos** | **Cantidad de recursos** | **Costo unitario de cada recurso** | **Costo total de cada recurso** |
| Presentación del estudio y sus resultados al personal de la fábrica | Hojas de papel carta | 10 | $100 | $1.000 |
| | Lápices | 10 | $500 | $5.000 |
| | Horas del gerente general | 2 | $14.627 | $29.254 |
| | Horas responsable de producción | 2 | $6.958 | $13.916 |
| | Horas del técnico de mantenimiento y producción | 2 | $6.958 | $13.916 |
| | Horas del operario | 2 | $6.958 | $13.916 |
| Capacitación | Hojas de papel carta | 10 | $100 | $1.000 |
| | Lápices | 10 | $500 | $5.000 |
| | Horas del gerente general | 2 | $14.627 | $29.254 |
| | Horas de responsable de producción | 2 | $6.958 | $13.916 |
| | Horas del técnico de mantenimiento y producción | 2 | $6.958 | $13.916 |
| | Horas del operario | 2 | $6.958 | $13.916 |
| **Equipos** | Computador | 1 | $929.900 | $929.900 |
| **Inversión inicial** | | | | **$1.083.904** |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

## 6.2. Diagrama de Gantt para la implementación y la capacitación

En las Tabla 91 se presenta el diagrama de Gantt el cual da a conocer las fechas exactas en que se debe implementar cada una de las actividades presentadas anteriormente, con el fin de llevarlas a cabo.

*Tabla 91. Diagrama de Gantt del plan de implementación*

| N° | Actividades | | Horas | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 1 | Presentación del estudio y sus resultados al personal de la fábrica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Capacitación | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Planeación de la producción | Revisar el reporte de pronóstico de la demanda que arroja el Excel | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Planeación de la producción | Verificar el MPS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Planeación de la producción | Verificar el MRP | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Planeación de la producción | Solicitar materias primas | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Programación de la producción | Verificar programación | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Programación de la producción | Asignar pedidos a estaciones de trabajo | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Control de la producción | Diligenciar, analizar la información recolectada | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Control de la producción | Plantear acciones de mejora | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

# 7. Análisis de beneficio y costos

En este capítulo se desarrolla el cuarto objetivo específico “Realizar el análisis de beneficios y costos de los procedimientos, métodos e instrumentos propuestos”, la presentación se estructuró en tres partes: inicialmente se hace el cálculo de los costos, posteriormente los beneficios y finalmente se determina la relación beneficio costo.

## 7.1. Cálculo de costos

A continuación, se establecen los costos derivados del desarrollo del presente trabajo y los asociados con el plan de implementación que se presentó anteriormente.

*Tabla 92. Costos del plan de implementación*

| **Costos de operación de las propuestas** | | | | | | **Frecuencia mensual** | **Frecuencia anual** | **Costo anual** | **Costos año 1 (inflación 3,6%)** | **Costos año 2 (Inflación 3%)** | **Costos año 3 (Inflación 3%)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Horas | $/h | Total costo semana | | | | | | |
| Planeación de la producción | Revisar el reporte de pronóstico de la demanda que arroja el Excel ® | Horas de trabajo de responsable de producción | 1 | $ 6.958 | $ 6.958 | 4 | 48 | $ 333.984 | $ 346.007 | $ 358.464 | $ 371.368 |
| | Verificar el MPS | Horas de trabajo de responsable de producción | 3 | $ 6.958 | $ 20.874 | 4 | 48 | $ 1.001.952 | $ 1.038.022 | $ 1.075.391 | $ 1.114.105 |
| | Verificar el MRP | Horas de trabajo de responsable de producción | 3 | $ 6.958 | $ 20.874 | 4 | 48 | $ 1.001.952 | $ 1.038.022 | $ 1.075.391 | $ 1.114.105 |
| | Solicitar materias primas | Horas de trabajo de responsable de producción | 1 | $ 6.958 | $ 6.958 | 4 | 48 | $ 333.984 | $ 346.007 | $ 358.464 | $ 371.368 |
| Programación de la producción | Verificar programación | Horas de trabajo de responsable de producción | 1 | $ 6.958 | $ 6.958 | 4 | 48 | $ 333.984 | $ 346.007 | $ 358.464 | $ 371.368 |
| | Asignar pedidos a estaciones de trabajo | Horas de trabajo del técnico de mantenimiento y producción | 1 | $ 6.958 | $ 6.958 | 4 | 48 | $ 333.984 | $ 346.007 | $ 358.464 | $ 371.368 |

| Costos de operación de las propuestas | | | | | | Frecuencia mensual | Frecuencia anual | Costo anual | Costos año 1 (inflación 3,6%) | Costos año 2 (Inflación 3%) | Costos año 3 (Inflación 3%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Horas | $/h | Total costo semana | | | | | | |
| Control de la producción | Diligenciar, analizar la información recolectada | Horas de trabajo de responsable de producción | 1 | $ 6.958 | $ 6.958 | 4 | 48 | $ 333.984 | $ 346.007 | $ 358.464 | $ 371.368 |
| | | Hojas de papel carta | 10 U | $ 100 | $ 1.000 | 4 | 48 | $ 48.000 | $ 49.728 | $ 51.518 | $ 53.373 |
| | | Lápices | 1 U | $ 500 | $ 500 | 4 | 48 | $ 24.000 | $ 24.864 | $ 25.759 | $ 26.686 |
| | | | | **Total** | **$ 312.128** | | | **$ 3.745.824** | **$ 3.880.674** | **$ 4.020.378** | **$ 4.165.112** |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

La tabla anterior, muestra los costos de implementación del sistema propuesto, se muestra paso a paso empezando con la planeación de la producción, que es la parte del sistema que más emplea recursos de tiempo, y por lo tanto de dinero. La programación y el control son operaciones mucho más cortas y sencillas. En total el costo de la operación a día de hoy sería de aproximadamente $78.000 COP a la semana, teniendo en cuenta que se realizará esta gestión de forma semanal.

### 7.1.1. Beneficios

A continuación, se presenta cada uno de los beneficios que dará la propuesta de un sistema de planeación, programación y control de la producción en la fábrica de vendas.

*Tabla 93. Beneficios.*

| | | |
|---|---|---|
| Ahorro en horas de cambio de referencia | Costo hora técnico a 2019 | $ 6.958 |
| | Aumento SMLV estimado según inflación 2019 (Banco de la República | 3,60% |
| | Costo hora técnico a 2020 | $ 7.208 |
| | Horas actuales cambio referencia | 10 |
| | Costo de cambio de referencia | $ 72.085 |
| | Hora de cambio de referencia según propuesta | 1 |
| | Costo de cambio de referencia con la propuesta | $ 7.208 |

| | | |
|---|---|---|
| | Ahorro por cada cambio | $ 64.876 |
| | Numero de cambios por año (12 cambios por 10 máquinas) | 120 |
| | Ahorro total en tiempo de cambios de referencias 2020 | $ 7.785.167 |
| | Ahorro total en tiempo de cambios de referencias 2021 (inflación 3%) | $ 8.018.722 |
| | Ahorro total en tiempo de cambios de referencias 2022 (inflación 3%) | $ 8.259.284 |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

Teniendo en cuenta esté beneficio la eficiencia global de la máquina aumenta de un a un cómo se presenta a continuación.

$$OEE\ (\%) = Índice\ de\ Disponibilidad * Índice\ de\ Eficiencia * Índice\ de\ calidad$$

*Ecuación 33. Eficiencia global de equipo.*

*Fuente. Cálculo de indicadores productivos (2019)*

Dónde:

La disponibilidad se calcula cómo se ve en la Ecuación 31.

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ operativo}{Tiempo\ disponible\ de\ la\ máquina}$$

*Ecuación 34. Cálculo de disponibilidad.*

*Fuente. Cálculo de indicadores productivos (2019)*

En la Tabla 74 se da a conocer la disponibilidad de cada una de las máquinas de la fábrica.

*Tabla 94. Disponibilidad de la fábrica de vendas.*

| **Índice de disponibilidad** | | |
|---|---|---|
| A | Tiempo total disponible | 9:17:42 |
| B | Otros tiempos de parada, averías, falta de material, cambios de producto, etc. | 0:20:48 |
| C | Tiempo de utilización (A-B) | 8:56:54 |
| **D** | **Índice de disponibilidad [(C/A)*100]** | **96%** |

*Fuente. Elaboración propia con base la información de la fábrica.*

Una vez tenemos la disponibilidad de las máquinas, se continua hallando la eficiencia se calcula cómo se ve en la

Ecuación 32.

$$Eficiencia = \frac{t_{ciclo} * Univdades\ entrates}{Tiempo\ operativo}$$

*Ecuación 35. Cálculo de eficiencia.*

*Fuente. Cálculo de indicadores productivos (2019)*

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentra la eficiencia.

*Tabla 95. Eficiencia de la fábrica de vendas.*

| **Índice de eficiencia** | | |
|---|---|---|
| A | N° total de kilogramos producidos (Buenos y malos) | 3400,6 |
| B | Cadencia ideal (A máximo) | 2422,9 |
| C | Tiempo utilizado (Ya calculado) | 0,4 |
| D | Piezas máximas teóricas [B(C/] | 6495,5 |
| **E** | **Índice de eficiencia [(A/D)*100]** | **55%** |

*Fuente. Elaboración propia con base la información de la fábrica.*

Finalmente, se halla la ratio de Calidad (FFT (*First Time Through* – Piezas bien a la primera) Ratio de Calidad), cómo se ve en la Tabla 76.

*Tabla 96. Ratio de calidad de la fábrica.*

| **Índice de calidad** | | |
|---|---|---|
| A | N° total de kilogramos defectuosos | 5,70 |
| B | N° total de piezas Buenas | 2804,02 |
| C | N° total de piezas Producidas (A+B) | 3302,54 |
| **D** | **Índice de calidad [(B/C)*100]** | **85%** |

*Fuente. Elaboración propia con base en el cálculo de indicadores productivos (2019)*

Teniendo la disponibilidad, la eficiencia y la ratio de calidad se concluye que la OEE es de 3,61%, como se ve en la Tabla 77.

*Tabla 97. OEE*

| **Cálculo del OEE** | | |
|---|---|---|
| A | Índice de disponibilidad | 96,00% |
| B | Índice de eficiencia | 55,00% |
| C | Índice de calidad | 85,00% |

| | | |
|---|---|---|
| **D** | **OEE (A*B*C)** | **44,88%** |

*Fuente. Elaboración propia con base en el cálculo de indicadores productivos (2019)*

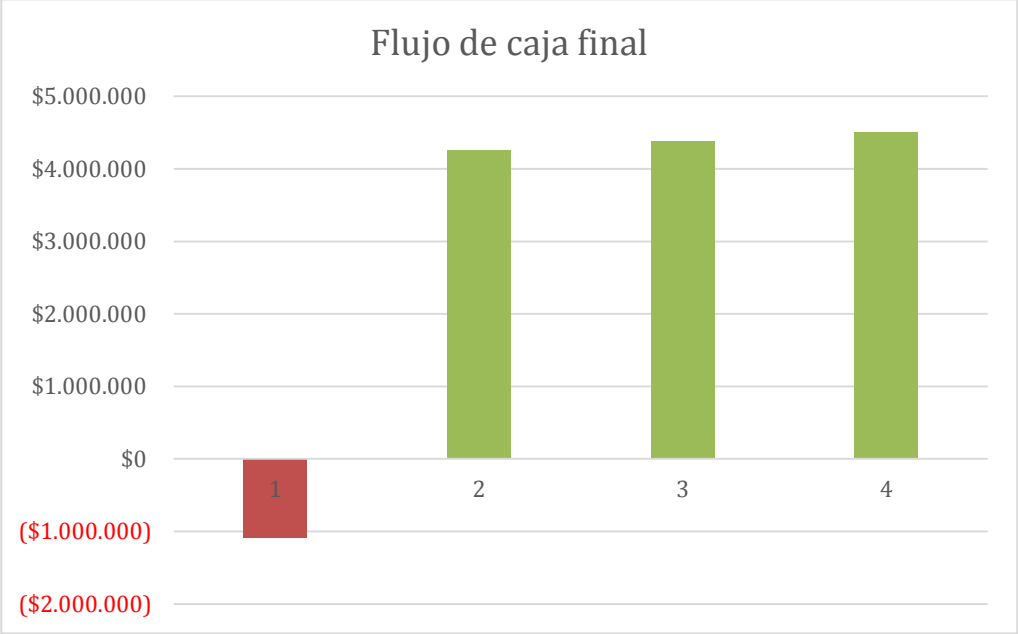
### 7.1.2. Cálculo relación costo-beneficio

Se muestran los cálculos económicos en términos monetarios de los costos y beneficios que ofrece la propuesta, esto se analiza con un diagrama económico, un flujo de caja con el cálculo del respectivo Valor Presente Neto, y una comparación entre la TIO y la TIR.

#### Diagrama económico

A continuación, se evidencia el diagrama económico para como un supuesto de llevar a cabo la propuesta en la fábrica. Está dado a 4 periodos (meses)

*Figura 87. Diagrama económico*




*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

El diagrama económico muestra el movimiento del flujo de caja con los costos de la propuesta para 4 periodos. Este se asume que el primer periodo se adquiere el equipo de computación que es insumo esencial para la consecución del proyecto. Como se puede evidenciar en la gráfica, la inversión será recuperada al siguiente mes.

### 7.1.3. Flujo de caja de la propuesta

El cálculo del flujo de la propuesta se presenta en la Tabla 98, que se presenta a continuación.

*Tabla 98. Flujo de caja de las propuestas.*

| Periodos | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| **Inversión inicial** | ($ 1.083.904) | | | |
| **Beneficios** | | $ 7.785.167 | $ 8.018.722 | $ 8.259.284 |
| **Costos** | | ($ 3.534.666) | ($ 3.640.706) | ($ 3.749.927) |
| **Flujo de caja final** | ($ 1.083.904) | $ 4.250.501 | $ 4.378.016 | $ 4.509.357 |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

Valor presente neto:

*Tabla 99. VNA y TIR.*

| | |
|---|---|
| **VNA** | $ 10.610.750 |
| **TIR** | 392% |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

El valor presente neto fue positivo, mayor a $10.000.000. Esto quiere decir que el proyecto es viable económicamente, con un buen margen de ganancias.

Tabla de flujo de caja a 3 meses después de la inversión inicial. Se tiene un ingreso cercano a los $4.000.000. La inversión inicial será de un poco más de $1.000.000 lo que nos indica que la esta absorberá una cuarta parte de las ganancias totales de la fábrica por la venta de sus productos.

Para el cálculo de la tasa interna de oportunidad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$TIO = DTF - Inflación + Rentabilidad$$

Estos fueron los datos que se utilizaron:

*Tabla 100. TIO, DTF, inflación anual y la, rentabilidad del sector.*

| | |
|---|---|
| **TIO** | **5,99%** |
| DTF | 5,52% |
| Inflación anual | 3,36% |

| | |
|---|---|
| Rentabilidad sector | 3,83% |

*Fuente. Elaboración propia. (2019)*

De los datos anteriores de TIR y TIO, se puede hacer una relación. Sabiendo que la TIO es la mínima tasa dispuesta a ganar, y la TIR determina la viabilidad del proyecto, encontramos:

$$\frac{TIR}{TIO} = \frac{392\%}{6\%} = 65.33$$

Con esta relación TIR/TIO >0 aseguramos que el proyecto va a tener una rentabilidad positiva.

# 8. Conclusiones

Para el diagnóstico de la programación y el control de la producción, se puede concluir que todo lo hacen de manera aleatoria y al azar, la programación de la producción en cada una de las máquinas depende del momento en que no tienen la cantidad necesaria para cumplir con la demanda, y en cuanto al control no cuenta con unos indicadores, formularios ni un personal que cumpla con las tareas del control de la producción, y esta es una de las razones por las que la programación de las máquinas es indefinida.

En el desarrollo del primer objetivo basado en el diagnóstico, en la descripción de la fábrica en la organización administrativa se encontró que a esta le hace falta un ingeniero que maneje el área de producción, y por medio del diagrama hombre máquina se pudo analizar que la producción depende más que todo de las máquinas y no del personal, a diferencia del área de enrollado y empaque que si depende del personal, así mismo se encontró que el cambio de referencia dura aproximadamente 10 horas y solo uno de los operarios sabe realizar esta operación, en cuanto a la infraestructura física de la fábrica que actualmente no cuentan con áreas exactas para guardar la materia prima y el inventario de producto terminado, productos fabricados y mercados atendidos hay 5 referencias (las vendas fijas color piel) que durante esté año (julio 21018 – julio 2019) no hubieron ventas, para la materias primas se encontró la anterioridad que se debe tener en cuenta para pedir estas materias primas, descripción del proceso de producción que cada uno de los operarios no tiene tareas específicas a realizar y hay momentos que les toco pagar horas extra o contratar un nuevo operario ya que no tenían claros los picos y los valles.

Para el diagnóstico de la planeación de la producción por medio de las herramientas Causa efecto se nota que la mayoría de las causas pertenecen al área de administración o medición, diagrama de operaciones dio a conocer que el operario y el técnico de mantenimiento y producción hacen muchas tareas iguales o procesos que consecutivos, lista de materiales (Bill of materials) se encontró el porcentaje necesario por kilo de cada una de las referencias, y en cuanto a los estudios en el análisis de la demanda se encontraron los picos y los valles, el método de pronóstico de la demanda adecuado para cada una de las referencias y para la mayoría de las referencias el método que se debe utilizar teniendo en cuenta los métodos de la medición del error de estas es el promedio móvil simple, con el estudio del análisis de la capacidad se encontró

el porcentaje de las fallas de cada una de las máquinas y que las máquinas con mayor porcentaje de fallas es la máquina # 7 y la máquina # 1, para la capacidad de producción se tuvo en cuenta la velocidad de cada una de las máquinas y se hizo el cálculo de la producción que se puede obtener de cada una de las referencias e cada una de las máquinas, y finalmente el estudio de tiempos se utilizó para saber el promedio de tiempo que se utilizó para enrollar y empacar el producto que sube de la hilandería.

Para el diagnóstico de la planeación de la producción también se hizo una ficha del costo estándar de cada una de las 20 referencias y se pudo concluir el costo actual que le tienen a cada una de estas referencias hay ventas que tienen un mayor porcentaje de ganancia y hay otras que el porcentaje es menor, por otro lado, se tomaron los datos necesarios para revisar cual sería la cantidad económica de pedido del pedido, en dónde varía por cada una de las referencias el inventario de seguridad, el punto de reorden y la cantidad que se debe producir.

Las fábricas que se dedican a la producción de cualquier tipo deben tener, en lo posible, un sistema que pueda manejar toda la producción debido a que siempre habrán cosas para mejorar, y con un inadecuado uso de sus recursos, la fábrica no será tan productiva como podría.

La fábrica está sobre capacitada para atender la demanda actual de esta. Se están generando muchos costos adicionales innecesarios como almacenamiento de materia prima innecesaria, almacenamiento de inventario de producto terminado excesiva; en algunos casos pago de horas extras y mano de obra externa para satisfacer demanda.

La planeación de la producción es quizás la parte más importante dentro de un sistema de planeación. Si no existe ninguna planeación de la producción con sus respectivos pronósticos de la demanda, sistemas MPS y MRP que soporten todas las decisiones de producción, será muy difícil que la fábrica sea lo productiva que podría ser.

# 9. Recomendaciones

Se recomienda redistribuir las funciones de tal forma que el técnico de mantenimiento y producción se encargue de todo lo relacionado con las máquinas, el operario de encargue de alistar la materia prima para las máquinas y enrollar y empacar el producto terminado, y el responsable de producción se encarga de la planeación, programación y control de la misma.

También se recomienda hacer un estudio de distribución de planta para asignación de áreas de almacenamiento de materia prima y reubicación de proceso de enrollado, empaque y almacenamiento de producto terminado ya que actualmente esté proceso y almacén se encuentran en el segundo piso de la fábrica alejados de la entrada en la que se hace la entrega del producto a los clientes; y asignación de área de cafetería y lockers para los operarios, ya que actualmente consumen alimentos en medio del área de máquinas de la hilandería, y colocan sus pertenencias en las sillas al lado de las máquinas.

Hacer un estudio de seguridad en el trabajo dado que se observó la carencia de implementos de seguridad personal y uniformes, y riesgos derivados de baja iluminación, alta dosis de ruido, esfuerzos físicos por manejo manual de cargas, falta de señalización, ruta de evacuación, extintores vencidos y carencia de alarma contra incendios y aspersores.

## Referencias

´Pronóstico y manejo de la demanda. (2007). En N. Steven, *Análisis de la producción y las operaciones.* México: Mc Graw - Hill.

Administración de operaciones bienes, servicios y cadenas de valor. (2009). En C. David, *Administración de operaciones bienes, servicios y cadenas de valor*. México: Cengage Learning.

Administración de operaciones concetos y casos contemporaneos. (2011). En R. G. Schroeder, *Administración de operaciones concetos y casos contemporaneos.* Bogotá: Mc Graw Hill.

Bejarano, J. M. (10 de Mayo de 2019). *La Cámara de la Confección y afines reportó que las importaciones de textiles crecieron 21,8% el año pasado, especialmente por la participación de asiáticos y africanos*. Obtenido de La República: https://www.larepublica.co/economia/asiaticos-quiebran-al-sector-textil-camara-colombiana-de-la-confeccion-2860199

Bertoglio, Ó. J. (1993). Teoría general de sistemas. En Ó. J. Bertoglio, *Teoría general de sistemas* (págs. 17-34). México: Limusa S.A.

Capellan, L. (s.f.). *Todo sobre el MRP 1 y 2*. Obtenido de MRP I: http://members.tripod.com/el_mrp/mrp1.htm

Chase, R. B. (2014). Planeación de la producción. En F. R. Richard B. Chase, *Administración de operaciones producción y cadena de suministros* (págs. 530 - 546). México: McGraw - Hill Interamericana editores S.A.

*Crystal Ball*. (2007-2019). Obtenido de software.com.co/p/crystal-ball

DIrección de la producción y operaciones, decisiones trácticas. (2007). En B. R. Heyzer jay, *DIrección de la producción y operaciones, decisiones trácticas.* Madrid: Person .

Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. (199). En S. G. José Antonio Domínguez Pachuca (coordinador y director), *Dirección de*

*Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios.* Madrid: Mc Graw Hill.

Dominguez, J. (1995). *Dirección de operciones.* Sevilla.

Escalón, S. (21 de Octubre de 2015). *Métodos de producción Gestión empresarial*. Obtenido de https://empresaygestionbi.weebly.com/51-meacutetodos-de-produccioacuten.html

Freivalds, B. N. (2009). *Ingeniería industrial de métodos, estándares y diseño del trabajo.* México: Mc Graw Hill.

Garcia, J. G. (7 de Mayo de 2019). *Cálculo de indicadores productivos.* Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/indicadores.pdf?sequence

García, R. F. (2010). *La productividad y el riesgo psicosocial o derivado de la organización del trabajo.* España: San Vicente.

García, R. F. (2013). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa.* San Vicente: Editorial CLub Universitario.

General, G., & Comercial, G. (08 de 09 de 2018). Entrevista Gerentes. (A. M. Bustacara, A. M. González, & M. Córdoba , Entrevistadores)

Gómez, Jorge E. Burbano Ruiz & Alberto Ortiz. (2000). Presupuestos enfoque moderno de planeación y control de recursos. En J. E. Gómez, *Presupuestos enfoque moderno de planeación y control de recursos* (págs. 69-70). Bogotá: Nomos S.A.

*Harmex S.A.* (s.f.). Obtenido de http://www.harmex.net/catalogo.html

Krugman, P. (2013). *Fundamentos de economía.* Barcelona: Reverté.

Mendoza Martha Ruth, R. L. (2008). *Administración, diseño y modelamiento de cadenas de abastecimiento.* Bogotá: Universidad Autónoma de Colombia.

MODELO DE GESTIÓN LOGÍSTICA COLABORATIVA PARA INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO. (s.f.). En M. R. Mendoza, *MODELO DE GESTIÓN*

*LOGÍSTICA COLABORATIVA PARA INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO.* Bogotá: Universidad Autónoma de Colombia.

Moreno, A. P. (2002). *Elementos básicos de administración financiera.*

Nahmias, S. (2007). *Sistemas de producciónde empuje y tracción:MRP y JIT.* México: The McGraw-Hill.

Naim Caba Villalobos, O. C. (s.f.). *Gestión de la Producción y operaciones*. Obtenido de http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55847.pdf

Pérez, M. (14 de Septiembre de 2003). *Gestiopolis.* Obtenido de La función de control y la gestión de producción: https://www.gestiopolis.com/funcion-control-gestion-produccion/#

*Programación de prodcción y asignación de personal.* (s.f.). Obtenido de http://cursos.aiu.edu/Control%20de%20la%20Produccion/PDF/Tema%203.pdf

Rajadell , M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad.* Fernández: Díaz de Santos.

Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones.* Obtenido de http://cursos.aiu.edu/Control%20de%20la%20Produccion/PDF/Tema%203.pdf

*RIPERME SAS* . (18 de Diciembre de 2014). Obtenido de LIDER EMPRESARIAL DE INVERSIONES SAS: https://www.lasempresas.com.co/bogota/riperme-ltda/

*SALE SYSTEMS soluciones globales de informática*. (2019). Obtenido de 5 programas de software gratis para empresas: https://salesystems.es/preguntas-frecuentes/

*Tasas de captación (DTF y CDT)*. (s.f.). Obtenido de Banco de la republica, somos el banco central de colombia : http://www.banrep.gov.co/es/glosario/tasas-captacion

Torres, M. R. (Agosto de 2012). *SINCRONIZACIÓN DEL FLUJO DE INFORMACIÓN DEL CICLO LOGÍSTICO DE LA ORDEN DEL CLIENTE*. Obtenido de