

Universidad de Costa Rica  
Sede Interuniversitaria de Alajuela  
Escuela de Ingeniería Industrial

**Proyecto de Graduación**

**Rediseño del sistema de planificación y control de la producción del  
área de premezclas de la empresa Laboratorios Faryvet S.A**

Integrantes:

Cristopher Alfaro Arias

Oliver Castro Gómez

Cesia Solano Ureña

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Octubre, 2019





Universidad de Costa Rica  
Sede Interuniversitaria de Alajuela  
Escuela de Ingeniería Industrial

**Proyecto de Graduación**

**Rediseño del sistema de planificación y control de la producción del  
área de premezclas de la empresa Laboratorios Faryvet S.A**

Integrantes:

Cristopher Alfaro Arias

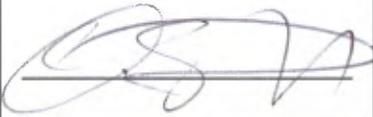
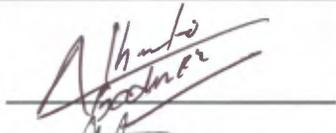
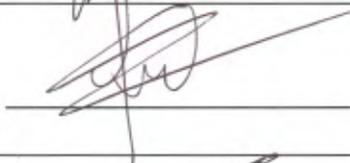
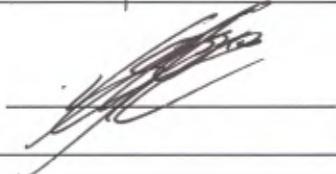
Oliver Castro Gómez

Cesia Solano Ureña

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Octubre, 2019

### Aprobación del proyecto

| Miembro   | Firma   | Fecha             |
|---|---|-------------------|
| Lic. Óscar Sibaja Quesada<br>Representante de la Dirección  |    | <u>11-02-2020</u> |
| Lic. Alberto Godínez Alvarado<br>Director del Comité Asesor |    | <u>7/2/2020</u>   |
| Máster. David Alfaro Víquez<br>Asesor técnico               |    | <u>13/02/2020</u> |
| Lic. Leidy Londoño Trigueros<br>Profesional contraparte     |   | <u>11/2/2020</u>  |
| Máster. Efraín Pérez Cubero<br>Profesor lector              |  | <u>11-2-2020</u>  |

## **Dedicatoria y agradecimiento**

*“A Dios por darme salud, sabiduría y fortaleza en todo momento.*

*A mi familia, quienes de forma incondicional se han mantenido a mi lado brindándome su apoyo y comprensión, especialmente a mis padres, Gaudy y Johnny, quienes siempre me han dado lo mejor, mi hermano Dylan quien ha sido mi compañero de vida y mis abuelos. A mi novia, Nancy, quien ha sido mi apoyo y motivadora durante este proceso.*

*A mis compañeros, Cesia y Oliver, quienes compartieron conmigo todo este camino, además de todo el empeño y dedicación mostrados durante la realización de este proyecto.*

*A todas las personas que una u otra han formado parte del proceso de formación académica”*

**Cristopher Alfaro Arias**

*“A mi madre y padre quienes formaron las bases de lo que hoy en día soy, por ejemplificarme el camino al éxito y enseñarme a nunca rendirme, a mi hermana Bandis por ser mi apoyo y cómplice en esta etapa, a mi bella abuelita que me cuida desde el cielo y a todas las personas en general que han aportado en mi crecimiento profesional, espiritual y académico.*

*A mis compañeros, Cesia y Christopher, por la dedicación y empeño que mostraron en la elaboración de este proyecto, por pasar de ser solamente compañeros académicos a ser mi familia.”*

**Oliver Castro Gómez**

*“A Dios por la sabiduría y la oportunidad de culminar con éxito esta etapa.*

*A mi familia, a mis padres por brindarme su amor, ayuda y comprensión, por enseñarme a soñar cada día, por instruirme a ser la persona que soy hoy. A mis hermanos por su apoyo y ser una inspiración para mí a lo largo de la vida. A mi novio Jose Adolfo, por su ayuda, soporte y motivación durante esta etapa.*

*A mis compañeros Christopher y Oliver, por ser más que dos compañeros, por ser las mejores versiones de nosotros.*

*A todas las personas que contribuyeron a mi formación académica, profesional y personal”*

**Cesia Solano Ureña**

*“A todo el personal de Laboratorios Faryvet por brindarnos la oportunidad de culminar esta etapa. En especial a Leidy Londoño y Alonso Chavarría, por el apoyo brindado durante la ejecución”*

*“A nuestro panel, Alberto Godínez y David Alfaro, su apoyo, entrega y dedicación fue un pilar importante en el éxito de este proceso”*

## Resumen Gerencial

El presente trabajo se realiza en la empresa Laboratorios Faryvet S.A, compañía de capital nacional. Fue fundada en 1977 y actualmente cuenta con 177 colaboradores. Se desenvuelve en la industria de nutrición y salud animal, dedicada a la formulación, elaboración y comercialización de productos con la más alta calidad. Esta empresa, ubicada en Barreal de Heredia, brinda cobertura a Costa Rica, Nicaragua y Honduras, mientras que sus otras dos instalaciones (una en Guatemala y otra en Panamá), dan cobertura a Guatemala, Belice, El Salvador y Panamá, respectivamente.

En la primera parte del documento se realiza un análisis del estado actual en el área de premezclas (el cual cuenta en 494 productos), específicamente evaluando el sistema de planificación y control de la producción, mismo que se encuentra formado por los procesos de planificación de la demanda, planeación de los requerimientos materiales, planeación de los recursos de capacidad, plan maestro de producción, secuenciamiento y control y seguimiento. Dicha evaluación tiene como finalidad identificar las falencias en los procesos mencionados que generan efectos negativos en este sistema, los cuales impactan en los costos y cumplimiento del plan de producción de la organización.

La evaluación del estado actual da como resultado para el periodo de enero a agosto del 2018, que la organización cumple con el error de pronóstico recomendado por la industria (27%) en solamente el 11% de sus productos, además, el plan de producción elaborado por esta empresa cuenta con un 49,32% de cumplimiento, un total de 2086 horas extra como parte necesaria para cumplir con las órdenes de producción pedidas por sus clientes.

En lo que respecta al inventario de producto terminado de baja rotación (más de un mes en la bodega), la organización mantiene ₡ 67 665 585,73 de inventario, el cual representa un costo de oportunidad ₡ 104 100 901,12 si se vendieran, generando una disminución en sus ingresos y un aumento en los costos de producción.

En la etapa de diagnóstico, se analiza cada uno de los procesos que conforman el sistema de planificación y control de la producción, con el objetivo de identificar las causas que generan los efectos negativos en este sistema, donde primeramente se encuentra que la organización no cuenta con un flujo e interacción entre los procesos definida que les permita realizar sus operaciones de una manera estandarizada y controlada.

La planificación de la demanda actual de la organización presenta únicamente las ventas como insumo de demanda para sus pronósticos, dejando de lado la demanda insatisfecha y las ventas perdidas que puedan presentar los productos. Además, el método de pronóstico utilizado por la organización para sus 494 productos consiste en el promedio móvil simple, con una ventana de tiempo de 6 meses, esto se debe a que la empresa no realiza una caracterización de los componentes sistemáticos de sus productos, como lo son la estacionalidad, nivel, tendencia e intermitencia, por lo que no toman en cuenta la caracterización de cada producto para elegir un método de pronóstico adecuado. Al realizar la caracterización de los 494 productos, se obtiene como resultado que un 62% de los productos cuenta con nivel, 62% con nivel, 30% con tendencia y 8% intermitencia. La planificación de la demanda actual descrita deja como resultado que se tenga un error de pronóstico promedio MAD/media y MAPE del 115%, donde solamente el 8% y 11% de los productos cuentan con el error de pronóstico recomendado por la industria para los años 2017 y 2018 respectivamente.

Al realizar el análisis del plan de producción que sigue la empresa, se logra identificar que la organización desconoce la capacidad real de sus líneas de producción en cuanto a la cantidad de tandas de producción que puede procesar, donde se asignan las tandas y las personas con sus respectivas funciones a cada línea de producción a criterio experto, reflejando la falta de estandarización en este proceso. Además, plan de producción presenta dentro de su realización un componente que es parte de las labores diarias de la organización, la cual es incorporar nuevas órdenes de producción que no estaban planificadas, afectando el cumplimiento del plan de producción, que para el 2018 es del 49,32%.

La planificación de los recursos materiales, además de recibir órdenes no planificadas en el plan de producción, no es elaborada mediante el despliegue de materiales o BOM, por lo que brinda como requerimiento solo una estimación a criterio experto de lo que realmente se va a requerir. Prueba de lo anterior es que, para el año 2018, el 60% de las materias primas se encontraban desabastecidas al mes de diciembre (180 materias primas) y solamente 6 cuenta con la política actual de inventarios de la organización (mantener 18 semanas de inventario).

Para el secuenciamiento y la programación de la producción, estos son procesos que actualmente dependen del criterio experto del gerente de producción de la organización. Además, estos procesos no son controlados y no se lleva a cabo un registro de aquellos eventos o factores que puedan generar alteraciones en la duración de la producción.

En lo que respecta al control y seguimiento de las operaciones, la organización no incluye indicadores dentro de su área productiva, lo cual no permite medir de manera continua las mismas, dificultando la toma de decisiones del área operativa de premezclas.

Para las etapas de diseño y validación del proyecto, se realizó primeramente el rediseño de todos los procesos que conforman el sistema de planificación y control de la producción, donde se define un flujo e interacción entre estos, detallando los insumos y salidas de los procesos para facilitar su ejecución. Como parte complementaria, se desarrolla una herramienta en Excel que permite realizar e interactuar los procesos que conforman el sistema, de manera que las operaciones puedan realizarse de manera conjunta.

La propuesta de diseño de la planificación de la demanda inicia con la consolidación de la demanda, la cual se compone de las ventas, ventas perdidas y demanda insatisfecha para cada producto, las cuales cuentan con su propio registro para su almacenamiento. El insumo consolidado de la demanda se utiliza para realizar la caracterización de los componentes sistemáticos para cada producto, para de esta manera asignarle un método de pronóstico acorde a dicha caracterización. El resultado de este proceso genera que se obtenga un error de pronóstico promedio del 44.2%, el cual contrasta la mejora con el error de pronóstico obtenido en la fase de diagnóstico que era del 111%.

En el diseño del plan de producción, la propuesta consiste en la asignación de tandas de producción según la capacidad de procesamiento de las 7 líneas de producción estudiadas en la fase de diagnóstico, donde, además, se propone la asignación del personal según 4 balances de línea diseñados, como producto del estudio de tiempos y cuellos de botella. La asignación de la cantidad de personas tiene como objetivo la minimización del tiempo total de procesamiento y se restringe a la cantidad de colaboradores que disponga la organización en su planta. Al realizar una comparativa

entre el plan de producción actual de la empresa contra el plan de producción elaborado por la propuesta de diseño, se obtiene como resultados un aumento significativo del 43% en el tiempo total de procesamiento de las órdenes, el cual genera una mayor disponibilidad de las líneas de producción del 27% y una disminución en horas extra del 23%, donde estos resultados permiten evidenciar que la asignación de recursos, por parte de la propuesta de diseño, da un valor agregado en la parte de flexibilidad de las líneas para incorporar otras órdenes de producción que no estén contempladas dentro del plan de producción diseñado, fortaleciendo su flexibilidad de servicio y capacidad de procesamiento, así como de un menor costo de mano de obra directa.

El rediseño de la planeación de los requerimientos materiales consiste en el establecimiento de puntos de reorden de los productos, inventarios de seguridad y la creación de un sistema de producción que se encargue de desplegar los requerimientos materiales según las necesidades de producción, donde se diseña un sistema de sustitución de materias primas que se encargue de dar una solución ante los problemas de desabastecimientos de materias primas, ya que este se encarga de generar BOM's auxiliares o sustitutos en caso que alguna orden de producción requiera de la sustitución de una materia prima que no se encuentre en bodega, generando un valor agregado en las etapas de planificación y producción de las órdenes de producción que se requieran. Dicho rediseño tiene como finalidad dar un mayor control a la organización para la planeación y manejo de sus materias primas, con el fin de evitar postergar o perder órdenes de producción debido a la falta de materias primas.

Por último, se tiene que el rediseño del sistema de planificación y control de la producción genera una disminución en el costo de mano de obra directa por kilogramo producido, donde se pasa de ¢16,28 del planeamiento actual, al realizado por la organización para el periodo de enero a setiembre de 2019, que es de ¢12,51, produciendo un 23,2% de ahorro que se convierte en ¢ 10 331 991,34, lo cual evidencia que dicho rediseño permite un ahorro en costos, y que además, permite un mayor aprovechamiento de sus recursos y mayor flexibilidad en su servicio.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Introducción .....  | 19 |
| 1 Capítulo I. Propuesta de Proyecto .....                               | 20 |
| 7.1. Justificación del proyecto.....                                    | 20 |
| 1.1.1. Generalidades. ....  | 20 |
| 1.1.2. Alcance del proyecto.....  | 20 |
| 1.1.3. Justificación del problema.....                                  | 21 |
| 1.1.4. Problema. ....   | 25 |
| 1.1.5. Beneficios asociados .....                                       | 25 |
| 7.2. Objetivo General. ....   | 25 |
| 7.3. Indicadores de éxito.....  | 25 |
| 7.4. Limitaciones y restricciones. ....                                 | 26 |
| 7.5. Marco de referencia teórico. ....                                  | 27 |
| 1.5.1. Competitividad. ....   | 27 |
| 1.5.2. Sistema de planificación y control de la producción (SPCP). .... | 27 |
| 7.6. Metodología general. ....  | 35 |
| 7.7. Cronograma de trabajo. ....  | 39 |
| 2 Capítulo II. Diagnóstico .....  | 40 |
| 7.1. Objetivos del diagnóstico.....                                     | 40 |
| 2.1.1    Objetivo general.....  | 40 |
| 2.1.2    Objetivos específicos.....                                     | 40 |
| 7.2. Indicadores de éxito.....  | 40 |
| 2.2.1. Costo de mano de obra directa por kilogramo producido.....       | 40 |
| 2.2.2. Porcentaje de cumplimiento del plan de producción.....           | 40 |
| 2.2.3. Porcentaje del error de pronóstico.....                          | 41 |
| 7.3. Metodología de diagnóstico.....                                    | 41 |
| 7.4. Estudio de los componentes del SPCP y su interacción. ....         | 42 |
| 2.4.1. Descripción de los procesos del SPCP. ....                       | 42 |
| 2.4.2. Descripción del proceso productivo.....                          | 46 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.3. Hallazgos generales del SPCP .....  | 47 |
| 7.5. Análisis de planificación de la demanda. ....                                   | 49 |
| 2.5.1. Método de pronóstico utilizado.....   | 49 |
| 2.5.2. Comportamiento de la demanda. ....  | 49 |
| 2.5.3. Error de pronóstico. ....   | 51 |
| 2.5.4. Hallazgos.....  | 52 |
| 7.6. Análisis del plan maestro de producción. ....                                   | 53 |
| 2.6.1. Descripción del método utilizado.....   | 53 |
| 2.6.2. Análisis de las causas de incumplimiento del plan maestro de producción. .... | 53 |
| 2.6.3. Hallazgos.....  | 55 |
| 7.7. Análisis de la planeación de requerimientos de capacidad. ....                  | 56 |
| 2.7.1. Estudio del desperdicio. ....   | 56 |
| 2.7.2. Cálculo de tiempos de ciclo reales. ....                                      | 58 |
| 2.7.3. Estudio de productividad e improductividad. ....                              | 60 |
| 2.7.4. Identificación de cuellos de botella.....                                     | 62 |
| 2.7.5. Determinación de la utilización del cuello de botella. ....                   | 71 |
| 2.7.6. Estimación de costos por mano de obra directa.....                            | 72 |
| 2.7.7. Hallazgos de la planeación de requerimientos de capacidad. ....               | 73 |
| 7.8. Planificación de requerimientos de materiales. ....                             | 74 |
| 2.8.1. Descripción del método. ....  | 74 |
| 2.8.2. Caracterización de materia prima. ....  | 75 |
| 2.8.3. Análisis del desperdicio de materia prima. ....                               | 76 |
| 2.8.4. Análisis de excesos o faltantes de inventario.....                            | 76 |
| 2.8.5. Hallazgos de la planeación de requerimientos de materiales. ....              | 79 |
| 7.9. Secuenciamiento y programación de la producción.....                            | 79 |
| 2.9.1. Criterio de secuenciamiento. ....   | 79 |
| 2.9.2. Criterio de programación de la producción. ....                               | 82 |
| 2.9.3. Descripción del flujo de materiales.....                                      | 83 |
| 2.9.4. Hallazgos sobre programación y secuenciación.....                             | 84 |
| 7.10. Control y seguimiento. ....  | 85 |
| 2.10.1. Descripción del método. ....   | 85 |
| 2.10.2. Registro de órdenes pendientes. ....   | 85 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.10.3. Horas extra.....  | 85  |
| 2.10.4. Hallazgos de control y seguimiento. ....                  | 86  |
| 7.11. Conclusiones del diagnóstico. ....                          | 86  |
| 3 Capítulo III. Diseño.....                                       | 88  |
| 7.1. Objetivos de diseño.....                                     | 88  |
| 3.1.1. Objetivo general.....                                      | 88  |
| 3.1.2. Objetivos específicos.....                                 | 88  |
| 7.2. Metodología de diseño. ....                                  | 88  |
| 7.3. Establecimiento de las interacciones del SPCP. ....          | 89  |
| 7.4. Metodologías de los procesos del SPCP.....                   | 91  |
| 3.4.1. Planificación de la demanda. ....                          | 91  |
| 3.4.2. Plan maestro de la producción.....                         | 92  |
| 3.4.3. Planificación de los requerimientos de materiales. ....    | 94  |
| 3.4.4. Planificación de los requerimientos de la capacidad. ....  | 95  |
| 3.4.5. Secuenciamiento y programación de la producción.....       | 96  |
| 7.5. Indicadores claves de desempeño. ....                        | 97  |
| 3.5.1. Error de pronóstico. ....                                  | 97  |
| 3.5.2. Cumplimiento del plan de producción.....                   | 98  |
| 3.5.3. Costo de mano de obra directa por kilogramo producido..... | 98  |
| 7.6. Integración de una herramienta como apoyo al SPCP.....       | 98  |
| 3.6.1. Funcionamiento general de la herramienta.....              | 98  |
| 3.6.2. Planificación de la demanda. ....                          | 100 |
| 3.6.3. Plan maestro de producción. ....                           | 102 |
| 3.6.4. Planificación de los requerimientos de materiales. ....    | 105 |
| 3.6.5. Planificación de los requerimientos de la capacidad. ....  | 105 |
| 3.6.6. Secuenciamiento y programación de la producción.....       | 107 |
| 3.6.7. Control y seguimiento. ....                                | 107 |
| 7.7. Recomendaciones del diseño.....                              | 107 |
| 7.8. Conclusiones del diseño. ....                                | 110 |
| 4 Capítulo IV. Validación .....                                   | 111 |
| 7.1. Objetivos de validación. ....                                | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.1.1. Objetivo general.....  | 111 |
| 4.1.2. Objetivos específicos.....   | 111 |
| 7.2. Metodología de validación.....   | 111 |
| 7.3. Impacto en los indicadores de éxito. ....  | 112 |
| 4.3.1. Error de pronóstico. ....  | 112 |
| 4.3.2. Cumplimiento del plan de producción.....   | 114 |
| 4.3.3. Costo de mano de obra directa.....   | 118 |
| 7.4. Impacto del plan maestro de producción en el plan de requerimiento de materiales. .... | 121 |
| 7.5. Utilización de las actividades cuello de botella.....                                  | 121 |
| 4.5.1. Utilización de la actividad colocar bolsa. ....                                      | 122 |
| 4.5.2. Utilización de la actividad llenar saco. ....  | 124 |
| 4.5.3. Utilización de la actividad mezclar. ....  | 126 |
| 4.5.4. Utilización de la actividad sellar y coser saco.....                                 | 127 |
| 7.6. Conclusiones de validación. ....   | 128 |
| Conclusiones. ....  | 129 |
| Recomendaciones.....  | 130 |
| Glosario.....   | 131 |
| Bibliografía .....  | 132 |
| Apéndices y Anexos.....   | 134 |
| Apéndice 1. Diferencias entre pronósticos de Venta y Producción. ....                       | 134 |
| Apéndice 2. Resumen ABC materias primas. ....   | 135 |
| Apéndice 3. Cumplimiento del MPS.....   | 137 |
| Apéndice 4. Componentes de la demanda.....  | 139 |
| Apéndice 5. Tiempos productivos e improductivos.....  | 145 |
| Apéndice 6. Estudio de tiempos.....   | 147 |
| Apéndice 7. Prueba de normalidad para las actividades del proceso de producción. ....       | 153 |

|   |     |
|---|-----|
| 7.1. Prueba de normalidad de las actividades de líneas pantalonera, octogonal, pequeña, mediana y grande..... | 153 |
| 7.2. Prueba de normalidad de las actividades de la Línea 1 y Línea 2. ....                                    | 154 |
| Apéndice 8. Prueba de varianzas para las actividades del cuello de botella. ....                              | 154 |
| 8.1 Prueba de varianzas para máquina mediana. ....  | 155 |
| 8.2 Prueba de varianzas para máquina grande.....  | 156 |
| 8.3 Prueba de varianzas para máquina pequeña.....   | 157 |
| 8.4 Prueba de varianzas para máquina pequeña octogonal.....   | 158 |
| 8.5 Prueba de varianzas para máquina pantalonera. ....  | 159 |
| 8.6 Prueba de varianzas para máquina línea 1. ....  | 160 |
| 8.7 Prueba de varianzas para máquina línea 2. ....  | 161 |
| Apéndice 9. Cálculo de órdenes de procesamiento por máquina. ....   | 162 |
| Apéndice 10. Utilización de las actividades cuello de botella. ....   | 162 |
| Apéndice 11. Estado de inventario de las materias primas. ....  | 167 |
| Apéndice 12. Premuestro ejercicio de secuenciamiento. ....  | 168 |
| Apéndice 13. Fichas de los indicadores de proceso. ....   | 169 |
| Apéndice 14. Manual de usuario.....   | 173 |
| Apéndice 15. Aplicación de redes neuronales.....  | 190 |
| Apéndice 16. Prueba t pareada para el indicador de éxito porcentaje de error de pronóstico.....               | 191 |
| Apéndice 17. Prueba t pareada para el indicador de éxito costo de mano de obra directa.....                   | 192 |
| Costo de mano de obra directa en planificación. ....  | 192 |
| Costo de mano de obra directa en producción real. ....  | 194 |
| Apéndice 18. Utilización de las actividades cuello de botella en validación. ....                             | 196 |
| Actividad: Colocar bolsa. ....  | 196 |
| Actividad: llenar saco. ....  | 197 |
| Actividad: mezclar. ....  | 200 |
| Actividad: sellar y coser saco.....   | 201 |

Apéndice 19. Metodología de inventarios cíclicos por análisis ABC..... 202

## Índice de tablas

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Error de pronóstico mensual (enero – agosto) 2018 .....  | 22  |
| Tabla 2. Inventario de producto terminado de baja rotación en términos de su precio de venta y los costos de producción ..... | 24  |
| Tabla 3. Metodología general .....  | 36  |
| Tabla 4. Metodología general (continuación) .....   | 37  |
| Tabla 5. Metodología general (continuación) .....   | 38  |
| Tabla 6. Cronograma de trabajo. ....  | 39  |
| Tabla 7. Metodología de diagnóstico .....   | 41  |
| Tabla 8. Simbología de los diagramas de diagnóstico .....   | 42  |
| Tabla 9. Asignación de máquinas según volumen de producción .....   | 44  |
| Tabla 10. Variables del procesamiento de órdenes y sus unidades equivalentes .....  | 59  |
| Tabla 11. Tiempo ciclo líneas de producción .....   | 59  |
| Tabla 12. Categorías de productividad e improductividad .....   | 60  |
| Tabla 13. Cuello de botella por línea de producción .....   | 64  |
| Tabla 14. Cuello de botella por línea de producción (continuación) .....  | 65  |
| Tabla 15. Tiempo ciclo por línea de producción .....  | 66  |
| Tabla 16. Tiempo de carga del sistema (mezclado) .....  | 66  |
| Tabla 17. Tiempo de carga del sistema (mezclado) (continuación) .....   | 67  |
| Tabla 18. Cantidad de órdenes de procesamiento por línea de producción .....  | 67  |
| Tabla 19. Cantidad de operarios por línea de producción .....   | 68  |
| Tabla 20. Balances de línea .....   | 68  |
| Tabla 21. Balances de línea (continuación) .....  | 69  |
| Tabla 22. Tiempo y cantidad de órdenes de producción según mezcladora, cantidad de operarios y capacidad de la línea .....    | 69  |
| Tabla 23. Cumplimiento de la cantidad teórica de órdenes procesables .....  | 70  |
| Tabla 24. Simbología del flujo de materiales .....  | 83  |
| Tabla 25. Metodología de diseño .....   | 88  |
| Tabla 26. Metodología de diseño (continuación) .....  | 89  |
| Tabla 27. Simbología del Sistema de planificación y control de la producción .....  | 91  |
| Tabla 28. Criterios de los componentes sistemáticos de la demanda .....   | 101 |
| Tabla 29. Tiempo ciclo para balance de la pantalonera .....   | 106 |
| Tabla 30. Diagrama de balances de línea para pantalonera .....  | 106 |
| Tabla 31. Metodología de validación .....   | 111 |
| Tabla 32. Costo de mano de obra directa en la planificación .....   | 119 |
| Tabla 33. Costo de mano de obra directa en la producción .....  | 120 |
| Tabla 34. Resumen ABC materias primas .....   | 135 |
| Tabla 35. Resumen ABC materias primas (continuación) .....  | 136 |
| Tabla 36. Componentes de la demanda de los productos .....  | 139 |
| Tabla 37. Componentes de la demanda de los productos (continuación) .....   | 140 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 38. Componentes de la demanda de los productos (continuación) .....                                      | 141 |
| Tabla 39. Componentes de la demanda de los productos (continuación) .....                                      | 142 |
| Tabla 40. Componentes de la demanda de los productos (continuación) .....                                      | 143 |
| Tabla 41. Componentes de la demanda de los productos (continuación) .....                                      | 144 |
| Tabla 42. Horarios de observación para premuestreo.....  | 145 |
| Tabla 43. Tamaño de muestra Línea 1 y Línea 2 .....  | 147 |
| Tabla 44. Tamaño de muestra Línea 1 y Línea 2 (continuación).....  | 148 |
| Tabla 45. Tamaño de muestra líneas: Pantalonera, Octogonal, Pequeña, Mediana y Grande .....                    | 148 |
| Tabla 46. Alisto de micros .....   | 149 |
| Tabla 47. Tiempo ciclo Línea 1 y Línea 2 .....   | 149 |
| Tabla 48. Tiempo ciclo Línea 1 y Línea 2 (continuación).....   | 150 |
| Tabla 49. Tiempo ciclo líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña .....                          | 150 |
| Tabla 50. Tabla 48. Tiempo ciclo líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña (continuación) ..... | 151 |
| Tabla 51. Tiempo ciclo líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña .....                          | 151 |
| Tabla 52. Tiempo ciclo Alisto de micros .....  | 152 |
| Tabla 53. Prueba de normalidad líneas pantalonera, octogonal, pequeña, mediana y grande .....                  | 153 |
| Tabla 54. Prueba de normalidad Línea 1 y Línea 2.....  | 154 |
| Tabla 55. Resultados de la prueba de varianzas para máquina mediana .....                                      | 155 |
| Tabla 56. Resultados de la prueba de varianzas para máquina grande.....  | 156 |
| Tabla 57. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pequeña.....                                       | 157 |
| Tabla 58. Resultados de la prueba de varianzas para máquina octogonal.....                                     | 158 |
| Tabla 59. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pantalonera .....                                  | 159 |
| Tabla 60. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 1.....                                       | 160 |
| Tabla 61. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 2.....                                       | 161 |
| Tabla 62. Resumen estado de inventario de materias primas.....   | 167 |
| Tabla 63. Ordenes tomadas para el premuestreo .....  | 168 |
| Tabla 64. Cálculo de tamaño de muestra.....  | 168 |
| Tabla 65. Ficha del Error MAD/Media.....   | 169 |
| Tabla 66. Ficha del indicador MAPE .....   | 170 |
| Tabla 67. Ficha del indicador del cumplimiento del plan de producción .....                                    | 171 |
| Tabla 68. Ficha del indicador costos de mano de obra directa por kg.....                                       | 172 |
| Tabla 69. Categoría de materias primas.....  | 202 |
| Tabla 70. Categorización de las materias primas según Ley de Pareto .....                                      | 202 |
| Tabla 71. Categorización de las materias primas según Ley de Pareto .....                                      | 203 |
| Tabla 72. Categorización de las materias primas según Ley de Pareto (continuación) .....                       | 204 |
| Tabla 73. Conteos por clasificación ABC .....  | 205 |
| Tabla 74. Porcentaje de conteos anuales por clasificación de las materias primas .....                         | 205 |
| Tabla 75. Número de artículos diarios según la clasificación de materias primas.....                           | 206 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Líneas de productos en laboratorios Faryvet S.A.....   | 20 |
| Figura 2. Porcentaje de aporte a ventas anuales por familia (2014-agosto 2018) .....                               | 21 |
| Figura 3. Comportamiento de pedidos en kilogramos agosto (2016-2018) .....   | 22 |
| Figura 4. Actividades del sistema de planificación y control de la producción.....                                 | 28 |
| Figura 5. Pasos para CRP .....   | 32 |
| Figura 6. Ejemplo de una red neuronal totalmente conectada .....   | 34 |
| Figura 7. Planificación de la demanda. ....  | 42 |
| Figura 8. Plan maestro de producción .....   | 43 |
| Figura 9. Planificación de los recursos de capacidad .....   | 44 |
| Figura 10. Planificación de los recursos materiales .....  | 45 |
| Figura 11. Secuenciamiento .....   | 45 |
| Figura 12. Control y seguimiento .....   | 46 |
| Figura 13. Proceso general de elaboración de premezclas.....   | 46 |
| Figura 14. Ventas de premezcla Ganado Feedlot (RUM)-46kg .....   | 50 |
| Figura 15. Porcentaje de productos de acuerdo con el componente de la demanda.....                                 | 51 |
| Figura 16. Error de pronóstico de los productos.....   | 52 |
| Figura 17. Causas del incumplimiento del plan de producción .....  | 54 |
| Figura 18. Diferencia entre cantidad de producto planeado vs producido .....                                       | 55 |
| Figura 19. Porcentaje de desperdicio por máquina .....   | 56 |
| Figura 20. Porcentaje de desperdicios por familia.....   | 57 |
| Figura 21. Cantidad de reprocesos por máquina .....  | 58 |
| Figura 22. Productividad e improductividad por línea de producción.....  | 61 |
| Figura 23. Actividades por categoría de productividad e improductividad .....                                      | 62 |
| Figura 24. Cantidad de micros en premezclas .....  | 63 |
| Figura 25. Tiempo de alisto según cantidad de micros en la formulación.....  | 63 |
| Figura 26. Porcentaje de productos vendidos según cantidad de micros .....   | 64 |
| Figura 27. Utilización de la actividad alisto de micros (2017-2018).....   | 71 |
| Figura 28. Utilización promedio de actividades de cuello de botella según las máquinas de producción .....         | 72 |
| Figura 29. Cuantificación de horas extra de operarios de proceso (enero 2017-diciembre 2018) ..                    | 73 |
| Figura 30. Planificación de los requerimientos de materiales .....   | 74 |
| Figura 31. Lead time (días) para las materias primas.....  | 75 |
| Figura 32. Frecuencia de pedido (días) para las materias primas.....   | 76 |
| Figura 33. Brecha entre la proyección del departamento de ventas y pronóstico del departamento de producción ..... | 77 |
| Figura 34. Condiciones del inventario de materias primas.....  | 78 |
| Figura 35. Materias primas desabastecidas .....  | 78 |
| Figura 36. Criterio de secuenciamiento .....   | 80 |
| Figura 37. Makespan teórico vs real .....  | 81 |
| Figura 38. Porcentaje de incremento o disminución del makespan respecto al teórico.....                            | 81 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 39. Causas de atraso y duración en minutos.....   | 82  |
| Figura 40. Flujo de materia prima .....  | 83  |
| Figura 41. Horas extra de enero 2017 a diciembre 2018.....   | 86  |
| Figura 42. Interacciones del Sistema de planificación y control de la producción .....                                   | 90  |
| Figura 43. Metodología planificación de la demanda .....   | 92  |
| Figura 44. Planificación de la producción.....   | 94  |
| Figura 45. Planificación de los requerimientos de los materiales.....  | 95  |
| Figura 46. Planificación de los requerimientos de la capacidad .....   | 96  |
| Figura 47. Secuenciamiento y programación de la producción .....   | 97  |
| Figura 48. Funcionamiento de la herramienta.....   | 99  |
| Figura 49. Menú principal de la herramienta.....   | 100 |
| Figura 50. Métodos de pronóstico de la herramienta .....   | 101 |
| Figura 51. Ajuste de criterio experto en la herramienta.....   | 101 |
| Figura 52. Visualización del error de pronóstico.....  | 102 |
| Figura 53. Visualización de la demanda y pronóstico .....  | 102 |
| Figura 54. Programa general de producción.....   | 103 |
| Figura 55. Indicadores resumen del plan de producción .....  | 104 |
| Figura 56. Plan de producción por productos.....   | 104 |
| Figura 57. Cuellos de botella .....  | 107 |
| Figura 58. Resultados NeuralTools.....   | 108 |
| Figura 59. Pronóstico con red neuronal en RStudio .....  | 108 |
| Figura 60. Valores pronosticados por RStudio .....   | 109 |
| Figura 61. Análisis modelo RStudio .....   | 109 |
| Figura 62. Prueba t pareada para error de pronóstico .....   | 112 |
| Figura 63. N. Impulsor corriente 20 kg comparación de pronósticos .....  | 113 |
| Figura 64. N. Impulsor corriente 20 kg comparativa error de pronósticos.....   | 113 |
| Figura 65. Error de pronóstico enero - setiembre 2019 .....  | 114 |
| Figura 66. Asignación de tandas a las líneas de producción .....   | 115 |
| Figura 67. Asignación del personal a las líneas de producción .....  | 115 |
| Figura 68. Disponibilidad de las líneas de producción según planificación .....  | 116 |
| Figura 69. Tiempo de procesamiento total de las órdenes de producción .....  | 117 |
| Figura 70. Disponibilidad de las líneas de producción según producción real .....  | 118 |
| Figura 71. Costo de mano de obra directa en la planificación de la producción .....                                      | 119 |
| Figura 72. Costo de mano de obra directa en la producción real enero-setiembre 2019.....                                 | 120 |
| Figura 73. Resumen del aumento o disminución de la utilización en las actividades cuello de botella según máquinas ..... | 122 |
| Figura 74. Porcentaje de utilización de la actividad colocar bolsa de enero-setiembre 2019.....                          | 123 |
| Figura 75. Oportunidad de crecimiento según la utilización propuesta.....  | 124 |
| Figura 76. Porcentaje de utilización de la actividad llenar saco de enero-setiembre 2019 .....                           | 125 |
| Figura 77. Oportunidad de crecimiento según la utilización propuesta .....   | 126 |
| Figura 78. Porcentaje de utilización de la actividad mezclar de enero-setiembre 2019 .....                               | 126 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 79. Porcentaje de utilización de la actividad de sellar y coser saco de enero-setiembre 2019 .....       | 127 |
| Figura 80. Diferencias entre proyección de venta y pronóstico .....   | 134 |
| Figura 81. Materias desabastecidas entre enero a agosto del 2018 .....  | 137 |
| Figura 82. Cumplimiento del MPS indicar el periodo de los datos entre enero a agosto del 2018                   | 138 |
| Figura 83. Ordenes reales producidas entre enero a agosto del 2018 .....  | 138 |
| Figura 84. Productividad e improductividad por línea de producción.....   | 146 |
| Figura 85. Resultados de la prueba de varianzas para máquina mediana.....                                       | 155 |
| Figura 86. Resultados de la prueba de varianzas para máquina grande.....  | 156 |
| Figura 87. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pequeña.....                                       | 157 |
| Figura 88. Resultados de la prueba de varianzas para máquina octogonal.....                                     | 158 |
| Figura 89. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pantalonera .....                                  | 159 |
| Figura 90. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 1 .....                                      | 160 |
| Figura 91. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 2 .....                                      | 161 |
| Figura 92. Utilización del cuello de botella alisto de micros (2017-2018) .....                                 | 163 |
| Figura 93. Utilización del cuello de botella mezclar máquina pantalonera y octogonal (2017-2018) .....          | 163 |
| Figura 94. Utilización del cuello de botella colocar bolsa Línea 1 y Línea 2 (2017-2018).....                   | 164 |
| Figura 95 Utilización del cuello de botella llenar saco para máquina pequeña, mediana y grande (2017-2018)..... | 165 |
| Figura 96. Utilización del cuello de botella llenar saco para Línea 1 y Línea 2 (2017-2018).....                | 165 |
| Figura 97 Utilización del cuello de botella llenar saco para máquina grande (2017-2018).....                    | 166 |
| Figura 98. Código para el pronóstico con redes neuronales.....  | 190 |
| Figura 99. Histograma de porcentaje error de pronóstico actual.....   | 191 |
| Figura 100. Histograma de porcentaje error de pronóstico propuesto.....   | 192 |
| Figura 101. Histograma de costo/kg actual en planificación .....  | 193 |
| Figura 102. Histograma de costo/kg propuesta en planificación .....   | 194 |
| Figura 103. Histograma del costo/kg actual de producción .....  | 195 |
| Figura 104. Histograma del costo/kg propuesta de producción.....  | 196 |
| Figura 105. Utilización de la actividad colocar bolsa para Línea 1.....   | 197 |
| Figura 106. Utilización de la actividad colocar bolsa para Línea 2.....   | 197 |
| Figura 107. Utilización de la actividad llenar saco para máquina pequeña.....                                   | 198 |
| Figura 108. Utilización de la actividad llenar saco para máquina mediana .....                                  | 198 |
| Figura 109. Utilización de la actividad llenar saco para máquina grande.....                                    | 199 |
| Figura 110. Utilización de la actividad llenar saco para Línea 1.....   | 199 |
| Figura 111. Utilización de la actividad llenar saco para Línea 2.....   | 200 |
| Figura 112. Utilización de la actividad mezclar para la máquina pantalonera .....                               | 200 |
| Figura 113. Utilización de la actividad mezclar para la máquina octogonal .....                                 | 201 |
| Figura 114. Utilización de la actividad sellar y coser saco para la máquina Línea 1 .....                       | 201 |
| Figura 115. Categorización de las materias primas según ley de Pareto .....                                     | 204 |

## Abreviaturas y acrónimos

BOM: Lista de materiales (*Bill of Materials*).

CRP: Planificación de los requerimientos de capacidad (*Capacity Requirements Planning*).

EPP: Ensamble por pedido.

GAN: Red generativa antagónica (*Generative Adversarial Networks*)

MAPE: Error porcentual absoluto medio (*Mean Absolute Percentage Error*)

MPS: Plan maestro de producción (*Master Production Schedule*).

MRP: Planificación de los requerimientos de material (*Materials Requirements Planning*).

MTO: Producción por pedido (*Make to order*).

PPI: Producción para inventario.

SKU: Código del producto (*Stock Keeping Unit*).

SPCP: Sistema de planificación y control de la producción

₡: Representa el símbolo de colones costarricenses.

## Introducción

El mercado de nutrición y salud animal se encuentra en una constante competencia, donde las empresas luchan día a día por ofrecer un servicio al cliente que le permita obtener el producto adecuado, en la cantidad adecuada y en el momento necesario, sin dejar de lado la rentabilidad de sus operaciones. Es por ello que es fundamental que las empresas que laboran en este sector realicen una constante mejora que permita fortalecer e integrar los procesos que conforman su sistema productivo.

En el caso de la elaboración de premezclas para animales, las cuales funcionan como materia prima para la creación de los alimentos, se presenta un incremento en la variedad de productos, debido a que el cliente es capaz de personalizar su propia premezcla con la finalidad de obtener el resultado deseado en sus animales. Esta situación repercute en el planeamiento de la producción de las empresas, ya que debe cerciorarse de contar con los recursos necesarios (personal, material, entre otros) para afrontar las exigencias del mercado. Es por ello que la planificación y control de la producción juega un papel muy importante para lograr que las expectativas y necesidades de los clientes sean resueltas de la manera más satisfactoria posible y con el mejor aprovechamiento de los recursos con los que disponen las organizaciones.

El proyecto se desarrolla en la empresa Laboratorios Faryvet, la cual presenta oportunidades de mejora en los procesos que conforman el sistema de planeación y control de la producción, debido a que dicho sistema genera desabastos de materias prima, incumplimiento en el plan de producción y un uso inadecuado de sus recursos.

El trabajo desarrollado cuenta con una etapa de propuesta del proyecto, el cual muestra una descripción de la empresa Laboratorios Faryvet, el alcance de dicho trabajo y la justificación del problema a solucionar, acompañado de los beneficios para la organización y la sociedad, donde, por último, se detalla y sustenta de manera teórica las bases principales de los procesos que conforman el sistema de planificación y control de la producción.

La segunda etapa del proyecto consiste en el diagnóstico del sistema de planificación y control de la producción, el cual describe el proceso actual de la organización para la realización de este, y tiene como finalidad la identificación de las causas principales que dan origen a las falencias del sistema, que viene a ser el punto de partida para la etapa de diseño. Acompañado a lo anterior, se añaden los indicadores de éxito del proyecto, los cuales tienen como objetivo medir el desempeño y funcionalidad de las propuestas de mejora del trabajo.

En la tercera etapa se desarrolla el diseño de las propuestas de mejora para las causas identificadas en la etapa de diagnóstico, donde primeramente se redefinen los procesos que conforman el sistema de planificación y control de la producción, los cuales son la planificación de la demanda, requerimientos materiales, el plan maestro de producción, la planificación de requerimientos de capacidad, secuenciación, programación, control y seguimiento, donde además, se hace énfasis en su interacción. El diseño incluye una metodología para cada proceso, la cual se puede llevar a cabo en una herramienta diseñada para la ejecución de todos los procesos que componen el sistema.

Por último, la etapa de validación incluye todos los beneficios que aportan las propuestas de mejora diseñadas en los procesos del sistema de planificación y control de la producción, añadiendo el contraste entre los indicadores de éxito obtenidos producto del rediseño de los procesos contra la situación diagnosticada en la empresa. Finalizando el trabajo, se agrega una sección de conclusiones y recomendaciones que se toman en cuenta para el proyecto.

## Capítulo I. Propuesta de Proyecto

### 7.1. Justificación del proyecto.

#### 1.1.1. Generalidades.

Laboratorios Faryvet S.A es una empresa que se desenvuelve en la industria de nutrición y salud animal, dedicada a la formulación, producción y comercialización de productos con la más alta calidad. Actualmente, la organización se divide en dos grandes áreas; premezclas y farmacia, de las cuales, cuatrocientos noventa y cuatro conforman la división de premezclas. En la Figura 1 se muestran las líneas de producción de ambas divisiones:



Figura 1. Líneas de productos en laboratorios Faryvet S.A

Fuente: Faryvet (2017)

La empresa fue fundada en el año 1977 por el señor Luis Diego Aguilar, con capital 100% costarricense. En su momento, esta compañía surge como alternativa para suplir las necesidades del mercado avícola, y poco a poco se expande a lo que es la industria de salud y nutrición animal.

Actualmente, las oficinas centrales de la organización están localizadas en el cantón de Barreal, Provincia de Heredia, Costa Rica. Esta sede brinda cobertura a Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Además, cuenta con otras dos filiales, una en Guatemala y otra en Panamá, que brindan cobertura a Guatemala, Belice, el Salvador y Panamá, respectivamente (Faryvet,2017).

La organización define su misión de la siguiente manera: “Somos una empresa dedicada a la formulación, producción y comercialización de productos de calidad para la industria de nutrición y salud animal, a través de personal competente, inducido y productivo, infraestructura moderna, tecnología eficiente y acreditada bajo normas internacionales” (Faryvet, 2017).

Por otra parte, establece como visión: “Ser la empresa líder en el Mercado Centroamericano, teniendo las mejores soluciones para la industria de nutrición y salud animal” (Faryvet, 2017).

#### 1.1.2. Alcance del proyecto.

El proyecto de graduación se desarrolla en la planta de producción de Laboratorios Faryvet S.A, ubicada en Barreal de Heredia. Específicamente, se va a trabajar en la división de premezclas, en el proceso de su elaboración, incluyendo las actividades de recibo de materias primas, carga de materia prima, mezclado, etiquetado y dispensado. Las actividades de la empresa se llevan a cabo manualmente, a excepción del mezclado, el cual se realiza en máquinas mezcladoras. El estudio se delimitará a los productos de venta en Costa Rica y a los de exportación.

### 1.1.3. Justificación del problema.

La estrategia de Laboratorios Faryvet es la confección de productos a la medida, es decir, el cliente elige la formulación y presentación de su producto, todo bajo un sistema de pedido, conocido como *make to order*. Dicho sistema de producción se desarrolla en dos áreas de productos (premezclas y farmacia), donde cada una de ellas genera un porcentaje en las ventas de la organización, tal y como se muestran a continuación:

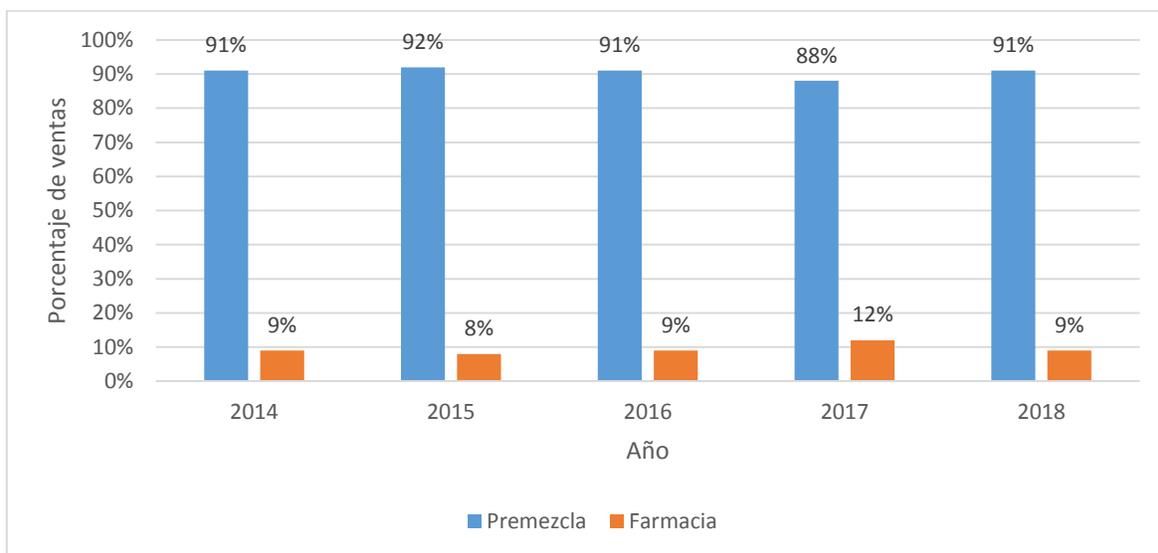


Figura 2. Porcentaje de aporte a ventas anuales por familia (2014-agosto 2018)

Basados en la información histórica de aporte en ventas, se denota en la Figura 2. Porcentaje de aporte a ventas anuales por familia (2014-agosto 2018)”, que la división de premezclas es la que aporta un 91% de las ventas en promedio anualmente. Chavarría (2018), comenta que la estrategia de la empresa se enfoca en la producción de alto volumen y baja variedad, por lo que en el 2015 se adquiere una nueva planta de producción, junto con máquinas de mayor capacidad (2 500 kg y 1 200 kg), en contraparte a las maquinas que ya tenían para ese año, las cuales tenían capacidad desde los 150 kg hasta los 2 000 kg. Sin embargo, el comportamiento de las órdenes solicitadas por los clientes de agosto 2016 hasta agosto 2018 evidencia que las necesidades del mercado son productos de bajo volumen y alta variedad, por lo que no coincide con la estrategia de la empresa. La Figura 3 presenta la cantidad de kilogramos por pedidos solicitados por los clientes en el periodo mencionado anteriormente, así como la cantidad de pedidos por las categorías mostradas, donde se evidencia un comportamiento en crecimiento para los pedidos que van de 0 a 250 kg esto debido a la estrategia comercial de la empresa y no un aumento en los pedidos de mayor volumen consecuentes de la adquisición de las nuevas máquinas de producción.

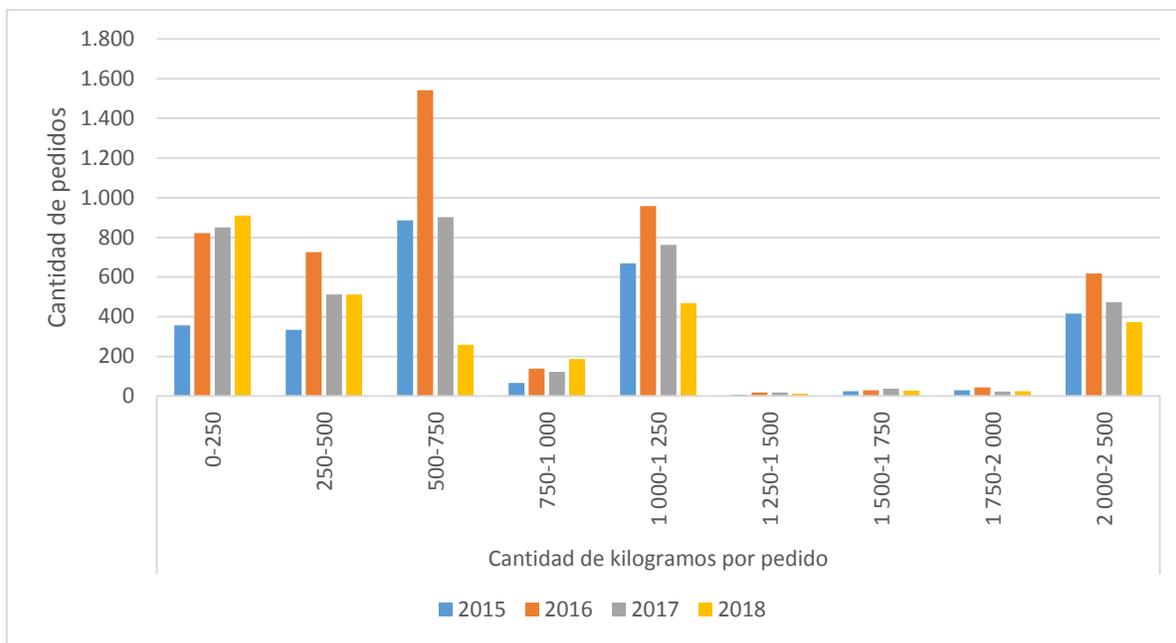


Figura 3. Comportamiento de pedidos en kilogramos agosto (2016-2018)

Por otra parte, Laboratorios Faryvet S.A cuenta con un sistema de planificación y control de la producción, integrado por los procesos de planificación de la demanda, plan maestro de producción, planificación de los requerimientos de materiales, secuenciamiento y programación de piso. A continuación, se detalla el funcionamiento e interrelación de estos procesos.

La previsión de la demanda está conformada por dos pronósticos, el primero es generado por el Departamento de Ventas, el cual se utiliza para el aprovisionamiento de materias primas. La segunda estimación, realizada por el Departamento de Producción, se basa en datos históricos de lo producido mensualmente en los últimos años y en el pronóstico brindado por Ventas. Pese a que se cuenta con estos pronósticos, no hay coherencia entre los pedidos de materia prima y los requerimientos reales, debido a la inconsistencia que existe entre ellos. La desvinculación entre ambos pronósticos se ve reflejada en el desabastecimiento de materias primas para la elaboración de las órdenes de producción y atrasos en la operación de preparación de estas. Actualmente, para los productos existentes en premezclas se tienen los siguientes resultados con respecto al error porcentual absoluto medio (MAPE):

Tabla 1. Error de pronóstico mensual (enero – agosto) 2018

| Error            | Porcentaje de productos |
|------------------|-------------------------|
| < 50%            | 17%                     |
| Entre 50% – 100% | 43%                     |
| No se pronostica | 40%                     |

Según el *Institute of Business Forecasting* (2014), un adecuado error de pronóstico en la industria es del 27% para pronósticos realizados mensualmente por SKU. “Por lo que un error mayor a lo planteado anteriormente da como resultado un inventario excesivo o insuficiente, que afecta el

rendimiento del capital, erosiona los márgenes y pone en riesgo el servicio” (E2OPEN, 2016). La Tabla 1. Error de pronóstico mensual (enero – agosto) 2018, denota que el 17% de todos los productos del área de premezclas tienen un MAPE menor al 50%, de los cuales solo 16 productos cumplen con lo recomendado por el *Institute of Business Forecasting*, lo que representa únicamente un 3% del total de los productos con un error de pronóstico adecuado.

Como se ha mencionado, el pronóstico de producto final, realizado por el Departamento de Ventas, es el insumo que se utiliza para el aprovisionamiento de materias primas. Sin embargo, esta estimación de requerimientos no contempla la metodología del *Bill of Material* o lista de materiales (BOM), por lo que lo comprado es solamente una aproximación de las materias primas requeridas para lo que se espera vender. Dicha estimación no se encuentra ligada a las necesidades de materias primas que requiere el área de producción para cumplir con las órdenes de sus clientes. Esta desvinculación entre el área de ventas y producción se muestra en el Apéndice 1.

Debido al desabastecimiento de materias primas, se ha presentado un atraso en la producción de 29,45 horas en el periodo de enero a agosto del 2018. Este desabastecimiento corresponde a 26 materias primas, las cuales representan solo el 5% de la totalidad. Sin embargo, estas se incluyen en el 95% de los productos y han sido clasificadas por la organización dentro de la familia A (Apéndice 2. Resumen ABC materias primas), y corresponden a enzimas, aminoácidos y minerales. Estas materias primas son ubicadas por la organización dentro de la familia A, debido a su importancia en la formulación, costo de materia prima y tiempo de aprovisionamiento.

Semanalmente el gerente de producción elabora un plan maestro de producción (MPS) integrando el pronóstico y la demanda en firme. Según el análisis de las órdenes de los planes de producción semanales del período de enero a agosto del 2018, se identifica que el cumplimiento de dicho plan semanal es de un 56,30%. Asimismo, de las órdenes de producción elaboradas durante la semana, el 60% no son planificadas, es decir, son órdenes que modifican el orden del plan de producción, lo cual origina, entre otras cosas, que este se aleje de la meta empresarial del cumplimiento del  $80 \pm 5$  % del mismo (Apéndice 3. Cumplimiento del MPS). Como parte complementaria del incumplimiento del plan maestro de producción (de ahora en adelante MPS por sus siglas en inglés), se tiene la variedad de productos que puede solicitar el cliente, errores del pronóstico y atrasos en la operación de alisto, lo cual repercute en la dificultad de priorización y programación de las órdenes.

El MPS no es retroalimentado por la planificación de recursos de capacidad, debido a que la misma es desconocida por parte de la organización, lo cual genera la aceptación de órdenes sin un criterio de evaluación, es decir, se elaboran y aceptan órdenes de producción sin identificar el impacto que las mismas tendrán en el plan de producción. Según Chavarría (2018), la aceptación de órdenes, después de realizar el MPS semanal, ha generado 117,79 horas de atraso dentro del área de producción durante los meses de enero a agosto del 2018.

En relación con la capacidad de la planta, para el período de enero a agosto del 2018, se han generado 2086 horas extras, provocadas por la producción de órdenes no planificadas que restan tiempo para la producción de órdenes que sí fueron planificadas dentro del plan de producción, así como también por desabastecimiento de materias primas y atrasos en los alistos de las mismas. Estas horas extra corresponden a \$5.388.138,00 para este periodo. Además, Chavarría (2018) indica que las horas extra de la organización corresponden, en un 80% a la aceptación de órdenes no planificadas, y en un 20% al desabastecimiento de materias primas.

Consecuentemente, con el error de pronóstico, el desconocimiento de la capacidad productiva, así como el desabastecimiento de materias primas y atrasos en el alisto de las mismas, se afecta el cumplimiento del MPS, porque lo pronosticado no se aproxima a lo planificado. Otro de los factores de dicho incumplimiento es ocasionado por desconocer la capacidad que posee la planta, dado que se pueden planear cantidades excesivas de órdenes, o bien sub planear las mismas. Ello provoca la modificación del MPS, tanto para quitar o desplazar órdenes, como también para agregar. Por otra parte, el desabastecimiento de materias primas y los atrasos en sus alistos van modificando el MPS constantemente hacia uno que se pueda producir, con el fin de dar continuidad operativa a la empresa. Por lo anterior, la organización incurre en la producción de órdenes que el cliente no ha solicitado,

órdenes que mantienen disponibilidad de materias primas, o bien que el alisto de las mismas ya fue efectuado para evitar detener las operaciones.

Estas situaciones generan productos terminados de baja rotación, los cuales incluso se vencen estando dentro del almacén. Según Chavarría (2018), estos productos son denominados de baja rotación debido a que exceden el tiempo de almacenamiento que tiene definida la organización (de 2 semanas a 4 semanas) y llegan a convertirse en producto vencido o cercano a su fecha de expiración. Esto le genera a la empresa altos costos en almacenamiento y producción que al final de cuentas no se traducen en ingresos, ya que son productos que no logran colocarse en el mercado. En la Tabla 2, se muestra la cuantificación del producto de baja rotación y vencido, correspondiente al periodo de enero a agosto del año 2018:

Tabla 2. Inventario de producto terminado de baja rotación en términos de su precio de venta y los costos de producción

| Clasificación                                       | Precio de venta        | Costos de producción  |
|---|------------------------|-----------------------|
| <b>Producto vencido</b>                             | ¢232 432               | ¢151 080,80           |
| <b>Producto para vencerse en menos de dos meses</b> | ¢1 374 308             | ¢893 300,20           |
| <b>Producto con más de un mes sin rotación</b>      | ¢102 494 161,12        | ¢66 621 204,73        |
| <b>Total</b>  | <b>¢104 100 901,12</b> | <b>¢67 665 585,73</b> |

El precio total de venta para los productos mencionados anteriormente corresponde a un 25% del ingreso promedio mensual de la empresa durante el 2018. Sin embargo, los productos con más de un mes de rotación incumplen la estrategia organizacional *make to order*, ya que la empresa define que el producto terminado no debe almacenarse más de un mes en la bodega, debido a que resulta en un aumento de los costos de producción, de almacenamiento y de riesgo respecto a la inocuidad del producto Chavarría (2018). A su vez, los productos mantienen una caducidad promedio de 6 meses, por lo cual, Posteriormente a esta fecha, se deben reprocesar o desechar. Cuando el producto se reprocesa, se reduce a porcentajes inaceptables para el consumo animal la potencia que le generan las vitaminas, aminoácidos, minerales, entre otros. Esto obliga a la organización a utilizar mayor cantidad de materias primas, para alcanzar los niveles aceptables de potencia de los productos. Pero en el peor de los casos se deben desechar.

Como se ha evidenciado, la organización Laboratorios Faryvet S.A tiene una marcada desvinculación entre la estrategia organizacional y la operativa, ya que la estrategia organizacional consiste en la producción de alto volumen y baja variedad, y la estrategia operativa se enfoca en la producción de bajo volumen y alta variedad para satisfacer las necesidades del mercado. Esto se refleja en la tendencia a la baja en cantidad en kilogramos por pedido y en el crecimiento de los pedidos entre 0 a 250 kg, como se logra apreciar en la Figura 3. Comportamiento de pedidos en kilogramos agosto (2016-2018)". Sumado a lo anterior, la inexistente retroalimentación entre los departamentos de Ventas y Producción está incidiendo en errores de pronóstico inadecuados. Dicho pronóstico, realizado por el departamento de Producción, no es insumo para la proyección que utiliza el departamento de Ventas para la compra de materias primas. Ello incide en desabastos y atrasos en su alisto. Lo anterior, más el desconocimiento de la capacidad, afecta al cumplimiento del MPS y genera que la organización incurra en la producción de órdenes que no son primordiales para dar tiempo al alisto o abastecimiento de materias primas, generando así la producción de inventario de baja rotación, que a su vez resulta en organización un costo de producción para la empresa de ¢73.053.723,73 contemplando los productos de vencimiento y las horas extra mencionadas anteriormente.

#### **1.1.4. Problema.**

El sistema de planificación y control de la producción de la división de premezclas de Laboratorios Faryvet S.A. genera errores de pronóstico, desabastecimiento de materia prima e incumplimiento del plan de producción, lo cual afecta el inventario y el costo de mano de obra directa de la organización.

#### **1.1.5. Beneficios asociados**

##### ***1.1.5.1. Para la sociedad.***

Laboratorios Faryvet da empleo a 173 colaboradores, por lo cual el presente proyecto favorece la estabilidad de las operaciones de la organización y su permanencia dentro del mercado nacional e internacional. Asimismo, esta empresa contribuye con el desarrollo de actividades primarias dentro del país, ya que sus productos se utilizan en granjas bovinas, avícolas, porcinas, entre otras, contribuyendo con su desempeño y calidad. Esto significa una contribución al bienestar de la sociedad que consume esos productos agropecuarios, y también significa que el mejoramiento del desempeño de Laboratorios Faryvet redonda en un apoyo a grandes, medianas y pequeñas empresas en su bienestar económico.

##### ***1.1.5.2. Para la empresa.***

Dentro de los beneficios para la empresa con el desarrollo del proyecto se encuentran:

- El cumplimiento de los planes de producción según las metas propuestas.
- Integrar la capacidad del proceso productivo.
- Reducir los atrasos de alisto en las materias primas.
- Aumentar el aprovechamiento del recurso humano según las capacidades por puesto.
- Reducción de costos de operación debido horas extra.
- Mejorar la posición en el mercado.

#### **7.2. Objetivo General.**

Rediseñar el sistema de planificación y control de la producción de la división de premezclas en Laboratorios Faryvet S.A, con el fin de disminuir el error de pronóstico, el desabastecimiento de materias primas y los costos de mano de obra directa de la empresa.

#### **7.3. Indicadores de éxito.**

1. **Porcentaje de disminución de los costos de mano de obra:** permite comparar, en el tiempo, la evolución de los costos asociados a la mano de obra, respecto al impacto de la propuesta. Para lo cual se vincula directamente a la cantidad de kilogramos producidos en la organización permitiendo, cuantificar de manera directa el costo en mano de obra de la producción.

*Porcentaje costos de mano de obra directa =*

$$\frac{\text{Costo de mano de obra directa}}{\text{kg producidos}}$$

2. Porcentaje de cumplimiento del plan de producción: mide el porcentaje de cumplimiento del plan de producción al comparar los lotes producidos contra los lotes planificados para la división de premezclas.

$$\text{Porcentaje de cumplimiento del plan de producción} = \left( \frac{\text{Kilogramos producidos}}{\text{Kilogramos planificados}} \right) * 100$$

3. Porcentaje del error de pronóstico: Es el promedio del error absoluto o diferencia entre la demanda real y el pronóstico, expresado como un porcentaje de los valores reales, comparando el error de pronóstico actual con el error de pronóstico generado a partir de la propuesta de proyecto.

$$\text{Porcentaje de error de pronóstico} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\text{Real}_i - \text{Pronosticado}_i|}{\text{Pronosticado}_i}}{n} \right) * 100$$

#### **7.4. Limitaciones y restricciones.**

En el desarrollo del proyecto se identifica la restricción para adquirir nuevo equipo, debido a que la organización adquirió maquinaria y equipo especializado hace aproximadamente tres años. El cual no ha sido implementado al 100%. Además, ha representado una inversión muy grande para la empresa, por lo que la alta gerencia ha sido enfática en que las soluciones brindadas deben considerar la disponibilidad actual de maquinaria y de infraestructura.

Además, se cuenta con la limitación de que, dentro de la planta de producción, no se recomienda la permanencia de dispositivos electrónicos, debido a la naturaleza de los productos, ya que la mayoría de la materia prima son polvos. Esto puede interferir en el buen funcionamiento de los dispositivos y a la utilización por parte de los operarios. Lo cual debe considerarse en las oportunidades de mejora, además del trabajo de campo que se lleve a cabo en la organización.

## **7.5. Marco de referencia teórico.**

Debido a la temática que se aborda en el proyecto, es importante enfatizar el concepto del sistema de planificación y control de la producción, así como los elementos que lo conforman. A continuación, se encuentra el marco teórico correspondiente a la temática expuesta a lo largo de los apartados anteriores, para así profundizar sobre los elementos ya señalados.

### **1.5.1. Competitividad.**

En el cumplimiento del objetivo planeado es necesario definir de manera clara los componentes fundamentales con los que se define la competitividad, la cual es un término conformado por 3 aspectos: costo, calidad y velocidad. Hopp y Mark (2008) indican que las decisiones tomadas en cuanto a estrategias de la capacidad de producción afectan considerablemente la competitividad productiva de la empresa. Como hemos identificado en el apartado 1.1.3 Justificación del problema, actualmente la organización incurre en costos dentro de su planta de producción, los cuales corresponden a productos de baja rotación y horas extras. Por lo que la afectación en este componente dentro de la organización incide negativamente, como lo menciona Hoop y Mark (2008), en la competitividad de la empresa.

Cuatrecas (2011) afirma que no es exagerado decir que el rendimiento y la competitividad de la empresa emanan, en gran medida, de los correspondientes a las actividades de su sistema productivo. Porque, efectivamente, el valor añadido, objetivo básico de la empresa, se genera inicialmente en el sistema productivo y todo aumento de este redundaría necesariamente en una mayor competitividad para la empresa. Por lo que los sistemas de producción son imprescindibles para generar competitividad en las organizaciones. Este autor, Cuatrecas (2011), menciona que, en la actualidad, los enfoques más avanzados para la gestión de los sistemas productivos se basan en la filosofía de la producción ajustada, es decir, tratan de alcanzar su mayor eficiencia y competitividad basándose en la implantación de procesos integrados por actividades que añadan valor al producto y, en general, un consumo de recursos minimizado.

Rojas (2007) menciona que los costos de producción se generan durante el proceso de transformar la materia prima en un producto final. Proceso que conforman: el costo de la materia prima, la mano de obra directa, y costos indirectos de fabricación. En la organización estudiada, actualmente se incrementan los costos de producción, los cuales se reflejan en el aumento de producto terminado de baja rotación y utilización horas extra, permitiendo que el sistema productivo no sea eficaz y afecte directamente la competitividad de sus operaciones.

### **1.5.2. Sistema de planificación y control de la producción (SPCP).**

Un sistema de planificación y control de la producción, según Jacobs et al. (2011), mantiene como objetivo planificar y controlar todos los aspectos de la fabricación, incluyendo el manejo de materiales, la programación de máquinas, personas y la coordinación de proveedores y clientes claves. El sistema de planificación y control de la producción abarca dos grandes procesos, ya que, según Paredes (2001) la planeación de la producción es un conjunto de actividades que hay que realizar en el futuro, con la finalidad de suministrar los recursos necesarios para la producción de bienes y servicios, mientras que el control de la producción es la técnica que verifica el cumplimiento de los planes establecidos. Además, Chapman (2006) propone que las actividades que integran el flujo general del sistema de planificación y control de la producción sean las siguientes:

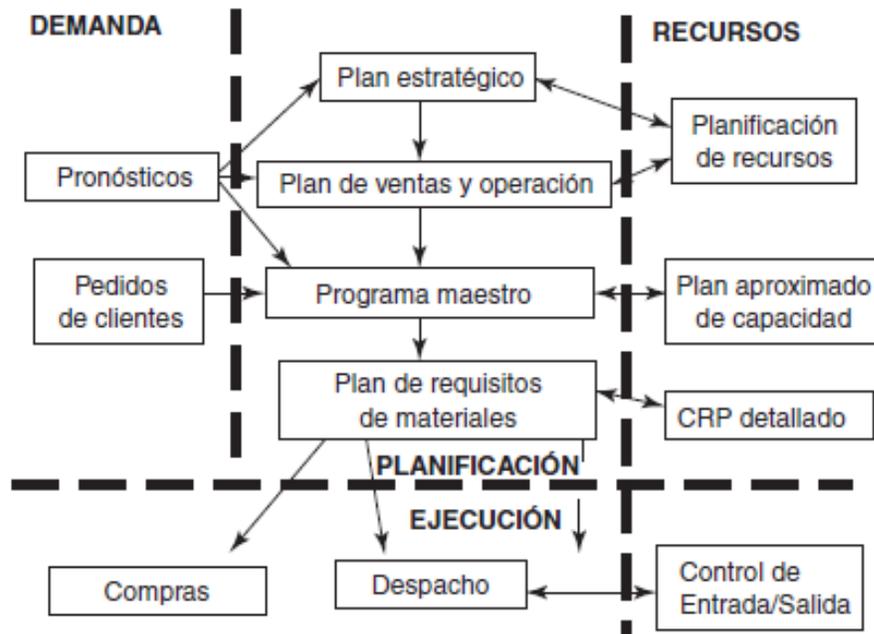


Figura 4. Actividades del sistema de planificación y control de la producción

Fuente: Chapman (2006)

Como se puede apreciar en la Figura 4, se deben llevar a cabo cuatro actividades para mantener el flujo de un sistema de planificación y control de la producción. Inicialmente se debe analizar la demanda de los clientes, ya sea pronosticada o pedidos en firme. Una vez consolidada dicha demanda, se pasa a la etapa de planificación que incluye (1) el plan estratégico, (2) el plan de ventas y operación, (3) el plan maestro y (4) el plan de requisitos de materiales. Estos planes están en constante comunicación y retroalimentación para con los recursos, ya que los mismos dictarán la consolidación de dichos planes para la etapa de ejecución.

La empresa Laboratorios Faryvet S.A. cuenta con un sistema de planificación y control de la producción, el cual se encuentra formado por los procesos de pronóstico de la demanda, planificación de los requerimientos de materiales y planificación de la producción.

En primera instancia, Chapman (2016) menciona que el diseño del sistema de planificación y control de la producción se ve impactado por varios factores, donde destacan el volumen y variedad de la producción esperada, los cuales son definidos en su mayor parte por el grado de influencia que tiene el cliente en el proceso de diseño del producto o servicio.

Laboratorios Faryvet S.A. posee un entorno de producción *make to order*, el cual es la base de su estrategia organizacional, de manera que esto les induce a requerir procesos de planeación y control operacional robustos, para lograr solventar las necesidades de sus clientes: actualmente, dichos procesos presentan dificultades en su desempeño, porque el ciclo de producción no se mantiene estable en el tiempo.

### ***1.5.2.1. Planificación de la demanda.***

La formulación de pronósticos, según Balou (2004), es de vital importancia para propiciar los datos de entrada necesarios para la planeación y control de todas las áreas funcionales (marketing, finanzas, producción, entre otras), siendo estos pronósticos un factor clave que afectan los niveles de capacidad, estructura financiera y general del negocio.

Debido a lo anterior, y de acuerdo con Chopra y Meindl (2008), la organización debe identificar los factores que se encuentran relacionados con el pronóstico de la demanda, donde destaca la demanda pasada, el tiempo de entrega del producto, la publicidad, descuentos o campañas de marketing elaboradas, el estado en el que se encuentra la economía y todas aquellas acciones que la competencia ha realizado. Chapman (2006) indica ciertas características que poseen los pronósticos:

- Son incorrectos casi siempre; por ello deben incluir un error de pronóstico.
- Son más precisos cuando se hacen para periodos cortos.
- Son más precisos cuando se hacen para grupos o familias de artículos, ya que los errores de proyección respecto a productos individuales tienden a cancelarse entre sí a medida que se agrupan.
- Todo pronóstico debe incluir un error de estimación: es necesario identificar qué tan incorrecto es el pronóstico para la toma de decisiones, por lo que un buen pronóstico posee una estimación básica y una estimación de su error.

Por otra parte, Chopra y Meindl (2008) clasifican los métodos de pronóstico en cuatro tipos:

- Cualitativos: estos métodos se basan principalmente en el criterio humano, por lo que en general son subjetivos y son utilizados cuando no se cuenta con información histórica o existen muy pocos datos, así como también para pronosticar la demanda de una nueva industria para un periodo de varios años.
- Series de tiempo: las series de tiempos utilizan la información histórica (demanda pasada) para realizar sus pronósticos de la demanda futura y son de gran utilidad cuando el patrón de la demanda que se toma como base no varía de manera significativa de un año a otro. Son los métodos más simples de implementar y pueden servir como punto de partida para el pronóstico de la demanda.
- Casual: los métodos casuales tienen como supuesto que el pronóstico de la demanda se encuentra correlacionado con factores que suceden en el ambiente, tales como el estado de la economía y tasas de interés, entre otros.
- Simulación: estos métodos se encargan de imitar o seguir el comportamiento del cliente, dando origen a una demanda para llegar al pronóstico de ésta. En este tipo de métodos, se puede combinar series de tiempos y casuales para obtener respuestas a ciertos factores que son de vital importancia para la toma de decisiones, tales como el precio del producto.

Con respecto a los tipos de métodos de pronósticos mencionados, Laboratorios Faryvet planifica su demanda basándose únicamente en series de tiempo de sus ventas realizadas, ya que utilizan la información histórica de estas para calcular el promedio móvil simple de cada uno de sus productos. Sin embargo, una vez generado el pronóstico de su demanda, la organización toma una segunda fuente de información para complementar el pronóstico generado. Esta se basa en el criterio experto del departamento de ventas que incorpora productos potenciales a vender, según las negociaciones que realizan durante cada mes.

Además, cada modelo de pronóstico debe de ir acompañado de un error de pronóstico que mida cuán incorrecto es el resultado obtenido. Para ello, Chapman (2006) menciona las técnicas más comunes para estimar el error de pronóstico:

- Error promedio de pronóstico (MFE): este error conlleva a dos resultados: si el signo es positivo, significa que la demanda real fue mayor al pronóstico sobre el rango de números incluido, y si el resultado es de signo negativo, quiere decir que los pronósticos fueron mayores a la demanda en promedio.
- Desviación media absoluta (MAD): cuantifica el error de pronóstico promedio sobre el periodo en análisis.
- Señal de seguimiento (TS): proporciona un límite subjetivo para que el método de pronóstico utilizado se desvíe antes de iniciar alguna acción. Funciona como una señal de aviso para analizar y ajustar el método de pronóstico, ya que, empíricamente, si el valor es mayor a 4 o menor a -4, el método de pronóstico pudiera no ser efectivo sobre el periodo que se analiza.
- Error porcentual absoluto medio (MAPE): Chopra y Meindl (2008) mencionan que es el error absoluto promedio, expresado como porcentaje de la demanda. Esto quiere decir que el MAPE permite ver en qué porcentaje de la demanda estimada se ha cometido el error de pronóstico para un periodo definido.

En cuanto a la toma de decisiones respecto a cuál método de pronóstico se debe utilizar, Paredes (2001) menciona que se deben de considerar los costos de implementación, costos del sistema y el costo de los errores en el pronóstico. Actualmente, la organización Laboratorios Faryvet no cuantifica los errores de pronóstico de sus productos dentro de la planificación de la demanda, generando así un costo que no ha sido incluido en su sistema de planificación.

#### **1.5.2.2. *Plan maestro de producción (MPS).***

Una vez estimada la demanda, el siguiente proceso que se debe llevar a cabo es el MPS, el cual es un plan que incluye las cantidades y tiempos de entrega para cada uno de los productos. Sipper y Bulfin (1998) mencionan que este plan debe tomar en cuenta las restricciones de fabricación que hay dentro de la organización y el inventario de producto terminado. Porque la estimación de la demanda y el plan maestro de producción no necesariamente deben ser iguales.

Además, al desarrollar un MPS, Sipper & Bulfin (1998) mencionan que se debe de tomar en cuenta la naturaleza del producto, ya que existe la producción para inventario (PPI), la producción por pedido (MTO) y el ensamble por pedido (EPP). La PPI tiene como ventaja de que los tiempos de entrega al cliente se minimizan debido a la cantidad de inventario almacenado; sin embargo, incurren en un mayor costo de tenencia del inventario. Consecuentemente, estos entornos de producción son recomendables para las organizaciones que tienen una cantidad pequeña de artículos y sus pronósticos tienden a ser exactos.

La producción por pedido (MTO) no contempla un inventario de producto terminado, ya que se debe de negociar con el cliente una fecha de entrega para cada producto y de esta negociación se debe de incorporar la orden dentro del plan maestro de producción. Según Sipper y Bulfin (1998), por lo general, este ambiente de producción tiene un número grande de configuraciones de productos y es difícil anticiparse a las necesidades exactas de los clientes.

Finalmente, el ensamble por pedido consiste en ensamblar un gran número de artículos finales a partir de un conjunto pequeño de subensambles, lo cual viene siendo un híbrido de los dos entornos anteriores.

Laboratorios Faryvet se encuentra dentro del entorno de producción por pedido (MTO), ya que posee una gran cantidad de configuraciones de productos y el cálculo de las necesidades de los clientes son sumamente difíciles de estimar, lo cual les genera restricciones para planear su producción según menciona Sipper y Bulfin (1998). Actualmente el área de premezclas posee inventario de producto terminado de baja rotación, lo cual es contrario a la estrategia de la empresa para mejorar el flujo de sus productos, identificándolos como una oportunidad de mejora en su proceso de planificación de la producción. Subramanian y Narayan (2008) señalan que este tipo de inventario de baja rotación conocido como non-moving, es aquel que afecta de forma directa el capital de la compañía ya que agregan costos de mantenimiento de inventarios elevados y pueden no contribuir en los ingresos de la organización.

Además, Sipper y Bulfin (1998) mencionan que dentro de las restricciones de fabricación más importantes se encuentra la capacidad de producción, la cual se tiene que evaluar inicialmente para determinar si es posible cumplir con el plan de producción con la capacidad disponible, ya que, si es insuficiente, se tiene que cambiar el MPS. Una vez determinados los productos en cuanto a la cantidad y tiempo de producción, así como la capacidad de fabricación del sistema, se debe desglosar el MPS en un programa de producción para cada componente que integra el producto final. Este proceso se conoce como planeación de los requerimientos de materiales (MRP). Tanto la planificación de los requerimientos de capacidad (CRP), como el MRP, van a ser desarrollados en los próximos apartados.

### ***1.5.2.3. Planificación de los recursos de capacidad (CRP).***

El CRP es una herramienta empleada para la estimación de los requerimientos de capacidad, diferenciando etapas y sitios de trabajo en el proceso productivo. El CRP puede definirse, según Pérez (2007), como el proceso que permite calcular las capacidades necesarias en los diferentes centros de trabajo para satisfacer las órdenes de fabricación y compararlas con las necesidades existentes. Por ende, el CRP informa sobre los requerimientos de capacidad asociados a pedidos de artículos de la empresa y ya contemplados en el MRP. Sin embargo, este análisis de capacidad parte del supuesto que la disponibilidad de recursos es ilimitada.

De acuerdo con Pérez (2007) esta última tarea se realiza mediante cuatro pasos básicos:

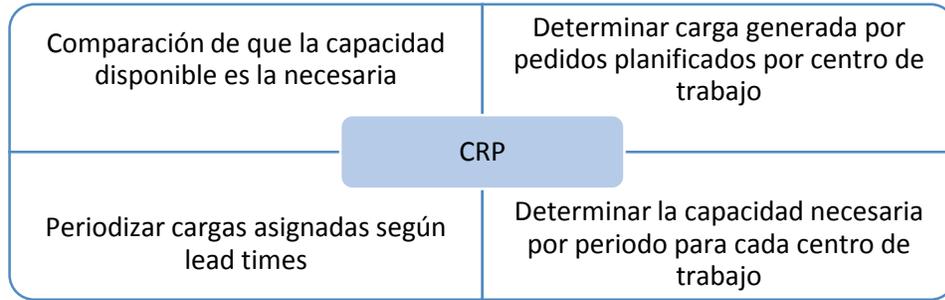


Figura 5. Pasos para CRP

Fuente: Pérez (2007)

El CRP es una herramienta para la gestión, de manera que permite la toma de decisiones según el horizonte de planificación. Puede aportar visión sobre la capacidad productiva, permitiendo tomar decisiones como subcontratar, adquirir nuevas máquinas, ampliar o disminuir mano de obra, incurrir en horas extra, entre otros. Por otra parte, a corto plazo las decisiones tomadas a partir del CRP pueden afectar directamente el MRP, debido al exceso o a la falta de capacidad productiva.

El CRP aporta una visión clara entre la capacidad de trabajo que tiene un centro productivo (capacidad) y la cantidad de trabajo (carga) que tiene dicho centro en un periodo de tiempo. Planificando la carga de trabajo y repartiéndola sobre la capacidad disponible, lograremos realizar los trabajos asignados en el plazo establecido, minimizar los stocks y ocupar toda la capacidad productiva (WEBANDMACROS, 2018).

Identificando los pasos para la planificación de los recursos de capacidad y aportes que este análisis puede generar a las compañías que lo aplican, se encuentra que dicha aplicación es inexistente en la organización bajo estudio y, por ende, aporta a la inadecuada toma de decisiones por la aceptación de órdenes de producción cuando ya el MPS semanal está consolidado, generando horas extra e incumplimiento del plan.

#### **1.5.2.4. Planificación de los requerimientos de materiales (MRP).**

El sistema MRP consiste en el cálculo de las necesidades de componentes, subconjuntos y materiales que se deben fabricar o comprar a partir de las previsiones de demanda del artículo final. Con ello, se busca establecer, como mencionan Nuñez et al. (2014), las órdenes de fabricación (pedidos internos que debe producir la empresa) y órdenes de compra a proveedores (pedidos externos), para elaborar así el denominado plan de materiales para todos los componentes.

Como se menciona anteriormente el MRP es un sistema que toma el MPS y realiza el BOM, es decir, la cantidad de materias primas, los componentes, subensambles y los ensambles requeridos para la planificación. Por lo cual, no es necesario calcular la proyección de la demanda de las materias primas, pues, utilizando el BOM se efectúa la planificación de los recursos determinados. Cabe destacar que en la organización Laboratorios Faryvet el MPS no es un insumo para la realización del MRP, sino que este último se basa en la proyección elaborada por el Departamento de Ventas, y de la

misma lo que se deriva es una estimación de cuanto se va a comprar de cada recurso a necesitar, es decir no emplean la explosión de materiales.

Según lo mencionado por Veloz (2015), el MRP nace de la necesidad de las organizaciones de reducir la inversión en inventarios y a su vez disminuir el riesgo por obsolescencia de estos, lo que puede traducirse en una mayor productividad y rentabilidad. Para el desarrollo de un buen MRP es necesario el Programa Maestro de Producción, ya que nos indica cuánto espera producirse para el período de planeación, y con ello se podrá determinar cuánto se requiere de materiales e insumos de la producción.

#### **1.5.2.5.            *Secuenciamiento y programación de la producción.***

El secuenciamiento es definido, según Kumar y Suresh (2009), como el proceso de establecer una serie de prioridades que definen la sucesión en la cual serán atendidas las órdenes en espera. Esta metodología es de suma importancia en la organización, debido a normas de inocuidad que la rigen. Para ello se establecen criterios específicos según la naturaleza del producto y las familias que se producen.

Asimismo, la programación de la producción determina los tiempos de inicio y finalización para cada orden en cada puesto de trabajo. En esencia, determina los tiempos que deben darse para cada orden, cada empleado, cada material y cada producto terminado en cada estación, según lo mencionan Kumar y Suresh (2009). Por su parte, Zandin (2001) destaca que la programación de la producción tiene como objetivo principal maximizar la oportunidad de que las órdenes más importantes se completen a tiempo. Los trabajos se programan a través de todas sus operaciones en secuencia de prioridad, en efecto anticipando cuándo se necesitará la capacidad para órdenes de alta prioridad y mostrando qué efecto tendrá la llegada de esas órdenes en futuras colas en los centros de trabajo.

#### **1.5.2.6.            *Control y seguimiento.***

La fase final del sistema es el control de la producción, el cual consiste en evaluar la realización de la producción e identificar cualquier desviación entre las fases de planeación y ejecución. Según Kumar y Suresh (2009), el control se divide en dos etapas. En la primera, se utiliza toda la información proporcionada por la fase anterior y se la analiza por medio de medición y monitoreo de indicadores, realización de cálculos, comparaciones y generación de reportes. Esto es conocido como el reporte de progreso. La segunda etapa se denomina desarrollo de acciones correctivas, en ella se toman decisiones de acuerdo con el análisis realizado y se procura establecer acciones que corrijan la variabilidad presentada en los procesos.

Una de las variables ausentes dentro de la planificación de Laboratorios Faryvet es el uso de indicadores dentro del área productiva, el cual permita realizar acciones correctivas en el proceso. Por lo que es una práctica necesaria para el cumplimiento de objetivos dentro de la empresa.

Como se mencionó anteriormente, existen diversos beneficios de la puesta en práctica de esta metodología de planificación integrada en ventas y operaciones. Entre ellos, la disminución de los costos de las operaciones al integrar una comunicación entre todos los procesos involucrados, así como mantener procesos más eficientes ante situaciones complejas. Por lo cual es necesario que Laboratorios Faryvet incorpore metodologías que alineen las perspectivas de ventas y producción, con el fin de mantener mayores beneficios para la organización.

### 1.5.2.7. *Tendencia alta mezcla y bajo volumen.*

La tendencia en los pedidos en la organización Laboratorios Faryvet se ha visto implícita en pedidos de bajo volumen y en gran variedad de artículos, así como en variedad de presentaciones de estos. Lo anterior en contraste con su estrategia operativa, la cual es la fabricación de alto volumen y poca variedad. Esto se debe a la estrategia organizacional de satisfacer al cliente, que con el paso del tiempo ha llevado a la personalización y diferenciación.

La producción de alta mezcla y bajo volumen (HMLV) es actualmente una tendencia de fabricación mundial. Neoh et al. (2010) mencionan que se requiere un alto grado de personalización en el proceso de fabricación para producir una amplia gama de productos en baja cantidad, a fin de satisfacer la demanda de los clientes de una mayor variedad y opciones de productos. Según Jacobs et al. (2011), un enfoque de programación maestra de fabricación de bajo pedido (MTO) es compatible con productos de gran variedad y personalizados. Un aspecto por considerar es la confiabilidad de la entrega, puesto que es difícil de garantizar la misma, ya que los productos se personalizan para satisfacer las necesidades individuales de los clientes. Este enfoque se utiliza para respaldar entornos donde existen altos cambios de productos o diseño de nuevos, como es el caso de la compañía que estudiamos en la presente investigación, al incurrir en la creación o personalización de productos para satisfacer las necesidades cambiantes de sus clientes.

### 1.5.2.8. *Redes neuronales.*

Como se menciona anteriormente, los pronósticos, según Balou (2004), son de vital importancia para propiciar los datos de entrada necesarios para la planeación y control de todas las áreas funcionales, esto sumado a que la organización Laboratorios Faryvet S.A solo utiliza métodos por series de tiempo y específicamente el promedio móvil simple. Es de vital importancia conocer qué son las redes neuronales, las cuales, según Flórez y Fernández (2008), se caracterizan por emular el comportamiento del cerebro humano, generando experiencia y conocimiento a través de un conjunto de datos. Las redes neuronales constan de la capa de entrada, capas ocultas y capas de salida.

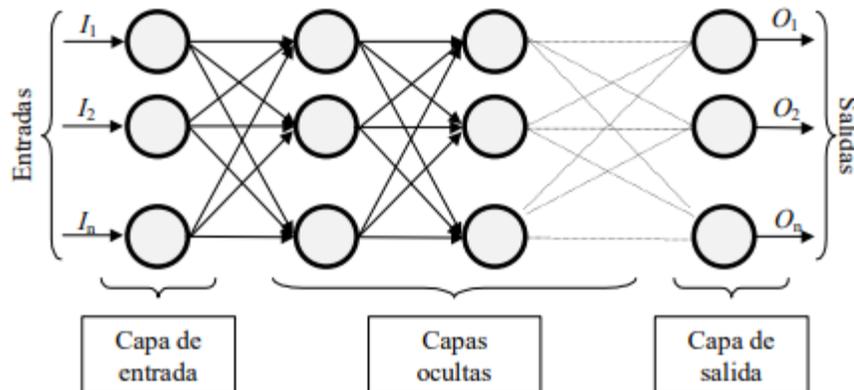


Figura 6. Ejemplo de una red neuronal totalmente conectada

Fuente: Matich (2001)

En la Figura 6. Ejemplo de una red neuronal totalmente conectada”, se aprecia el ejemplo y funcionamiento de la red neuronal, donde, tal como describe Matich (2001) está constituida por neuronas que se interconectan y arreglan en varias capas, donde los datos ingresan por medio de una

capa de entrada, pasan a través de una capa oculta y salen por la capa de salida. Cabe mencionar que la capa oculta puede estar constituida por varias capas.

La capa de entrada recibe señales o bien datos del entorno, la capa oculta es para procesamiento interno de la red y, finalmente, la capa de salida es la encargada de dar respuesta a los estímulos o señales de entrada. Además, se es requerido una función de entrada, una de activación y una de salida, así como definir el tipo de aprendizaje el cual puede ser de dos tipos: supervisado y no supervisado tal como lo indica Matich (2001).

Las redes neuronales pueden tener distintas topologías en las que destacan: las monocapa que se caracterizan por ser de una sola capa, multicapa caracterizadas por tener más de una capa, *Backpropagation* en las cuales las salidas de una capa vuelven a ser insumo para una capa previa y las *Feedforward*, donde la salida de una capa es la entrada para otra, entre otras. Para, posteriormente, alcanzar topologías más avanzadas y recientes, como las LST o redes recurrentes, el *Deep learning* y finalmente las redes competitivas o bien GAN (*Generative Adversarial Networks*) donde se genera una red de generación y otra de discriminación hasta el punto de que no se distinguen los datos de entrada con las salidas de esta.

Además, según Salazar y Cabrera (2006), las redes neuronales representan una alternativa a los métodos por series de tiempo, ya que, por muchos años, este tipo de análisis ha estado dominado por la utilización de métodos estadísticos lineales que se pueden implementar de manera conveniente. Sin embargo, la existencia de relaciones no lineales entre los datos puede limitar la aplicación de estos modelos.

Para la realización de los pronósticos mediante redes neuronales se debe escoger la topología de red, ya sea mono capa o multicapa, en la actualidad son de mayor uso las del tipo *Feedforward*, dado que interactúa entre las capas de la red, últimamente con lo que a *Deep Learning* respecta, han surgido la GAN para generar modelos generativos a través de la competencia con otra red. Posteriormente deben escogerse funciones de activación, las cuales se encargan de transformar los datos de entrada en datos de salida, entre las más usuales se encuentran la Sigmoide y Tanh, seguidamente la red entra en una etapa de entrenamiento, la cual se da con una parte del *dataset* ingresado a la misma y la otra parte se utiliza para determinar qué tan efectivo fue ese entrenamiento mediante una función de métrica, como el MSE (*Mean squared error*), el cual evalúa, para cada punto, la diferencia cuadrada entre las predicciones y el objetivo, y luego promedia esos valores, entre mayor sea el valor del mismo peor es la predicción.

Se han desarrollado herramientas y paquetes que se asocian a software, para que mediante los mismos se pueda aplicar pronósticos con el uso de redes neuronales, tal es el caso de NeuralTools, el cual es un complemento de Excel y RStudio, en el cual se han desarrollado librerías para la elaboración de dichos pronósticos.

## **7.6. Metodología general.**

La metodología general permite visualizar los mecanismos utilizados para lograr el objetivo propuesto. De manera que las etapas del proyecto se subdividen en actividades específicas, herramientas y resultados a obtener, con el fin de asegurar el cumplimiento del objetivo. En la Tabla 3 se resumen cada una de las etapas a desarrollar, junto con los elementos anteriormente descritos.

Tabla 3. Metodología general

| Actividades   | Herramientas   | Resultados esperados   |
|---|--|--|
| <b>Etapa de Diagnóstico</b>   |  |  |
| Estudio de los componentes del sistema de planificación y control de la producción y su interacción | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeo de procesos</li> <li>• Entrevistas</li> <li>• Diagrama de flujo</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de los materiales, información e interacción de los procesos</li> <li>• Identificación de mudas</li> <li>• Identificación de los centros de trabajo</li> </ul>  |
| Análisis de la planificación de la demanda  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadística descriptiva respecto al histórico de ventas y demanda</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento de la demanda</li> <li>• Comportamiento del error de pronóstico</li> <li>• Flujo de información e interacción de los procesos</li> </ul>   |
| Análisis de la planificación de la producción   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama causa-efecto</li> <li>• Entrevistas</li> <li>• Mapeo de proceso</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de las causas del incumplimiento del plan de producción</li> <li>• Método de planificación de la producción</li> <li>• Interacción y retroalimentación de los otros procesos</li> <li>• Causas de alto inventario con baja rotación</li> </ul>   |
| Análisis de capacidad en la división de premezclas  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas.</li> <li>• Muestreo de tiempos</li> <li>• Estadística descriptiva</li> <li>• Muestreo de trabajo</li> <li>• Análisis de OEE</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempos tipo de las actividades de la división</li> <li>• Tiempos ociosos e identificación de causas</li> <li>• Porcentaje de utilización del cuello de botella</li> <li>• Capacidad actual de la planta de producción</li> </ul>   |
| Análisis de planeación de requerimientos de materiales  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadística descriptiva de desabastecimiento</li> <li>• Entrevistas.</li> <li>• Diagrama causa-efecto</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de planeación de requerimientos de los materiales</li> <li>• Causas del desabastecimiento de materias primas</li> <li>• Lista de materias primas sustitutas</li> <li>• Origen de materia prima, lead time y su variación, tipo de flete, inventario de seguridad, periodo de caducidad y desperdicio.</li> <li>• Impacto en tiempo y dinero de las materias primas.</li> <li>• Interacción y retroalimentación con otros procesos</li> </ul> |

Tabla 4. Metodología general (continuación)

| Actividades   | Herramientas   | Resultados esperados  |
|---|--|---|
| <b>Estudio de secuenciamiento y programación de la producción</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramas causa-efecto</li> <li>• Utilización del cuello de botella</li> <li>• Muestreo P y Q</li> <li>• Estadística descriptiva de los planes de producción</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento de la utilización del cuello de botella</li> <li>• Criterios de secuenciamiento y sus efectos</li> <li>• Causas de los atrasos de alisto de materia prima</li> </ul>  |
| <b>Estudio de los inventarios de producto terminado y materia prima</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadística descriptiva</li> <li>• Entrevistas</li> <li>• Mapeo de procesos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantificación de los costos asociados a la tenencia de inventario</li> <li>• Cuantificación de los costos asociados al desabastecimiento de materias primas y producto terminado</li> <li>• Cuantificación de reprocesos de producto terminado de baja rotación como insumo de materia prima</li> </ul> |
| <b>Análisis de control y seguimiento</b>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro para indicadores</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de seguimiento y medición</li> <li>• Flujo de información entre procesos</li> </ul>  |
| <b>Etapa de Diseño</b>  |  |   |
| <b>Rediseño del sistema de planificación y control de la producción</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de bloques del sistema</li> <li>• Diagrama de relaciones entre los procesos</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamiento de la gestión de la planificación.</li> <li>• Relación entre componentes de la gestión de planificación y su retroalimentación</li> </ul>   |
| <b>Rediseño de los elementos que conforman la planificación de la demanda</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de pronóstico adecuado</li> <li>• Proceso de planificación de la demanda</li> <li>•</li> </ul>  |
| <b>Rediseño de los componentes de la planificación de la producción</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodología: MPS, CRP y MRP</li> <li>• Balance de línea</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan maestro de la producción</li> <li>• Capacidad por centro de trabajo</li> <li>• Plan de requerimiento de materiales</li> <li>• Secuenciación de órdenes.</li> </ul>  |

Tabla 5. Metodología general (continuación)

| <b>Actividades</b>  | <b>Herramientas</b>  | <b>Resultados esperados</b>   |
|---|--|---|
| <b>Rediseño del secuenciamiento de las líneas de producción según capacidad, flujo y criterios de inocuidad</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de tiempos de alisto de producción por familias y clasificación de producto</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secuenciamiento de la producción</li> </ul>  |
| <b>Diseño del flujo de información de operaciones según el secuenciamiento</b>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del flujo de información</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de comunicación de la producción</li> </ul>   |
| <b>Diseño de una herramienta analítica</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software (Excel)</li> <li>• Instructivos</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta programada</li> <li>• Manual de usuario</li> </ul>                                     |
| <b>Etapa de Validación</b>  |  |   |
| <b>Validación de la propuesta de diseño</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación de la propuesta</li> <li>• Entrevistas</li> <li>• Pruebas piloto del diseño propuesto</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepción de la organización respecto al diseño propuesto (metodologías y herramienta)</li> </ul> |
| <b>Evaluación de resultados</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadística descriptiva</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora según los indicadores de éxito establecidos</li> </ul>                                      |

## 7.7. Cronograma de trabajo.

El cronograma de trabajo permite detallar la duración de cada una de las actividades indicadas en la metodología general, permitiendo la correcta planificación y abordaje del proyecto. A continuación, en la Tabla 6, se muestra el cronograma de actividades según las etapas de evaluación.

Tabla 6. Cronograma de trabajo.

| <b>Etapas de diagnóstico</b>  |                      |
|---|----------------------|
| Estudio de los componentes del sistema de planificación y control de la producción y su interacción             | Semana 1-Semana 3    |
| Análisis de la planificación de la demanda  | Semana 4- Semana 6   |
| Análisis de la planificación de la producción   | Semana 4- Semana 6   |
| Estudio de capacidad en la división de premezclas   | Semana 5-Semana 7    |
| Análisis del proceso de planeación de requerimientos de materiales  | Semana 5- Semana 7   |
| Estudio de secuenciamiento y programación de la producción  | Semana 7-Semana 8    |
| Estudio de los inventarios de producto terminado y materia prima  | Semana 7-Semana 8    |
| Análisis de control y seguimiento   | Semana 9-Semana 10   |
| <b>Etapas de diseño</b>   |                      |
| Rediseño del sistema de planificación y control de la producción  | Semana 9-Semana 11   |
| Rediseñar el proceso de la planificación de la demanda  | Semana 9-Semana 11   |
| Rediseño de los procesos de la planificación de la producción   | Semana 11-Semana 13  |
| Rediseño del secuenciamiento de las líneas de producción según capacidad, flujo y criterios de inocuidad.       | Semana 11- Semana 13 |
| Diseño del flujo de información del sistema de planificación y control de operaciones según el secuenciamiento. | Semana 14-Semana 15  |
| Diseño de una metodología de control y seguimiento de la producción   | Semana 15-Semana 16  |
| Diseño de una herramienta analítica   | Semana 17-Semana 20  |
| <b>Etapas de validación</b>   |                      |
| Validación de la propuesta de diseño  | Semana 21-Semana 22  |
| Evaluación de resultados  | Semana 23-Semana 24  |

## Capítulo II. Diagnóstico

### 7.1. Objetivos del diagnóstico.

#### 2.1.1 Objetivo general.

Analizar el sistema de planificación de la producción de Laboratorios Faryvet, con el fin de identificar las causas principales de errores de pronóstico, desabastecimiento de materia prima e incumplimiento del plan de producción en la división de premezclas.

#### 2.1.2 Objetivos específicos.

- Examinar el sistema de planificación y control de la producción, con el propósito de identificar los procesos productivos y oportunidades de mejora en el flujo de materiales e información, así como en el control de los puntos críticos.
- Estudiar el proceso de planificación de la demanda, requerimientos de materiales y planificación de la producción, para identificar las causas del desabastecimiento de materias primas y error de pronóstico.
- Analizar los procesos de planificación de la demanda, planificación de la producción, y análisis de capacidad, con el fin de identificar las principales causas del aumento en el costo de producción.

### 7.2. Indicadores de éxito.

Inicialmente, se procede con el cálculo de los indicadores de éxito, con el fin de cuantificar el panorama del proyecto en la fase de diagnóstico. Ello permitirá, en una fase posterior, identificar la diferencia y las mejoras, según el diseño realizado. Este análisis se llevará a cabo de enero del 2017 a diciembre del 2018, los cuales comprenden el intervalo de tiempo de análisis del proyecto.

#### 2.2.1. Costo de mano de obra directa por kilogramo producido.

Se cuantificaron los costos asociados a la mano de obra directa, en donde se incluye la jornada laboral regular y las horas extras realizadas en ese mismo periodo. Esa cuantificación, para el año 2018 es de 3 248 633.93 kg. A continuación, se presenta el resultado respectivo, según el indicador de éxito planteado en

$$\begin{aligned} \text{Costo de mano de obra directa} &= \frac{\$45\,328\,562,48}{324866,93 \text{ kg}} \\ \text{Costo de mano de obra directa} &= \frac{\$13,95}{\text{kg}} \end{aligned}$$

#### 2.2.2. Porcentaje de cumplimiento del plan de producción.

Mide el porcentaje de cumplimiento del plan de producción, al comparar los lotes producidos contra los lotes planificados para la división de premezclas.

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de cumplimiento del plan de producción} &= \left( \frac{3248633,93 \text{ kg}}{6586018,66 \text{ kg}} \right) * 100 \\ \text{Porcentaje de cumplimiento del plan de producción} &= 49,32\% \end{aligned}$$

### 2.2.3. Porcentaje del error de pronóstico.

El porcentaje de error de pronóstico se obtiene mediante la sumatoria de los errores de pronóstico de los productos y se promedia. Este se realiza mediante el cálculo MAD/Media y el error MAPE.

$$\text{Porcentaje de error de pronóstico} = 115\%$$

### 7.3. Metodología de diagnóstico

Tabla 7. Metodología de diagnóstico

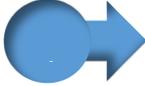
| Actividades  | Herramientas  | Resultados esperados   |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Análisis del sistema de planificación y control de la producción</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeo de procesos</li> <li>• Estadística descriptiva</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos mapeados</li> <li>• Puntos de control</li> <li>• Oportunidades de mejora</li> <li>• Flujo de información y materiales en los procesos.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Análisis del método de pronóstico</b></li> <li>• <b>Análisis del error de pronóstico</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadística descriptiva</li> <li>• Entrevista</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento de la demanda</li> <li>• Error de pronóstico según meta establecida</li> <li>• Causas del producto de baja rotación</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Análisis de la planificación de la producción</b></li> <li>• <b>Análisis de capacidad de las líneas productivas</b></li> <li>• <b>Análisis de planeación de los requerimientos de materiales</b></li> <li>• <b>Análisis del secuenciamiento y la programación de la producción</b></li> <li>• <b>Análisis del control y seguimiento</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas</li> <li>• Diagrama causa-efecto</li> <li>• Estudio de tiempos</li> <li>• Estudio de productividad e improductividad</li> <li>• Estadística descriptiva</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Causas del incumplimiento del plan de producción</li> <li>• Capacidad actual</li> <li>• Causas de los faltantes de materia prima</li> <li>• Identificación de la actividad cuello de botella</li> <li>• Criterios de secuenciamiento y programación de la producción</li> <li>• Indicadores de seguimiento</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Análisis de los costos de producción</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadística descriptiva</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Causas del aumento de los costos de producción e indicador.</li> </ul>  |

## 7.4. Estudio de los componentes del SPCP y su interacción.

### 2.4.1. Descripción de los procesos del SPCP.

La empresa Laboratorios Faryvet cuenta con SPCP, que se encuentra formado por los procesos de planificación de la demanda, plan maestro de producción, planeación de los recursos de capacidad, planeación de los requerimientos de materiales, secuenciamiento y programación de la producción, y control y seguimiento. Cada uno de estos procesos posee una serie de actividades que implica flujos de información y materiales que requieren ser estudiados para lograr identificar oportunidades de mejora. Por lo cual se desarrolla cada uno de estos procesos en sus respectivas actividades. Se muestra a continuación la descripción de cada uno de los procesos del SPCP, en conjunto con su diagrama de flujo. Es por ello que a continuación se desarrolla cada uno de estos procesos, con sus respectivos resultados.

Tabla 8. Simbología de los diagramas de diagnóstico.

| Descripción | Símbolo   | Descripción                           | Símbolo   |
|-------------|---|---------------------------------------|---|
| Proceso     |  | Interacción con otro proceso del SPCP |  |

#### 2.4.1.1. Planificación de la demanda.

Para llevar a cabo la planificación de la demanda, el gerente de producción se encarga de revisar el histórico de ventas en un archivo de Excel, mediante el cual se tiene un promedio de venta de los 6 meses anteriores, para cada uno de los productos que funcionan como referencia para proyectar la demanda. Es importante recalcar que la planificación de la demanda se lleva a cabo todas las semanas, y una vez revisado el histórico de producción, se realiza un promedio móvil simple a los 6 meses, que se toman como referencia, y se ejecuta un pronóstico preliminar para las próximas 5 semanas de producción. Después, el gerente de producción ajusta los resultados según criterio experto.

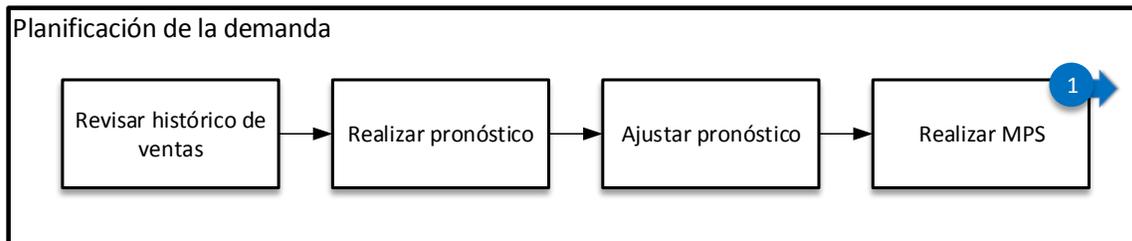


Figura 7. Planificación de la demanda.

#### 2.4.1.2. Plan maestro de producción.

La elaboración de plan de producción inicia con la revisión del pronóstico de demanda ajustado, en el cual el departamento de producción identifica los productos que se deben de realizar en

la semana. Luego, se revisan los inventarios de producto terminado que hay para cada uno de ellos, dando como resultado la cantidad de producto requerido a producir en la semana. Al tener la totalidad de los productos con sus respectivas cantidades requeridas a producir por semana, el departamento de producción elabora un análisis de capacidad a criterio experto, en donde se define el volumen y la cantidad de productos que se pueden llevar a cabo en las plantas de producción de premezclas durante la semana.

Sin embargo, durante la semana se reciben órdenes que el departamento de producción ingresa dentro del plan de previamente establecido, por lo que se debe de volver a revisar la capacidad de la planta y asignar los pedidos entrantes según los tiempos de entrega de estos. Una vez establecidos los productos y cantidades a elaborar para la semana, se lleva a cabo el secuenciamiento de las órdenes de producción que definen el día a día de las operaciones en planta.

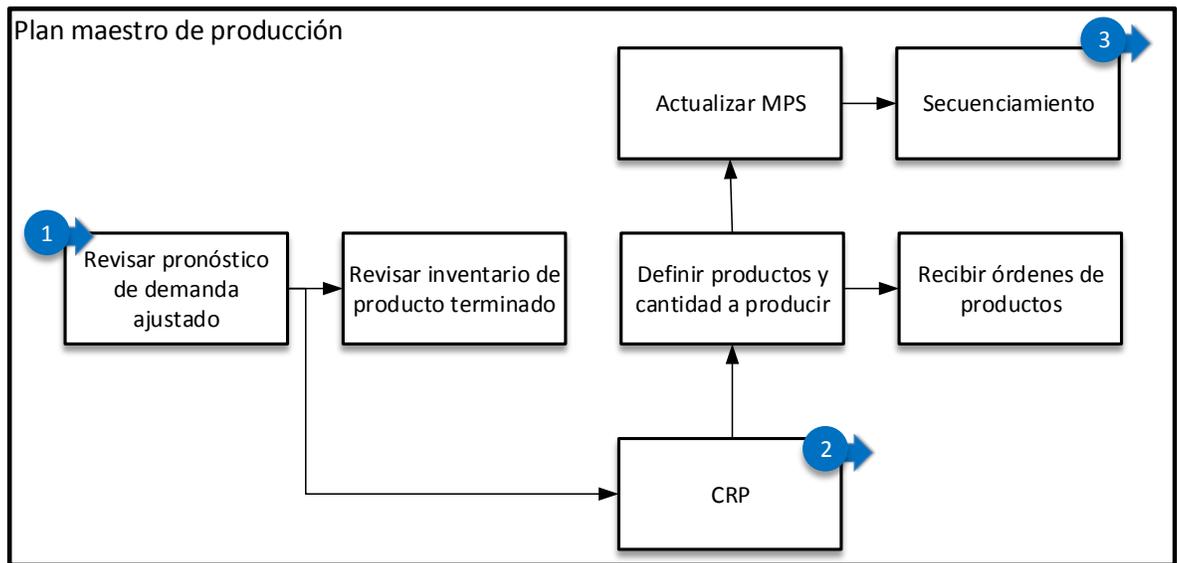


Figura 8. Plan maestro de producción

### 2.4.1.3. Planificación de los recursos de capacidad.

La planificación de los requerimientos de capacidad en la empresa Laboratorios Faryvet tiene como insumo el volumen de producto faltante por elaborar para cumplir con la demanda pronosticada semanal y los pedidos de los clientes durante el transcurso de la semana. Con base en estos dos requerimientos, el gerente de producción se encarga de agrupar los productos por volúmenes de producción, para luego asignarlos a las máquinas que hay en la planta de premezclas.

Cada una de estas máquinas tiene una capacidad de lotes de producción diaria estimada a criterio experto, donde se considera la duración aproximada por tanda en cada máquina para estimar la cantidad de lotes a producir por. La capacidad de producción de cada una de las máquinas funciona como base para establecer las órdenes que se van a procesar por día, dichas capacidades son brindadas por recomendación del fabricante de las mismas. Las capacidades estimadas por el departamento de producción son las siguientes:

Tabla 9. Asignación de máquinas según volumen de producción

| Máquina     | Volumen de producción (kg) | Lotes de producción por día |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|
| Pantalonera | 0-120                      | 8                           |
| Octogonal   | 100-200                    | 6                           |
| Pequeña     | 0-500                      | 7-8                         |
| Mediana     | 250-750                    | 5                           |
| Grande      | 300-1000                   | 2-3                         |
| Línea 1     | 1500-2500                  | 5                           |
| Línea 2     | 650-1200                   | 6                           |

Según la cantidad de órdenes asignadas a las líneas de producción, el gerente de producción define la cantidad de operarios que necesita para cada una de ellas en el transcurso de la semana.

Además, en caso de recibir alguna orden de producción en el transcurso de la semana, el departamento de producción se da a la tarea de determinar la disponibilidad de operarios y máquinas para procesar la orden durante la jornada laboral o, inclusive, elaborarla en jornada extraordinaria.

Al final del proceso se definen las órdenes de producto a elaborar en las máquinas de premezclas, a la espera de darles un orden de producción para cumplir con los tiempos de entrega de ellas en el proceso de secuenciamiento. A continuación, en Figura 9. Planificación de los recursos de capacidad”, se muestra el diagrama de flujo del proceso de planificación de los recursos de capacidad en donde se muestra lo mencionado anteriormente.

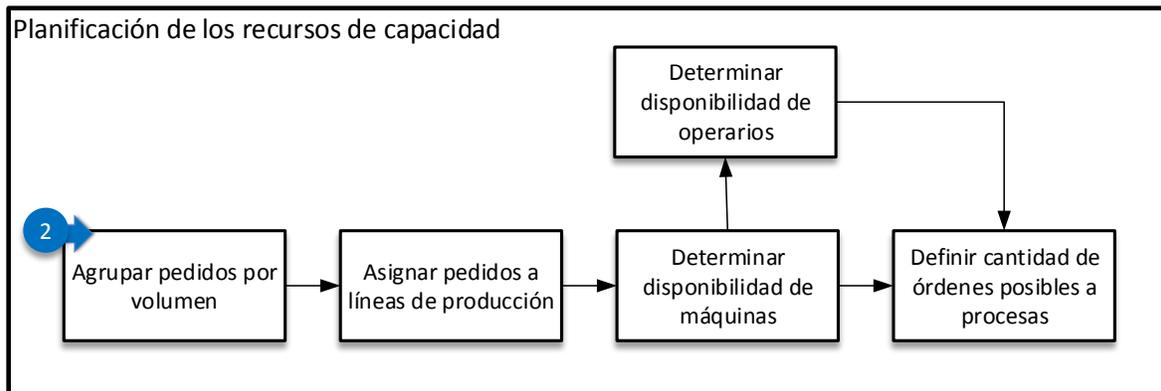


Figura 9. Planificación de los recursos de capacidad

#### 2.4.1.4. Planificación de los recursos materiales.

Al inicio de la semana, el gerente de producción revisa el inventario actual de materias primas en el ERP que les brinda la marca de software *Softland* y lo compara contra el histórico de consumo mensual para cada una de ellas, donde se utiliza un promedio de 6 meses de inventario como referencia para definir el consumo semanal de las materias primas. Este consumo se proyecta para 18 semanas de producción y con ello se busca determinar el faltante de materias primas menor a este lapso. El

departamento de producción ha definido este tiempo, debido a que los principales insumos para elaborar las premezclas son entregados por proveedores en el extranjero y presentan un tiempo promedio de entrega de 3 meses.

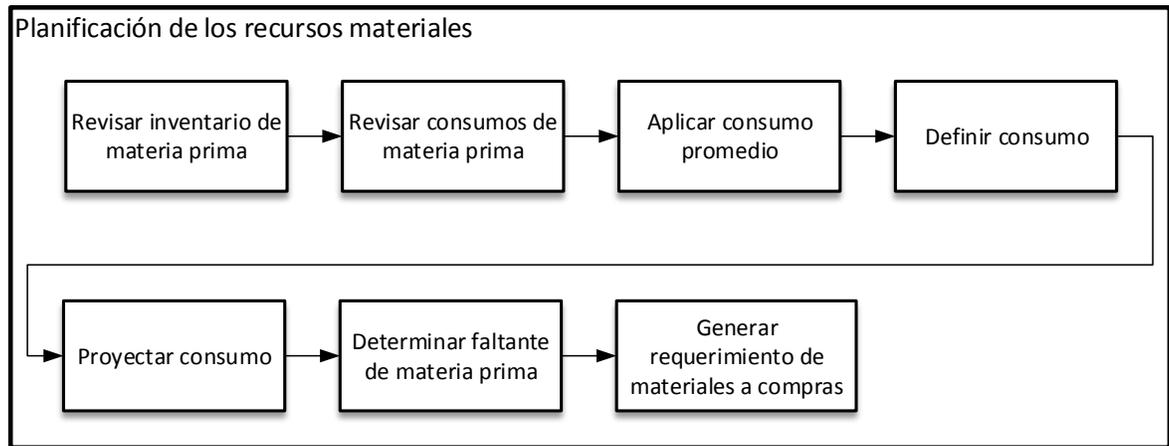


Figura 10. Planificación de los recursos materiales

#### 2.4.1.5. Secuenciamiento.

Para secuenciar la producción semanal, el gerente de producción revisa la información histórica de necesidades de producto terminado en un archivo de Excel y define un stock para el producto terminado según criterio experto, el cual toma en cuenta el promedio de venta mensual de los productos y las fechas de entrega a los clientes según rutas de entrega. El gerente de producción se encarga de secuenciar las órdenes de producción en un archivo de Excel llamado “Lista de producción”, en donde se determina la cantidad del producto a elaborar (lotes de producción) y el orden asignado para el inicio de cada una de ellas en las máquinas disponibles en la sección de premezclas.

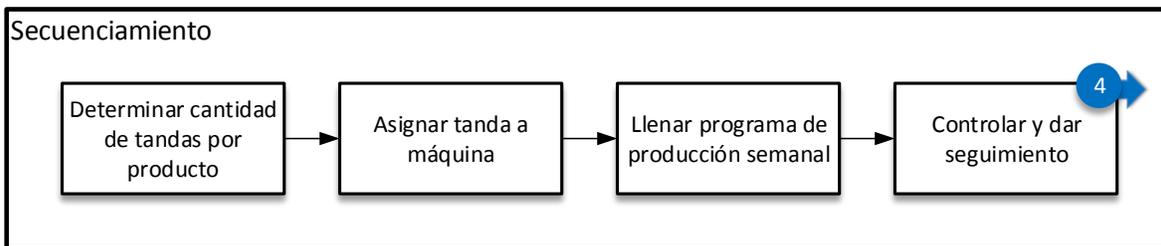


Figura 11. Secuenciamiento

#### 2.4.1.6. Control y seguimiento.

El control y seguimiento de la producción consiste en la revisión de los pedidos que ingresan durante la jornada laboral, los cuales llegan a modificar el plan de producción. Es por ello que el gerente de producción se encarga de dar seguimiento a todas las órdenes entrantes y actualiza la “Lista de producción”, según el tiempo de entrega y la disponibilidad de máquinas y operarios.

Además, es importante mencionar que el único control que se lleva en producción consiste en un cuaderno por máquina, en el cual se registra la hora de inicio y final del procesamiento de la orden y la nota en caso de tener tiempos de espera con su respectiva justificación. Sin embargo, esta información no es procesada ni tomada en cuenta para el análisis del desempeño de las líneas de producción.

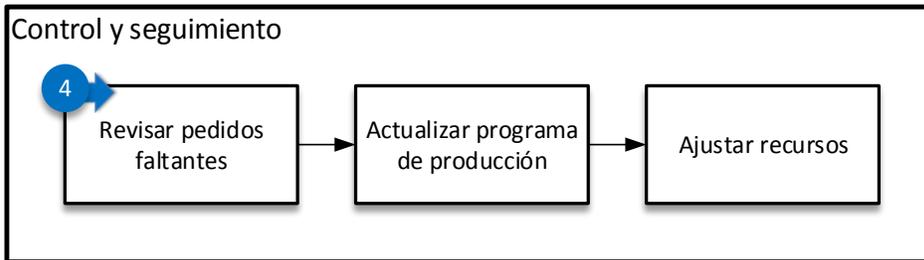


Figura 12. Control y seguimiento

### 2.4.2. Descripción del proceso productivo.

Los productos del área de premezclas siguen el mismo flujo de producción, sin importar la familia a la cual pertenezca el producto (avícola, canina, felina, porcina, bovina, equina, ovicaprina o acuícola). Es por ello por lo que, para tener una mayor claridad del proceso productivo del área de premezclas, se presenta a continuación un mapeo del proceso general de elaboración de premezclas:

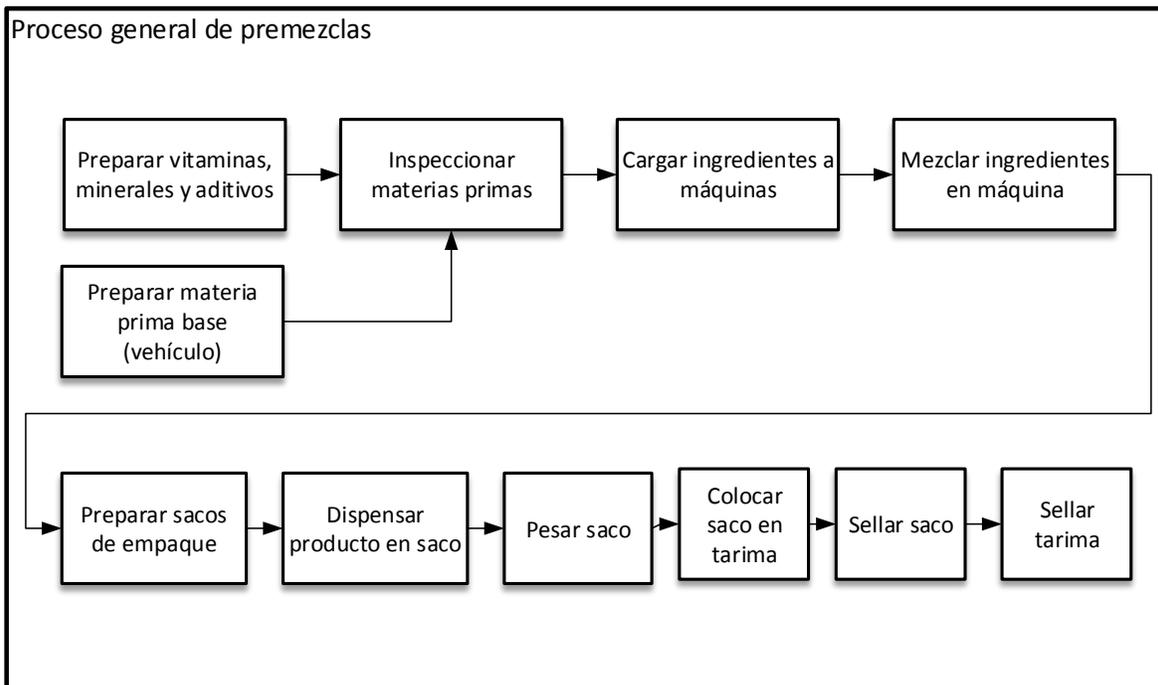


Figura 13. Proceso general de elaboración de premezclas

El proceso inicia con la preparación de materiales, vitaminas, minerales y aditivos, según la cantidad requerida. Cada ingrediente es pesado y apartado en una bolsa con su respectiva identificación. Es importante mencionar que la cantidad de ingredientes varía de acuerdo con los requerimientos de cada premezcla.

Por otro lado, se alista la materia prima base de la premezcla, donde normalmente se cargan los sacos en tarimas y son transportados por un montacargas al área donde se encuentra la máquina asignada para procesar la orden.

Una vez que las materias primas y la materia prima base conocida como vehículo, dado que es la que se encuentra en mayor proporción en la fórmula o receta del producto, se encuentran en el área de la máquina designada, se debe realizar una inspección de la fórmula del producto a procesar. Para ello, se revisa la hoja de producción, con el objeto de verificar que se encuentran todos los componentes del producto y se pesan los aditivos para asegurarse de que se encuentren las cantidades correctas.

Al tener los insumos revisados, se procede a cargar manualmente la materia prima base en las máquinas mezcladoras y posteriormente los aditivos del producto. Cuando se finaliza la carga de materiales se cierran las compuertas de la máquina y se inicia con su mezclado.

Mientras la máquina mezcla los ingredientes, se realiza la preparación de sacos de empaque, para lo que se colocan las etiquetas del producto y se coloca una bolsa dentro de cada saco para el almacenamiento del producto.

Finalizado el tiempo de mezclado (varía con cada máquina y se detallará en el apartado Planificación de los recursos de capacidad), se inicia con el dispensado de la premezcla en el saco de empaque, el cual consiste en colocar el saco debajo de la tubería de dispensado y abrir la válvula para que descienda el producto. Luego, se debe pesar el saco en una balanza para verificar que se cumple con la cantidad requerida por saco y luego se procede a sellar el saco, haciéndole un nudo a la bolsa que se encuentra dentro del saco, y posteriormente se cose el saco con una máquina.

Por último, se debe colocar el saco en una tarima y sellarla con plástico adhesivo, una vez que se haya completado la cantidad por tarima.

### **2.4.3. Hallazgos generales del SPCP.**

Posterior al análisis de los procesos pertenecientes al SPCP de los productos se generan los siguientes hallazgos:

- En la planificación de la demanda, se observa que la elaboración del pronóstico de los productos se basa en las ventas históricas y no contempla la demanda real del producto, lo cual puede ocasionar que no se esté captando una parte de la demanda del producto.
- La aplicación del promedio móvil simple se hace para todos los productos, sin tomar en cuenta si realmente el comportamiento de estos requiere otro tipo de pronóstico. Aspectos como el nivel, la tendencia y la estacionalidad no son determinados de manera previa para la elaboración de los pronósticos, por lo que se desconoce si el promedio móvil simple es el método más adecuado para todas las premezclas.
- El plan maestro de producción es llevado a cabo en una hoja de Excel y en ocasiones no se define si la cantidad colocada se refiere a los kilogramos de producto terminado o a la cantidad de unidades de producto a procesar (sacos, bolsas, entre otros), lo cual dificulta el procesamiento de información para determinar la planificación semanal.
- Además, se programan producciones a criterio experto y sin tener la orden consolidada por el cliente, lo cual puede ocasionar la elaboración de producto no demandado por el cliente (producto terminado en la bodega, sin venderse).
- En cuanto a la planeación de recursos de capacidad, la organización actualmente no conoce la capacidad real de producción de sus líneas. Esto se debe a que no tienen determinados los tiempos ciclo para cada estación de trabajo, la utilización de sus máquinas, la eficiencia.

También, es necesario determinar los tiempos de carga por cada estación de trabajo para tener identificadas las operaciones que son cuello de botella.

- Relacionado con el hallazgo anterior, la elaboración del plan maestro de producción se torna complicado, ya que el desconocimiento de la capacidad de las líneas de producción, junto con el ingreso de nuevas órdenes al programa de producción a lo largo del día, ocasionan que el plan definido por el departamento de producción se deba cambiar constantemente, lo cual presenta atrasos en las órdenes programadas con anticipación y son propensas a convertirse en órdenes procesadas fuera del tiempo regular de producción (horas extra), para poder entregarse a tiempo.
- Respecto a la planeación de los requerimientos de materiales, la misma es elaborada con base en una proyección generada por el departamento de Ventas. Tal planeación, por ende, solo es una estimación de lo que Ventas proyecta vender, la cual no contempla factores como AQL, *scrap*, ni una confección basada en la lista de materiales o BOM.
- La planeación de los requerimientos de capacidad, mediante esa manera empírica donde solo se revisa la cantidad de órdenes que tiene asignada cada máquina para, con ese criterio, determinar si tiene o no disponibilidad para procesar más órdenes.
- En cuanto al secuenciamiento de las órdenes, al no conocer la capacidad de las líneas de producción, se desconoce también si existen tiempos muertos entre cambios de procesamiento de órdenes de producción, o si la asignación de órdenes por día es mayor o menor a la capacidad real de la línea.
- El control y seguimiento del proceso de producción no cuenta con una metodología definida para la medición del desempeño por línea, ya que no existen indicadores que permitan verificar el cumplimiento con el programa de producción y la identificación de oportunidades de mejora en los procesos.
- Por otra parte, se observa que el control del desarrollo de las operaciones en las líneas de producción carece de un mapeo de procesos que le permita a los operarios observar el flujo que deben de llevar a cabo para cumplir con sus funciones, lo cual deja a criterio del trabajador el orden o prioridad de las actividades que debe realizar durante su jornada laboral (necesario estandarizar para poder controlar el proceso).

## **7.5. Análisis de planificación de la demanda.**

### **2.5.1. Método de pronóstico utilizado.**

El método de pronóstico utilizado por Laboratorios Faryvet se lleva a cabo semanalmente y permite estimar el pronóstico de la semana que está por comenzar. Para ello, el gerente de producción inicia con la revisión histórica de las ventas de los productos y la actualización según las ventas hasta ese día. Es importante destacar que este método se aplica a todos los productos, sin tomar en cuenta su nivel tendencia o estacionalidad, ya que actualmente no se mantiene un registro de estas características en los productos.

Para determinar la cantidad pronosticada se aplica el promedio móvil simple (PMS) a las ventas de los últimos 6 meses para cada producto. Luego, se ajustan los resultados a criterio experto, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Estacionalidad del producto: Es determinada de manera empírica con criterio del gerente de producción.
- Tendencia de las ventas: Si las ventas disminuyen o aumentan en las últimas semanas se ajusta de manera empírica respecto a la tendencia de las ventas.

### **2.5.2. Comportamiento de la demanda.**

Según Balou (2004), el pronóstico los niveles de demanda es vital para la firma como un todo, ya que proporciona los datos de entrada para la planeación y control de todas las áreas funcionales, incluyendo logística, marketing, producción y finanzas. Los niveles de demanda y su programación afectan en gran medida los niveles de capacidad, las necesidades financieras y la estructura general del negocio. Actualmente la organización mantiene 494 productos los cuales están segmentados en ocho líneas de especie como se aprecia en la Figura 1. Líneas de productos en laboratorios Faryvet S.A”.

Como se mencionó anteriormente, la organización no realiza una identificación de los componentes sistemáticos como lo son la estacionalidad o tendencia, que permiten identificar un modelo de pronóstico que se ajuste de mejor manera a la naturaleza de los productos. Es por ello que se analizan los datos de ventas por producto de enero del 2017 a diciembre del 2018, identificando las fluctuaciones de ventas a lo largo del tiempo. En la Figura 14. Ventas de premezcla Ganado Feedlot (RUM)-46kg”, se visualiza dicho comportamiento, en donde es notorio incluso la ausencia de ventas en los meses de abril y mayo 2018, posterior a un aumento en las ventas. Es importante que este comportamiento está presente en la mayoría de los productos comercializados en la organización, debido a la especialización del producto y a las necesidades de los animales en las diferentes épocas del año.

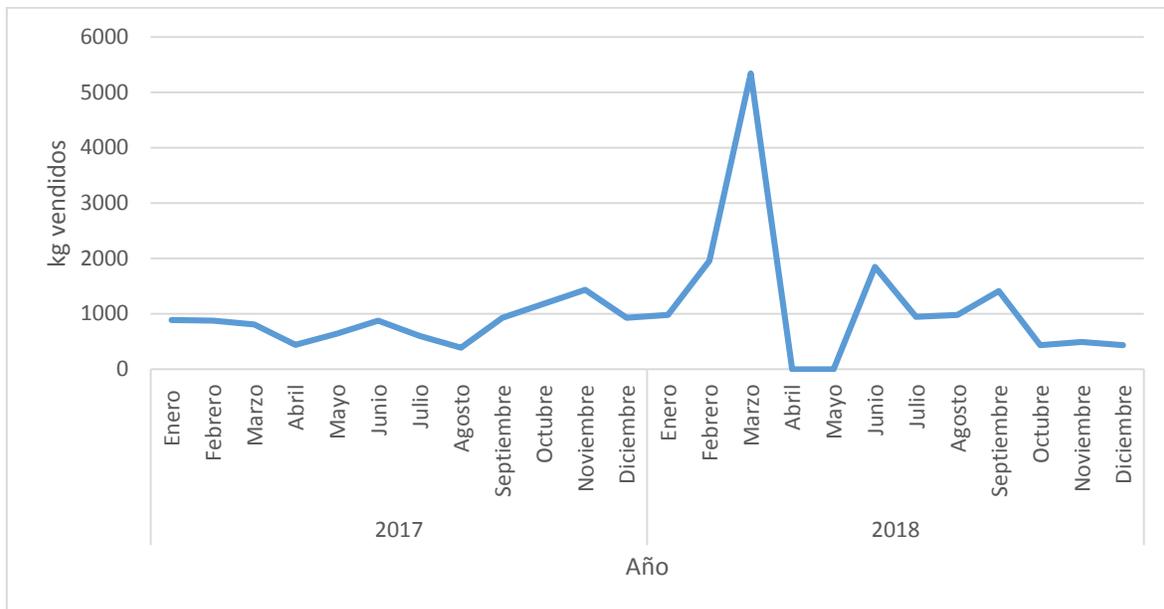


Figura 14. Ventas de premezcla Ganado Feedlot (RUM)-46kg

Además, estableciéndose los componentes sistemáticos de la demanda e intermitencia, es importante mencionar que los cálculos se realizan para el 83% de los *SKUs* de la organización, debido a que presentan producción en el periodo de análisis anteriormente mencionado. Según la Figura 15. Porcentaje de productos de acuerdo con el componente de la demanda”, un 62% de los productos presenta nivel de un 62% de estacionalidad. Por último, un 30% de los productos presentan tendencia y solamente un 8% intermitencia.

Es importante mencionar que los productos de bovinos, debido a su naturaleza, presentan una mayor demanda en los meses secos, debido a que se incorporan vitaminas y minerales que permiten incrementar los anticuerpos de los animales para el invierno. A su vez, los cerdos incrementan su dosis de alimento a partir del mes de octubre, en donde se engordan para las fechas de celebraciones en el mes de diciembre. Estas dos fechas deben considerarse como parte de la estacionalidad de estos productos e incorporarse en los componentes sistemáticos de la demanda, para realizar una mejor precisión de consumo.

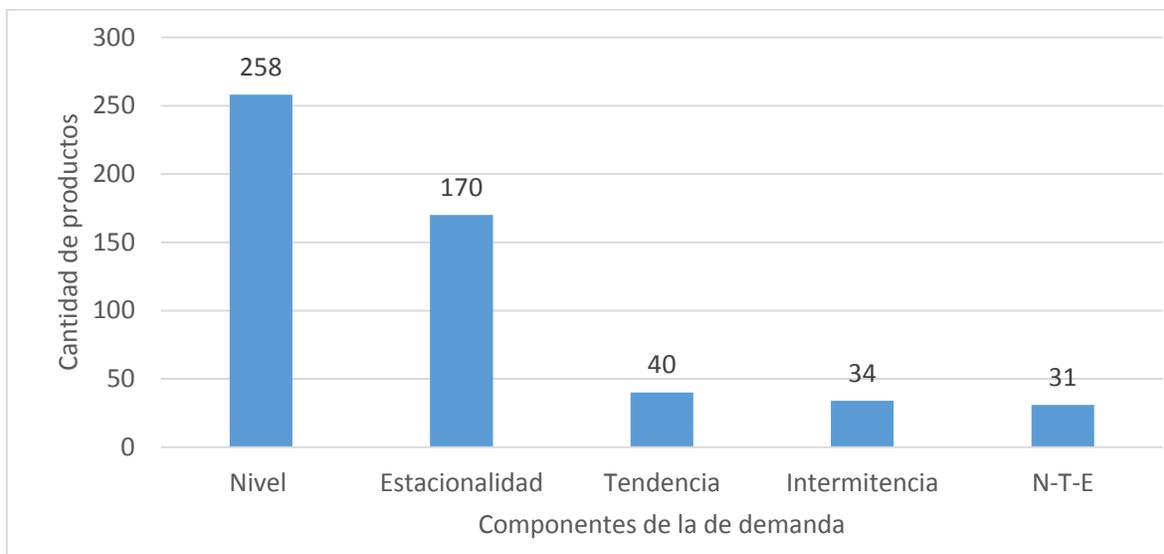


Figura 15. Porcentaje de productos de acuerdo con el componente de la demanda

Los parámetros encontrados para cada componente de muestran en el Apéndice 4. Componentes de la demanda.

### 2.5.3. Error de pronóstico.

El error de pronóstico permite cuantificar la relación entre los datos de ventas estimadas y las ventas reales. Para Laboratorios Faryvet se utilizan dos errores de pronóstico, la razón MAD/Media cuando los datos presentan intermitencia, y el error MAPE para los que no presenten la misma. Para ello se analizan los datos de ventas y pronósticos de enero del 2017 a diciembre del 2018, de manera individual para cada producto. Posteriormente se establecen categorías de acuerdo con la meta del error de pronóstico utilizado. Esta meta se estableció en 27%, debido la naturaleza de la organización. Según Figura 16. Error de pronóstico de los productos”, el porcentaje de productos dentro de la categoría de meta se incrementó en comparación al año 2017, asimismo, para la categoría entre 100% y 200% aumentó significativamente el porcentaje de productos. Es importante recalcar la disminución en el porcentaje de productos en categorías de error entre el 27% y el 100% así como mayor al 200%. Los productos que se pronosticaron y no se produjeron, o bien, se produjeron y no se pronosticaron, se mantienen constantes en ambos años y corresponden a un 40% de los productos.

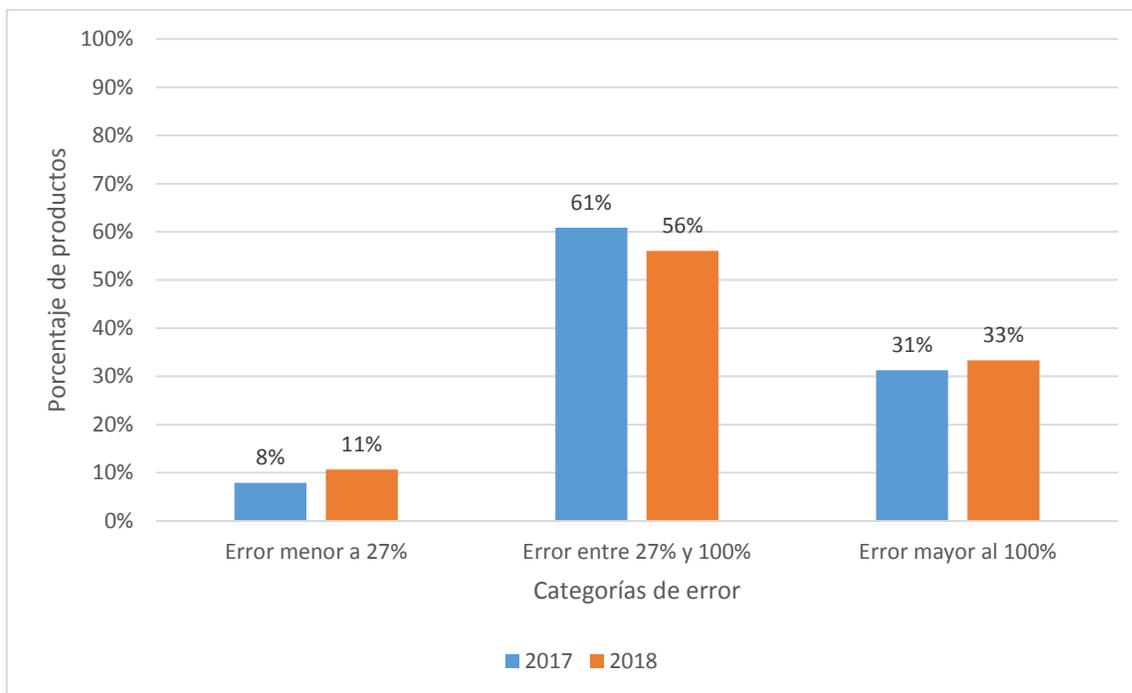


Figura 16. Error de pronóstico de los productos

Se obtiene a su vez un promedio de error de ambos años de 139%, con valores extremos de 14% y 5183%, durante el periodo de enero del 2017 a diciembre del 2018. Sin embargo, los valores atípicos de más de un 1000% se deben a que la organización pronosticaba este producto con un pronóstico de 1 unidad mensual, por lo que aumentaba el error de pronóstico significativamente. Estos se excluyeron del análisis realizado pues sesgaba el comportamiento del error de pronóstico.

#### 2.5.4. Hallazgos.

El método de pronóstico realizado por Laboratorios Faryvet utiliza como insumo las ventas de la organización, por lo que no se cuantifican con exactitud las ventas insatisfechas en un periodo determinado. A su vez, si se registran las ventas insatisfechas, no se justifica el motivo por el cual no se realizaron. Las ventas realizadas en conjunto con las ventas insatisfechas forman la demanda, la cual debería ser insumo para el pronóstico de la organización; sin embargo, como antes se ha mencionado, este solamente incluye las ventas realizadas por la empresa.

La organización realiza un pronóstico mediante un promedio móvil simple con ventana de seis meses, lo cual, según Balou (2004), elimina los efectos de estacionalidad o irregularidades. Sin embargo, como se observa en Figura 15. Porcentaje de productos de acuerdo con el componente de la demanda”, 34 productos presentan intermitencia, 40 productos tendencia, 170 estacionalidad, 258 nivel y 31 los tres componentes anteriores. Por esta razón, el modelo de pronóstico elimina estos componentes e incrementa el porcentaje de error del mismo. A su vez, el ajuste por criterio experto no considera los efectos de las fluctuaciones estacionales en el tiempo en las familias de bovinos y cerdos, por lo que es de suma importancia realizar un pronóstico que se ajuste a los componentes de la demanda de cada uno de los SKU's, permitiendo una mayor precisión.

Las redes neuronales son una alternativa a evaluar para pronosticar la demanda de la organización, puesto que pueden existir relaciones no lineales entre los datos que pueden limitar los resultados de los métodos por series de tiempo.

Por último, la organización no cuantifica el error de pronóstico debido a que no es una variable de interés para la organización. Sin embargo, es de gran importancia debido a que actualmente alrededor de un 70% de los SKU's mantienen un error mayor al recomendado para la industria. Esto significa que el método de pronóstico no es capaz de predecir con precisión los componentes sistemáticos de la demanda.

## **7.6. Análisis del plan maestro de producción.**

### **2.6.1. Descripción del método utilizado.**

La elaboración del plan maestro de producción por parte del departamento de producción se lleva a cabo todas las semanas en un archivo de Excel y se realiza de la siguiente manera:

1. Se determina la cantidad de producto a elaborar. Para ello se toma el pronóstico ajustado de cada producto y se resta la cantidad de inventario de producto terminado almacenado en bodega.
2. Una vez determinados todos los productos y sus cantidades para procesar, se realiza un análisis de capacidad a criterio experto, en el cual se asignan los productos a las máquinas mezcladoras por día.
3. En caso de que la producción de una premezcla sea mayor a la capacidad de la máquina asignada, se fracciona la tanda de producción en cantidades definidas por el departamento de producción.
4. Se ordena la producción de las premezclas en cada línea de acuerdo con criterios como la fecha de entrega del producto o la inocuidad de las premezclas.
5. Se imprime la hoja de producción.
6. Se asignan los operarios a las líneas de producción según la programación de las órdenes en la "Lista de producción".
7. Se reciben nuevas órdenes de producción durante la semana y las mismas se discuten con los miembros del departamento de producción, con el fin de acomodarlas entre las órdenes planificadas de la "Lista de producción". Para ello, se toma como criterio la urgencia del pedido (tiempo de entrega).

### **2.6.2. Análisis de las causas de incumplimiento del plan maestro de producción.**

Con el fin de identificar las causas del incumplimiento del plan de producción, se realiza una lluvia de ideas con el departamento de producción, tomando en cuenta el criterio y experiencia de estos para que, por medio de un diagrama de Ishikawa, se mencionen las posibles causas del incumplimiento del plan de producción:

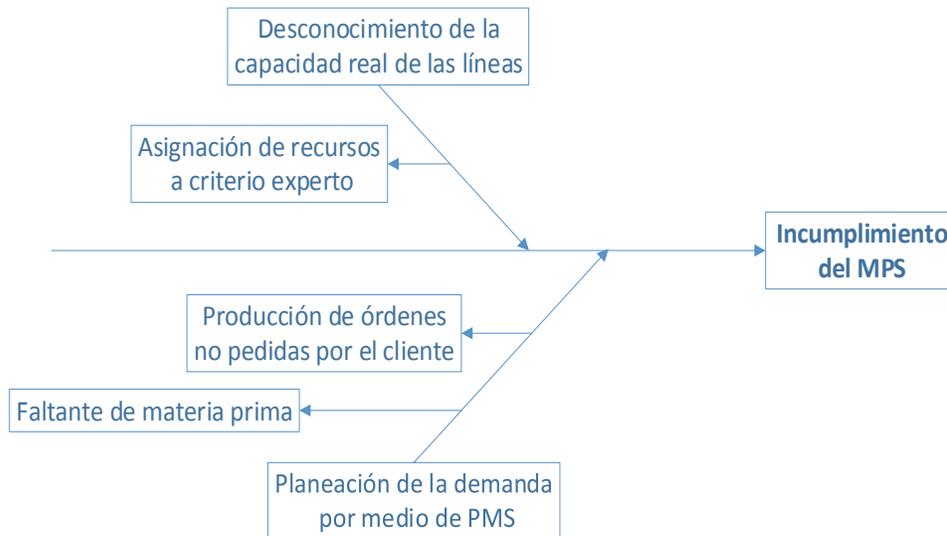


Figura 17. Causas del incumplimiento del plan de producción

La Figura 17. Causas del incumplimiento del plan de producción”, muestra 2 causas identificadas que influyen en el incumplimiento del plan de producción propuesto por el departamento de producción. Cada una de ellas se detalla a continuación:

#### 2.6.2.1. *Desconocimiento de la capacidad real de las líneas.*

Durante la planificación de la producción semanal se realiza la asignación de órdenes a las máquinas mezcladoras. El Departamento de Producción define la cantidad de productos que debe producir cada una de las 7 mezcladoras a lo largo de la semana. Sin embargo, esta asignación se realiza sin conocer la capacidad real de cada una de las líneas de producción.

Al no conocer la capacidad real de las líneas, el departamento de producción reparte los recursos de mano de obra a criterio experto, lo cual puede resultar en errores de balance de la línea, tal y como se detalla en la Tabla 23. Cumplimiento de la cantidad teórica de órdenes ”, dando como resultado el procesamiento entre 13% y 46% de las órdenes como máximo, según la máquina, reduciendo la posibilidad de cumplir el plan de producción.

#### 2.6.2.2. *Planeación de la demanda por medio del Promedio Móvil Simple (PMS).*

Al realizar el pronóstico de la demanda mediante un promedio simple con una ventana de tiempo de 6 meses, el gerente de producción no contempla factores de tendencia y estacionalidad que pueden influir en la demanda de los productos, razón por la cual se incurre en la producción de premezclas que no han recibido un pedido por parte del cliente, y terminan almacenándose por tiempos mayores a 6 meses en el almacén de producto terminado. Esta situación repercute en la cantidad de materias primas disponibles, de manera que durante la semana de producción se deben realizar cambios en el orden de producción de las premezclas, mientras se consiguen las materias primas faltantes. Esto afecta la producción de premezclas que estaban programadas para otras fechas, o bien, no programadas, generándose un impacto negativo en el plan de producción establecido. La Figura 18. Diferencia entre cantidad de producto planeado vs producido”, muestra el resultado de la cantidad de

productos según el porcentaje de brecha que existe entre lo planeado contra lo verdaderamente producido. Ello mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Brecha entre productos planificados y producidos} = \left( \frac{| \text{Kilogramos planeados} - \text{Kilogramos producidos} |}{\text{Kilogramos planeados}} \right) * 100$$

Los resultados se muestran a continuación:

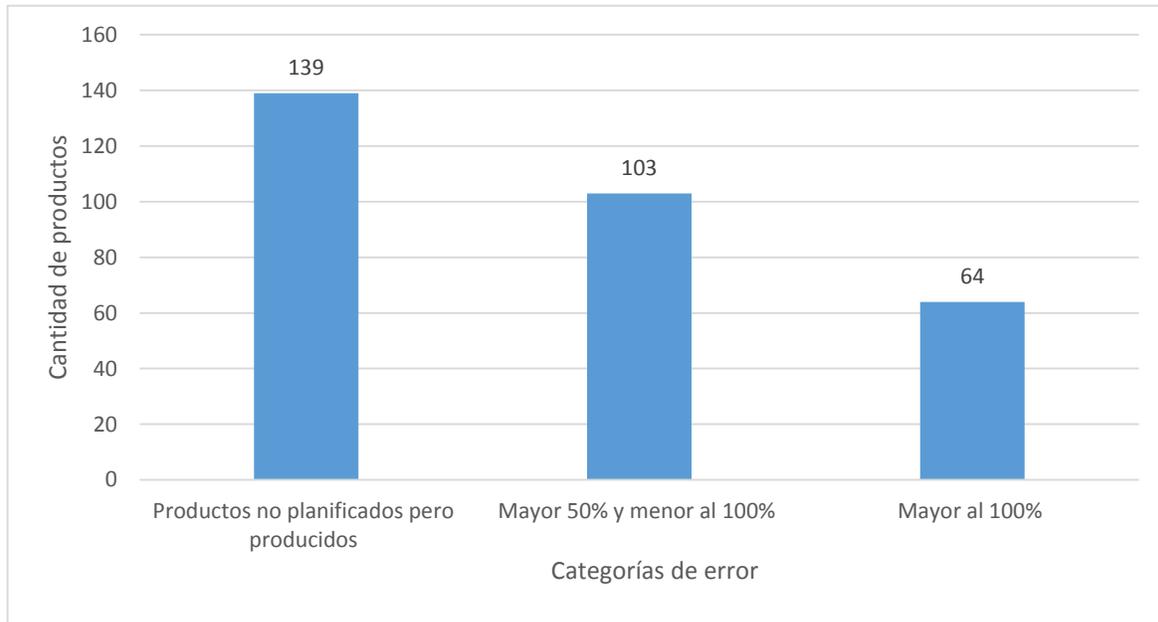


Figura 18. Diferencia entre cantidad de producto planeado vs producido

### 2.6.3. Hallazgos.

El cumplimiento del plan maestro de producción se ve afectado principalmente por la falta de conocimiento de la capacidad de sus líneas de producción. La Tabla 23. Cumplimiento de la cantidad teórica de órdenes”, muestra que las líneas de producción solamente están procesando menos del 50% de su capacidad, razón por la que en la sección de Planificación de los recursos de capacidad discutimos con mayor detalle del tema.

Además, la utilización del promedio móvil simple, como elemento para determinar la demanda de todos los productos, influye en que menos del 11% de los productos obtenga un error de pronóstico menor al 27%, afectando el inventario de materias primas y producto terminado, debido a que se producen órdenes innecesarias, o se dejan de producir órdenes por los faltantes de materia prima. Dichos puntos son desarrollados en la sección Planificación de la demanda y Planificación de los recursos materiales, respetivamente.

## 7.7. Análisis de la planeación de requerimientos de capacidad.

### 2.7.1. Estudio del desperdicio.

Rajadell & Sánchez (2010) manifiestan que la manufactura esbelta da persecución a una mejora del sistema de fabricación, mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto. Por lo cual, es importante incorporar el análisis de los desperdicios dentro de la producción de Laboratorios Faryvet S.A. Para ello se analiza el desperdicio de producto terminado, los reprocesos que se encuentran cuantificados por la organización, y los tiempos de espera.

El análisis planteado se realiza en el período que va de enero 2017 a diciembre 2018 en el producto final de la organización. Para ello se consulta al Departamento de producción si se cuenta con un registro que permita cuantificar la información requerida para este apartado, en el cual se obtiene información histórica del desperdicio de materia prima por máquina. Se debe enfatizar que, para los reprocesos, solamente se puede cuantificar por medio de las bitácoras que se mantienen en cada una de las máquinas. En la cual, el colaborador anota el SKU de la orden y el tiempo de inicio y fin de estas, y también si se ha mantenido un atraso durante la ejecución de la orden. A su vez, se anota si la orden de producción corresponde a un reproceso.

Respecto al desperdicio en el producto terminado, se debe mencionar que solamente se contabiliza el producto sobrante, por lo que no se incluye la cantidad de producto que se ha desechado por la caída del material de la tolva al saco. Luego, se establece la relación de la cantidad de kilogramos desechados en un periodo determinado, entre el total de kilogramos producidos en ese mismo plazo. Se obtiene así un porcentaje de desperdicio por máquina, de interés para nuestro estudio. Es importante recalcar que los resultados abarcan desde enero 2017 hasta diciembre 2018, los cuales se presentan en Figura 19. Porcentaje de desperdicio por máquina”.

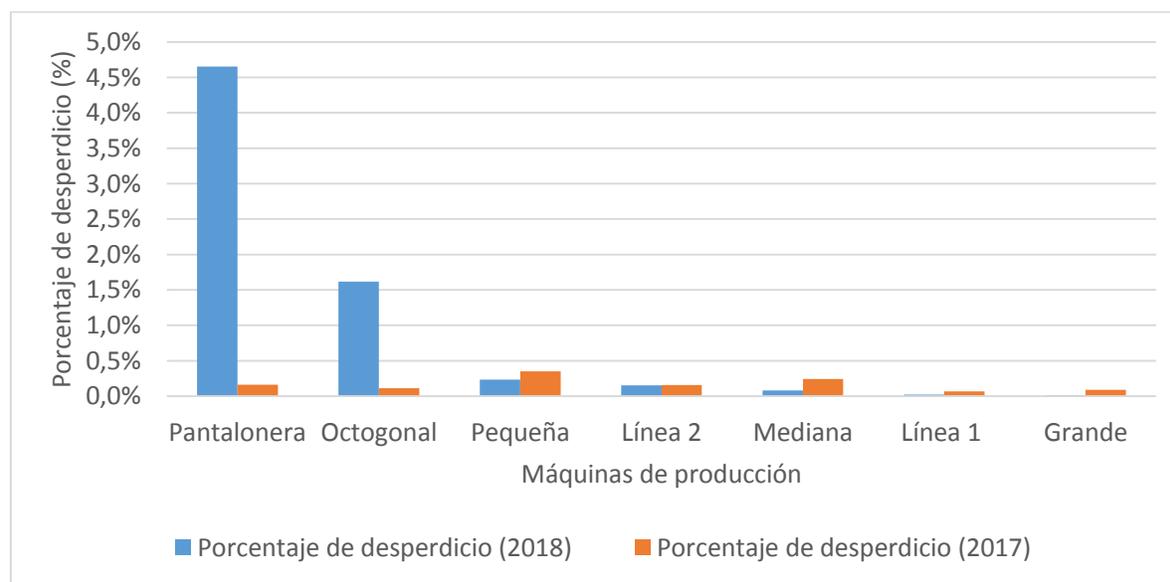


Figura 19. Porcentaje de desperdicio por máquina

Se identifica que en el año 2018 se ha incrementado el porcentaje de desperdicio en las máquinas octogonal y pantalonera, a diferencia de las demás máquinas, que mantienen un valor por debajo del 0,50% de desperdicio. A su vez, debido a la variación de las materias primas en la composición de los productos según su familia, se considera de importancia evidenciar el porcentaje de desperdicio por familia. Esto permite visualizarlo de mejor manera pues, como se ha mencionado anteriormente, cada uno de los productos se puede producir en cualquier máquina, la única diferencia consiste en su presentación. En la Figura 20. Porcentaje de desperdicios por familia”, se presenta este porcentaje de desperdicio.

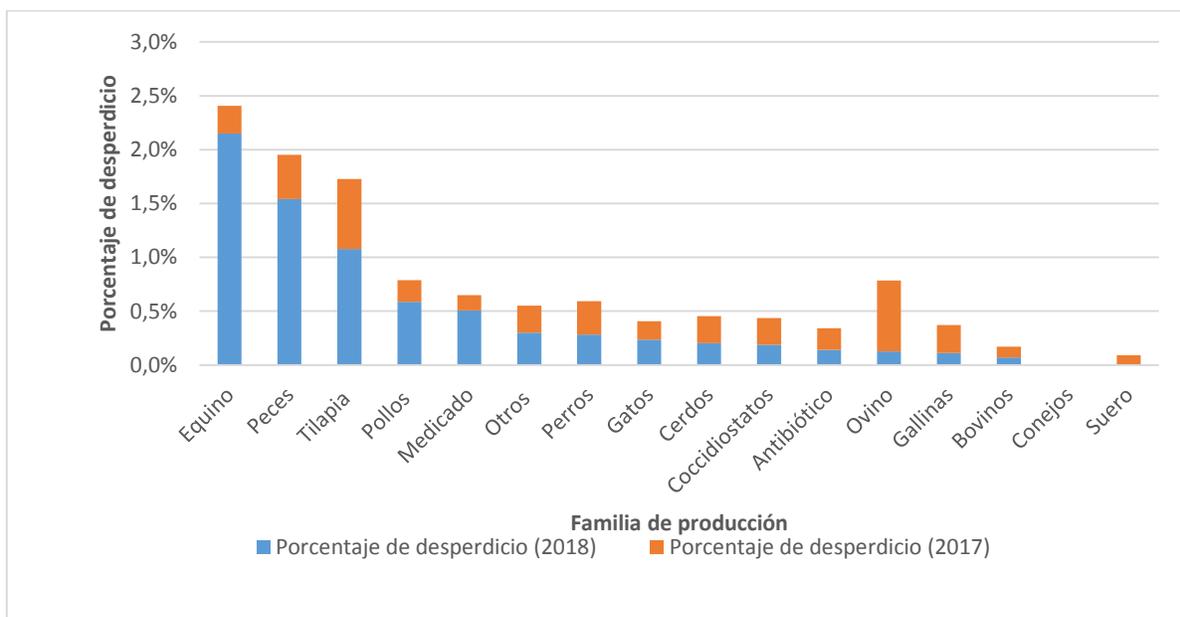


Figura 20. Porcentaje de desperdicios por familia

Con base en la información anterior, se ha identificado que, para el año 2017, son las familias de ovino y tilapia las que se encuentran por encima del 0,5%, a diferencia del año 2018 en el que los productos medicados, pollos, tilapia, peces, equino y otros sobrepasan incluso el 2% de desperdicio. Por otro lado, mediante las bitácoras de producción anteriormente mencionadas se cuantifica, por cada máquina, la cantidad de reprocesos realizados en el periodo que abarca de enero del 2017 a diciembre del 2018. Ambos criterios son importantes, pues permiten determinar con precisión la cantidad real de producción para cumplir con el estándar del cliente, así como para disminuir aquellas acciones que no le aportan valor al producto, tal como se mencionaba anteriormente. A continuación, se presenta el análisis de producto reprocesado en el periodo de interés.

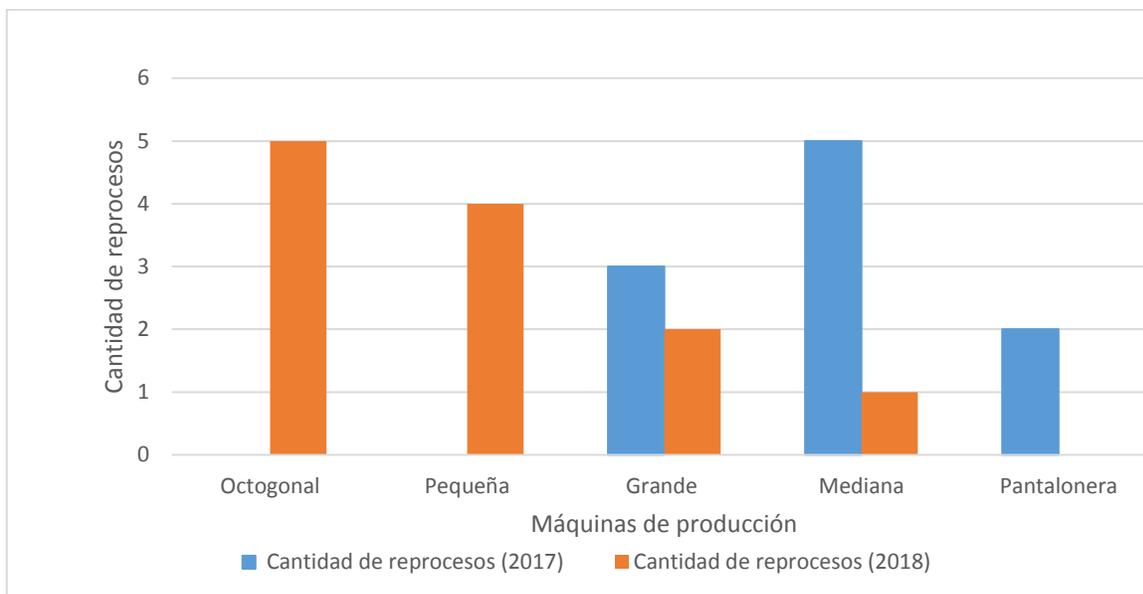


Figura 21. Cantidad de reprocesos por máquina

Es de importancia señalar que, en el 2017, debido al reproceso de órdenes se contabiliza un tiempo de 12.27 horas, mientras que en el 2018 esta cifra aumenta a 17,9 horas en el total de las máquinas. Como se puede visualizar, a su vez se incrementa la frecuencia de reprocesos por máquina.

### 2.7.2. Cálculo de tiempos de ciclo reales.

Actualmente, en la organización no se cuantifican los tiempos de ciclo reales de cada operación. Sin embargo, se mantienen, mediante una bitácora, las tareas más significativas del proceso, bitácora en la que los operarios establecen la hora de inicio y final. Estas operaciones son: carga de materia prima, mezclado, etiquetado y dispensado. Por eso resulta importante establecer los tiempos de ciclo real por línea de producción, con el fin de conocer a mayor profundidad la capacidad de la organización. Para ello se realizan observaciones para cada una de las tareas de las 7 líneas de producción de premezclas. Los resultados obtenidos del muestreo se detallan en la Tabla 43. Tamaño de muestra Línea 1 y Línea 2”, y en la Tabla 45. Tamaño de muestra líneas: Pantalonera, Octogonal, Pequeña, Mediana y Grande del “Apéndice 6. Estudio de tiempos”.

Además, una vez realizados los muestreos de las tareas para cada línea de producción, se obtienen los tiempos totales por unidad equivalente. Los resultados para todas las líneas de producción se encuentran en el Apéndice 6. Estudio de tiempos.

Sin embargo, para determinar el tiempo ciclo de cada línea de producción, es necesario definir una serie de variables que incluyen las órdenes de producción. Dichas variables impactan en el tiempo de procesamiento de las órdenes y están en función de tres unidades equivalentes:

Tabla 10. Variables del procesamiento de órdenes y sus unidades equivalentes

| <b>Variables</b>                                 | <b>Unidades equivalentes</b>                               |
|--|--|
| <b>Kilogramos para procesar en la orden (kg)</b> | Cantidad de sacos = kilogramos / presentación del producto |
| <b>Cantidad de micro presentes en la fórmula</b> | Cantidad de tarimas = kilogramos / 600 kg                  |
| <b>Presentación del producto</b>                 | Cantidad de micros (unidad)                                |

Como se puede visualizar en la Tabla 10. Variables del procesamiento de órdenes y sus unidades equivalentes”, la empresa define la cantidad de sacos según los kilogramos de la orden de producción, con la presentación que el cliente define como apropiada para su producto. Es de suma importancia, como se mencionó antes, que estas dos variables estén sujetas a la necesidad y personalización del cliente. Posteriormente, el cálculo de cantidad de tarimas se realiza en función de los kilogramos en la orden de producción. Por último, los micros se denominan en la empresa como las vitaminas y minerales que deben agregarse al producto, ya que estos insumos se requieren en cantidades pequeñas.

Ahora bien, para determinar el tiempo ciclo de cada línea de producción, se le asigna un valor a las variables del proceso. Por este motivo se ha elegido, para los kilogramos de la orden, 2/3 partes de la capacidad máxima de la mezcladora, ya que es la mínima cantidad que puede procesar en la máquina, según indicación del fabricante. Para la cantidad de micros presentes en la fórmula se asigna un valor de 15, el cual es el valor promedio de las órdenes de producción, y para la presentación del producto se define una cantidad de 20 kg, que es el promedio para el área de premezclas.

El tiempo ciclo para las líneas 1 y 2 es 3,75 y 2,52 horas respectivamente. El detalle de cada uno de los tiempos de las actividades que conforman el tiempo ciclo se encuentra en la Tabla 47. Tiempo ciclo Línea 1 y Línea 2” del Apéndice 6. Estudio de tiempos”.

Con respecto a los tiempos de ciclo de las líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña, la Tabla 49. Tiempo ciclo líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña” del Apéndice 6. Estudio de tiempos”, muestra el detalle de cada una de las actividades que conforman el proceso productivo por línea. A continuación, se presenta el resumen de cada una de ellas:

Tabla 11. Tiempo ciclo líneas de producción

| <b>Tiempo</b>  | <b>Línea 1</b> | <b>Línea 2</b> | <b>Pantalonera</b> | <b>Octogonal</b> | <b>Grande</b> | <b>Mediana</b> | <b>Pequeña</b> |
|----------------|----------------|----------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| <b>Minutos</b> | 224,79         | 151            | 65,29              | 59,66            | 122,00        | 95,29          | 78,86          |
| <b>Horas</b>   | 3,75           | 2,52           | 1,09               | 0,99             | 2,03          | 1,59           | 1,31           |

### 2.7.3. Estudio de productividad e improductividad.

Uno de los factores claves dentro del análisis de la capacidad consiste en determinar el porcentaje de utilización, en el cual se hace referencia al tiempo utilizado para la producción de premezclas que permiten fraccionarlo del tiempo disponible neto del personal. También nos permite identificar y clasificar las causas principales de los tiempos ociosos de la línea de producción.

Inicialmente se realiza un muestreo aleatorio del trabajo, realizándose observaciones individuales para cada una de las máquinas, lo cual puede visualizarse en Apéndice 5. Tiempos productivos e improductivos. Allí se determina un porcentaje de productividad e improductividad para cada una de las máquinas. Asimismo, se prepara una lista de actividades que se consideran ociosas, de manera que se puedan clasificar según su necesidad, permitiendo con ello llegar a cuantificar cuánto es el porcentaje que representan del tiempo productivo. Estas acciones se detallan en Tabla 12. Categorías de productividad e improductividad”.

Tabla 12. Categorías de productividad e improductividad

| Categoría                                | Tiempo   | Descripción  |
|--|--|--|
| <b>Productivo</b>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produciendo</li> </ul>  | Actividades que corresponden al proceso productivo.  |
| <b>Improductivo Necesario Inevitable</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento Preventivo</li> <li>• Servicio Sanitario</li> <li>• Descanso</li> <li>• Documentación</li> </ul>  | Son actividades que no pueden ser evitadas, aunque no le agreguen valor al producto            |
| <b>Improductivo Necesario Evitable</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento Correctivo</li> <li>• Limpieza de línea</li> <li>• Demora de Materia Prima</li> <li>• Demora por Etiquetas</li> <li>• Espera por orden de producción</li> <li>• Traslado de producto terminado</li> <li>• Buscar Materia Prima</li> </ul> | Son realmente necesarias, pero se pueden evitar o disminuir su frecuencia                      |
| <b>Improductivo Innecesario Evitable</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina sin orden de producción</li> <li>• Reunión de personal</li> <li>• Personal ausente</li> <li>• Personal hablando</li> </ul>  | Son acciones que se pueden eliminar y no son necesarias para realizar el proceso de producción |

Como se mencionó anteriormente, se realiza el análisis para cada una de las máquinas, para así visualizar de mejor manera el comportamiento, tanto de producción, como de planificación en el tiempo determinado. A su vez, cada una de esas categorías es diferente, de acuerdo con las condiciones de las órdenes. Por ejemplo, se puede contrastar, en la Figura 22. Productividad e improductividad por línea de producción”, que la línea pequeña mantiene más de un 80% de productividad, con menos de un 5% de actividades innecesarias y evitables, mientras que la línea 1 mantiene un 16% de productividad y un porcentaje de actividades innecesarias y evitables del 78%. Por esta razón, se visualiza que la planificación de las órdenes es poca, a su vez, la cantidad de máquinas es mayor que la cantidad de colaboradores, por lo que, aunque haya órdenes en espera, se debe mantener la máquina de ociosa.

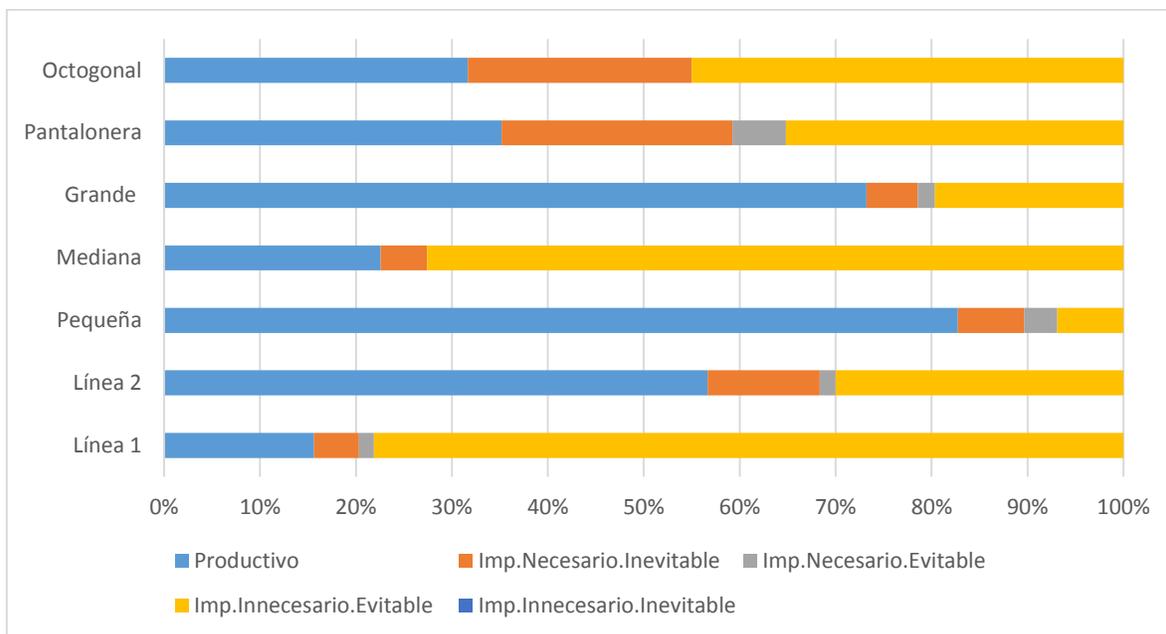


Figura 22. Productividad e improductividad por línea de producción

Es importante recalcar que de manera general se obtiene en las actividades improductivas un 42% del tiempo disponible a la máquina sin orden de producción, es decir que las máquinas no tienen órdenes asignadas debido a la programación de piso o bien, no hay colaboradores disponibles para ejecutar la orden. Posteriormente, se encuentra la demora de materia prima, la cual corresponde a un 15%, esta incluye el atraso en el alisto de las materias primas de la orden de producción, así como el paro ocasionado por faltantes de materia prima. El desayuno/ almuerzo debido a que, como se mencionó en Apéndice 5. Tiempos productivos e improductivos, los tiempos de este se traslapan. A su vez, el balance de línea corresponde al 12%, debido a que hay dos máquinas asignadas a una sola persona, por lo cual, esta solo atiende a una de ellas. Por último, se puede observar el personal ausente en un 11%, ya que el personal no se encuentra a causa de un atraso después de un receso o bien, no se encuentra en la máquina asignada, aunque mantiene la orden de producción o materia prima en la máquina. Los resultados globales se pueden identificar en Figura 23. Actividades por categoría de productividad e improductividad.

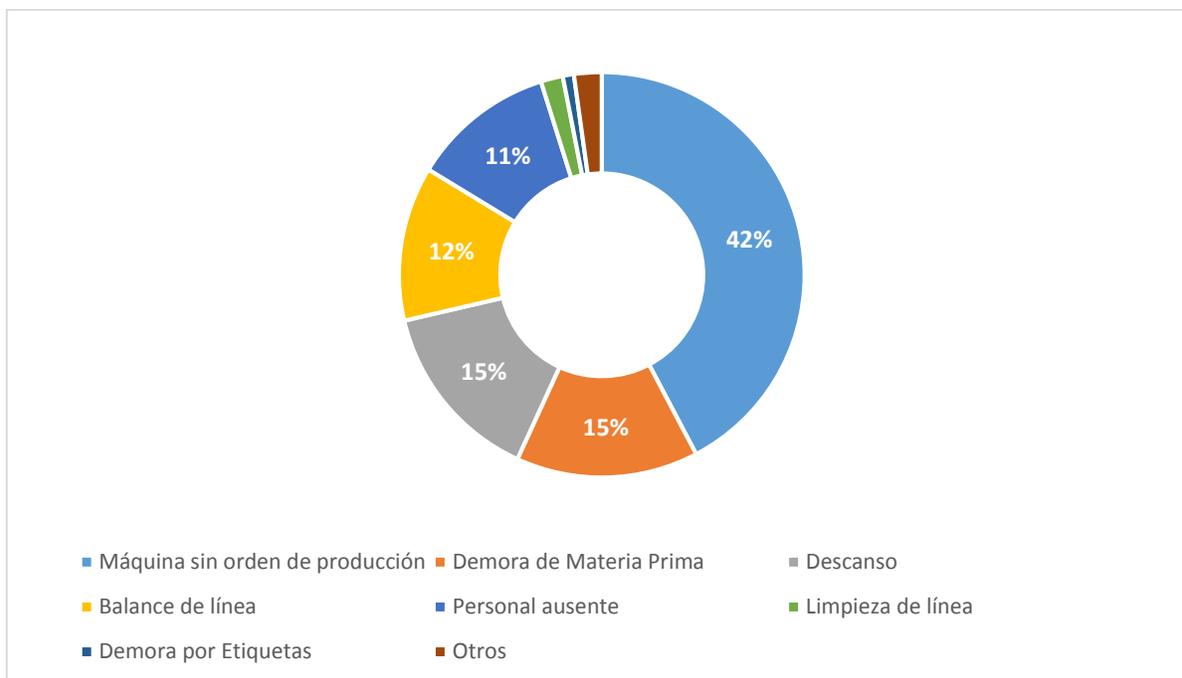


Figura 23. Actividades por categoría de productividad e improductividad

#### 2.7.4. Identificación de cuellos de botella.

Actualmente, en la organización se desconoce el cuello de botella de las operaciones, por lo que se intensifica el cálculo de la capacidad y la caracterización de la programación de piso. Se torna entonces imprescindible, identificar el cuello de botella y su comportamiento para, en una fase posterior, integrar de manera eficiente este proceso y realizar las mejoras pertinentes.

En la Tabla 47. Tiempo ciclo Línea 1 y Línea 2” y la Tabla 49. Tiempo ciclo líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña”, se muestran resultados diferentes al operar las maquinarias a 2/3 partes de su capacidad. En primera instancia, el cuello de botella de Línea 1 y Línea 2 se encuentra en la operación de llenar el saco, lo cual se debe a que el tiempo total de esta tarea aumenta conforme aumenta la cantidad de producto a elaborar. En cuanto al resultado de las líneas Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña, el cuello de botella se concentra en el alisto de vitaminas y minerales.

En lo que respecta a la Pantalonera, esta línea tiene la operación cuello de botella en el mezclado de la materia prima al operar a 2/3 partes de su capacidad, donde tiene el alisto de vitaminas y minerales como su segunda operación de más duración. El alisto de vitaminas y minerales se lleva a cabo por 2 operarios, que deben alimentar a todas las líneas de producción. El tiempo de alisto de vitaminas y minerales también se encuentra en función de la cantidad de micros que posea la fórmula de cada premezcla.

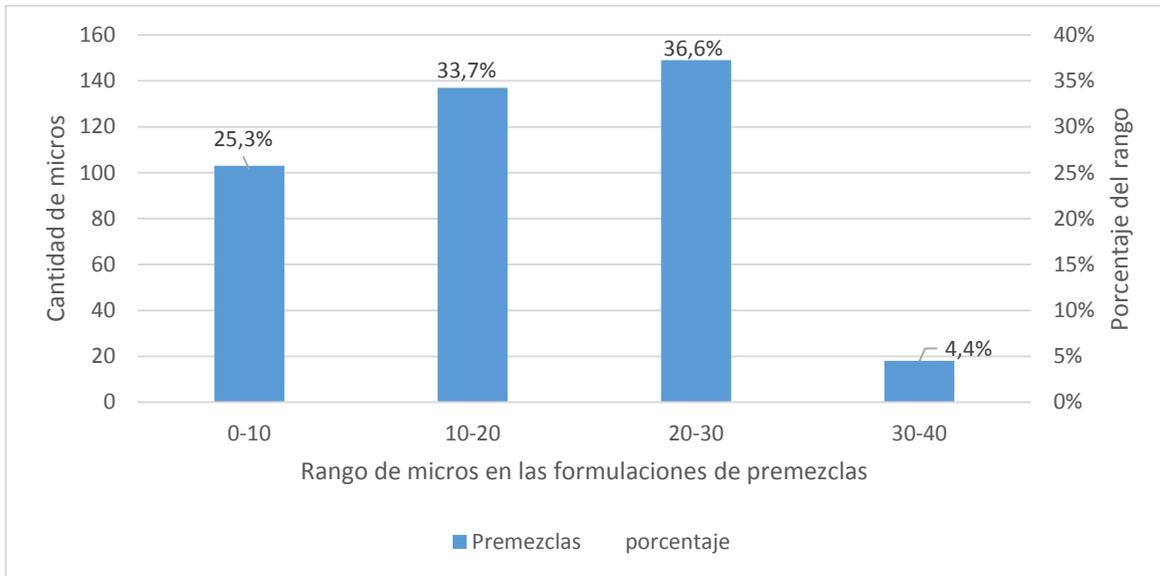


Figura 24. Cantidad de micros en premezclas

La distribución de los 494 productos activos muestra que el mayor porcentaje de los productos contienen dentro de su formulación entre 20 y 30 vitaminas y minerales, seguido por el rango que comprende entre 10 y 20 en cada una. Además, del estudio de tiempos realizado se destaca que los tiempos de alisto para cada uno de estos rangos son los siguientes:

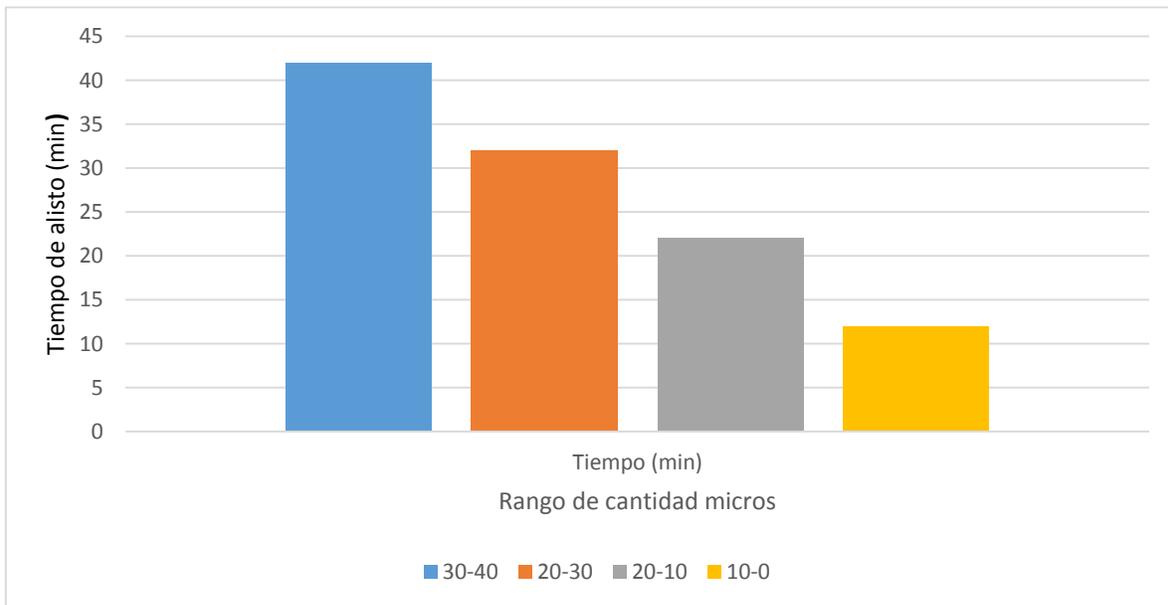


Figura 25. Tiempo de alisto según cantidad de micros en la formulación

La Figura 25. Tiempo de alisto según cantidad de micros” en la formulación, muestra que el tiempo de alisto es proporcional a la cantidad de vitaminas y minerales que se encuentran en la formulación de la premezcla a elaborar. Dentro del departamento de producción solamente se conoce este tema, pero sin profundizar en cuanto al tiempo total de alisto según la cantidad. Además, el

siguiente gráfico muestra en qué porcentajes se divide las ventas de los productos, de acuerdo con la cantidad de micros (vitaminas y minerales) que contengan las formulaciones:

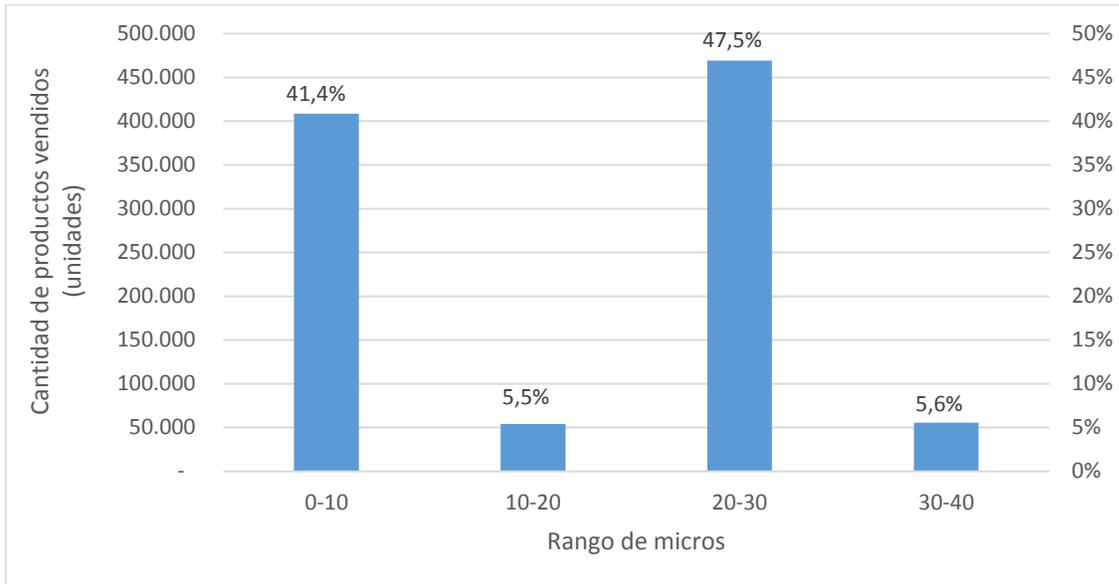


Figura 26. Porcentaje de productos vendidos según cantidad de micros

La Figura 26. Porcentaje de productos vendidos según cantidad de micros”, muestra que la mayor cantidad de productos vendidos en el año 2018 presenta, en su formulación, entre 20 y 30 micros, seguido por una cantidad entre 0 y 10 micros. Esta distribución no es conocida por el departamento de producción, por lo que no es tomado en cuenta para los análisis de capacidad que se realizan todas las semanas.

Por otro lado, se determina el tiempo de las tareas para todas las líneas de producción utilizando la máxima capacidad de kilogramos en cada una de ellas, al realizar la comparación entre trabajar a máxima capacidad contra 2/3 de la capacidad se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 13. Cuello de botella por línea de producción

| Capacidad      | Tarea                 | Desviación estándar (min) | Tiempo promedio (min) |
|----------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| <b>Línea 1</b> |                       |                           |                       |
| <b>Max</b>     | Llenar saco           | 4,53                      | 48,3                  |
|                | Colocar bolsa en saco | 3,73                      | 38,4                  |
| <b>Min</b>     | Llenar saco           | 4,53                      | 31,9                  |
|                | Colocar bolsa en saco | 3,73                      | 25,4                  |

Tabla 14. Cuello de botella por línea de producción (continuación)

| Capacidad          | Tarea                         | Desviación estándar (min) | Tiempo promedio (min) |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| <b>Línea 2</b>     |                               |                           |                       |
| <b>Max</b>         | Llenar saco                   | 4,53                      | 48,26                 |
|                    | Colocar bolsa en saco         | 3,73                      | 38,43                 |
| <b>Min</b>         | Llenar saco                   | 4,53                      | 31,85                 |
|                    | Colocar bolsa en saco         | 3,73                      | 25,36                 |
| <b>Pantalonera</b> |                               |                           |                       |
| <b>Max</b>         | Mezclar                       | 0,14                      | 19,97                 |
|                    | Alistar vitaminas y minerales | 0,77                      | 16,10                 |
| <b>Min</b>         | Mezclar                       | 0,14                      | 19,97                 |
|                    | Alistar vitaminas y minerales | 0,77                      | 16,10                 |
| <b>Octogonal</b>   |                               |                           |                       |
| <b>Max</b>         | Mezclar                       | 0,77                      | 16,10                 |
|                    | Alistar vitaminas y minerales | 0,10                      | 15,10                 |
| <b>Min</b>         | Mezclar                       | 0,77                      | 16,10                 |
|                    | Alistar vitaminas y minerales | 0,10                      | 15,10                 |
| <b>Pequeña</b>     |                               |                           |                       |
| <b>Max</b>         | Alistar vitaminas y minerales | 0,77                      | 16,10                 |
|                    | Llenar saco                   | 0,67                      | 10,53                 |
| <b>Min</b>         | Alistar vitaminas y minerales | 0,77                      | 16,10                 |
|                    | Llenar saco                   | 0,10                      | 7,16                  |
| <b>Mediana</b>     |                               |                           |                       |
| <b>Max</b>         | Llenar saco                   | 1,06                      | 17,59                 |
|                    | Alistar vitaminas y minerales | 0,62                      | 16,10                 |
| <b>Min</b>         | Llenar saco                   | 1,06                      | 11,58                 |
|                    | Alistar vitaminas y minerales | 0,62                      | 16,10                 |
| <b>Grande</b>      |                               |                           |                       |
| <b>Max</b>         | Llenar saco                   | 3,02                      | 23,15                 |
|                    | Sellar y coser                | 1,76                      | 18,82                 |
| <b>Min</b>         | Llenar saco                   | 3,02                      | 15,28                 |
|                    | Sellar y coser                | 1,76                      | 12,42                 |

Debido a la similitud del tiempo promedio de cada actividad, así como a la desviación estándar de las actividades, se realiza un análisis de varianzas que permita asegurar de manera estadística, la variabilidad de los cuellos móviles de las actividades. Este se muestra en Apéndice 7. Prueba de normalidad para las actividades del proceso de producción., en donde se verifica estadísticamente que las máquinas, con excepción de la pantalonera, presentan cuellos de botella móviles.

Además, se presenta el tiempo de ciclo total, contemplando la capacidad máxima y mínima de cada una de las mezcladoras, con el fin de determinar la variación que puede presentar cada una de ellas. A continuación, se presentan los resultados:

Tabla 15. Tiempo ciclo por línea de producción

|                         | <b>Mezcladora</b> | <b>Capacidad</b> | <b>Tiempo ciclo (h)</b> | <b>Desviación estándar (h)</b> |
|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Tiempo ciclo (h)</b> | Línea #1          | Máxima           | 4,42                    | 0,40                           |
|                         |                   | Mínima           | 3,14                    | 0,28                           |
|                         | Línea #2          | Máxima           | 2,90                    | 0,26                           |
|                         |                   | Mínima           | 2,20                    | 0,19                           |
|                         | Pantalonera       | Máxima           | 1,24                    | 0,06                           |
|                         |                   | Mínima           | 1,15                    | 0,05                           |
|                         | Octogonal         | Máxima           | 1,22                    | 0,06                           |
|                         |                   | Mínima           | 1,07                    | 0,05                           |
|                         | Pequeña           | Máxima           | 1,55                    | 0,12                           |
|                         |                   | Mínima           | 1,32                    | 0,10                           |
|                         | Mediana           | Máxima           | 2,12                    | 0,16                           |
|                         |                   | Mínima           | 1,59                    | 0,12                           |
|                         | Grande            | Máxima           | 2,44                    | 0,21                           |
|                         |                   | Mínima           | 1,99                    | 0,16                           |

Por otra parte, se calcula el tiempo de llenado del sistema, el cual se conoce como el tiempo transcurrido hasta terminar con el mezclado del producto que se está procesando en las mezcladoras, con la finalidad de calcular la cantidad máxima de órdenes que puede procesar cada línea a su capacidad máxima y mínima respectivamente:

Tabla 16. Tiempo de carga del sistema (mezclado)

|                                    | <b>Mezcladora</b> | <b>Tiempo carga mezclado (min)</b> | <b>Desviación estándar (min)</b> |
|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Tiempo carga mezclado (min)</b> | Línea #1          | 64,66                              | 4,34                             |
|                                    |                   | 51,10                              | 3,35                             |
|                                    | Línea #2          | 50,38                              | 3,45                             |
|                                    |                   | 44,35                              | 2,99                             |
|                                    | Pantalonera       | 32,16                              | 1,89                             |
|                                    |                   | 31,62                              | 1,85                             |
|                                    | Octogonal         | 31,50                              | 1,86                             |
|                                    |                   | 30,68                              | 1,79                             |

Tabla 17. Tiempo de carga del sistema (mezclado) (continuación)

| Tiempo carga<br>mezclado (min) | Mezcladora | Tiempo carga mezclado (min) | Desviación<br>estándar (min) |      |
|--------------------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|------|
|                                | Pequeña    |                             | 42,75                        | 3,04 |
|                                |            |                             | 40,60                        | 2,85 |
|                                | Mediana    |                             | 50,09                        | 5,38 |
|                                |            |                             | 40,11                        | 3,60 |
|                                | Grande     |                             | 44,95                        | 2,93 |
|                                |            | 44,95                       | 2,93                         |      |

Por otro lado, se tiene el cálculo de las órdenes que puede procesar cada línea de producción, presente en el Apéndice 6. Estudio de tiempos muestra el detalle del cálculo de estos. El resultado para cada una de las órdenes se presenta a continuación:

Tabla 18. Cantidad de órdenes de procesamiento por línea de producción

| Mezcladora  | Capacidad | Cantidad teórica de<br>órdenes | Cantidad de órdenes<br>actuales |
|-------------|-----------|--------------------------------|---------------------------------|
| Línea #1    | Máxima    | 12                             | 5                               |
|             | Mínima    | 19                             | 5                               |
| Línea #2    | Máxima    | 13                             | 6                               |
|             | Mínima    | 19                             | 6                               |
| Pantalonera | Máxima    | 31                             | 8                               |
|             | Mínima    | 31                             | 8                               |
| Octogonal   | Máxima    | 38                             | 6                               |
|             | Mínima    | 38                             | 6                               |
| Pequeña     | Máxima    | 15                             | 7                               |
|             | Mínima    | 18                             | 8                               |
| Mediana     | Máxima    | 16                             | 5                               |
|             | Mínima    | 22                             | 5                               |
| Grande      | Máxima    | 16                             | 2                               |
|             | Mínima    | 20                             | 3                               |

La Tabla 18. Cantidad de órdenes de procesamiento por línea de producción”, muestra que, actualmente, se produce una cantidad de órdenes por debajo de la cantidad teórica para cada línea de producción. Esto radica en que la cantidad de colaboradores de la organización no les permite asignar a todos los trabajadores sus recursos de manera equitativa en las líneas de producción. Esto resulta en asignar cargas de trabajo más largas que impiden a los operarios cargar el sistema (mezclado) u ocuparse de manera constante en el cuello de botella de la operación, debido a que deben realizar otras actividades.

Sin embargo, es importante recalcar que el tiempo de carga del sistema depende de la cantidad de operarios que trabajen en la línea. El departamento de producción ha definido una cantidad máxima

y mínima de operarios por línea de producción que, sin embargo, puede variar según las necesidades de producción, la configuración por línea se muestra a continuación:

Tabla 19. Cantidad de operarios por línea de producción

| <b>Mezcladora</b>  | <b>Capacidad</b> | <b>Operarios</b> |
|--------------------|------------------|------------------|
| <b>Línea #1</b>    | Máxima           | 3                |
|                    | Mínima           | 2                |
| <b>Línea #2</b>    | Máxima           | 3                |
|                    | Mínima           | 2                |
| <b>Pantalonera</b> | Máxima           | 1                |
|                    | Mínima           |                  |
| <b>Octogonal</b>   | Máxima           | 1                |
|                    | Mínima           |                  |
| <b>Pequeña</b>     | Máxima           | 2                |
|                    | Mínima           | 1                |
| <b>Mediana</b>     | Máxima           | 3                |
|                    | Mínima           | 2                |
| <b>Grande</b>      | Máxima           | 3                |
|                    | Mínima           | 2                |

Debido a las cantidades de operarios definidas, se muestran los balances de línea actuales de la organización, donde “A”, “B” y “C” representan operarios diferentes, y “X” representa un operario que realiza las operaciones para todas las líneas de producción.

Tabla 20. Balances de línea

| <b>Operación</b>                                 | <b>Cantidad de Operarios</b> |          |          |
|--|------------------------------|----------|----------|
|  | <b>1</b>                     | <b>2</b> | <b>3</b> |
| <b>Verificar orden en lista de producción</b>    | A                            | A        | A        |
| <b>Alistar vitaminas y minerales</b>             | X                            | X        | X        |
| <b>Transportar vitaminas y minerales</b>         | A                            | B        | B        |
| <b>Transportar materia prima base</b>            | X                            | X        | X        |
| <b>Inspeccionar vitaminas y minerales</b>        | A                            | A        | AB       |
| <b>Inspeccionar materia prima</b>                |                              | B        | C        |
| <b>Cargar materia prima base a mezcladora</b>    |                              | AB       | ABC      |
| <b>Cargar vitaminas y minerales a mezcladora</b> |                              | AB       | ABC      |

Tabla 21. Balances de línea (continuación)

| Operación             | Cantidad de Operarios |   |    |
|-----------------------|-----------------------|---|----|
|                       | 1                     | 2 | 3  |
| Mezclar               | -                     | - | -  |
| Limpiar zona de carga |                       | A | AB |
| Etiquetar             |                       | B | C  |
| Llenar saco           |                       | A | A  |
| Pesar y ajustar       | A                     | A | B  |
| Sellar y coser        |                       | B | C  |
| Colocar en tarima     |                       | B | C  |
| Paletizar             |                       | A | A  |
| Documentar            |                       | B | B  |

La Tabla 20. Balances de línea muestra que, para cada una de las tres configuraciones posibles (1 persona, 2 personas y 3 personas por línea), las actividades que se desarrollan de manera conjunta son las de cargar y descargar el sistema (mezclado) para acelerar la producción. Sin embargo, en ninguno de los casos se asignan operaciones para la carga de la siguiente orden de producción, por lo que el tiempo de espera para cargar el sistema también contempla el tiempo de descarga de la orden anterior.

Es importante mencionar que las operaciones de transporte de materia prima y creación de vitaminas y minerales se llevan a cabo por otro personal, el cual debe de suministrar los insumos a todas las líneas de producción.

En última instancia, se detalla el tiempo que transcurre en cada línea de producción para procesar la orden a una capacidad máxima y mínima, con el fin de evidenciar la diferencia de tiempos según el balance propuesto y la cantidad de órdenes posibles a procesar durante un día. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 22. Tiempo y cantidad de órdenes de producción según mezcladora, cantidad de operarios y capacidad de la línea

| Mezcladora  | Operarios | Capacidad | Tiempo de producción (min) | Cantidad de órdenes posibles a procesar actualmente | Cantidad de órdenes procesadas actualmente |
|-------------|-----------|-----------|----------------------------|---|--|
| Línea #1    | 3         | Máxima    | 136,27                     | 4   | 5  |
|             | 2         | Mínima    | 137,13                     | 4   | 5  |
| Línea #2    | 3         | Máxima    | 93,06                      | 6   | 6  |
|             | 2         | Mínima    | 112,48                     | 5   | 6  |
| Pantalonera |           | Máxima    | 69,64                      | 8   | 8  |
|             | 1         | Mínima    | 63,83                      | 8   | 8  |
| Octogonal   |           | Máxima    | 68,36                      | 8   | 6  |
|             | 1         | Mínima    | 59,05                      | 9   | 6  |

|                |   |        |        |   |   |
|----------------|---|--------|--------|---|---|
| <b>Pequeña</b> | 2 | Máxima | 79,89  | 7 | 7 |
|                | 1 | Mínima | 69,16  | 8 | 8 |
| <b>Mediana</b> | 3 | Máxima | 72,64  | 7 | 5 |
|                | 2 | Mínima | 80,30  | 7 | 5 |
| <b>Grande</b>  | 3 | Máxima | 80,57  | 7 | 2 |
|                | 2 | Mínima | 100,56 | 5 | 3 |

La Tabla 22. Tiempo y cantidad de órdenes de producción según mezcladora, cantidad de operarios y capacidad de la línea”, muestra el detalle de las posibles configuraciones que se pueden dar durante la jornada laboral para producir una cantidad determinada de órdenes. De esta figura se destaca que la cantidad de órdenes posibles a procesar según los balances de línea, son similares a las cantidades que actualmente se producen.

Sin embargo, al comparar la cantidad de órdenes actuales con la cantidad de órdenes teórica (según el tiempo de carga y cuello de botella del sistema que se muestra en la Tabla 18. Cantidad de órdenes de procesamiento por línea de producción”, es notable que existe una brecha entre cada una de las líneas debido al tipo de configuración actual de la producción:

Tabla 23. Cumplimiento de la cantidad teórica de órdenes procesables

| <b>Mezcladora</b>  | <b>Capacidad</b> | <b>Cantidad de órdenes posibles a procesar según balance actual</b> | <b>Cantidad de órdenes posibles a procesar según cuello de botella y tiempo de carga</b> | <b>Porcentaje de cumplimiento</b> |
|--------------------|------------------|---|--|-----------------------------------|
| <b>Línea #1</b>    | Máxima           | 4   | 12   | 33%                               |
|                    | Mínima           | 4   | 19   | 21%                               |
| <b>Línea #2</b>    | Máxima           | 6   | 13   | 46%                               |
|                    | Mínima           | 5   | 19   | 26%                               |
| <b>Pantalonera</b> | Máxima           | 8   | 31   | 26%                               |
|                    | Mínima           | 8   | 31   | 26%                               |
| <b>Octogonal</b>   | Máxima           | 8   | 38   | 21%                               |
|                    | Mínima           | 9   | 38   | 24%                               |
| <b>Pequeña</b>     | Máxima           | 7   | 38   | 18%                               |
|                    | Mínima           | 8   | 38   | 21%                               |
| <b>Mediana</b>     | Máxima           | 7   | 34   | 21%                               |
|                    | Mínima           | 7   | 38   | 18%                               |
| <b>Grande</b>      | Máxima           | 7   | 26   | 27%                               |
|                    | Mínima           | 5   | 39   | 13%                               |

La Tabla 23. Cumplimiento de la cantidad teórica de órdenes , muestra el resultado de la configuración actual de las líneas de producción, donde el cumplimiento de las órdenes no supera el 46%. Dentro de los principales aspectos a tomar en cuenta está el tiempo de carga del sistema, el cual

actualmente se desarrolla después de terminar de procesar una orden, esto quiere decir que el tiempo de descarga del sistema le resta tiempo disponible al tiempo de carga del sistema debido a que no se le asigna a ningún operario la tarea de cargar la materia prima hasta finalizar con la orden.

### 2.7.5. Determinación de la utilización del cuello de botella.

En esta sección se describe la utilización de los cuellos de botella con el fin de identificar oportunidades de mejora en la mejora de este proceso. Inicialmente, se debe mencionar que en la organización se desconoce la utilización de los cuellos de botella, por lo que la asignación de recursos se lleva a cabo de manera empírica, según criterio del Departamento de producción. Los cuellos de botella son variables en función de variables como la presentación del producto que genera que se tenga que ensacar más veces en una misma tanda, cantidad de macro y micros que afectan los tiempos de alistamiento de estos según sea el producto, además, de acuerdo con la orden de producción y la máquina dichos cuellos de botella van a ser una u otra actividad. Por lo que, de manera general, se determina la utilización en las actividades y máquinas que anteriormente fueron identificadas como cuello de botella. Es importante recalcar que la mayor parte de las actividades del proceso productivo son manuales, por lo cual los operarios son el principal recurso productivo.

La organización no cuenta con los tiempos estándar por cada línea de producción, debido a que estos varían según la cantidad de materias primas y la cantidad de sacos por cada una de las órdenes de producción. Esto genera una situación de incertidumbre en el cálculo de la utilización y la capacidad del sistema productivo. La organización asigna las órdenes respecto a la disponibilidad de las máquinas y de los operarios de manera empírica, pero no se realiza ningún estudio de tiempos o de asignación para las órdenes.

Para el análisis de la utilización del cuello de botella de las líneas de producción, se estudian las actividades previamente identificadas, esto se puede visualizar de manera más específica en el Apéndice 10. Utilización de las actividades cuello de botella. Para la actividad de alisto de materia prima, la utilización se realiza de manera general; sin embargo, esta actividad alimenta a todas las máquinas de la empresa. A continuación, se presenta, de manera general, la utilización de la actividad:

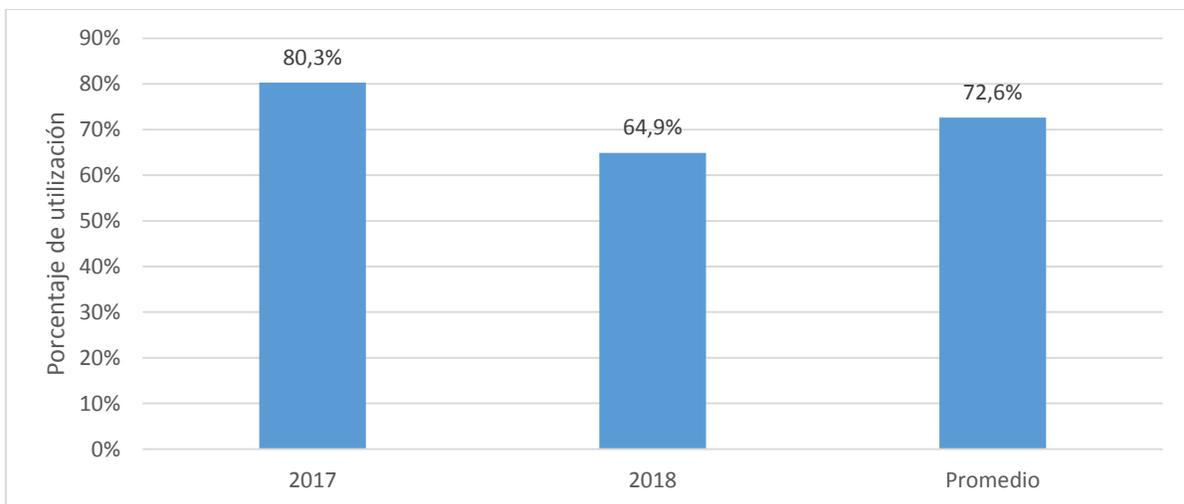


Figura 27. Utilización de la actividad alisto de micros (2017-2018)

Actualmente, dentro de los procesos de la organización, se mantiene en promedio un 72% de utilización en la actividad de alisto de micros, lo cual genera una oportunidad de mejora, ya que esta actividad permite el abastecimiento a las máquinas. Así pues, su capacidad de respuesta ante una

situación es muy baja y, actualmente, como se presenta en el Apéndice 5. Tiempos productivos e improductivos, un 15% del tiempo improductivo de las máquinas responde a que hay ausencia de al menos una materia prima, por lo que se desabastece la línea de producción y se da un retraso que incluso genera horas extra.

A continuación, a manera de resumen, se muestra la utilización promedio de las actividades de cuello de botella, según cada una de las máquinas. Se muestra, resaltada, la actividad según corresponda a su cuello de botella y en un color más claro si no lo son.

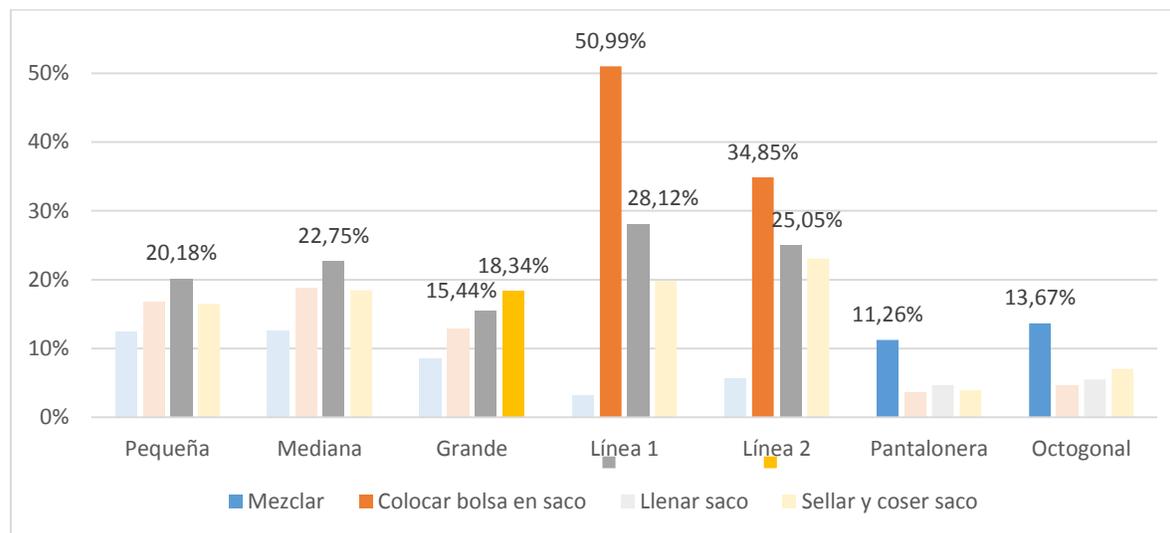


Figura 28. Utilización promedio de actividades de cuello de botella según las máquinas de producción

En las figuras anteriores, se puede visualizar que los cuellos de botella actualmente mantienen un gran margen para el crecimiento, debido a que su utilización es inferior al 50%, pero esto permite cumplir con la demanda y a su vez mantener un excedente de la capacidad de las máquinas. Sin embargo, actualmente incluyen horas extras, lo que refleja la incorrecta administración del tiempo disponible. Al desconocer la capacidad de la organización se incurre en costos de mano de obra innecesarios para cumplir con las necesidades del cliente.

### 2.7.6. Estimación de costos por mano de obra directa.

Se identifican los costos referentes a mano de obra directa en la división de premezclas, identificando las horas extras mensuales que se realizan para el cumplimiento del plan de producción. A continuación, se muestran la cantidad de horas extras realizadas de enero 2017 a diciembre 2018 incluyendo solamente a los operarios de proceso.

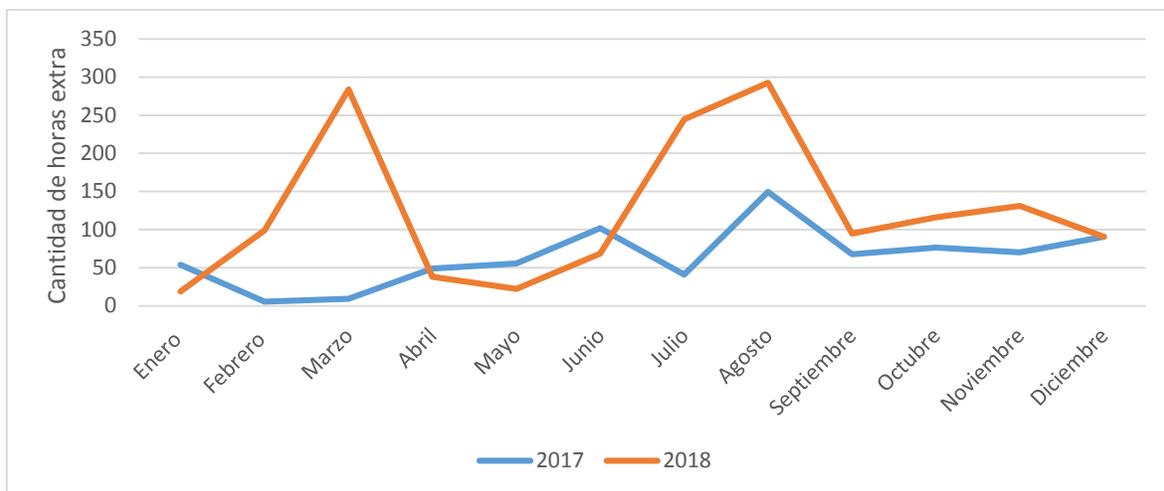


Figura 29. Cuantificación de horas extra de operarios de proceso (enero 2017-diciembre 2018)

Es importante mencionar que, en el año 2017, se cuantifican los costos por mano de obra directa en un total de ₡42 561 163,14 a diferencia del año 2018 de ₡45 328 562,48 colones, en donde se puede identificar un aumento del 6,50 % en los mismos debido al aumento en horas extras a como se observa en Figura 29. Cuantificación de horas extra de operarios de proceso (enero 2017-diciembre 2018)”. A su vez, se mantiene una producción para el año 2017 de 1 268 804,04kg con un costo unitario de producción de ₡33,54/kg, a diferencia del 2018, con un total de 3 248 633,93kg con un costo unitario de producción de ₡13,95/kg.

### 2.7.7. Hallazgos de la planeación de requerimientos de capacidad.

En primera instancia, hay que mencionar que actualmente la organización no mantiene una cuantificación de la capacidad, ni es un insumo para realizar el plan maestro de producción. Por lo que se puede subestimar o sobreestimar el tiempo disponible, al incluir dentro de la planeación órdenes que no se realiza durante el tiempo disponible, y se deba incurrir en utilizar horas extra para cumplir con las necesidades de los clientes. A su vez, los únicos dos insumos para la planeación de la capacidad son, la disponibilidad de la máquina y la cantidad de operarios, por lo que su asignación se hace a partir de un criterio empírico.

Asimismo, los reprocesos y desperdicios no son un indicador dentro de la organización, aunque los mismos son reportados por los operarios en las bitácoras de producción de cada una de las máquinas. Sin embargo, como se visualizó anteriormente, esta información no es significativa, pues los desperdicios son menores al 2%, con excepción de la pantalonera, la cual presenta desperdicio debido a la naturaleza de la máquina. Entonces, el desperdicio actualmente no es una variable de atención para la organización.

A su vez, en promedio, un 55% del tiempo de las máquinas es improductivo, ya que se desperdicia el tiempo disponible en actividades evitables, en donde un 42% resulta de la ausencia de asignación de una hora de producción, así como el 15%, que se genera por las demoras de la materia prima tanto como que la materia se encuentra desabastecida, o porque el operario va a la bodega por existir algún faltante de materias primas dentro de la orden de producción (por error en la bodega o durante la espera por el montacargas que transporta las materias primas de mayor volumen).

En lo que respecta a los tiempos ciclo por línea de producción, se recalca que la organización no tiene determinado un número exacto, y los tiempos ciclos se basan en aproximaciones por familias

de productos. A partir de ello se evidencia la falta de planeación en el proceso de determinación de la capacidad de las líneas de producción. Lo anterior se relaciona con que los balances de línea actuales tengan como resultado un aprovechamiento de las líneas de producción menor al 49%, siendo un factor adicional resultante del cuello de botella de los ciclos productivos.

Además, se identifica que las operaciones de llenar saco, alistar materias primas y mezclado, son las operaciones cuello de botella en las líneas de producción. Sin embargo, cada una de ellas tiene la posibilidad de ser un cuello de botella móvil, tal y como se muestra en Tabla 13. Cuello de botella por línea de producción”. Dicho hallazgo no es de conocimiento en la empresa, por lo que debe ser un factor importante en la sección de diseño de la planificación de recursos de capacidad, para lograr una adecuada asignación de los recursos según las necesidades de cada línea.

## 7.8. Planificación de requerimientos de materiales.

### 2.8.1. Descripción del método.

La planificación de los requerimientos de materiales inicia con la revisión del inventario de materias primas en el programa *Softland* versus los consumos promedios semanales por materia prima. Se usa un promedio de 6 meses de inventario para definir el consumo semanal de las materias primas, con el objetivo de que haya un inventario suficiente para las siguientes 18 semanas de producción. Posteriormente, se identifican todas aquellas materias primas con un inventario menor a lo mencionado, para solicitar al departamento de Compras el abastecimiento de las mismas.

Cada año, el departamento de Ventas envía una proyección de las ventas, en la cual despliega los requerimientos de materia prima para satisfacer dichas proyecciones; sin embargo; dicha proyección no considera factores como desperdicios, AQL de proveedores y, además, no se elabora contemplando el B.O.M o lista de materiales por producto, por lo que lo comprado solo es un estimado a criterio experto y con base en consumos históricos mensuales. Con base en lo anterior se genera el requerimiento de materias primas dirigido al departamento de Compras.

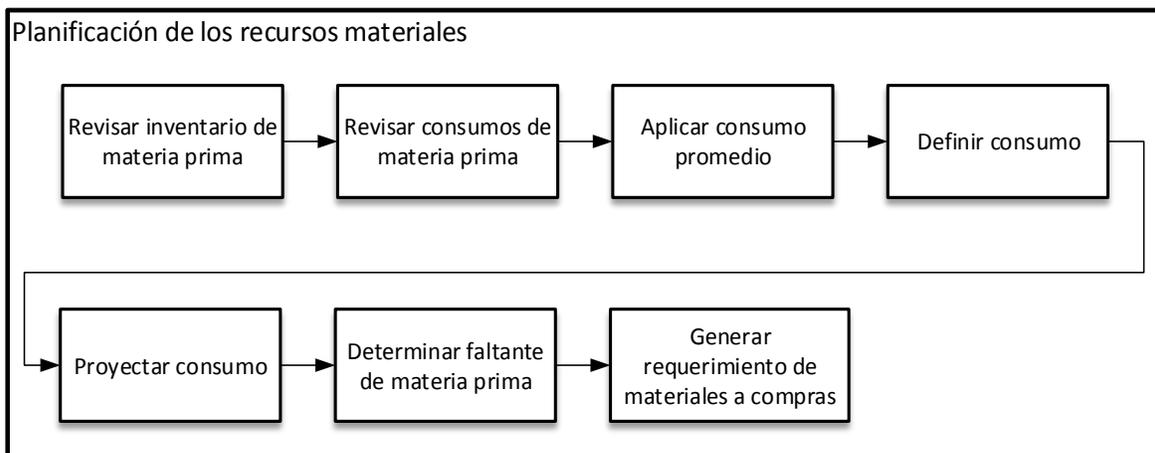


Figura 30. Planificación de los requerimientos de materiales

### 2.8.2. Caracterización de materia prima.

Con el fin de determinar las características de las materias primas que juegan un rol primordial en cuanto al abastecimiento y disponibilidad se refiere, se procede a identificar elementos tales como: *lead time*, *scrap*, frecuencias de pedidos, tamaños de pedidos, proveedor, procedencia y vencimiento. A continuación, se muestra un resumen de los principales hallazgos:

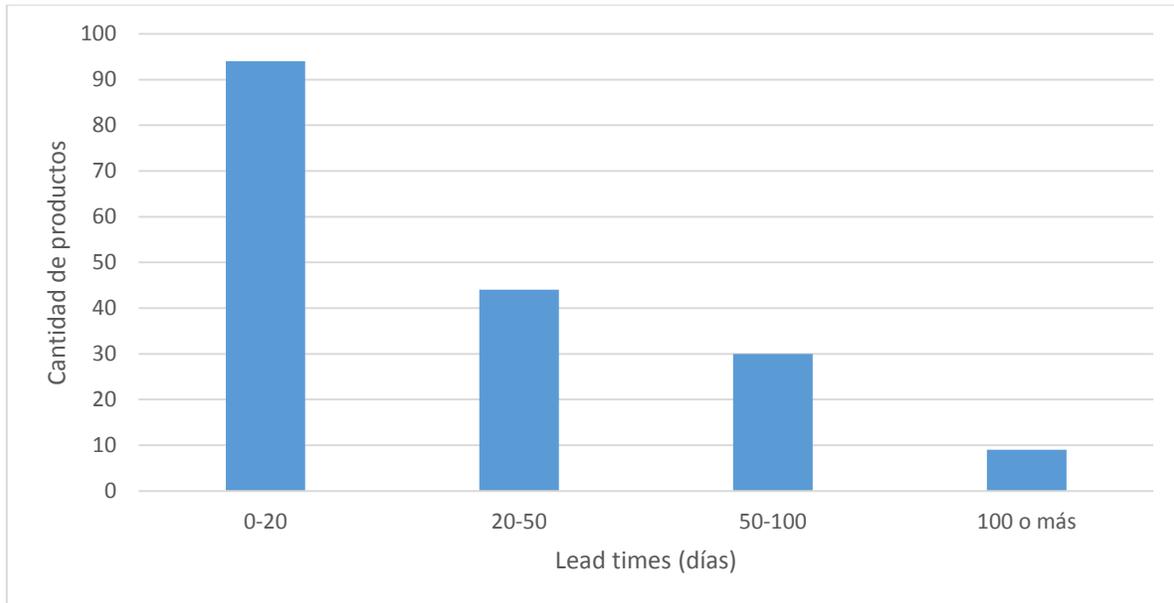


Figura 31. Lead time (días) para las materias primas

En la Figura 31. Lead time (días) para las materias primas”, se puede denotar como 39 materias primas tienen un lead time mayor a los 50 días. Este grupo está conformado principalmente por las materias primas provenientes del extranjero y en su mayoría se trata de familias como vitaminas, enzimas y minerales.

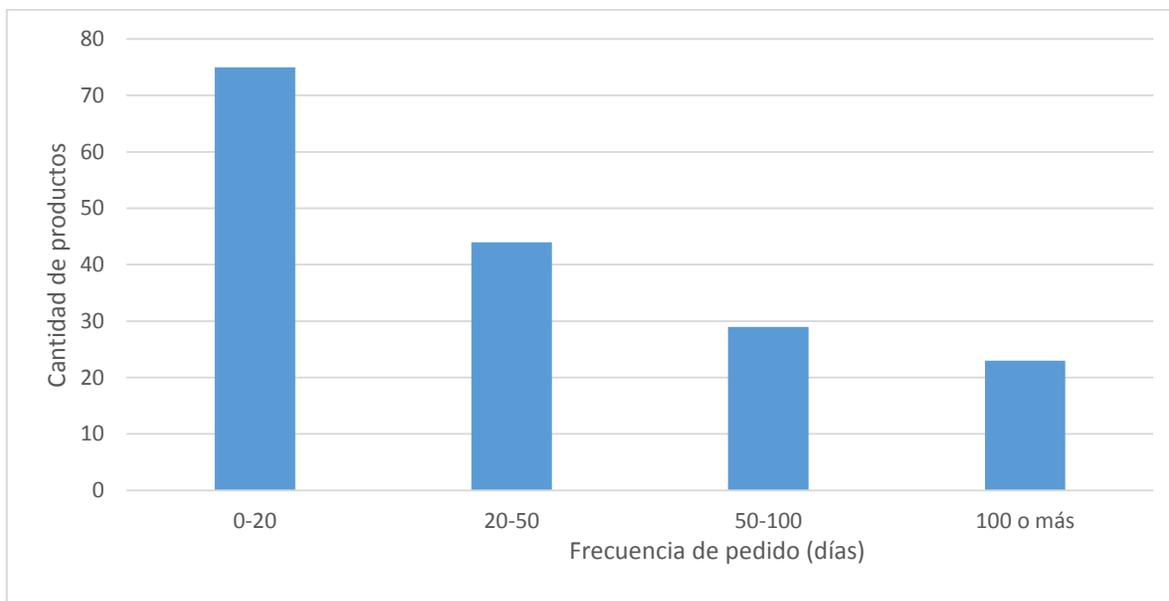


Figura 32. Frecuencia de pedido (días) para las materias primas

Por otra parte, en la Figura 32. Frecuencia de pedido (días) para las materias primas”, se observa como 52 materias primas cuentan con una frecuencia de pedido superior a los 50 días. Los motivos para esto son materias primas que vienen del extranjero y como resultado de políticas del proveedor, de costos y de otros factores. Por ello se incurre en la compra de la cantidad mínima posible, la cual alcanza para varias semanas, incluso meses de abastecimiento.

### 2.8.3. Análisis del desperdicio de materia prima.

Laboratorios Faryvet S.A, actualmente no cuenta con ningún control acerca del desperdicio de materia prima. Lo único cuantificado son los desperdicios de producto en general por máquina de producción, como se describe en el apartado Estudio del desperdicio.

### 2.8.4. Análisis de excesos o faltantes de inventario.

Cabe destacar que Laboratorios Faryvet S.A realiza su estimación o Planificación de requerimientos de materiales con base en una proyección del departamento de Ventas, en primera instancia. La estimación se ajusta con el conocimiento experto y datos históricos de consumos de materia prima. Sin embargo, se debe resaltar que la brecha entre la proyección de Ventas y el pronóstico del departamento de Producción tiene diferencias significativas. Así, los requerimientos asociados para cumplir con la proyección realizada por el primer departamento difieren a su vez de lo requerido por Producción. Además de lo anterior, tenemos un error de pronóstico incorrecto, denotado en la sección 2.5.3 Error de pronóstico, donde se evidencia que solo el 5% de los productos tienen un adecuado error de pronóstico. Ello imposibilita que la planificación de requerimientos materiales sea correcta para las operaciones de la compañía.

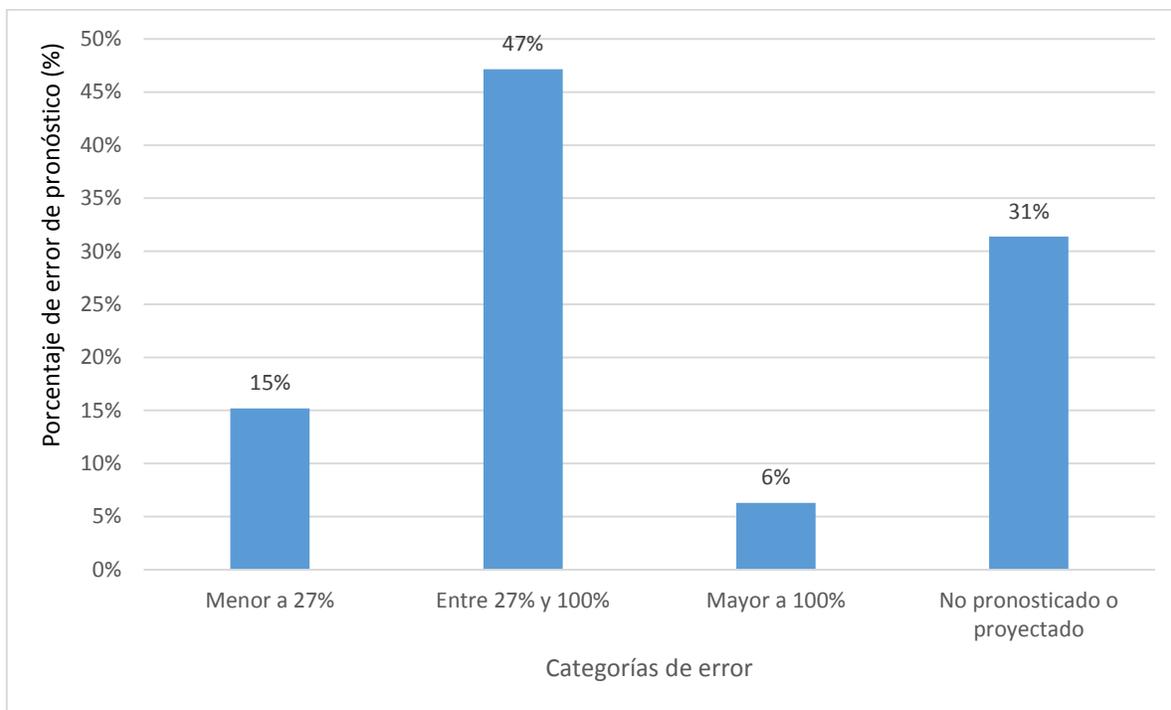


Figura 33. Brecha entre la proyección del departamento de ventas y pronóstico del departamento de producción

Al observar la Figura 33. Brecha entre la proyección del departamento de ventas y pronóstico del departamento de producción”, se denota que, entre las proyecciones mencionadas, solo el 15% de los productos posee un error igual o menor al 27%, que un 47% se encuentra entre 27% y 100% de error, mientras que un 6% está por arriba del 100% de error y el 31% restante ni siquiera está en la proyección de Ventas o en el pronóstico de Producción. El problema con lo denotado es que la proyección de Ventas es la que se usa para la compra de materias primas, pero, a la vez, no se realiza ningún despliegue de lista de materiales por productos para determinar la cantidad requerida por materia prima, además de excluir factores como desperdicio y AQL (límite de calidad aceptable), todo lo cual ha derivado en faltantes o excedentes de materia.

Al analizar las transacciones realizadas por la compañía en el sistema *Softland*, se detectan varias condiciones para las materias primas de la compañía, que detallamos a continuación:

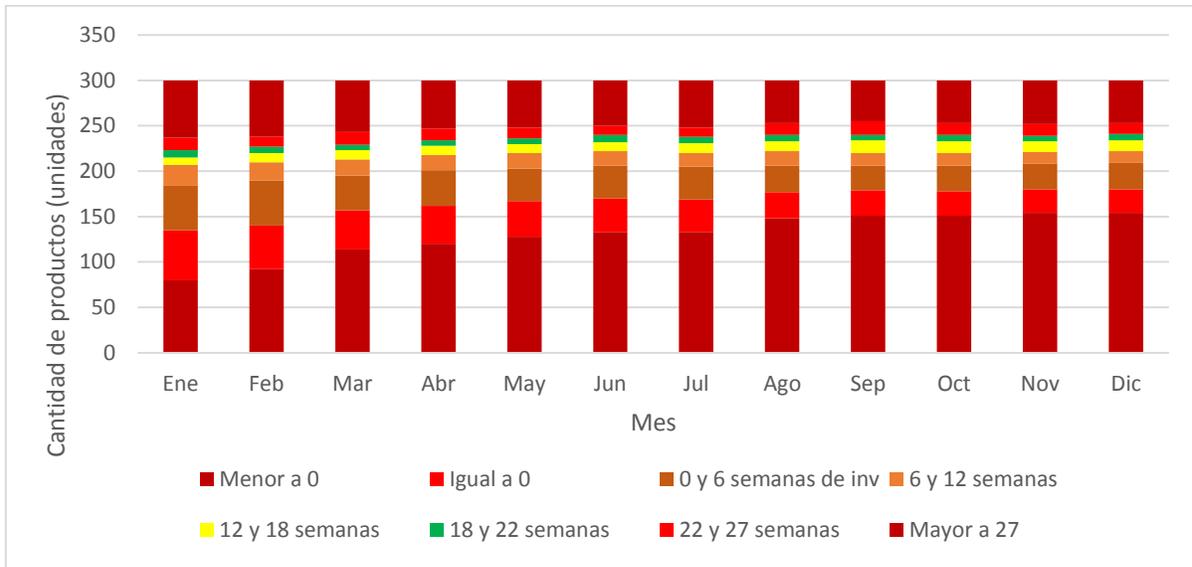


Figura 34. Condiciones del inventario de materias primas

Al sumar el inventario inicial más lo comprado, y a lo anterior restarle los consumos y ventas de materias primas, se observa la segmentación del estado del inventario para el periodo de 2017-2018. Destaca la gran cantidad de materias primas en desabasto, que se resumen de mejor manera en la siguiente figura, dado que tiene un comportamiento ascendente:

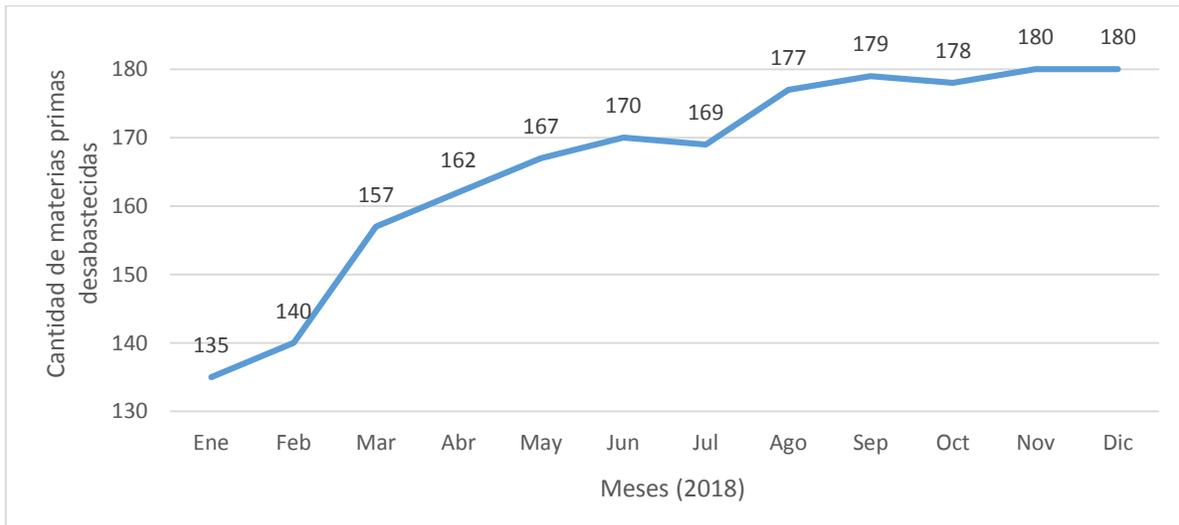


Figura 35. Materias primas desabastecidas

Como se puede observar, para el año 2018, se inicia con 135 materias primas desabastecidas, lo cual siguió en aumento hasta 180 para finales del mismo año. Por otra parte, se denota que, durante el periodo de estudio, solo 6 materias primas en promedio se adecuan a la política actual de inventarios de la organización: las restantes materias primas se encuentran, o muy por arriba de la misma o por debajo de lo establecido. Cabe destacar que la meta interna empresarial es mantener 18 semanas de inventario para las materias primas, lo que concuerda con la realidad actual de la organización, ya que la principal razón de la improductividad y de los atrasos en el día a día se debe a faltantes de materia prima.

### **2.8.5. Hallazgos de la planeación de requerimientos de materiales.**

- La brecha entre la proyección del Departamento de ventas y el pronóstico del Departamento de producción es uno de los principales factores para el desabasto de materia prima, porque solo es una estimación de lo que la parte comercial proyecta vender.
- El despliegue para la planeación de requerimientos de materiales no se elabora contemplando el BOM, por lo que la compra o abastecimiento realizado es un estimado de lo requerido a criterio experto.
- Actualmente, Laboratorios Faryvet por parte del departamento de Producción elabora una proyección de consumo semanal para las materias primas, en la que 117 materias primas que no deberían consumirse debido a que no cuentan con un estimado de consumo, se están consumiendo e incluso algunas de las mismas cuentan con excedentes.
- Se cuenta con 71 materias primas con excedentes de inventario.
- Hay errores en el registro de materias primas en lo que al sistema *Softland* respecta, dado que refleja márgenes de diferencias significativos respecto a los estados del inventario, lo cual se debe a no ingresar las transacciones a tiempo. Esto está provocando el uso de misceláneos y físicos para ajustar el mismo, pero sin dar buenos resultados.
- Generación de atrasos por faltantes de materia prima, efecto que aporta el incumplimiento del MPS.

## **7.9. Secuenciamiento y programación de la producción.**

### **2.9.1. Criterio de secuenciamiento.**

Laboratorios Faryvet S.A actualmente no cuenta con un criterio de secuenciamiento establecido, sino que se le elabora de manera empírica y por medio de conocimiento experto por parte del gerente de producción. Este funcionario, semana a semana realiza la programación de la producción y el secuenciamiento para la semana siguiente. Este método se describe de la siguiente manera:

- Revisar inventario de producto terminado.
- Obtener promedio móvil simple de las ventas de los últimos 6 meses.
- Decidir la cantidad de inventario a satisfacer según la necesidad mensual, quincenal o semanal para el producto en cuestión.
- Calcular cantidad de tandas y asociar las mismas a cada máquina, tomando como criterio la elaboración de tandas con tamaños en kg no menores al 67% de la capacidad de la máquina.
- Revisar órdenes de producción y pedidos y comparar las mismas con las rutas de entrega, para que los pedidos se entreguen a tiempo.

Como se puede denotar, el criterio para la secuenciación de la producción en la compañía toma como insumos: rutas, cantidad de producto terminado en inventarios, histórico de ventas de los últimos meses, pero, además, se ve alimentado del criterio experto, todo lo cual redundo en que el actual proceso de secuenciamiento no esté estandarizado y la toma de decisiones se torne subjetiva.

Cabe resaltar que este secuenciamiento teórico se ve en constante modificación durante la puesta en marcha de la semana debido a varios factores, entre los que se encuentran: la aceptación de ordenes inesperadas, los faltantes de materia prima que desplacen o atrasen una orden de producción, o bien la priorización de órdenes en acatamiento a la estrategia organizacional de entregar el producto al cliente en 72 horas a partir del pedido.

Un punto importante a tener en cuenta es que, cuando se aceptan órdenes inesperadas o se prioriza una sobre otra, no se analizan tiempos de operación, capacidad, requerimientos de materiales, lo cual genera que un fallo en el nuevo secuenciamiento maximice sus efectos.

Se identifican factores que pueden alterar el *makespan*, tales como incurrir en limpiezas de arrastre resultado de un mal secuenciamiento, o tiempos de limpieza o alistos de máquina a raíz de la combinación de productos incompatibles en una misma máquina. Por lo anterior, la organización usa criterios para establecer el secuenciamiento relacionados a la familia o naturaleza del producto, los cuales se determinan a continuación:

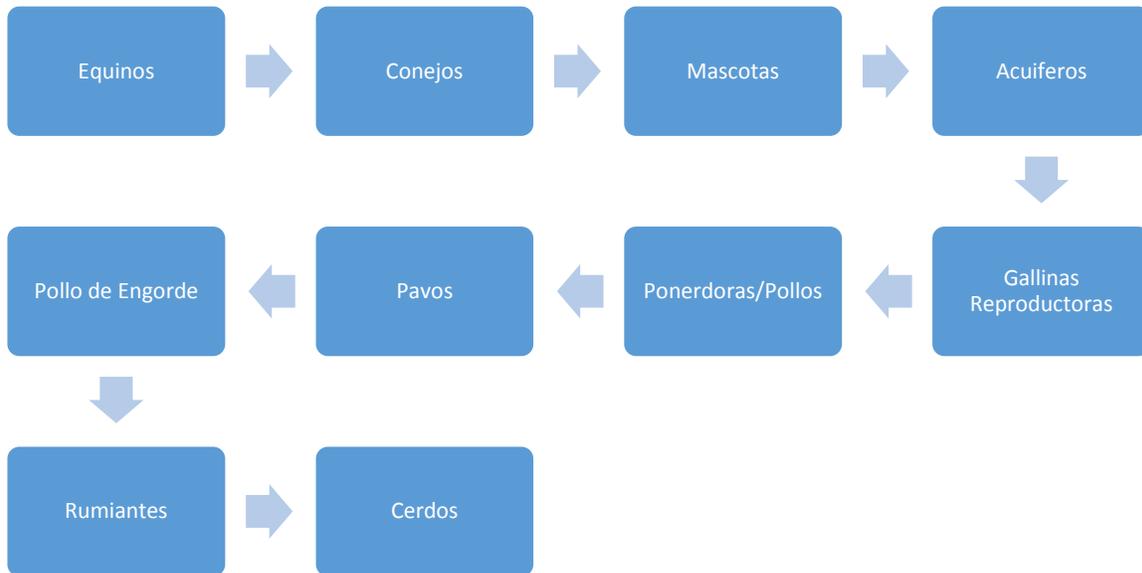


Figura 36. Criterio de secuenciamiento

El secuenciamiento se debe realizar de acuerdo con el flujo planteado anteriormente, respetando los criterios de inocuidad establecidos por entidades superiores. Si se llegara a establecer un contraflujo entre ellos, debe realizarse una limpieza de arrastre. Esta se refiere a una tanda completa de una materia prima que permite la captura de medicamentos u otras materias primas que pueda afectar directa o indirectamente a otra especie. Su duración depende de la máquina a realizarse, el mínimo es de un aproximado de 15 minutos y el máximo de 1 hora 30 minutos.

Por otra parte, el incumplimiento o modificación del secuenciamiento establecido a inicio de cada semana va generando ciertos atrasos, desplazamientos a lo largo de la misma que se traducen en tiempo de alistos, que van restando tiempo al total disponible para la producción. Esto afecta la salida de producto terminado o bien el *makespan*.

Para evidenciar que existen factores que alteran positiva o negativamente el *makespan*, se procede a analizar la duración de una semana de producción, tanto real como teórica, para evidenciar un incremento en dicha duración debido a factores que actualmente no son registrados por la organización.

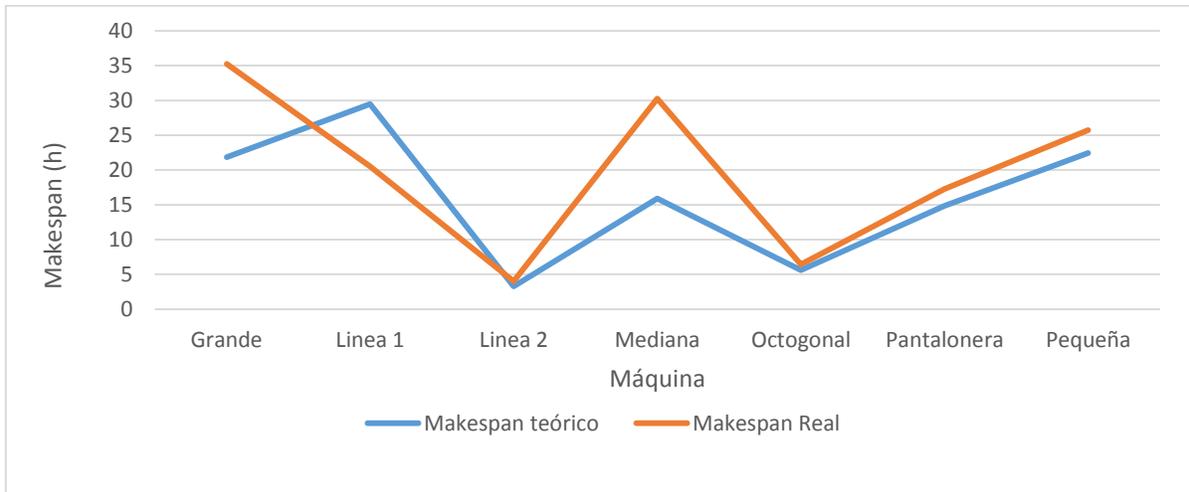


Figura 37. Makespan teórico vs real

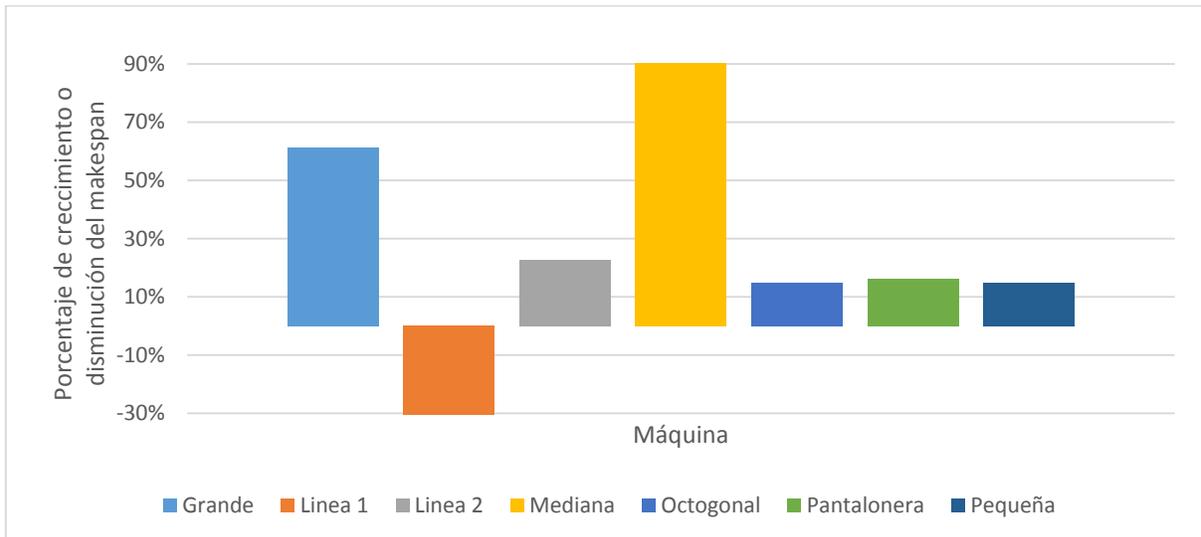


Figura 38. Porcentaje de incremento o disminución del makespan respecto al teórico

En la Figura 37. *Makespan teórico vs real*”, se evidencia que, por máquina, el *makespan* teórico es mucho menor al real, a excepción de la Línea 1; la máquina de mayor capacidad de producción de la planta y en la cual se asignan más recursos. Las demás presentan en promedio un 37% más de duración respecto al estimado teórico para las mismas órdenes de producción. Al analizar el *makespan* total de la semana de producción, el real excede en 26 horas al teórico, lo que representa un 23% de incremento respecto al mismo.

Se analizaron las principales causas de atrasos registradas para los últimos dos años (2017 y 2018) en donde se denota el siguiente comportamiento:

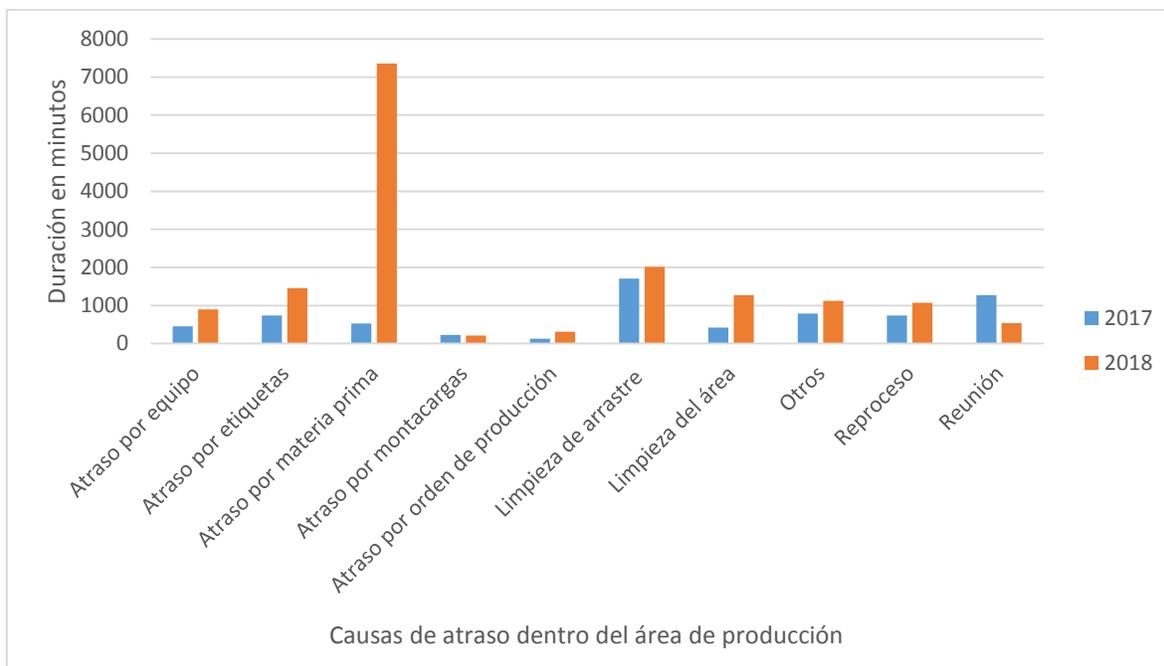


Figura 39. Causas de atraso y duración en minutos

La Figura 39. Causas de atraso y duración en minutos”, la principal causa de atraso para el 2018 fue la de atrasos por materias primas, seguido por limpieza de arrastres, atrasos por etiquetas y limpieza del área. Cabe destacar que todos estos atrasos no son comúnmente registrados y los colaboradores de la organización registran la confección de las órdenes, como si su duración no hubiese sufrido ningún imprevisto o atraso.

Sumado a lo anterior, en la sección Estudio de productividad e improductividad, en la Figura 23. Actividades por categoría de productividad e improductividad”, se observan las principales causas de la improductividad de las líneas de producción, entre las que destacan: demoras por materias primas, máquinas sin orden de producción, demoras por etiquetas, demoras por limpiezas, y otros.

### 2.9.2. Criterio de programación de la producción.

La empresa Laboratorios Faryvet no cuenta con un método establecido de programación de la producción, sino que el mismo es realizado por parte del gerente de producción. Consecuentemente, se trata de un método basado en el conocimiento experto del funcionario y carente de bases teóricas y de estandarización, razones por las que todas las tomas de decisiones respecto a la programación de la producción, flujo de materiales y de producto, están bajo responsabilidad del funcionario mencionado.

Actualmente el gerente de producción elabora un plan semanal de producción, ordenado según el criterio de este para la secuencia de cada orden. Sin embargo, una vez iniciada la semana, dicho plan y su puesta en marcha se van modificando por diversas razones, incluyendo el ingreso de nuevas órdenes y su priorización, y desabastos de materia prima. También influyen otras situaciones que no están siendo registradas porque son decisiones que el o los operarios se ven en la necesidad de tomarlas. Evidencia de ello es la utilización de una bitácora de producción por línea o máquina de trabajo, en la que anotan la hora de Carga, la Revisión, el Dispensado y el Empaque de las órdenes, pero no así eventos que afecten el actuar de la orden en proceso.

### 2.9.3. Descripción del flujo de materiales.

En lo que respecta al flujo de materia prima, la organización presenta el siguiente diagrama:

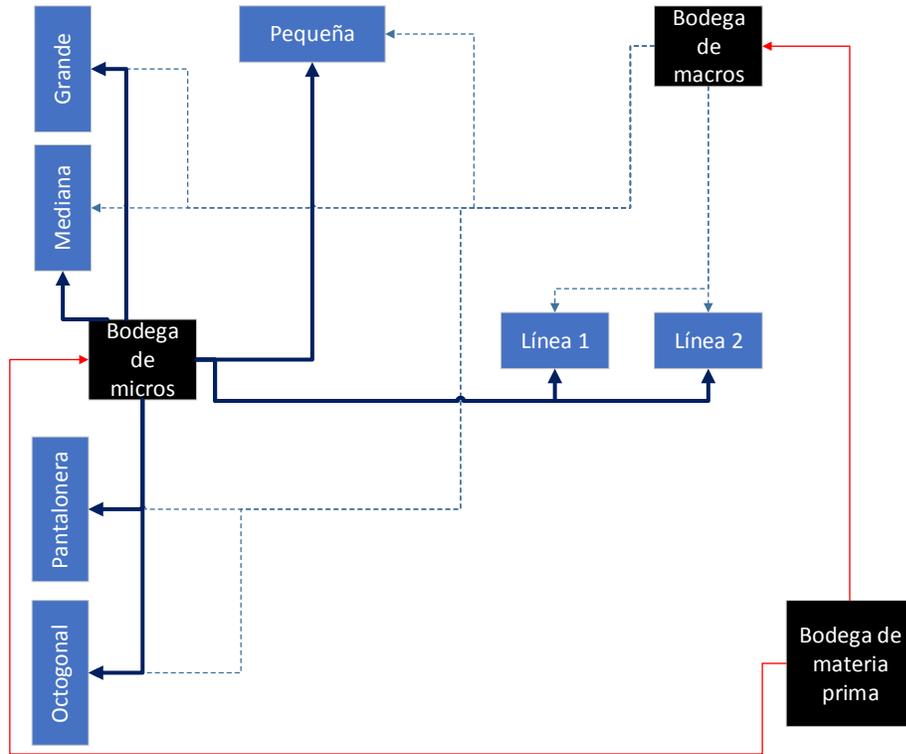


Figura 40. Flujo de materia prima

Asimismo, se presenta su respectiva simbología:

Tabla 24. Simbología del flujo de materiales

| Simbología  |  |
|---|--|
| Flujo de materia prima de la bodega principal a las bodegas de micros y macros. |  |
| Flujo de materia prima de bodega de macros a las máquinas.                      |  |
| Flujo de materia prima de bodega de micros a las máquinas.                      |  |

La Figura 40. Flujo de materia prima”, muestra tres bodegas de materiales. La función de la “Bodega de materia prima” es abastecer a las bodegas de macros y micros por medio del traspaso de tarimas a las zonas de almacenaje. La bodega de macros distribuye la materia prima a cada una de las líneas de producción por medio de un montacargas. En cuanto a la bodega de micros, en esta se encuentra un almacén que resguarda pequeñas cantidades de materias primas y otra área de alisto de órdenes de micros (vitaminas y minerales). Esta zona presenta el problema de que los transportes de materias primas son elaborados por el personal que hace los alistos de las mismas, y recordando que en la sección de Planificación de los recursos de capacidad uno de los cuellos de botella señalados es la operación de alisto de vitaminas y minerales, encontramos que se está quitando tiempo disponible a esta operación por asignar actividades adicionales.

Cabe mencionar que la bodega de macros abastece a las líneas o máquinas de producción con todos aquellos componentes con un peso inferior a los 6 kg. Todo lo que sea superior a este peso es alistado por el personal de la bodega de Macros. Por otra parte, el personal y la zona de materia prima y alisto de micros (vitaminas y minerales), está presentando deficiencias debido a que no tienen contemplados puntos de reorden para el reabastecimiento de sus materias primas. Además, no tienen acceso a la bodega o almacén de micros situado al lado de la zona en cuestión, por lo que deben incurrir en transportes para buscar las materias primas y abastecer las mismas, o bien buscar a los encargados de dicha bodega para que permitan el acceso y así lograr reabastecer las necesidades de materias primas.

Una vez conformadas las órdenes en micros, se las transporta en una sola bolsa que consolida todos los componentes de la orden, hacia un rack donde los operarios de la línea de producción o máquina respectiva llegan a buscar la misma al inicio de cada orden. Con esto, consolidan esos micros con la orden abastecida por el montacargas desde la bodega de macros, en la que usualmente se consolidan las órdenes en tarimas y se las lleva hasta el sitio de trabajo respectivo. Una vez unificados los componentes de la orden de producción se procede a cargar la máquina, mezclar, dispensar saco a saco según presentación, entarimar y, una vez completada la tarima de producto, se la paletiza y se la lleva al almacén de producto terminado, para dar por concluido el flujo del material.

#### **2.9.4. Hallazgos sobre programación y secuenciación.**

- Los métodos actuales para la programación y secuenciación de la producción no se encuentran estandarizados ni sistematizados, sino que son productos del criterio experto y toma de decisiones del gerente de producción de la organización.
- El secuenciamiento se ve en constante modificación a lo largo del día o la semana, debido a la aceptación de órdenes de producción no contempladas a la hora de realizar la programación de la producción, a faltantes de materia prima, a modificación de rutas, o bien a cambios en la asignación de recursos debido a la priorización brindada por el gerente mencionado.
- No se cuenta con registros para documentar lo acontecido en la puesta en marcha de la producción, por lo que se desconocen los factores que restan tiempo a la misma o su impacto.
- El *makespan* teórico y real difieren debido a causantes de improductividad.
- Se incurre en alistos de máquina y limpiezas por un mal secuenciamiento, dado que hay familias de productos que no pueden mezclarse por razones de inocuidad de los mismos o de salud de los usuarios finales. Esto se debe a que, aunque los operarios y el gerente de producción conocen dichos criterios, se sigue incurriendo en ellos.
- Otro factor que está impactando los procesos actuales de programación y secuenciación de la producción son los atrasos por materias primas, los que, como se evidencia en el Figura 23. Actividades por categoría de productividad e improductividad”, representan el 15 % de la improductividad de la organización.

- Por otra parte, el flujo de materias primas y procesos de reabastecimiento de las mismas está repercutiendo directamente en el desempeño de las actividades de las áreas relacionadas como lo son los alistos de macros y micros.

## **7.10. Control y seguimiento.**

### **2.10.1. Descripción del método.**

El control y seguimiento se realiza por parte del Departamento de Producción, encargado de verificar las órdenes de manera diaria, revisando la cantidad de órdenes que se han producido y los recursos que han sido asignados. Se compara posteriormente con el registro de órdenes pendientes y se vuelven a asignar los recursos disponibles a las máquinas. Como se mencionó anteriormente, existen diferentes balances de línea y asignaciones en las máquinas, según la cantidad de órdenes. A su vez, si se debe incurrir en horas extras se notifica a los colaboradores.

Asimismo, en el estudio se han contemplado los indicadores que utiliza actualmente la organización para cuantificar e identificar oportunidades de mejora para el éxito de sus operaciones. Sin embargo, la organización no cuenta con indicadores dentro de sus áreas organizacionales y la mayoría están sujetos a criterio del departamento.

### **2.10.2. Registro de órdenes pendientes.**

La organización mantiene un registro de órdenes pendientes con una ventana de una semana. Allí, diariamente se registran las órdenes que son asignadas a cada una de las máquinas y se colocan a la disposición de los colaboradores para que se mantenga el conocimiento de cuáles son las órdenes que deben realizarse. Este registro se modifica cada día según son realizadas las órdenes. Sin embargo, durante el día puede modificarse si ingresa otra orden con una mayor urgencia para el cliente o bien, si existe un viaje a una zona alejada por lo que, para reducir costos, se modifica el registro de órdenes pendientes, para minimizar los costos de producción.

### **2.10.3. Horas extra.**

La organización cuantifica el aprovechamiento de sus recursos mediante un registro de horas extra, donde se determina el porcentaje de las horas extras sobre la totalidad de horas hombres incurridas por la empresa. Para lo anterior se utilizan los registros de enero del 2017 a diciembre del año 2018. Estas se cuantifican según la cantidad de operarios, debido a que se ha variado su número en los últimos dos años. A continuación, se muestra el comportamiento de los mismos:

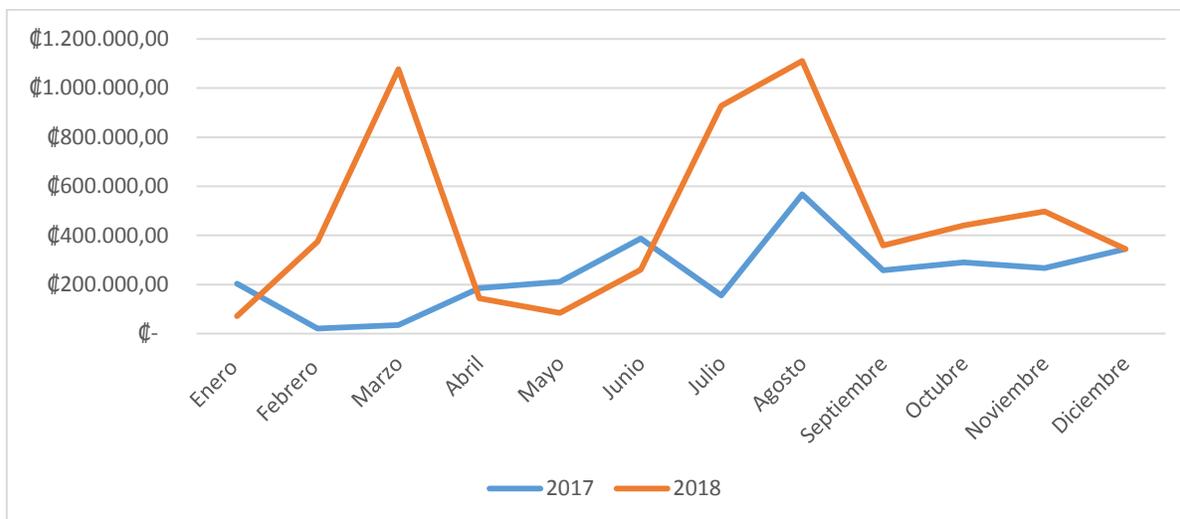


Figura 41. Horas extra de enero 2017 a diciembre 2018

#### 2.10.4. Hallazgos de control y seguimiento.

A partir de los dos indicadores dentro del sistema de producción, se identifica la necesidad de incorporar más indicadores, de manera que se ajusten a la estrategia organizacional y permitan identificar y cuantificar las oportunidades de mejora de la organización. Sin embargo, es importante mencionar que existen indicadores como las ventas pérdidas, mencionadas en el documento, que no se encuentran dentro de estos indicadores, ya que apenas se dispone de un registro ocasional, insuficiente para ser incorporado como parte del control y seguimiento del sistema y permitir una visualización de la situación actual de la organización.

#### 7.11. Conclusiones del diagnóstico.

El análisis de los procesos que conforman el sistema de planificación y control de la producción de la empresa Laboratorios Faryvet S.A permite detallar, en todas las áreas, oportunidades de mejora debido a los hallazgos encontrados en cada una de ellas:

- La organización utiliza sus ventas como insumo para la planificación de la demanda, pero no toma en cuenta la demanda como tal.
- La empresa no registra las ventas perdidas, lo que les impide realizar ajustes para la planeación de la demanda.
- El pronóstico que se realiza con el promedio móvil simple no contempla factores de estacionalidad y tendencia, ya que la organización no caracteriza la demanda según este tipo de criterios. Todo lo anterior redundo en que la organización obtenga un 70% de sus productos con un error de pronóstico mayor al 27%.
- El plan maestro de producción presenta un incumplimiento mayor al 50% por el desconocimiento de la capacidad de las líneas de producción, que les induce a procesar menos del 50% de las órdenes posibles durante la jornada laboral.
- El método empleado para realizar los pronósticos les provoca que menos del 11% de los productos tengan un error de pronóstico menor al 27%, induciendo a que el departamento de Producción ejecute órdenes no pedidas por el cliente, o produzca órdenes que no estaban planificadas y han sido pedidas por el cliente durante la jornada laboral. Esto representa el 45% de los productos estudiados.

- En el análisis de la planeación de los requerimientos de capacidad, la organización actualmente desconoce la capacidad real de cada una de las líneas de producción, donde los cuellos de botella varían de acuerdo con la línea de producción y capacidad de cada línea.
- Actualmente, considerando el tiempo improductivo y el balance de las líneas por criterio experto, se tiene como resultado que el tiempo de utilización de los cuellos de botella es menor al 51%, lo cual reduce el aprovechamiento de las líneas en un 49%.
- La planificación de materiales, se elabora a partir de una estimación o proyección de lo que el departamento de Ventas considera se va a vender. Esta proyección presenta grandes brechas respecto a lo que el departamento de Producción pronostica: solo el 11% de los productos cuenta con una brecha menor al 27% entre estimaciones de los departamentos.
- La planificación de materiales no es elaborada mediante la lista de materiales o BOM, por lo que brinda como requerimiento sea solo una estimación a criterio experto de lo que realmente se va a requerir. Prueba de lo anterior es que para el año 2018 el 60% de las materias primas se encontraban desabastecidas al mes de diciembre.  
Los desabastos de materia prima están generando atrasos por materias primas de 122,56 horas para el 2018, lo que está afectando el cumplimiento del MPS y es factor de incremento al *makespan*. Sumado a lo anterior, solo el 2,25% de las materias primas está acorde con la política de mantener como mínimo 18 semanas de inventario.
- El secuenciamiento y la programación de la producción son procesos que, actualmente, dependen del criterio experto del gerente de producción de la organización. No son controlados ni registrados aquellos eventos o factores que puedan generar alteraciones en la duración de la producción.
- Al analizar el *makespan* teórico vs el real de una semana de producción, se obtiene un incremento del 23% debido a factores como: atrasos por materias primas, limpiezas de arrastre, demora por etiquetas, entre otros, que van restando tiempo a la jornada diaria y aportan al incumplimiento del MPS y a la baja utilización en los cuellos de botella.
- La organización no incluye indicadores dentro de su área productiva lo cual no permite medir de manera continua las operaciones.

## Capítulo III. Diseño

### 7.1. Objetivos de diseño.

#### 3.1.1. Objetivo general.

Rediseñar el sistema de planificación y control de la producción en la división de premezclas con el fin de cumplir el plan de producción, disminuir el error de pronóstico y el desabastecimiento de materia prima de Laboratorios Faryvet.

#### 3.1.2. Objetivos específicos.

- Restablecer la metodología de los procesos del sistema de planificación y control de la producción con el propósito de incrementar la eficiencia del recurso humano, material e información y crear la interrelación entre los mismos.
- Definir el flujo e interacción entre los procesos del SPCP que permitan la sistematización y estandarización del sistema de planificación y control de la producción.
- Crear una herramienta que permita la mejora en la gestión del sistema de planificación y control de la producción.

### 7.2. Metodología de diseño.

A continuación, se muestra, la metodología de diseño, la cual traza la ruta de actividades que permiten el cumplimiento de los objetivos específicos y general de manera satisfactoria. En donde se identifican, a su vez, herramientas y resultados esperados acorde a las metas planteadas y los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico.

Tabla 25. Metodología de diseño

| Actividades   | Herramientas  | Resultados esperados  |
|---|---|---|
| <b>Establecimiento los procesos del sistema de planificación y control de la producción y sus interacciones</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Diagramas de flujo</li><li>• Revisión bibliográfica</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Definición y funcionamiento del sistema de planificación y control de la producción</li><li>• Relaciones entre los componentes del sistema, recurso humano, material e información.</li></ul> |

Tabla 26. Metodología de diseño (continuación)

| Actividades   | Herramientas  | Resultados esperados  |
|---|---|---|
| <b>Establecimiento de metodología de los procesos del sistema de planificación y control de la producción</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica</li> <li>• Balances de línea</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos de pronóstico, error de pronóstico y registros</li> <li>• Plan de requerimiento de materiales</li> <li>• Plan maestro de producción</li> <li>• Capacidad de las líneas</li> <li>• Método de secuenciación</li> <li>• Sistema de alimentación de la línea</li> <li>• Herramienta</li> </ul> |
| <b>Definición de control y seguimiento para cada proceso</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de los indicadores</li> <li>• Tablero para el monitoreo de indicadores</li> </ul>   |

### 7.3. Establecimiento de las interacciones del SPCP.

Por medio de un diagrama de relaciones y flujos se procede a identificar la interacción entre los procesos que forman el sistema de planificación y control de la producción, con el fin de explicar el sistema a diseñar. Es importante mencionar que estos procesos contemplan las interacciones finales del sistema, así como el control y seguimiento de los procesos productivos. Como se mencionó anteriormente, la organización cuenta con dos servicios de demanda, el primero es *make to stock*, en donde la producción de algunas premezclas se realiza de forma mensual para incorporarse en la bodega, de manera que los clientes minoristas puedan acceder a la compra de premezclas genéricas. La segunda, es *make to order*, la cual se activa cuando el cliente, en conjunto con el Departamento de Nutrición Animal, define premezclas con propiedades específicas para los animales, estas cambian con el tiempo y se enfocan en objetivos específicos del cliente respecto a la nutrición del animal.

Por esta razón, es necesario incluir dentro del sistema la planificación de la demanda, en donde los insumos o entradas de este corresponden al registro de ventas de los productos, además de las ventas pérdidas, las cuales deben notificarse desde el departamento de ventas y corresponden a órdenes que por alguna razón no se concretaron a nivel de producción. Así también, se incluye la demanda insatisfecha cuando solamente se entregó de manera parcial una orden de producción. Con base en esta información se genera un pronóstico, el cual permite proyectar las ventas de premezclas que pueden ocurrir en el futuro, incorporando un horizonte de 12 meses. Este, a su vez, permite modificarse según los efectos causales dentro del mercado variable de la organización.

Posterior a la realización del pronóstico, el sistema debe determinar la proyección del consumo de componentes para suplir los requerimientos de la demanda. Este proceso se conoce como Planificación de requerimientos de materiales, en donde se consolida la demanda y se obtiene las necesidades de materia prima y empaque según las estimaciones anteriores. Para ello se contempla el inventario, desperdicio (si es que existe), además del *lead time* de los materiales, con el fin de determinar las cantidades de materia prima y material de empaque a solicitarse, así como el tiempo necesario para suplir la demanda. Es importante mencionar que dentro de este proceso se contempla las materias primas sustitutas que la organización contempla, con el fin de sustituirse si no se encuentra

en bodega, o bien, por cuestiones estratégicas se incluyen dentro de las compras. Es importante mencionar que estos dos procesos descritos anteriormente mantienen como propósito determinar los materiales necesarios en bodega para satisfacer las órdenes del cliente en el momento adecuado.

Una vez cuantificada la demanda y generados los requerimientos de materiales, continúa el proceso de Planificación de la producción. Este proceso toma como entrada las órdenes de compra en firme de los clientes, con el fin de transformarlo en un plan de producción. Además, debe indicar cuál premezcla se producirá, así como la cantidad de kilogramos y sacos en que debe empacarse. También incluye la fecha para la cual son solicitadas. Es importante mencionar que este proceso interactúa de manera directa con el proceso de Planificación de requerimientos de capacidad, pues este le indica cuales son los tiempos de producción según la máquina, cantidad de kilogramos y sacos en que se solicita la orden. A su vez, se verifica si se cuenta con el recurso humano para satisfacer la orden de producción, por lo cual indica si la orden cuenta con la disponibilidad de recursos y si es posible entregarse en la fecha indicada. Asimismo, permite visualizar si se debe incurrir en horas extras para el cumplimiento del plan de producción. A su vez, debe interactuar con el proceso de Planificación de la demanda y Planificación de los requerimientos de materiales para consultar la existencia de materias primas en inventario.

Por último, el sistema debe secuenciar y programar las órdenes de producción para que sean elaboradas en el mínimo tiempo posible, generando la máxima utilización de los recursos de maquinaria y humanos, con el fin de que sean entregadas las órdenes en la fecha solicitada o fecha más próxima si no fuese posible elaborarse. Con el fin de que el Departamento mantenga información veraz y certera y permita generar información precisa y exacta al cliente.

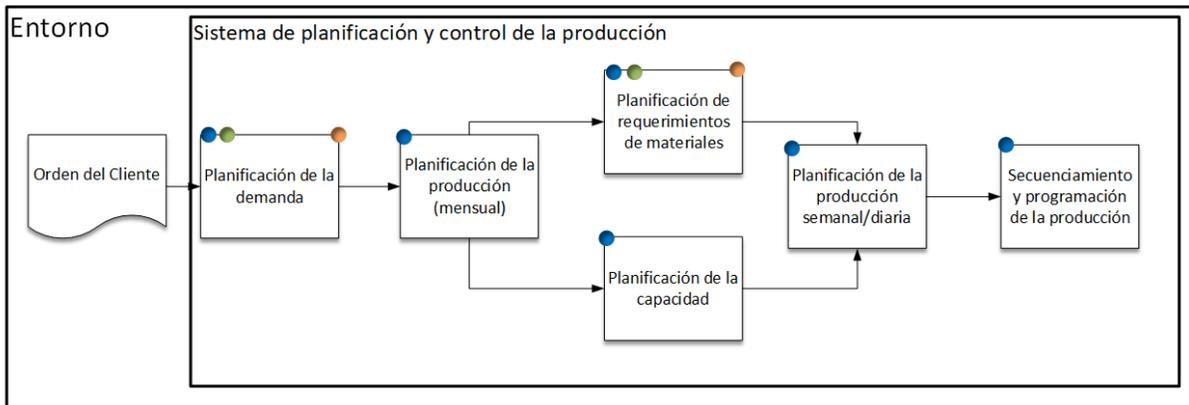
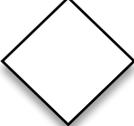


Figura 42. Interacciones del Sistema de planificación y control de la producción

Tabla 27. Simbología del Sistema de planificación y control de la producción

| Descripción   | Símbolo  | Descripción   | Símbolo   |
|---|--|---|---|
| Proceso   |   | Almacenamiento  |   |
| Documento   |   | Proceso con apoyo de herramienta  |   |
| Decisión  |   | Proceso con apoyo de registros en la herramienta                                |   |
| Planificador de la producción   |   | Intervención directa o indirecta de otro departamento de la organización        |   |
| Salida de la actividad hacia otro proceso (Se le coloca un identificador numeral) |  | Entrada de la actividad de otro proceso (Se le coloca un identificador numeral) |  |

#### 7.4. Metodologías de los procesos del SPCP.

Con la finalidad de lograr un mejor desarrollo y control de todos los procesos que integran el sistema de planificación y control de la demanda, se procede a definir cada una de las metodologías que se deben de seguir con sus respectivos insumos, interacciones según las necesidades de la empresa Laboratorios Faryvet identificadas en el proceso de diagnóstico.

##### 3.4.1. Planificación de la demanda.

Primeramente, se debe identificar que en el proceso de planificación de la demanda se busca estimar cual será la demanda para un determinado periodo de tiempo y posteriormente se debe cuantificar cual ha sido el error de dicha estimación. Para ello, Chopra (2008) menciona que este proceso requiere de los siguientes pasos para llevarse a cabo de manera satisfactoria:

1. Entender el objetivo del pronóstico.
2. Integrar la planeación y el pronóstico de la demanda en la cadena de suministro.
3. Entender e identificar los segmentos de clientes.
4. Identificar los principales factores que influyen en el pronóstico de la demanda.
5. Determinar el método apropiado de pronóstico.

## 6. Establecer medidas de desempeño y error para el pronóstico.

Al integrar los pasos mencionados a la estrategia y necesidades de la organización, la metodología para realizar la planificación de la demanda es la siguiente:

Se registra las ventas por cada uno de los productos que se elaboran en el área de premezclas. Esta información debe ser suministrada por el departamento comercial, con el fin de obtener precisa y veraz. Asimismo, se deben incluir las ventas que no se logra concretar (ventas perdidas) para incluirse como parte de la demanda insatisfecha. Esto permite incluir dentro del pronóstico insumos objetivos y reales que permitan acercarse a la realidad de la organización. Posteriormente, se debe incluir dentro de la demanda insatisfecha aquellos productos que se entregaron de forma parcial al cliente, de manera que se incluya dentro de los insumos de los pronósticos.

Posteriormente, se procede con la caracterización de los componentes sistemáticos de la demanda, los cuales permiten identificar el método de pronóstico adecuado a la naturaleza del producto. Es importante mencionar que esta caracterización fluctúa en el tiempo, por lo cual es importante su revisión. Luego se realiza el pronóstico según el horizonte definido por la organización, para Laboratorios Faryvet se define un año en conjunto. A su vez, si existiesen eventos causales, estos deben ser identificados por la organización y ajustar el pronóstico según las proyecciones de este.

Es importante mencionar que una vez registrada la demanda insatisfecha, ventas realizadas y perdidas se debe calcular el error de pronóstico. De manera que se visualice la diferencia entre el pronóstico y la demanda.

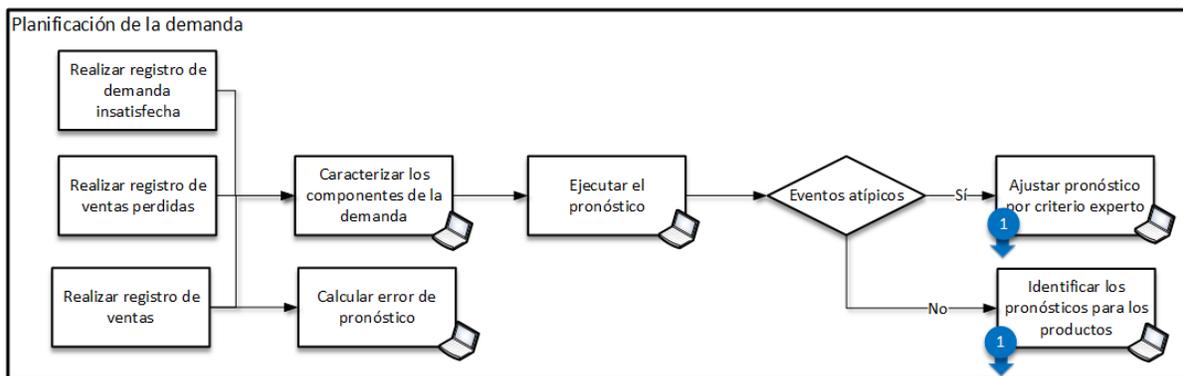


Figura 43. Metodología planificación de la demanda

### 3.4.2. Plan maestro de la producción.

Como menciona anteriormente Cuatrecasas Arbós (2011), el Plan Maestro de Producción permite establecer la planificación de la producción de la gama de productos finales de un sistema productivo, para un plazo de tiempo largo, en clase, cantidad y momento para cada uno. Por lo cual, es de suma importancia su inclusión en las actividades de la planificación de la producción, así como la interacción con los procesos de requerimiento de materiales y requerimientos de la capacidad.

Según la naturaleza de la organización y de sus insumos se puede calificar como planificador o programador. Es importante mencionar que, en el caso de Laboratorios Faryvet, es necesario contemplar un MPS programador, debido a la alta flexibilidad y fluctuación de sus productos según la necesidad del cliente. Asimismo, el MPS programador cumple con la personalización de las premezclas las cuales son parte de la estrategia comercial de la organización. Además, debido a lo anterior se incorpora una estrategia perseguidora de la demanda en el plan de producción, lo cual

posibilita contemplar solamente aquellas que se encuentran en firme con el cliente, permitiendo así disminuir el inventario final de los productos.

Para iniciar con la planificación maestra de la producción se debe incorporar el pronóstico realizado anteriormente al MPS. Para ello, es de suma importancia el flujo de información entre el departamento de ventas y el departamento de Producción. Para que las órdenes puedan completarse con éxito, permitiendo una mayor flexibilidad al incorporar las órdenes de producción en el plan apenas se encuentre firme con el cliente. Para mantener las características de un MPS perseguidor, se establece una ventana de una semana para el mismo. De manera que las órdenes en firme por parte del cliente puedan incorporarse y realizarse en ese tiempo de terminado. A su vez, es importante mencionar que este plan de producción es variable y puede cambiarse a lo largo de la semana de producción.

Posteriormente, la cantidad de las órdenes de producción se deben ajustar según sea el inventario del producto terminado en almacén, de manera que se minimice la cantidad a producir supliendo la necesidad con el producto almacenado. Asimismo, se incorporan el proceso de requerimiento de materiales y requerimientos de la capacidad, de manera que se interrelacionen en el cumplimiento del plan maestro de producción. Para ello, inicialmente, se verifica la capacidad de la línea de producción respecto a la cantidad de kilogramos de la orden, la máquina, cantidad de operarios y el tiempo de ejecución de esta. Si no se cuenta con la capacidad necesaria, el encargado debe decidir si incorpora recursos extras (mano de obra, horas extras, entre otros) o bien, elimina la orden y posterga su ejecución.

A su vez, se identifica si se cuenta con la disponibilidad de materiales para realizar la orden de producción. Ya que, si no se tiene, el gerente de producción debe tomar la decisión de incorporar la orden incorporando materias primas sustitutas que permiten realizar la orden de producción (asumiendo posibles problemas de desabastecimiento de las materias primas), o bien, puede cambiar la fecha de entrega según la entrada de la misma. Si se cuenta con ambos criterios se ingresa la orden en el plan de producción.

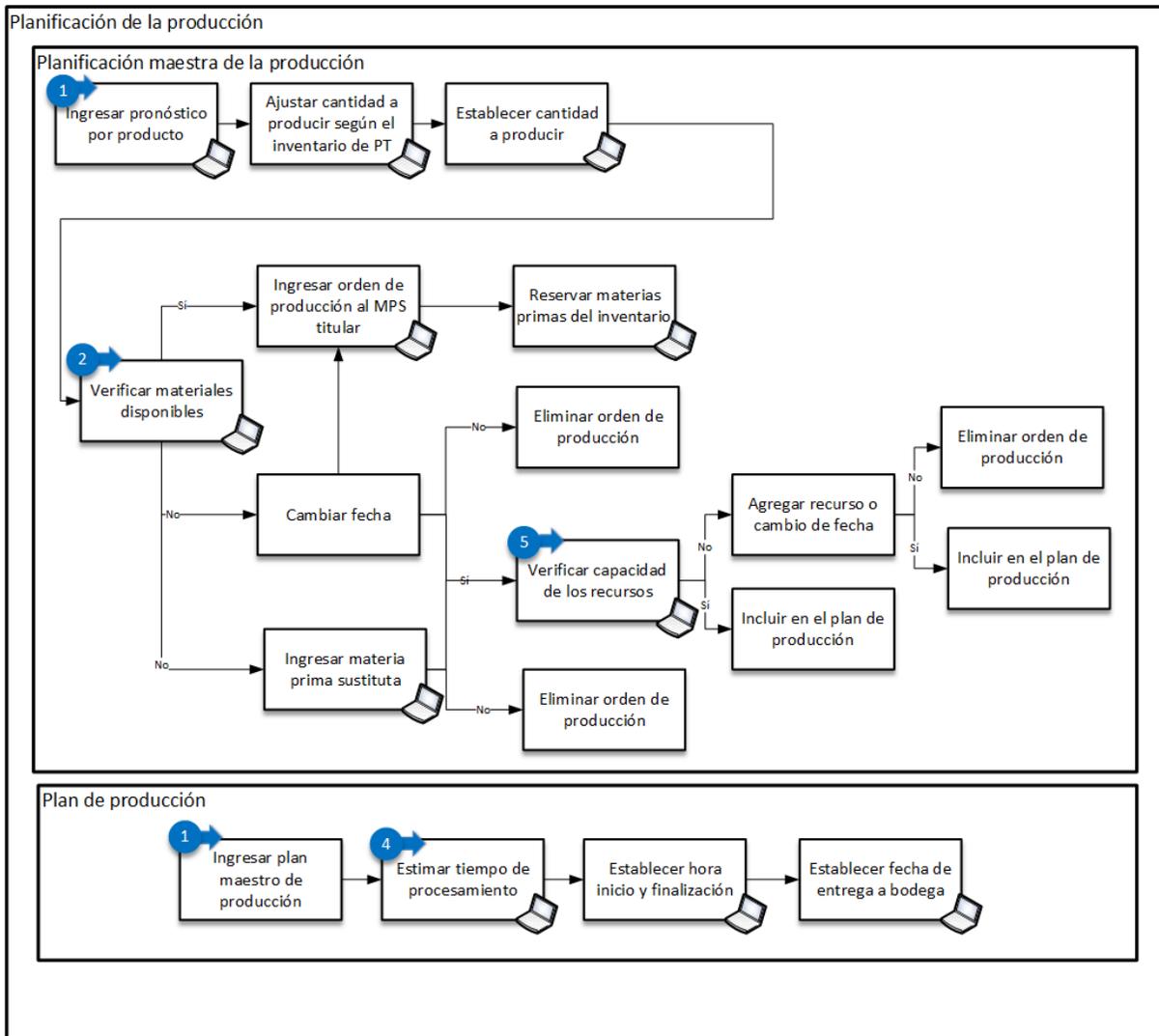


Figura 44. Planificación de la producción

### 3.4.3. Planificación de los requerimientos de materiales.

Chase et al. 2009 menciona que el MRP determina el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir el artículo final. El MRP también da el programa, permite especificar cuándo debe pedirse o producirse cada uno de estos artículos. A su vez, es importante incorporar el tamaño de lote de las materias primas a adquirir (LS) por periodo, y el *lead time*, es decir, el tiempo entre la compra de materia prima y la entrada de esta según los proveedores.

Es esencial incorporar el inventario disponible de materia prima, actualmente, en la organización, se manejan dos registros individuales en el cual el primero incluye solamente las compras de materia prima, mientras que el segundo identifica las entradas de estas. Por lo cual, se debe fusionar ambos registros permitiendo observar el inventario total en planta, incluyendo los materiales en tránsito, así como los que se encuentran reservados para la venta a clientes o producción en general. El resultado de la planificación de materiales permite consolidar los requerimientos por periodo de las materias primas de cada uno de los productos de la demanda pronosticada. Esto permite unificar las necesidades de los productos y visibilizar las necesidades por los periodos de producción.

El insumo para el MRP será el plan maestro de la producción, el cual se explota según su lista de materiales (BOM) para posteriormente obtener los requerimientos totales de cada materia prima según el período de interés. Es importante mencionar que los BOM son ajustables según la cantidad de kilogramos a producir, debido a la organización. Según el plan maestro de producción, se multiplican las necesidades requeridas por el pronóstico de cada producto por periodo. Posteriormente, esta cantidad proyectada se suma por cada materia prima y se consolida identificando los requerimientos brutos. Esto debido a que varios productos pueden repetir las materias primas a utilizar.

Posteriormente, se calcula el plan de compra o de adquisición de las materias primas según los periodos. Es importante considerar el *lead time*, ya que Laboratorios Faryvet mantiene proveedores nacionales y extranjeros, por lo que la variación del *lead time* entre materiales aumenta, esto permite identificar con cuánto tiempo se deben solicitar los materiales para abastecer la producción. A su vez, debe considerarse el inventario inicial de materias primas, de manera que se consuma según las fechas de vencimiento y no incurrir en cálculos excesivos. Por último, se incluye los inventarios de seguridad por componente. Es importante mencionar que, actualmente, en la organización no se mantienen estos dos indicadores, por lo cual se calcularon de manera individual para cada una de las materias primas.

Para la producción de producto terminado, se inicia con la orden en el plan de producción. Es importante que exista una interrelación con el plan maestro de producción, el cual permita establecer los requerimientos de materiales y generar la solicitud de componentes de manera que en la planificación se observe si existe inventario de materia prima según la orden de producción. Esto permite disminuir el tiempo de reacción para incurrir en la sustitución de materia prima con el fin de que, cuando se genere la solicitud, se identifique la materia prima que debe sustituirse, así como el ajuste que debe hacerse a la formulación para incorporar la materia prima y su diferencia de concentración. A continuación, se muestra el diagrama de flujo propuesto para el proceso de planificación de los requerimientos de materiales.

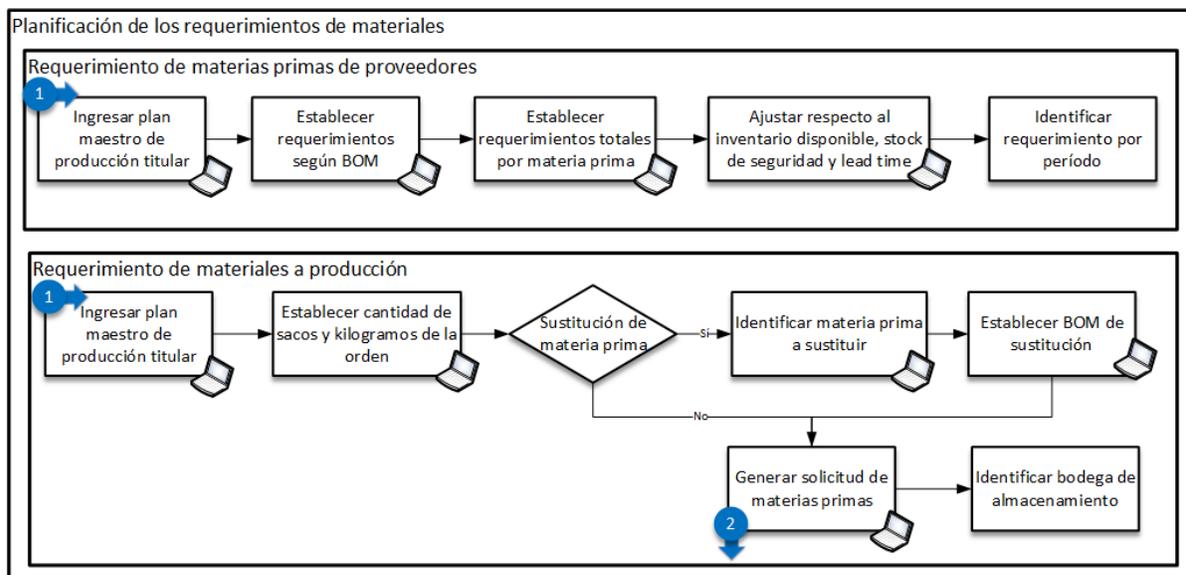


Figura 45. Planificación de los requerimientos de los materiales

### 3.4.4. Planificación de los requerimientos de la capacidad.

Para el análisis de capacidad, inicialmente, se establece el tiempo disponible de acuerdo con cada una de las máquinas. Como se menciona anteriormente, la jornada laboral inicia a las 7:00am y finaliza a las 4:30pm, para un total de 9 horas con 30 minutos. Dentro de este tiempo disponible se

cuenta con una hora treinta minutos por suplementos. Posteriormente, se consideran los tiempos identificados en el Cálculo de tiempos de ciclo reales, descrito en la sección 2.7.2.

La planificación de los requerimientos de la capacidad inicia cuando se ingresa los pronósticos para los productos en el MPS, en el cual se debe establecer la configuración de las líneas de producción según la cantidad de operarios que se encuentren en cada una de ellas, de manera que se involucre el análisis de CB y los recursos disponibles obtener una programación más eficiente. Esto, a su vez, permite una mayor flexibilidad e identificación sobre el peso de las variables que afectan la capacidad. Posteriormente al establecimiento de los recursos, se identifica el tiempo estimado de procesamiento por cada una de las órdenes, así como el porcentaje de capacidad necesario para ejecutarse en la máquina. Se debe considerar que en el caso que la máquina exceda la capacidad disponible, el encargado de la producción debe decidir si ejecutar la orden, si debe incurrir a horas extras o recursos adicionales para cumplir el plan de producción de la organización.

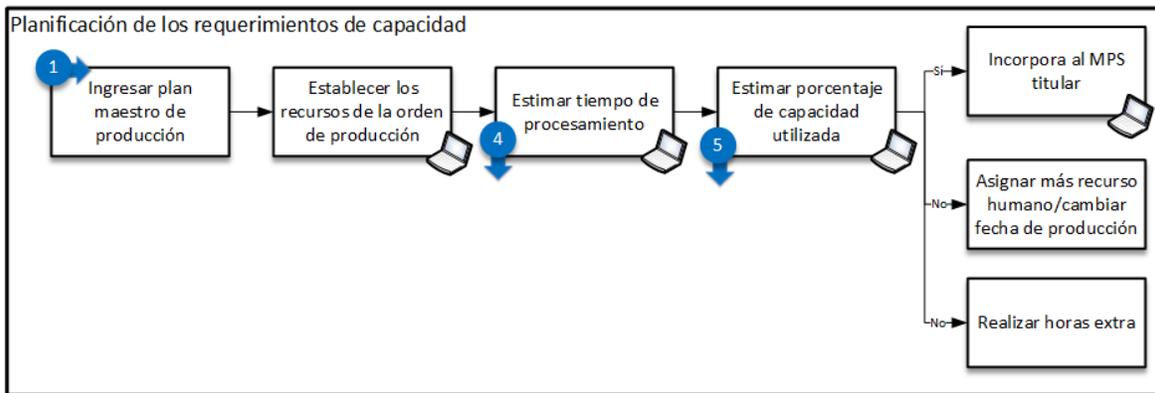


Figura 46. Planificación de los requerimientos de la capacidad

### 3.4.5. Secuenciamiento y programación de la producción.

Como parte del secuenciamiento y programación de la producción, la organización Laboratorios Faryvet define parámetros de criticidad en donde se evalúa la inocuidad de los productos, de manera que se minimice la contaminación cruzada de sustancias riesgosas para la salud de los animales. Inicialmente se secuencia según la fecha de entrega de las órdenes de producción, de manera que se cumpla con el acuerdo con el cliente.

Posteriormente, se realizan primero las órdenes correspondientes a premezclas y luego los núcleos. Esto debido a que las premezclas son una mezcla de aditivos para la alimentación de los animales en conjunto con un vehículo, sin embargo, los núcleos son una mezcla de vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales. Por lo cual, por criterios de contaminación cruzada, se establece esa priorización. Por último, se incorpora el criterio de inocuidad, el cual mantiene el orden establecido en Figura 36. Criterio de secuenciamiento”.

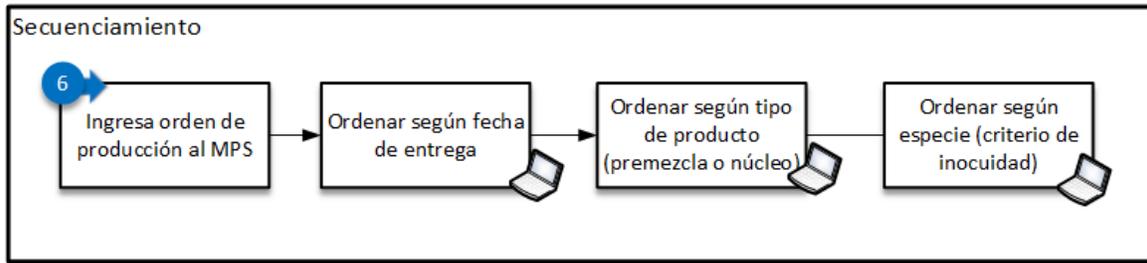


Figura 47. Secuenciamiento y programación de la producción

## 7.5. Indicadores claves de desempeño.

Es importante incorporar indicadores que permitan identificar el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos para cada uno de los procesos, de manera que se determine el estado actual y se pueda definir una línea de acción para incrementar el desempeño favorable del proceso. Para ello, se incorpora actividades de monitoreo que permiten identificar las condiciones del sistema de planificación y control de la producción. A continuación, se detallan los indicadores claves de desempeño que se seleccionan de acuerdo con las características de los procesos que incorpora el SPCP.

Las fichas de indicadores se encuentran en Apéndice 13. Fichas de los indicadores de proceso.

### 3.5.1. Error de pronóstico.

Para el proceso de planificación de la demanda se selecciona como indicador de desempeño el error de pronóstico, el cual se refiere a lo cerca que se halla el pronóstico del nivel de demanda real según menciona Balou (2004). Este indicador permite visualizar la diferencia con la demanda real y a partir de ello identificar oportunidades de mejora en el proceso productivo.

Como se menciona en la sección de diagnóstico, Laboratorios Faryvet mantiene componentes de demanda de nivel, estacionalidad, tendencia e intermitencia en sus productos. Por lo cual, se propone incorporar dos modelos de error de pronóstico, de manera que se ajuste mejor a estos componentes, minimizando errores de método. El primero corresponde al error porcentual absoluto medio (MAPE), el cual permite una visualización más simple pues permite medir el tamaño del error en términos porcentuales. A continuación se observa la fórmula utilizada para este indicador:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|}}{n}$$

En donde para ambos errores se tiene que:

$A_t$  = Demanda real de períodos anteriores.

$F_t$  = Pronóstico de períodos anteriores.

$n$  = ventana de tiempo.

$N$  = promedio móvil de la ventana de tiempo.

El segundo corresponde al MAD/Media en donde se incluye el valor absoluto de los errores de pronóstico e incluye dos promedios móviles. Es importante mencionar que este solamente se utilizará cuando se presente la intermitencia como componente de la demanda. A continuación, se muestra su fórmula:

$$\frac{MAD}{Media} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} |A_t - F_t|}{\sum_{i=0}^{N-1} A_t}$$

En el Apéndice 13. Fichas de los indicadores de proceso se muestra las fichas respectivas para ambos indicadores de error de pronóstico.

### **3.5.2. Cumplimiento del plan de producción.**

Para el plan maestro de la producción se mantiene como indicador de control el porcentaje de cumplimiento de plan de producción. El cual incorpora el producto planificado y la cantidad de kilogramos de este y lo compara con los kilogramos realizados según el plan de producción. Lo que permite obtener una visualización de la planificación de las órdenes, fomentando una mejor toma de decisiones y una mejora continua en este proceso. Para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de cumplimiento del plan de producción} = \left( \frac{\text{Kilogramos producidos}}{\text{Kilogramos planificados}} \right) * 100$$

### **3.5.3. Costo de mano de obra directa por kilogramo producido.**

De manera que se identifique el costo de mano de obra directa según la cantidad de kilogramos se integra este indicador. De tal forma que el gerente de operaciones pueda visualizar la rentabilidad de los kilogramos producidos de manera que influya en la toma de decisiones de la organización.

$$\text{Porcentaje costos de mano de obra directa} = \frac{\text{Costo de mano de obra directa}}{\text{kg producidos}}$$

## **7.6. Integración de una herramienta como apoyo al SPCP.**

### **3.6.1. Funcionamiento general de la herramienta.**

Para la integración de los procesos que componen el sistema de planificación y control de la producción se proporciona una herramienta analítica, de manera en que la información sea más precisa y permita retroalimentarse a lo largo del sistema. Asimismo, permite darle apoyo en registros y control a los diferentes procesos automatizando actividades que se realizaban manualmente o bien, no se incluían en la organización.

Es importante mencionar que aquellas actividades que se encuentran en color gris representan actividades que se deben realizar en la organización de acuerdo con las metodologías planteadas, pero que se excluyen dentro de la herramienta por el alcance, sin embargo, son realizadas por la organización. También, las actividades que cuentan con una computadora en la esquina inferior derecha representan actividades que se realizan de manera automática por la herramienta. Cada una de las demás actividades cuenta con apoyo en la herramienta de manera que agilice la toma de decisiones

dentro de la organización y estandarice los procesos que componen el sistema de planificación y control de la producción.

En la *Figura 48. Funcionamiento de la herramienta* se muestra el esquema de flujo de operaciones e información incluidas en la misma. De manera que se visualice un panorama general de su funcionamiento y de las actividades realizadas de manera automática.

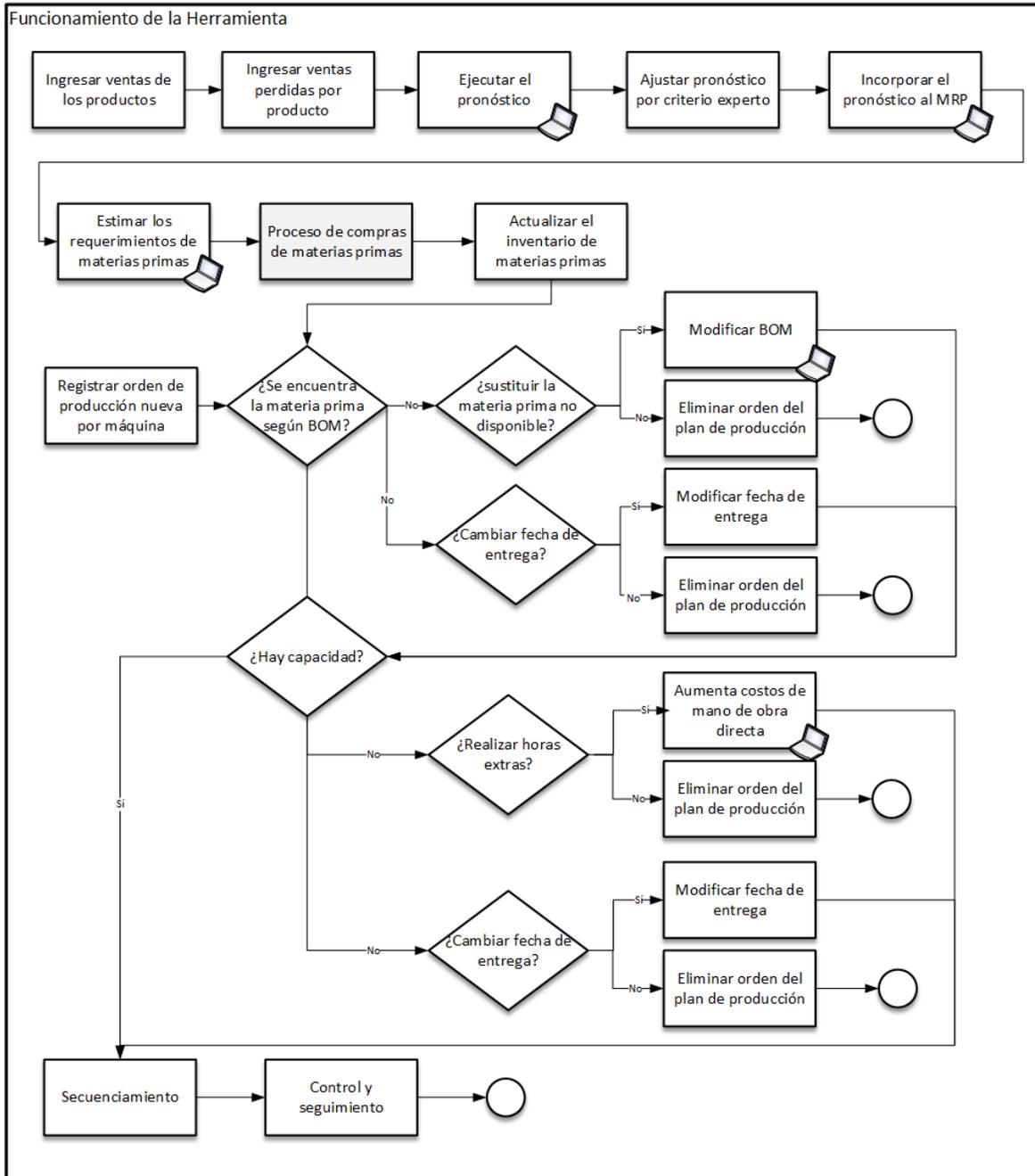


Figura 48. Funcionamiento de la herramienta

La herramienta se realiza en Excel en conjunto con el módulo de Visual Basic y las funciones que brinda dicho programa. Entre los requerimientos principales para la ejecución de esta se debe poseer el programa de Excel en una versión mínima del 2016 instalada en el computador. Además, debe mantener habilitado la función de desarrollador que incorpora el programa dentro de sus funciones.

Dicha herramienta incorpora los procesos que componen el sistema de planificación y control de la producción. Asimismo, de manera general se caracteriza por ser flexible, debido a la naturaleza cambiante de la organización. Cuenta con criterio experto en los diferentes módulos de la herramienta que le permiten al usuario modificar, desde una perspectiva del negocio, los resultados que genere la herramienta para incorporar el criterio organizacional. A continuación, se presenta el menú general de la herramienta.

Es importante mencionar que, por efectos de sobrecarga visual, la herramienta no se encuentra adjunta. Sin embargo, se destacan los elementos más importantes durante la descripción de los procesos. Asimismo, se encuentra un Manual de Usuario, el cual se puede consultar en el Apéndice 14. Manual de usuario.



Figura 49. Menú principal de la herramienta

### 3.6.2. Planificación de la demanda.

Para el proceso de planificación de la demanda, inicialmente se establecen registros para la integración de las ventas, ventas perdidas y demanda insatisfecha de manera que en conjunto se establezca la demanda mensual de cada producto. Posteriormente, para la ejecución del pronóstico se identifican los componentes de la demanda de manera mensual, para ello se comparan el histórico de la demanda. Esta comparación se realiza entre meses consecutivos y entre los mismos meses de dos años. Por ejemplo, si el mes de análisis es marzo 2019, inicialmente se analizan los meses de enero y febrero del año 2019, así como el mes de marzo 2018 y el mes de marzo 2017, para definir, basado en el comportamiento histórico, cuáles son los componentes de la demanda para realizar el pronóstico. Estos componentes de la demanda mantienen los siguientes criterios:

Tabla 28. Criterios de los componentes sistemáticos de la demanda

| Componente sistemático de la demanda | Criterio                                 |
|--------------------------------------|--|
| Nivel                                | Crecimiento o decrecimiento              |
| Tendencia                            | Magnitud del crecimiento o decrecimiento |
| Estacionalidad                       | Factor de Estacionalidad >1              |
| Intermitencia                        | Ausencia de los anteriores               |

Según los componentes de la demanda asignados a un mes, la herramienta selecciona un modelo de pronóstico, el cual se ajusta a las mismas. De manera que, durante el transcurso de un año, el producto puede cambiar de modelo de pronóstico según las características de la naturaleza de este. La herramienta determina con base en los componentes sistemáticos el modelo de pronóstico que mejor se ajusta. Para ello se incorpora los siguientes métodos de pronóstico:



Figura 50. Métodos de pronóstico de la herramienta

Una vez que se realiza la elección de pronóstico, este se calcula para un horizonte de 12 meses. Adicionalmente se cuenta con una opción de criterio experto para ajustar el dato pronosticado, según factores causales determinado por la organización. Este ajuste se debe realizar de manera manual en la herramienta, según el producto pronosticado, y se complementa con el pronóstico. A continuación, se muestra la incorporación del ajuste experto.

| Periodo    | Pronóstico | Ajuste | Pronóstico Ajustado |
|------------|------------|--------|---------------------|
| Enero      | 70         | 20     | 90                  |
| Febrero    | 71         | 24     | 95                  |
| Marzo      | 71         | 54     | 125                 |
| Abril      | 69         | 12     | 81                  |
| Mayo       | 79         | 10     | 89                  |
| Junio      | 72         | 12     | 84                  |
| Julio      | 72         | 54     | 126                 |
| Agosto     | 77         | 11     | 88                  |
| Septiembre | 82         | 10     | 92                  |
| Octubre    | 74         | 20     | 94                  |
| Noviembre  | 69         | 3      | 72                  |
| Diciembre  | 62         | 2      | 64                  |

Figura 51. Ajuste de criterio experto en la herramienta

Asimismo, una vez se incorpore las ventas mensuales, la herramienta cuenta con el cálculo del error de pronóstico. Este error se basa en la caracterización de los componentes sistemáticos de la demanda, pues como se identificó en la fase de diagnóstico, existen productos con intermitencia, los cuales deben calcularse con el método de pronóstico MAD/Media. La herramienta los identifica y asigna este método. Se incluye a su vez el error de pronóstico MAPE, el cual se utiliza para productos

que no poseen intermitencia. La herramienta permite visualizar el método seleccionado para el año pronosticado. A su vez, incluye el porcentaje de error de pronóstico para el mismo periodo del año anterior.

| Mes        | Pronóstico seleccionado | Error año anterior |
|------------|-------------------------|--------------------|
| Enero      | Holt                    | 0%                 |
| Febrero    | Holt                    | 35%                |
| Marzo      | Holt                    | 46%                |
| Abril      | Holt                    | 9%                 |
| Mayo       | Holt                    | 2%                 |
| Junio      | Holt                    | 6%                 |
| Julio      | Holt                    | 51%                |
| Agosto     | Holt                    | 26%                |
| Septiembre | Holt                    | 49%                |
| Octubre    | Holt                    | 18%                |
| Noviembre  | Holt                    | 42%                |
| Diciembre  | Holt                    | 29%                |

Figura 52. Visualización del error de pronóstico

Por último, la herramienta cuenta con un gráfico de líneas en donde se observa la demanda del producto y el pronóstico de este.

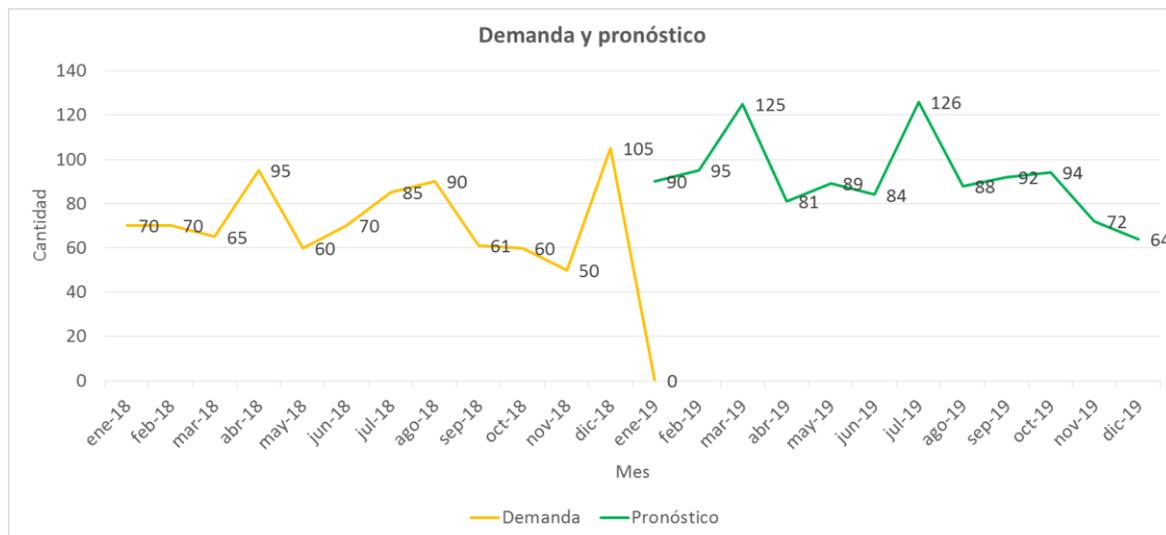


Figura 53. Visualización de la demanda y pronóstico

### 3.6.3. Plan maestro de producción.

Para realizar el plan maestro de producción se debe identificar la cantidad a producir por producto. Para ello la herramienta cuenta con un programa de producción general en donde se traslada el pronóstico por producto generado anteriormente. A su vez, la herramienta coloca de manera automática la semana a realizarse según la fecha de entrega, el código, nombre del producto, presentación, especie, máquina, cantidad de personas, cantidad de unidades, entre otros. El programa general de producción permite modificar la semana, mes y año en el cual se está programando las

órdenes, con el fin de que este sea perdurable en el tiempo, además, le permita a la organización una mayor flexibilidad. A continuación, se muestra de manera general el programa general de producción.

| Tamaño de lote (kg) | Código  | Nombre del Producto                                  | Presentación (kg) | Especie     | Mezclador    | Personas | Unidades | Reservar materiales / Procesado | MRP   |
|---------------------|---------|--|-------------------|-------------|--------------|----------|----------|---------------------------------|---|
| 1500                | 4152471 | N. PREPOSTURA COTO BRUS - 23 kg                      | 23                | 5- Gallinas | Línea 1      | 2        | 66       | Reservar                        | No procesable por faltante de materias primas |
| 23                  | 4152471 | N. PREPOSTURA COTO BRUS - 23 kg                      | 23                | 5- Gallinas | Pantalone ra | 2        | 1        | Reservar                        | No procesable por faltante de materias primas |
| 1000                | 4151331 | N. IMPULSOR CORRIENTE - 20 kg                        | 20                | 6- Pollo    | Grande       | 2        | 100      | Reservar                        | No procesable por faltante de materias primas |
| 1000                | 4153862 | N. CERDO ENGORDE SIN PL TRIO TECH (SAGITARIO) -20 kg | 20                | 9- Cerdo    | Grande       | 2        | 50       | Reservar                        | No procesable por faltante de materias primas |
| 900                 | 4153831 | N. CERDO INICIO TRIO TECH (SAGITARIO)- 20 kg         | 20                | 9- Cerdo    | Grande       | 2        | 45       | Reservar                        | No procesable por faltante de materias primas |
| 500                 | 4153841 | N. CERDO DESARROLLO TRIO TECH (SAGITARIO) - 20kg     | 20                | 9- Cerdo    | Pequeña      | 2        | 25       | Reservar                        | No procesable por faltante de materias primas |

Figura 54. Programa general de producción

Es importante mencionar que, cuando se ingresa las órdenes de producción al programa general, la herramienta permite reservar la cantidad de materia prima necesaria para realizarla. Asimismo, notifica si para la orden que se procesa existe un faltante de materia prima. Si fuese así, la herramienta despliega el BOM de la orden de producción e indica la materia prima desabastecida. Cuando se selecciona en la herramienta para observar el faltante, indica la cantidad de materia prima necesaria para abastecer la orden. Sin embargo, si la materia prima puede sustituirse, el encargado de producción debe tomar la decisión si asume este procedimiento. En este caso se busca una materia prima con inventario disponible y se genera el proceso de sustitución. Para ello, la herramienta despliega nuevamente el BOM con la materia prima sustituta, además, recalcula la materia prima vehículo, necesaria para el transporte de los nutrientes.

Posteriormente, se encuentra un resumen del plan de producción anteriormente realizado, en donde se identifica la semana de producción, producto, código, cantidad de producto, presentación, línea de producción, cantidad de personas necesarias para realizar la orden, duración y especie. A su vez, incluye la visualización por semana de indicadores para cada máquina. Entre los indicadores se destacan: el tiempo total requerido para la producción, cantidad de tandas, horas extras (si son necesarias) y la capacidad utilizada.

En la Figura 55. Indicadores resumen del plan de producción” se muestran los indicadores mencionados anteriormente.

| Semana | Indicadores             | Línea 1 | Línea 2 | Pantalonera | Octogonal | Grande | Mediana | Pequeña |
|--------|-------------------------|---------|---------|-------------|-----------|--------|---------|---------|
| 1      | Tiempo total            | 4,31    | 7,79    | 67,10       | 7,02      | 12,49  | 38,18   | 63,01   |
|        | Tandas                  | 2       | 6       | 77          | 7         | 7      | 27      | 39      |
|        | Horas extras necesarias | 0       | 0       | 28,77       | 0         | 0      | 0       | 24,67   |
|        | Capacidad de la línea   | 11%     | 20%     | 175%        | 18%       | 33%    | 100%    | 164%    |

Figura 55. Indicadores resumen del plan de producción

A su vez, el resumen del plan de producción permite visualizar la asignación de los recursos, es decir la cantidad óptima de personas asignadas a cada máquina y la cantidad de tandas a realizarse según esa asignación. Lo cual permite minimizar el *makespan* de cada una de las líneas de producción, así como mantener una utilización mayor del cuello de botella por máquina.

También se incorpora, de manera automática, en la herramienta, un resumen del plan de producción de manera diaria. Este a su vez, se presenta por requerimiento de la organización pues, debido a la gran variabilidad entre sus líneas de producción y productos, este les permite una mayor facilidad en la inclusión o eliminación de órdenes de producción. Este resumen presenta el día que se debe elaborar el producto, tamaño de lote, descripción, tamaño de lote, cantidad de kilogramos por saco, línea de producción, cantidad de operarios, duración y especie. Igualmente presenta los indicadores por máquina, los cuales se visualizan en cada día de la semana. Estos indicadores corresponden a los mencionados anteriormente en la Figura 55. Indicadores resumen del plan de producción, solamente que su visualización es diaria.

El secuenciamiento de los planes de producción anteriormente mencionados se realiza de manera automática según los criterios definidos anteriormente en la metodología propuesta 3.4.5 Secuenciamiento y programación de la producción.

Por último, se cuenta con un MPS por producto, en donde se incluye el inventario inicial, el pronóstico y las órdenes de producción en firme. A su vez, realiza el cálculo de la cantidad de producto que debe realizarse tomando en cuenta las variables anteriores y el inventario de seguridad. Por último, incluye el inventario final, el cual es insumo para el inventario inicial del próximo periodo. Es importante mencionar que este MPS se encuentra de manera mensual, distribuido por la cantidad de semanas de cada mes. Dentro de las variables identificadas por producto se encuentra la línea, las unidades por lote y el tamaño de lote. A continuación, se detalla el MPS mencionado anteriormente.

| N.PONEDORA IMPULSOR PELECHA AVUGA 20 kg   |      | Mes   |       |       |       |       |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Año   | 2019 | Enero | Enero | Enero | Enero | Enero |
| Semana  |      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Inventario Inicial (unidades)   |      | 0     | 10    | 10    | 10    | 10    |
| Pronóstico  |      | 100   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Pedidos  |      | 100   |       |       |       |       |
| MPS   |      | 110   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Inventario Final  |      | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |

Figura 56. Plan de producción por productos

#### **3.6.4. Planificación de los requerimientos de materiales.**

La herramienta cuenta con un módulo que permite establecer el requerimiento de materiales para cada mes. Para ello toma como insumo el MPS y el inventario disponible de cada materia prima, a partir de las necesidades identificadas anteriormente se procede a explosionar cada producto, de manera en que se obtiene las necesidades requeridas por periodo. Una vez realizado este procedimiento para cada uno de los productos se identifica las materias primas en común de los productos y se realiza una sumatoria de las mismas. Esto permite una visualización más objetiva de la situación de la organización y de la toma de decisiones entre el departamento de compras y el departamento de producción.

Se define un registro de compras y entrada de materia prima, pues, como se identificó anteriormente, en la fase del diagnóstico existía una brecha entre estas dos condiciones. Lo cual repercutía en la identificación del inventario, así como en la obtención de datos para la toma de decisiones. Este registro permite incorporar información de fecha de compra, fecha de entrega, cantidad de producto, tipo de materia prima, entre otros. Como parte de la mejora, este registro indica de manera automática en cuál bodega de materia prima se debe colocar la materia prima. A partir de este registro, información captura de la fase de diagnóstico y el historial de consumo de materia prima se calcula los *lead times*, inventario de seguridad y punto de reorden para cada una de las materias primas. De manera en que estos sean de utilidad en la compra de materia prima, minimizando el desabastecimiento identificado como el problema de la organización.

Es importante mencionar que en conjunto con las actividades anteriores y por la naturaleza de la organización se incorpora un BOM flexible, el cual permite realizar sustituciones en las materias primas. De manera que cuando se selecciona la materia prima a sustituir y la materia prima de sustitución, calcula de manera automática la cantidad de acuerdo con el porcentaje de concentración y la diferencia entre las materias primas. A su vez, calcula la nueva cantidad de materia prima vehículo, la cual es la encargada de transportar los nutrientes de la formulación. La cantidad de materia prima vehículo varía en cada sustitución según los porcentajes de concentración de las materias primas sustitutas. Asimismo, genera el BOM de los productos variable, pues permite cambiar la cantidad de kilogramos y sacos a producir de manera que sea una herramienta de utilidad para la toma de decisiones de la organización.

#### **3.6.5. Planificación de los requerimientos de la capacidad.**

La planificación de los requerimientos de la capacidad al igual que los materiales se encuentra transversal dentro del plan de producción. En la herramienta se identifican los balances de línea para cada una de las máquinas junto con los tiempos totales de producción. Para ello se toma en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 29. Tiempo ciclo para balance de la pantalonera

| Actividades                    | T. Real (min) | T. Alisto (s) | Eficiencia | Utilización | 1-Desperdicio | Vi   | TCI         |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------|---------------|------|-------------|
| Formulación                    | 37,84         | 0,00          | 0,95       | 0,95        | 1,00          | 0,99 | 38,40       |
| Carga de Materias primas       | 12,47         | 0,00          | 0,95       | 0,80        | 1,00          | 0,99 | 12,05       |
| Preparación zona de dispensado | 23,83         | 0,00          | 0,90       | 1,00        | 1,00          | 0,99 | 25,89       |
| Dispensado                     | 2,69          | 0,00          | 0,95       | 1,00        | 0,99          | 0,99 | 4,64        |
| Empaque                        | 4,08          | 0,00          | 0,90       | 1,00        | 1,00          | 1,00 | 5,88        |
| Documentación                  | 0,99          | 0,00          | 0,85       | 1,00        | 1,00          | 1,00 | 2,69        |
| <b>Tiempo total (h)</b>        | <b>1,36</b>   |               |            |             |               |      | <b>1,49</b> |

A partir de ello se identifica el tiempo según la cantidad de personas que se necesitaría por cada orden de producción. Se realizan cuatro balances de línea por máquina, de manera que si en el tiempo la organización crece la herramienta sea capaz de adaptar sus funciones según los balances propuestos. Para ello se establece una tabla con las actividades que deben realizar cada uno de los operarios, asimismo, se realiza una ilustración con las mismas. Esto permite identificar fácilmente las tareas a realizar según la cantidad de personas. A continuación, se presenta un ejemplo de los balances de línea para la máquina pantalonera.

Tabla 30. Diagrama de balances de línea para pantalonera

| Diagrama de Balances de línea |   |    |     |    |
|-------------------------------|---|----|-----|----|
| Personas                      | 1 | 2  | 3   | 4  |
| Preparación MP                | A | AB | ABC | A  |
| Carga MP                      | A | AB | A   | AB |
| Preparación dispensado        | A | AB | BC  | CD |
| Dispensado                    | A | A  | AB  | AB |
| Empaque                       | A | B  | BC  | CD |
| Documentación                 | A | A  | A   | A  |

A su vez, dentro de la visualización de los requerimientos de la capacidad, se incorpora un gráfico, en el cual, se puede identificar el límite superior de tiempo, el límite inferior y el tiempo estimado de duración en las actividades cuello de botella. Asimismo, se incorpora el intervalo de confianza para los límites mencionados. Este gráfico de cuello de botella se realiza para cada una de las máquinas. Los límites, tanto inferior como superior, se obtienen mediante la fórmula presentada a continuación:

$$\text{Límite superior e inferior} = x \pm t_{\alpha} \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}}$$

Se muestra un ejemplo del gráfico mencionado anteriormente. En donde se identifica el límite inferior, el límite superior y la duración estimada en cada una de las actividades que para esta máquina se consideran cuellos de botella.

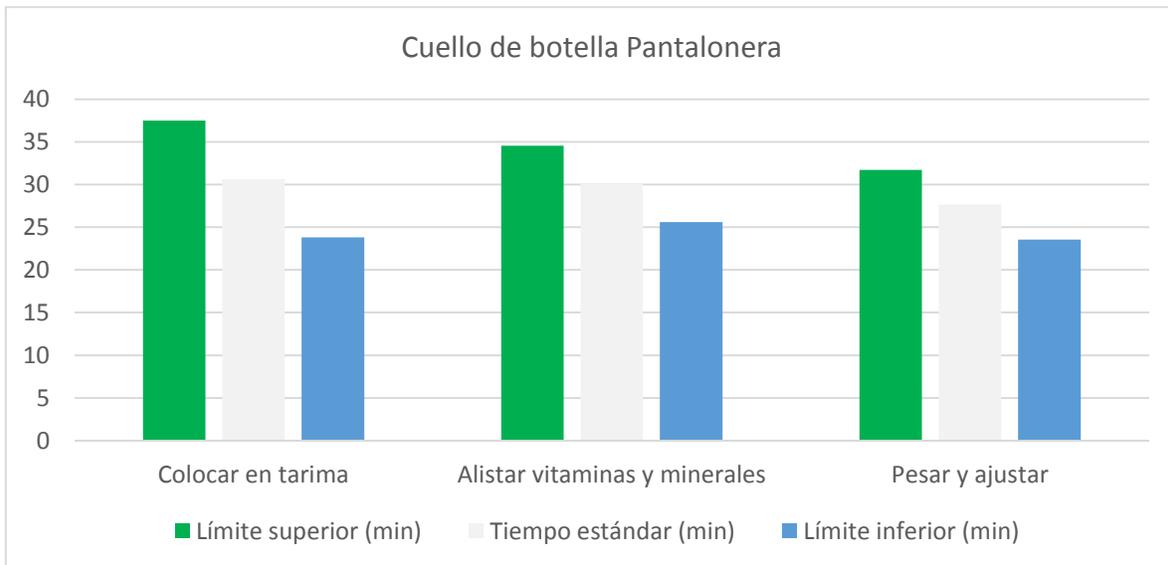


Figura 57. Cuellos de botella

### 3.6.6. Secuenciamiento y programación de la producción.

El criterio de secuenciamiento establecido corresponde a la inocuidad de los productos, ya que debido a la naturaleza de la organización existen criterios establecidos para minimizar la contaminación cruzada de productos. Debido a ello, se prioriza este criterio, pues puede causar hasta la muerte de un animal. Posterior a este criterio, se establece la fecha de entrega más próxima, la cual se toma como insumo el MPS titular. De esta manera se obtienen los datos de las órdenes y se procede a ordenarlas.

Es importante verificar que, antes de ajustar el criterio de secuenciamiento, aquellas que ya fueron programadas cumplan con la fecha de entrega comprometida por la organización, si no es así, se debe trasladar la orden nueva al día siguiente y verificar el estado de las órdenes.

### 3.6.7. Control y seguimiento.

En la herramienta se incorpora un tablero de indicadores donde se puede visualizar el comportamiento de cada punto de control. Los indicadores incorporados corresponden al error de pronóstico, cumplimiento del plan de producción y costo de mano de obra directa por kilogramo. Estos indicadores se encuentran ampliamente especificados en 3.5 Indicadores claves de desempeño.

## 7.7. Recomendaciones del diseño.

Se recomienda el uso de redes neuronales para el pronóstico de la demanda, puesto que existen comportamientos no lineales que pueden restar eficacia a los métodos por series de tiempo, además de la existencia de una oportunidad para disminuir eventualmente el error de pronóstico con la utilización de este método.

Se evalúan dos alternativas para con las redes neuronales:

*NeuralTools*: Programa que funciona como complemento a Excel para la realización de pronósticos mediante redes neuronales, el cual imita las funciones del cerebro para encontrar patrones entre los datos, dicho programa tiene un costo de \$ 895, se caracteriza por tener un módulo de entrenamiento y predicción para con el conjunto de datos ingresados. Al evaluar esta herramienta, se encuentra gran facilidad y velocidad al generar el entrenamiento y posteriores predicciones, en contraparte con las predicciones que son únicamente para el siguiente periodo, es decir la ventana de tiempo es de uno.

|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| <b>Entrenando</b>                     |                            |
| Número de casos                       | 395                        |
| Tiempo de Entrenamiento               | 0:00:05                    |
| Número de pruebas                     | 62                         |
| Razón de la parada                    | Auto-Parada                |
| % de predicciones incorrectas (30%)   | 93,6709%                   |
| Error cuadrático medio                | 31,13                      |
| Error absoluto medio                  | 14,16                      |
| Desviación estándar de error absoluto | 27,72                      |
| <b>Probando</b>                       |                            |
| Número de casos                       | 99                         |
| % de predicciones incorrectas (30%)   | 90,9091%                   |
| Error cuadrático medio                | 1092,53                    |
| Error absoluto medio                  | 177,13                     |
| Desviación estándar de error absoluto | 1078,07                    |
| <b>Conjunto de datos</b>              |                            |
| Nombre                                | Conjunto de datos número 1 |
| Número de filas                       | 494                        |
| Etiquetas manuales de caso            | NO                         |

Figura 58. Resultados NeuralTools

Al analizar los resultados obtenidos, se observa que el entrenamiento se hizo con el 90% de los datos y el 10% restante fue para evaluar las predicciones evaluadas, sin embargo, el 90.90% de las predicciones evaluadas fueron incorrectas, esto debido a que los datos por producto para cada producto no son suficientes para generar un buen entrenamiento a la red neuronal y por ende imposibilita la obtención de predicciones correctas.

*RStudio*: Catalogado como un (IDE), o bien, un entorno de desarrollo integrado para el lenguaje de programación R, para la ejecución de redes neuronales se procede a la instalación de paquetes a lo interno del mismo. Se procede a pronosticar mediante el software mencionado dando los resultados como el siguiente:

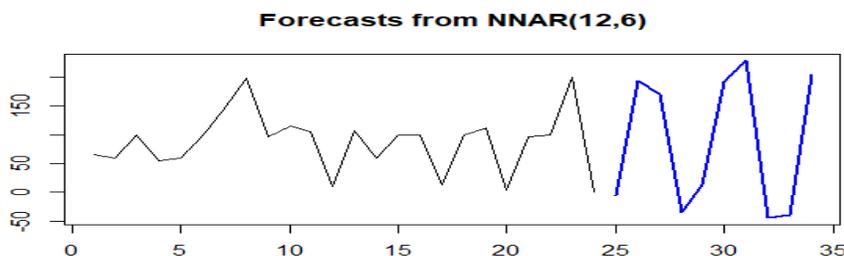


Figura 59. Pronóstico con red neuronal en RStudio

|    | Point Forecast |
|----|----------------|
| 25 | -5.138419      |
| 26 | 194.628575     |
| 27 | 171.270753     |
| 28 | -35.431425     |
| 29 | 13.182058      |
| 30 | 192.053578     |
| 31 | 229.191445     |
| 32 | -45.270694     |
| 33 | -39.440053     |
| 34 | 204.511723     |

Figura 60. Valores pronosticados por RStudio

|              | ME           | RMSE       | MAE        | MPE | MAPE | MASE         | ACF1       |
|--------------|--------------|------------|------------|-----|------|--------------|------------|
| Training set | -0.007053933 | 0.02331492 | 0.02053191 | Inf | Inf  | 0.0003539984 | -0.1560823 |

Figura 61. Análisis modelo RStudio

Al estudiar detalladamente los resultados obtenidos al usar *RStudio*, cabe destacar que es un software de uso libre, es decir, no tiene costo alguno. Al analizar los valores pronosticados, como se pueden observar en la Figura 60. Valores pronosticados por RStudio” utilizando redes neuronales, se observa cómo el mismo emula valores negativos, esto como consecuencia de la información que se usa para el entrenamiento de la red del mismo, de igual forma se analiza los resultados del modelo obteniendo valores para los errores de pronóstico catalogados como *inf*, *NaN* y *- inf*, esto indica que lo analizado no se ajusta a un valor numérico del cual obtener un error de pronóstico, lo cual se explica a la cantidad de datos que se utilizan como insumo para la realización del pronóstico, evidenciando que, con 24 meses de información, el modelo no realiza buenas predicciones, en el Apéndice 15. Aplicación de redes neuronales se muestra el detalle del código utilizado para la realización de pronósticos por redes neuronales con *RStudio*.

Las opciones mostradas para el desarrollo de pronósticos actualmente no representan los resultados deseados o funcionales para la ejecución de los mismos, puesto que la cantidad de información histórica por producto es muy poca para generar buenos entrenamientos y a partir de estos buenas predicciones, por lo cual se recomienda recolectar más información de demanda de los productos para que estas opciones representen una buena oportunidad para el Sistema de Planificación y Control de la Producción de Laboratorios Faryvet.

Otro aspecto para resaltar es que la información actual es solo ventas y no demanda, lo cual incentiva a la red neuronal a entrenarse erróneamente, para remediar dicho efecto el grupo de trabajo diseñó registro para la obtención de la demanda, con lo cual los insumos a los modelos de redes neuronales serán más acordes a lo necesario para un buen entrenamiento y predicción.

## 7.8. Conclusiones del diseño.

- Se logra unificar y crear la interrelación de los procesos a partir de rediseñar el sistema de planificación y control de la producción de la empresa Laboratorios Faryvet y, a su vez, establecer las metodologías para la ejecución de cada uno de los procesos.
- El proceso de planificación de la demanda se robustece debido a que, insumos como los registros de demanda insatisfecha, ventas perdidas y ventas, conforman la entrada al proceso para conformar la información pertinente de demanda, a diferencia de las ventas, que no son el insumo suficiente para el proceso en cuestión.
- La caracterización individual por producto, respecto a los componentes sistemáticos de la demanda, representa una oportunidad para la correcta asignación del método de pronóstico más adecuado y no realizar el pronóstico de la totalidad de los productos con el promedio móvil simple que solo captura el nivel en los mismos.
- La incorporación del error de pronóstico como un indicador ligado al proceso de planificación de la demanda, va a permitir identificar oportunidades de mejora que repercuten en una reacción de alerta para con el proceso de planificación.
- El proceso de MPS diseñado logra generar un panorama más amplio para que la organización realice su planeación de una manera más robusta y sencilla, ya que este es capaz de interactuar en tiempo real con los procesos de CRP y MRP para conformar un MPS consolidado que se basa en las necesidades de la organización, lo cual contempla la disponibilidad de recursos como materia prima, maquinaria y recurso humano.
- El proceso de CRP contempla la capacidad real de cada línea, además de evidenciar, para cada uno de los posibles balances por maquina o línea de producción, lo que respecta a los cuellos de botella. Factores que previamente eran desconocidos por la organización e inducían a la sub-planeación o sobre planeación de la producción respecto a la capacidad.
- La visualización en tiempo real del comportamiento de la capacidad, conforme se asigna o programan ordenes de producción, lo cual va a permitir tomar decisiones acertadas dado que se conocerán al instante las implicaciones que las mismas tengan.
- El MRP y su interacción con el proceso de MPS y la incorporación de la metodología de BOM al mismo van a permitir brindar requerimientos de materias primas al proceso de compras más acertados. Permite garantizar en mayor medida que el proceso productivo contará con los requerimientos de materia prima justos para cumplir con la programación de la producción.
- La flexibilidad y sistematización para eventos como desabastos en alguna materia prima permite minimizar el desabastecimiento de materias primas identificada en el diagnóstico.
- Los procesos de secuenciamiento de la producción y programación de la producción como parte del rediseño dejan de ser empíricos y se basan en la fecha de entrega, tipo de producto y el criterio de inocuidad de los productos, interactuando en tiempo real con la programación de la producción.
- Se incorporan las limpiezas de arrastre en el caso de que se altere por criterio experto el secuenciamiento de la herramienta, debido a la versatilidad de la misma. Un punto relevante es la flexibilidad de la herramienta analítica, donde quedan programadas las limpiezas de arrastre para aquellos eventos donde la secuencia y programación planeada no puedan o llevarse a cabo.
- La herramienta analítica diseñada logra sistematiza el SPCP, garantizando el correcto flujo de información e interacción de los procesos que lo conforman.
- Brinda indicadores tales como el error de pronóstico, porcentaje de capacidad requerido por línea de producción, *makespan*, horas extra, materias primas desabastecidas, entre otros que permiten reaccionar e interactuar con el usuario sistemáticamente para la toma de decisiones.

## Capítulo IV. Validación

### 7.1. Objetivos de validación.

#### 4.1.1. Objetivo general.

Evaluar el diseño del sistema de planificación y control de la producción con el propósito de verificar la mejora implementada en error de pronóstico, cumplimiento del plan de producción y los costos de mano de obra directa.

#### 4.1.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la asignación del método de pronóstico con el fin de verificar la mejora en el error del mismo.
- Verificar el rediseño del SPCP en los procesos de la organización, de manera que se cuantifique el impacto en el cumplimiento del plan de producción.
- Contrastar la diferencia en el costo de mano de obra directa entre el SPCP diagnosticado y el SPCP propuesto.

### 7.2. Metodología de validación

Tabla 31. Metodología de validación

| Actividades  | Herramientas   | Resultados esperados  |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Evaluar la asignación de método de pronóstico</b></li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pronósticos (Promedio móvil simple, Croston, Suavización exponencial, Holt y Winters)</li> <li>• Datos históricos del año 2019</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados del pronóstico.</li> <li>• Mejora en la asignación del pronóstico.</li> <li>• Mejora en el error de pronóstico.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuantificar el cumplimiento del plan de producción</b></li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan maestro de producción y Planificación de los requerimientos de la capacidad</li> <li>• Datos históricos del año 2019</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora en el cumplimiento del plan de producción.</li> <li>• Aumento en la disponibilidad de máquinas.</li> <li>• Disminución de la utilización de las actividades cuello de botella.</li> <li>• Disminución de horas extra.</li> <li>• Disminución del <i>makespan</i></li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuantificar el costo de mano de obra de la organización</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadística</li> <li>• Datos históricos del año 2019.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del costo de mano de obra directa.</li> </ul>  |

### 7.3. Impacto en los indicadores de éxito.

#### 4.3.1. Error de pronóstico.

El error de pronóstico en la empresa Laboratorios Faryvet S.A. no funcionaba como indicador para la organización, por lo cual no se tenía una idea clara del impacto de realizar inadecuadamente los pronósticos, puesto que se usaba un promedio móvil simple para pronosticar cada uno de los productos de la división de premezclas, por ello este primer indicador de éxito es primordial para medir los beneficios del presente proyecto.

Se utiliza el indicador mostrado en 1.3 Indicadores de éxito. **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.**, se procede a calcular dicho error de pronóstico con datos de enero a setiembre de 2019, dando como resultado con el método actual de pronóstico un 111,2 % de error de pronóstico, en contraparte al método propuesto, el cual da un resultado para dicho indicador del 44,2% generando una mejora del 60.25%. Para comprobar dicha mejora se elabora la prueba t pareada en el software estadístico Minitab con el fin de corroborar que las medias entre ambas muestras de pronósticos son distintas.

| Prueba            |     |                             |
|-------------------|-----|-----------------------------|
| Hipótesis nula    |     | $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$    |
| Hipótesis alterna |     | $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ |
| Valor T           | GL  | Valor p                     |
| -2.88             | 493 | 0.004                       |

Figura 62. Prueba t pareada para error de pronóstico

En la Figura 62. Prueba t pareada para error de pronóstico”, se denota la hipótesis nula  $H_0$ , la cual establece que la diferencia entre las medias de ambos métodos de pronóstico es igual a cero, mientras que la hipótesis alternativa  $H_1$  establece que la diferencia entre ambas medias es distinta de cero. Analizando los resultados del valor estadístico p, se denota que el mismo es de 0,004, lo cual está por debajo del valor p de significancia que es 0,05, el cual es el nivel de significancia más pequeño que conduce al rechazo de la hipótesis nula  $H_0$ . Por ende, se puede concluir que no hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula, lo cual nos lleva a aceptar la alternativa que nos indica que hay diferencia entre las medias de los métodos de pronóstico. Asimismo, se puede observar con mayor detalle en Apéndice 16. Prueba t pareada para el indicador de éxito porcentaje de error de pronóstico.

Para comprender la mejora mencionada se debe recordar que la empresa no registra datos de demanda como tal, por lo que toman las ventas para realizar dichas proyecciones y asignado el promedio móvil simple a todos sus productos. Como se mencionó en la etapa de diseño, el grupo de trabajo se dio a la tarea de realizar una caracterización sistemática de los componentes de la demanda para cada producto, para posteriormente asignar el método de pronóstico más adecuado según la caracterización, dicho ejercicio resulta en la mejora en el error de pronóstico en 398 de los 494 productos.

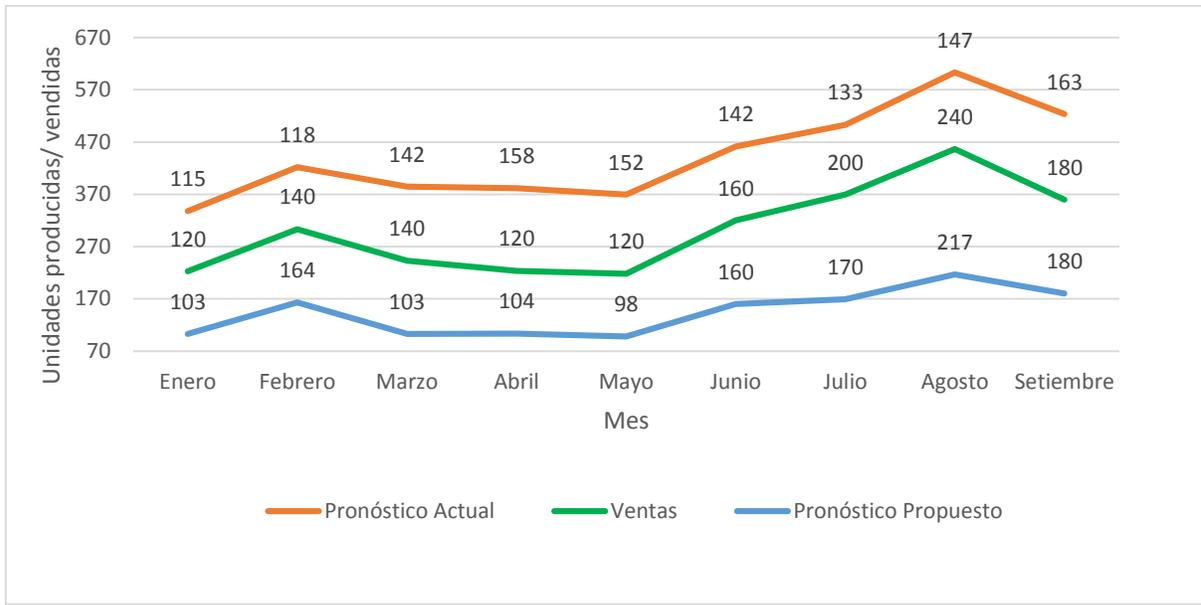


Figura 63. N. Impulsor corriente 20 kg comparación de pronósticos

Como se puede apreciar en la Figura 63. N. Impulsor corriente 20 kg comparación de pronósticos”, el pronóstico propuesto da un mejor seguimiento a las ventas de lo que el actual puede dar, dicha mejora se da gracias a la caracterización dinámica diseñada, donde para el producto en cuestión se pasa de tener un error de pronóstico en el periodo de enero a setiembre de 2019 de 86% a solo 15%, tal como muestra la siguiente figura:

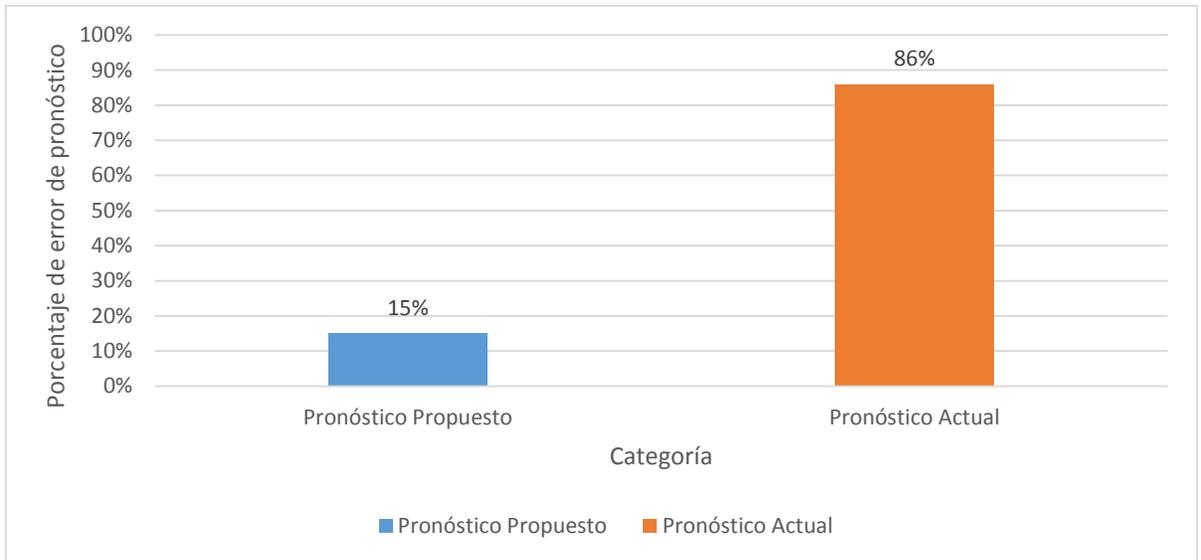


Figura 64. N. Impulsor corriente 20 kg comparativa error de pronósticos

Se procede a realizar el mismo análisis para la totalidad de los productos y se obtiene que hay mejora mes a mes para el periodo de análisis mencionado, tal como se evidencia en la siguiente figura:

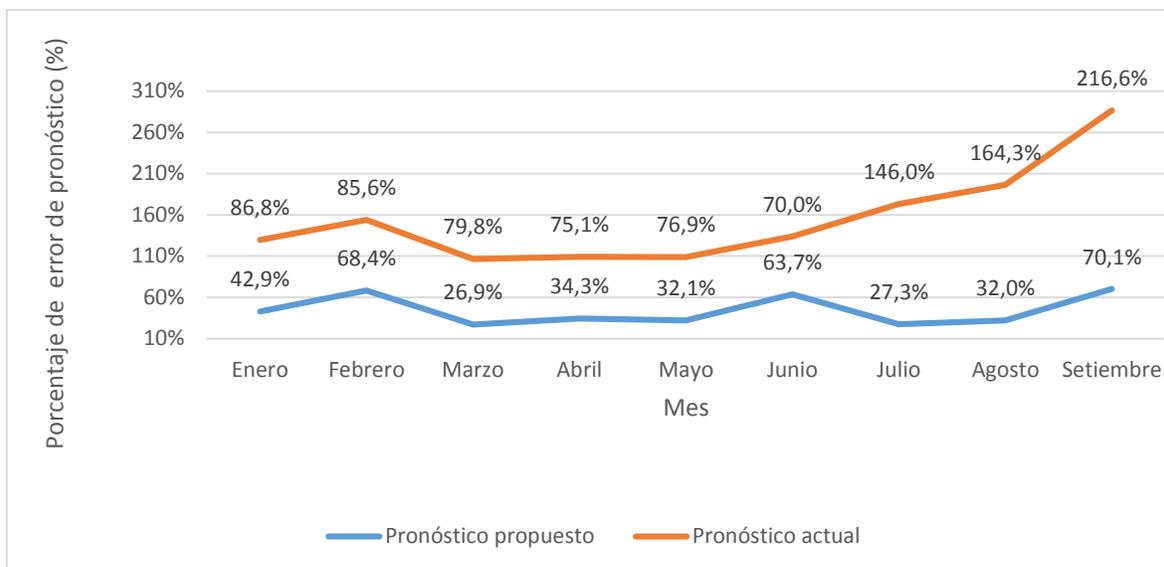


Figura 65. Error de pronóstico enero - setiembre 2019

Al analizar la desviación absoluta para el pronóstico propuesto efectuado, se obtiene que para el periodo de enero a setiembre de 2019 dicha desviación es de un 25,00%, en contraposición al método actual, el cual posee un 61,47%, dicha mejora va a permitir reducir considerablemente los niveles de inventario, tanto de producto terminado, como de materias primas, puesto que lo pronosticado por el método propuesto difiere en menor cantidad a las ventas.

Finalmente, lo obtenido para con este indicador de éxito puede ser mejorado con el transcurso del tiempo por parte de la organización, dado que, al implementar los registros de ventas perdidas y demanda insatisfecha, la información que funcionara como insumo para el proceso de planificación de la demanda será específicamente esta última y no ventas, como sucede actualmente, posterior a la recopilación de dicha información y sostenibilidad de la misma en el tiempo se puede proceder a evaluar la funcionalidad de las recomendaciones en cuanto a redes neuronales brindadas por el equipo de trabajo.

#### 4.3.2. Cumplimiento del plan de producción.

Para realizar la validación del cumplimiento del plan de producción, se realiza primeramente un análisis entre la planificación de producción realizada por la empresa (planificación actual) y la planificación de la producción realizada por medio de la propuesta de diseño.

Para el periodo de análisis que comprende los meses de enero a setiembre del 2019, se planificaron 2800 tandas o lotes de producción, las cuales, en el plan de producción actual de la empresa, se asignaron a las diferentes líneas de producción según criterio experto, donde, además, se asigna la cantidad de colaboradores por línea según la disponibilidad y criterio experto.

Por otra parte, la asignación de tandas a las líneas de producción por parte de la propuesta de diseño se realiza mediante la selección de órdenes según la cantidad de kilogramos que la conforman, tomando también en cuenta que el procesamiento mínimo de cada mezcladora es de al menos el 50% de su capacidad. En cuanto a la asignación del personal, la propuesta de diseño realiza un análisis de capacidad de las líneas de producción una vez asignadas las 2800 tandas a las máquinas, donde elige el número de personas necesarias que se encuentran disponibles para poder llevar a cabo la producción de cada línea, minimizando el tiempo total de producción.

El resultado de la asignación de tandas a las líneas de producción es el siguiente:

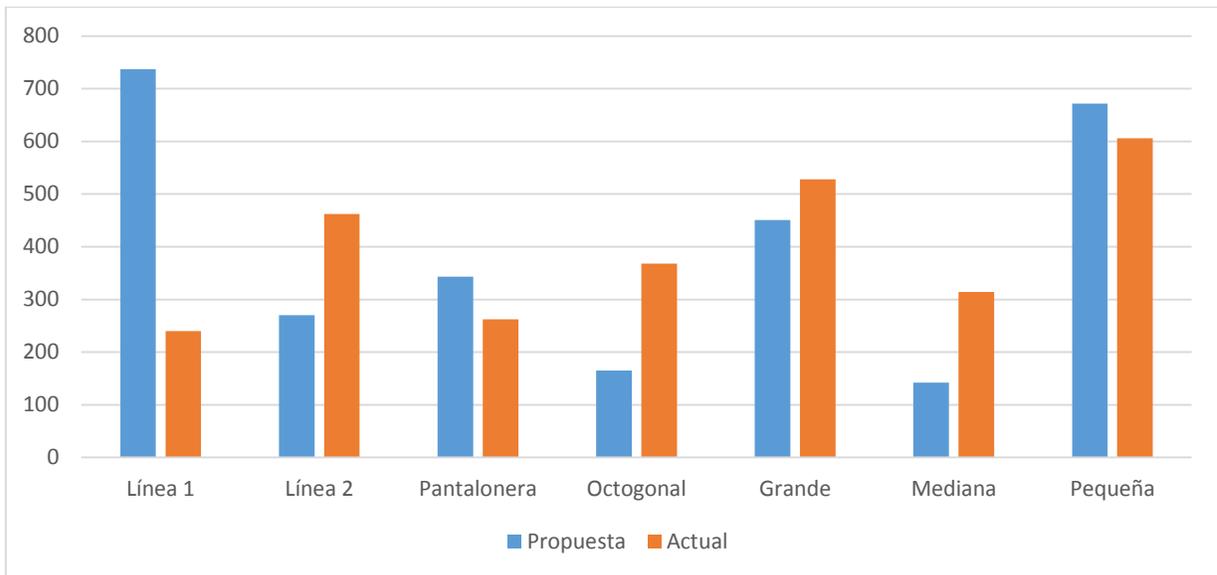


Figura 66. Asignación de tandas a las líneas de producción

La Figura 66. Asignación de tandas a las líneas de producción” muestra cómo la propuesta de diseño realiza una asignación de tandas en mayor cantidad para las líneas de producción llamadas Línea 1, Pantalonera y Pequeña, mientras que la planificación de la producción actual hace énfasis en asignar más tandas de producción a las demás líneas de producción.

En lo que respecta a la asignación de las personas por línea, en la siguiente figura se muestran los resultados:

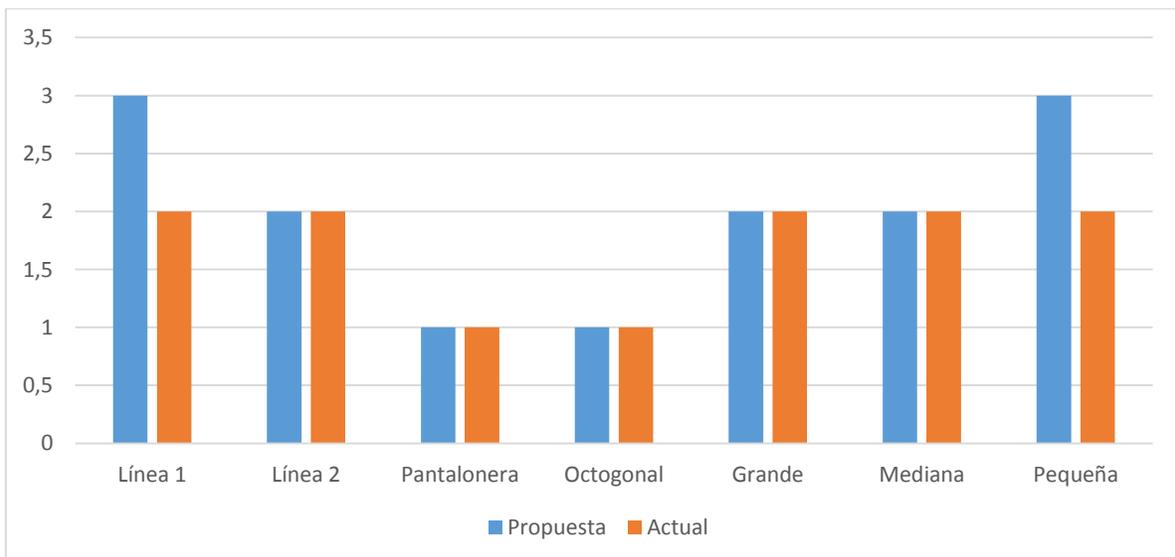


Figura 67. Asignación del personal a las líneas de producción

Se puede observar en la figura anterior como la asignación del personal ha sido muy similar para los dos escenarios, sin embargo, la propuesta de diseño ha realizado un aumento en la cantidad de personas para trabajar en la línea Pequeña y en Línea 1, lo cual se debe a que estas líneas también

fueron a las que mayor cantidad de tandas se les ha asignado como parte de la selección de la propuesta de diseño.

Ahora bien, la asignación de tandas de producción y personal a las líneas de producción juegan un papel fundamental en la etapa de planeación, debido a que estos dos insumos son los que se encargan de llevar a cabo el plan de producción, ya que una sobreasignación de tandas en alguna línea de producción puede repercutir en tiempo adicional para lograr cumplir con el plan, y una inadecuada asignación de personas puede aumentar o disminuir el tiempo total de procesamiento de las órdenes. Debido a lo anterior, es necesario evaluar, después de ejecutar cada plan de producción, en qué condiciones se encuentra cada línea de producción respecto a la disponibilidad (tiempo disponible para procesar más órdenes) y el tiempo de procesamiento total de las tandas.

Al realizar un análisis con respecto a la disponibilidad de las líneas de producción para ambos escenarios, la siguiente figura muestra los resultados:

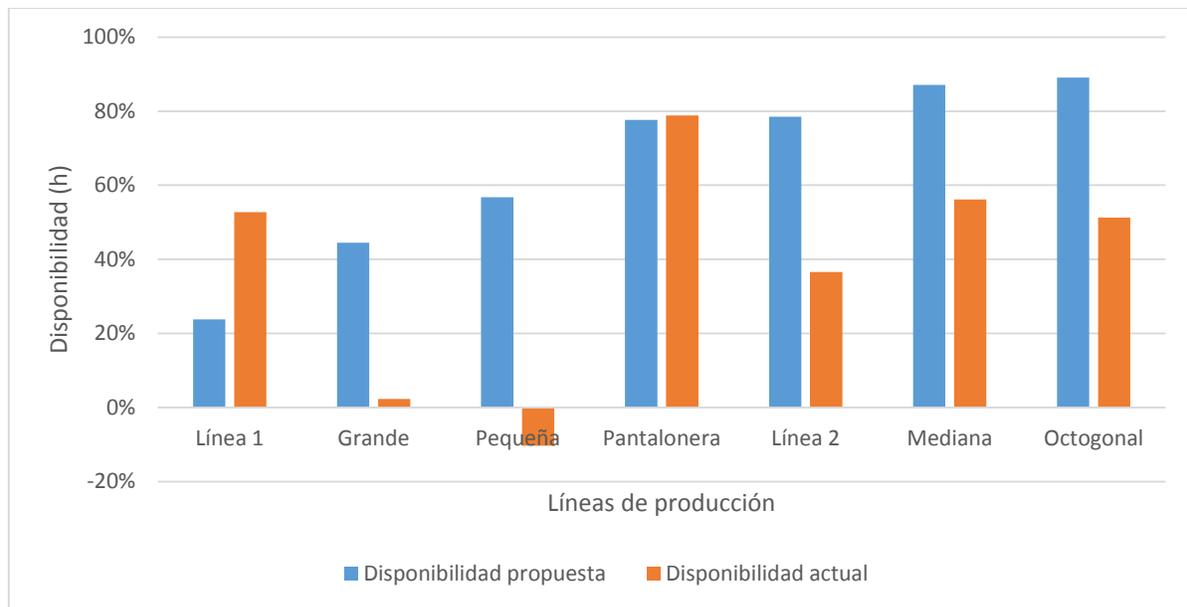


Figura 68. Disponibilidad de las líneas de producción según planificación

En la Figura 68. Disponibilidad de las líneas de producción según planificación” se muestra que la planificación de la producción actual realizada por la organización deja como resultado una disponibilidad de -10% para la línea Pequeña, 2% para la línea Grande, 37% para la Línea 2, 53% para la Línea 1, 56% para la Mediana y un 79% para la Pantalonera. Dicho resultado muestra que para la línea Pequeña se tiene que esta debe de asignar horas extra para poder cumplir con su plan de producción, y además deja a la línea Grande prácticamente sin posibilidad de procesamiento de órdenes en caso de requerirlo.

En contraste con el resultado anterior, la planificación de la producción por parte de la propuesta de diseño deja como resultado una disponibilidad para las líneas desde el 24% hasta un 89%, dado como mejora un aumento promedio en la disponibilidad de las líneas del 27%. Este aumento en la disponibilidad de las líneas de producción permite dar una ventaja competitiva para la organización, ya que esta se caracteriza por realizar órdenes que son pedidas por el cliente después de haber

consolidado el plan de producción, por lo que es un resultado que ofrece una mayor flexibilidad de servicio.

Por otro lado, la asignación de recursos humanos y de tandas a las líneas de producción de los dos escenarios ha producido un resultado diferente en el tiempo total de procesamiento de las órdenes, el cual se muestra a continuación:

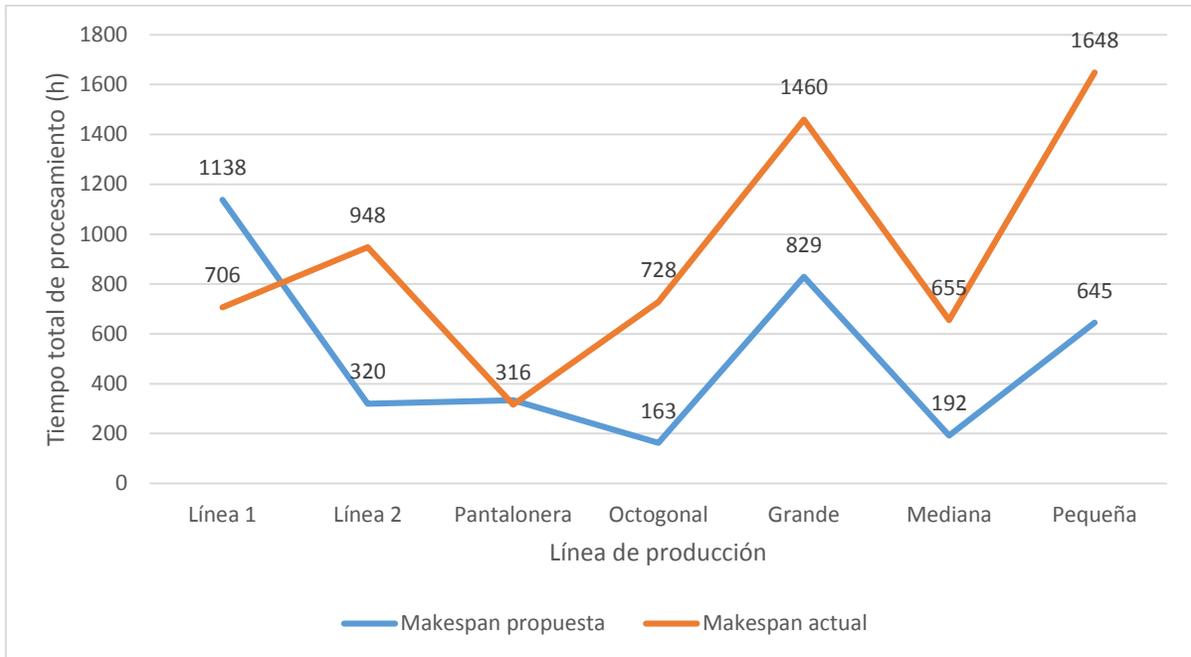


Figura 69. Tiempo de procesamiento total de las órdenes de producción

La Figura 69. Tiempo de procesamiento total de las órdenes de producción” evidencia una diferencia entre el tiempo de procesamiento obtenido según la asignación de tandas y personas a las líneas de producción por parte del plan actual de la empresa y el obtenido según la propuesta de diseño, ya que la Línea 2, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña presentan una disminución del 66%, 77%, 43%, 71% y 61% respectivamente. Además, solamente la Línea 1 y Pantalonera no obtuvieron un menor tiempo de procesamiento de las órdenes, obteniendo un 61% y un 6% de duración adicional que la propuesta actual, pero esto se debe a que se le asignaron una mayor cantidad de tandas en el plan de la propuesta. La asignación del personal y tandas por parte de la propuesta de diseño deja como resultado una disminución del 43% del tiempo total de producción, el cual se refleja en la disponibilidad de las líneas de la Figura 68. Disponibilidad de las líneas de producción según planificación” y la disminución de horas extra de un 23%.

En lo que respecta al segundo análisis, se tiene una comparativa de la producción real de la organización contra la realización de esta producción bajo los criterios de selección y asignación de las tandas y personal a las líneas de producción. Dicho análisis se lleva a cabo para los meses de enero a setiembre del 2019. Al ingresar todas las tandas de producción en la herramienta diseñada, se obtienen los siguientes resultados:

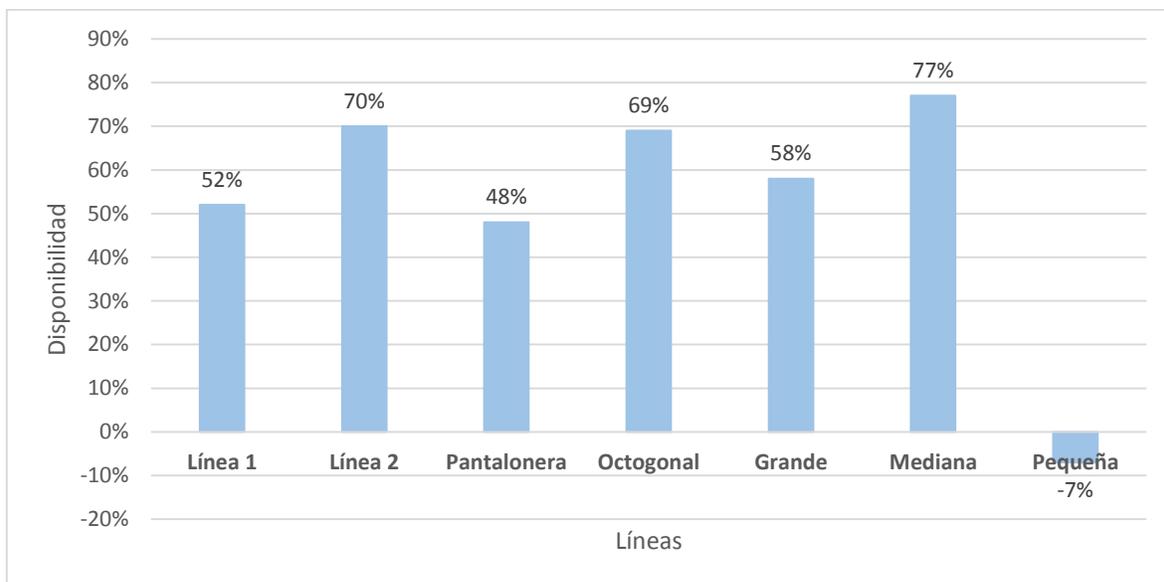


Figura 70. Disponibilidad de las líneas de producción según producción real

La Figura 70. Disponibilidad de las líneas de producción según producción real” muestra el resultado que deja la asignación de personas y tandas por parte de la propuesta de diseño, donde se visualiza que se da un cumplimiento del plan de producción del 98.9% sin comprometer recursos de horas extra o personal adicional a las líneas. Además, dicho plan de producción, realizado por parte de la propuesta de diseño, es capaz de cumplir con el 100% del plan de producción con tan solo 165 horas extra en la línea Pequeña, y dejando una capacidad disponible para cada línea de producción de al menos un 48%, exceptuando a la línea Pequeña. Este resultado permite evidenciar que la asignación de recursos por parte de la propuesta de diseño permite generar un valor agregado en la parte de flexibilidad de las líneas para por incorporar otras órdenes de producción que no estén contempladas dentro del plan de producción diseñado, dando a la organización una ventaja para fortalecer su sistema de producción *make to order*.

#### 4.3.3. Costo de mano de obra directa.

Para la cuantificación del costo de mano de obra directa se realiza en dos escenarios. El primero corresponde al costo de mano de obra directa en la planificación del plan maestro de producción. El segundo escenario se realiza con los kilogramos producidos realmente en la organización. Esto se debe a que el incumplimiento del plan de producción por parte de la organización aumenta en cantidad de kilogramos y horas extras que se han planificado. Por lo cual, es de importancia contrastar estos escenarios para así identificar las consecuencias actuales de las decisiones productivas de la organización.

Para el primer escenario, se incorpora en la herramienta desarrollada en la fase de diseño la planificación elaborada por la organización. Asimismo, los recursos de máquinas y humanos se ingresan según esta planificación de la empresa. Con lo cual se identifican los kilogramos planificados, estos corresponden a 2 695 984kg durante el periodo de estudio. Asimismo, se establecen las horas extras planificadas, las cuales suman un total de 1 290 horas, distribuidas durante el periodo mencionado anteriormente. Posteriormente, se incorpora el plan de producción, sin embargo, se asignan los recursos según la mejora en los balances de línea y la asignación de máquinas, con lo cual se obtiene un total de 202 horas extras. A partir de los datos anteriormente señalados se utiliza el indicador de éxito propuesto, los resultados se muestran a continuación:

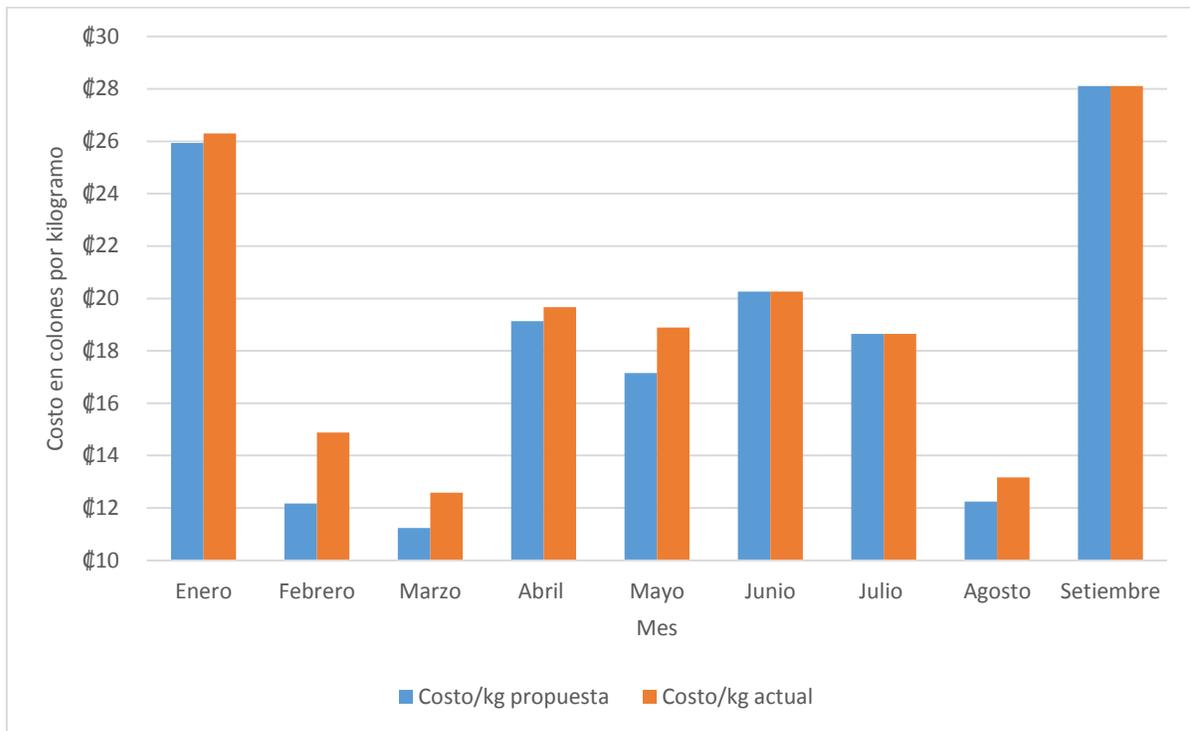


Figura 71. Costo de mano de obra directa en la planificación de la producción

Como se muestra en Figura 71. Costo de mano de obra directa en la planificación de la producción”, hay disminuciones considerables en el costo de mano de obra directa en los meses de febrero, marzo, abril, mayo y agosto. Esto debido a que son los meses en los cuales se presentan las horas extra. Sin embargo, en los meses de enero, junio, julio y setiembre, en la fase de planificación, tanto en el método actual como el propuesto, no se identifican horas extras, por lo cual, el tiempo de producción corresponde solamente a la jornada laboral. A partir de lo anterior se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 32. Costo de mano de obra directa en la planificación

|   | Costo de mano de obra directa por kilogramo | Costo de mano de obra directa total |
|---|---|-------------------------------------|
| <b>Costo promedio de mano de obra directa (actual)</b>    | <b>₡ 19,17</b>                              | <b>₡51 672 874,01</b>               |
| <b>Costo promedio de mano de obra directa (propuesta)</b> | <b>₡18,32</b>                               | <b>₡49 395 892,30</b>               |
| <b>Diferencia</b>   | <b>₡ 0,84</b>                               | <b>₡2 276 981,71</b>                |

Esta diferencia corresponde a un 4,61% entre ambos costos. Se elabora una t pareada, con el fin de obtener suficiente información estadística para no aceptar la hipótesis nula, permitiendo identificar una diferencia entre las medias de las muestras, permitiendo concluir que sí existe una diferencia entre los costos de mano de obra directa actual y los costos de mano de obra según la propuesta realizada.

Posteriormente, el segundo escenario en el cual la organización brinda la cantidad de horas extras mensuales que se realizaron en el periodo de enero a febrero del 2019, así como la cantidad de órdenes procesadas en ese periodo. Las horas extras equivalen a 6 043,5 y los kilogramos a 2 738 124

una diferencia positiva de 42 140kg entre las órdenes producidas y las órdenes planificadas. Se establece, asimismo, la cantidad de horas extras si se hubiese incorporado para este periodo las mejoras identificadas en la fase del diseño, con lo cual se obtienen 769 horas. A continuación, se muestra la diferencia del costo de mano de obra directa según la fórmula establecida en el indicador de éxito.

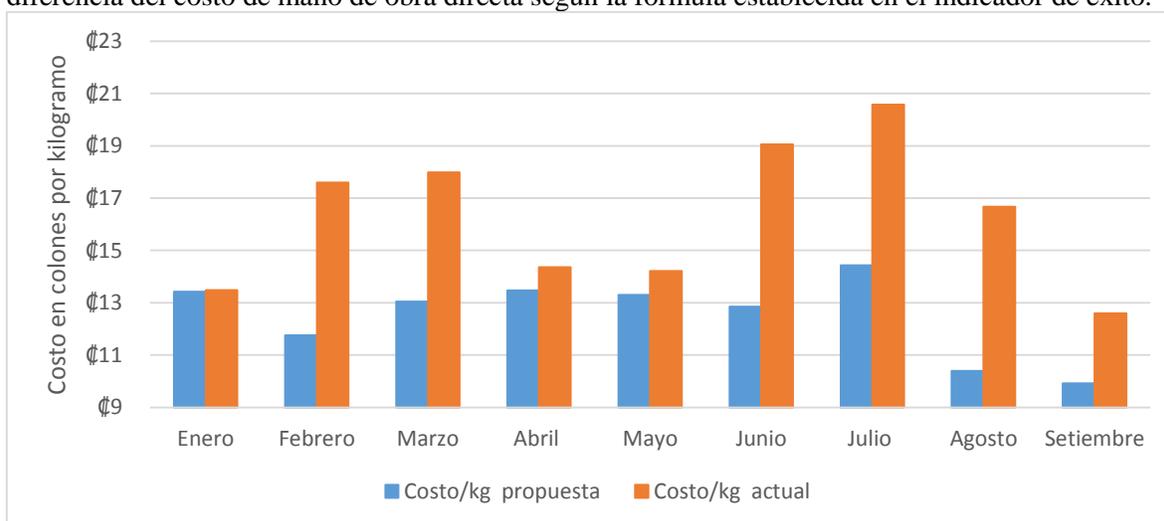


Figura 72. Costo de mano de obra directa en la producción real enero-setiembre 2019

Según muestra la Figura 72. Costo de mano de obra directa en la producción real enero-setiembre 2019”, hay una reducción significativa en los meses del periodo de estudio que en algunos meses, como febrero, junio, agosto y setiembre, sobrepasan el 50% del costo de mano de obra directa actual. Asimismo, refleja que la asignación de recursos tanto de máquina y humanos de una manera balanceada reduce de manera drástica el costo de mano de obra en cada uno de los meses. A continuación, se muestra el ahorro de este:

Tabla 33. Costo de mano de obra directa en la producción

|   | Costo de mano de obra directa por kilogramo | Costo de mano de obra directa total |
|---|---|-------------------------------------|
| <b>Costo promedio de mano de obra directa (actual)</b>    | ¢ 16,28                                     | ¢ 44 587 785,19                     |
| <b>Costo promedio de mano de obra directa (propuesta)</b> | ¢12,51                                      | ¢34 255 792,85                      |
| <b>Diferencia</b>   | <b>¢ 3,77</b>                               | <b>¢10 331 991,34</b>               |

La diferencia entre ambos costos corresponde a un 23,2%. Lo cual permite identificar la mejora en el costo promedio de mano de obra en condiciones reales a partir de una correcta asignación de personal y máquinas. Para ello a su vez se elabora una t pareada, con el fin de obtener suficiente información estadística para no aceptar la hipótesis nula, permitiendo identificar una diferencia entre las medias de las muestras, permitiendo concluir que sí existe una diferencia entre los costos de mano de obra directa actual y los costos de mano de obra según la propuesta realizada.

#### **7.4. Impacto del plan maestro de producción en el plan de requerimiento de materiales.**

Como parte del rediseño del plan maestro de producción se da de manera conjunta el rediseño de la planeación de los requerimientos materiales, el cual consiste en el establecimiento de puntos de reorden para todos productos, inventarios de seguridad y la creación de un sistema de producción que se encargue de desplegar los requerimientos materiales según las necesidades de producción, donde se diseña un sistema de sustitución de materias primas que se encargue de dar soluciones ante los problemas de desabastecimiento de materias primas, ya que su función es generar *BOM's* auxiliares o sustitutos en caso que alguna orden de producción requiera de la sustitución de una materia prima que no se encuentre en bodega, generando un valor agregado en las etapas de planificación y producción de las órdenes de producción que se requieran. Dicho rediseño tiene como finalidad dar un mayor control a la organización para la planeación y manejo de sus materias primas para evitar postergar o perder órdenes de producción debido a la falta de materias primas.

#### **7.5. Utilización de las actividades cuello de botella.**

A partir de la reasignación de recursos en el proceso de producción es necesario cuantificar la utilización de las actividades de cuello de botella, según se propuso en 2.7.4 “

Determinación de la utilización del cuello de botella”, permitiendo cuantificar el impacto en la disminución de estas. Para lo cual se procede a detallar cada una de las actividades mencionadas, así como su respectiva comparación de la metodología actual a la metodología propuesta utilizando la herramienta.

Se utilizan las órdenes planificadas por parte de la organización del periodo de enero a septiembre del año 2019. De manera que permita contrastar la diferencia en porcentaje de la utilización de las actividades cuello de botella, asimismo, se cuantifica la oportunidad de crecimiento en sacos según el contraste de la utilización actual a la utilización propuesta. Es importante mencionar que la actividad de alisto de micros es excluida de este análisis, pues no se incorpora más recursos en la organización, por lo que no agrega valor en el análisis realizado. A continuación, se muestra un resumen por cada una de las actividades asignadas anteriormente.

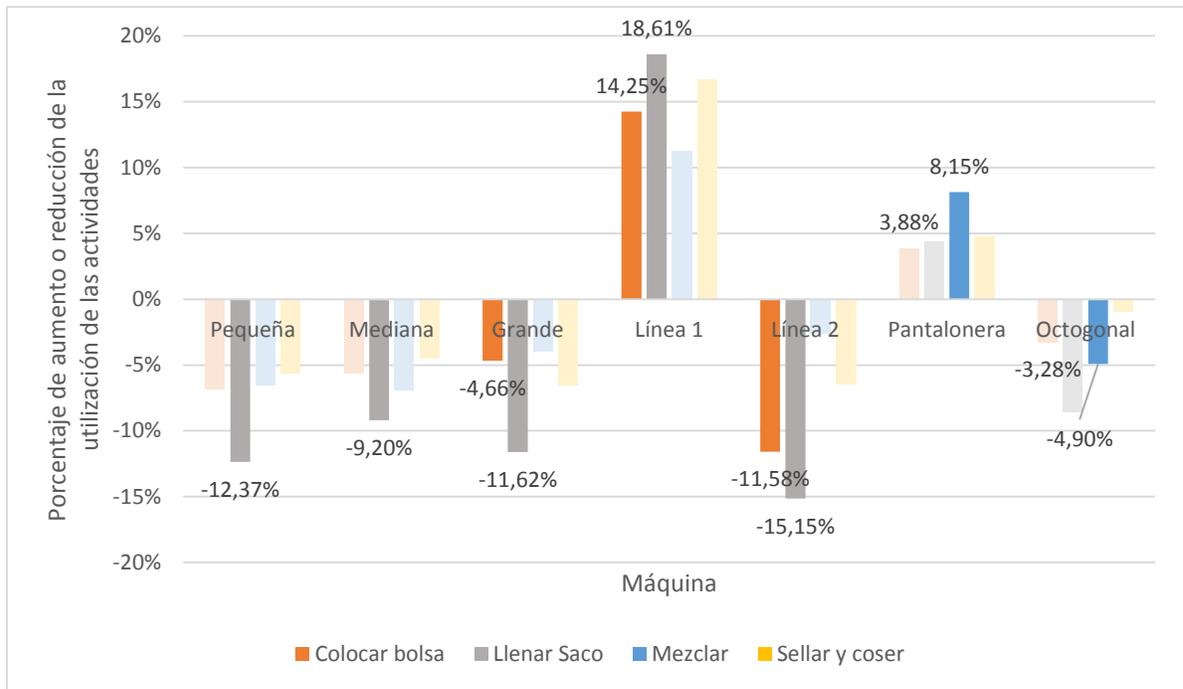


Figura 73. Resumen del aumento o disminución de la utilización en las actividades cuello de botella según máquinas

Como se muestra en la Figura 73. Resumen del aumento o disminución de la utilización en las actividades cuello de botella según máquinas”, existe una disminución a partir de la reasignación de recursos tanto de máquinas como de personal. Estas reducciones son notorias en todas las máquinas a excepción de la línea 1 y la pantalonera, pues en estas dos máquinas incrementaron los órdenes, por lo cual la utilización de sus cuellos de botella es mayor. Sin embargo, para las demás máquinas se identifica una disminución hasta del 20% aproximadamente, por lo que es una oportunidad de crecimiento en la organización si desea expandir las operaciones, pues como se puede identificar, las máquinas incluso no superan el 80% de su utilización.

A continuación, se analizará a más detalle cada una de las actividades del cuello de botella, con el fin de describir los beneficios obtenidos mediante el uso de la herramienta.

#### 4.5.1. Utilización de la actividad colocar bolsa.

Mediante el ingreso de las órdenes realizadas en Laboratorios Faryvet, se simula el comportamiento de la producción según la asignación en las máquinas mediante la herramienta diseñada. Esta simulación se realiza con el fin de contrastar la asignación realizada de manera empírica en la organización, y la asignación realizada de manera automática por la herramienta. A continuación, se muestra la utilización de esta actividad.

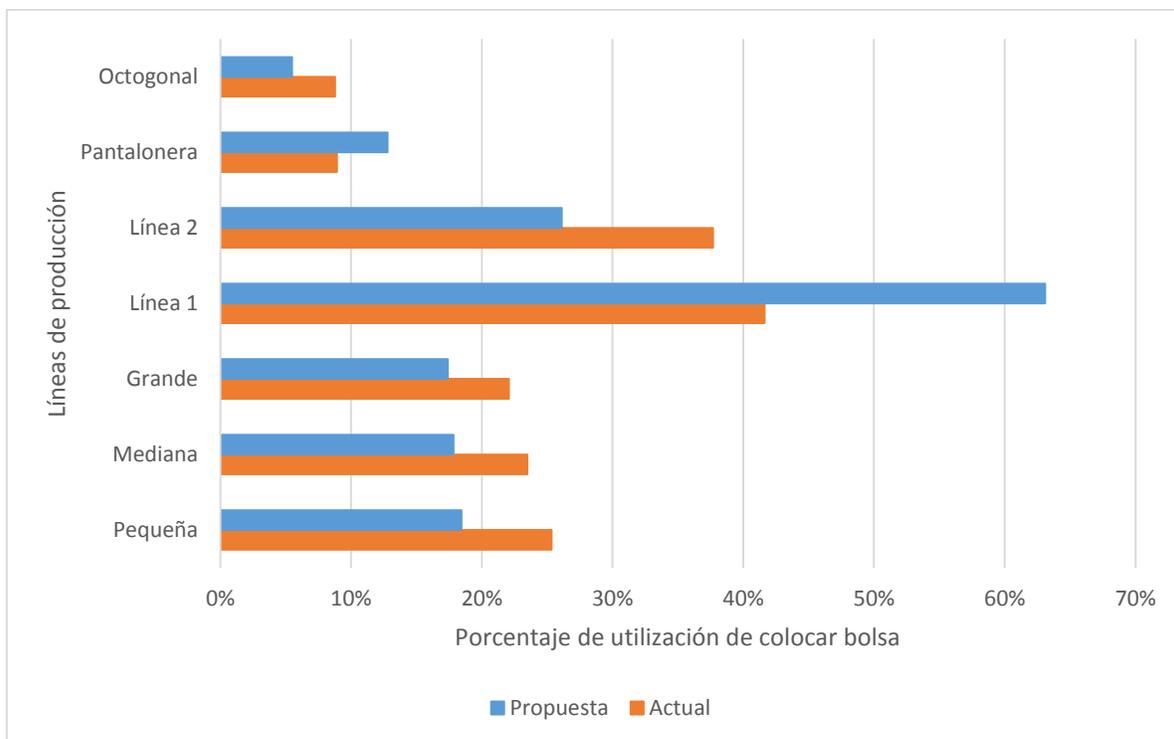


Figura 74. Porcentaje de utilización de la actividad colocar bolsa de enero-setiembre 2019

En la Figura 74. Porcentaje de utilización de la actividad colocar bolsa” se identifica la utilización promedio del periodo enero a setiembre del año 2019 el comportamiento mencionado anteriormente. Allí, en las máquinas en la cuales colocar bolsa es cuello de botella, se minimiza su utilización. La línea 2 reduce su utilización de 49,45% en la planificación actual de Laboratorios Faryvet a 26,12%, siendo una diferencia de 26,12%. Sin embargo, la utilización de la Línea 1 aumenta, puesto a que la máquina le asigna más órdenes de producción debido a la incorporación de recurso humano con el balance propuesto (añade una persona más en la máquina) así como a su capacidad de procesamiento. Asimismo, se puede detallar estas utilidades en Apéndice 18. Utilización de las actividades cuello de botella en validación”.

A partir de las disminuciones obtenidas en las máquinas, se identifica una oportunidad de crecimiento según la utilización propuesta en contraste con la utilización actual. Es decir, se obtiene la cantidad de sacos con la cual, según la asignación realizada actualmente, se alcanzaría la utilización actual en Laboratorios Faryvet.

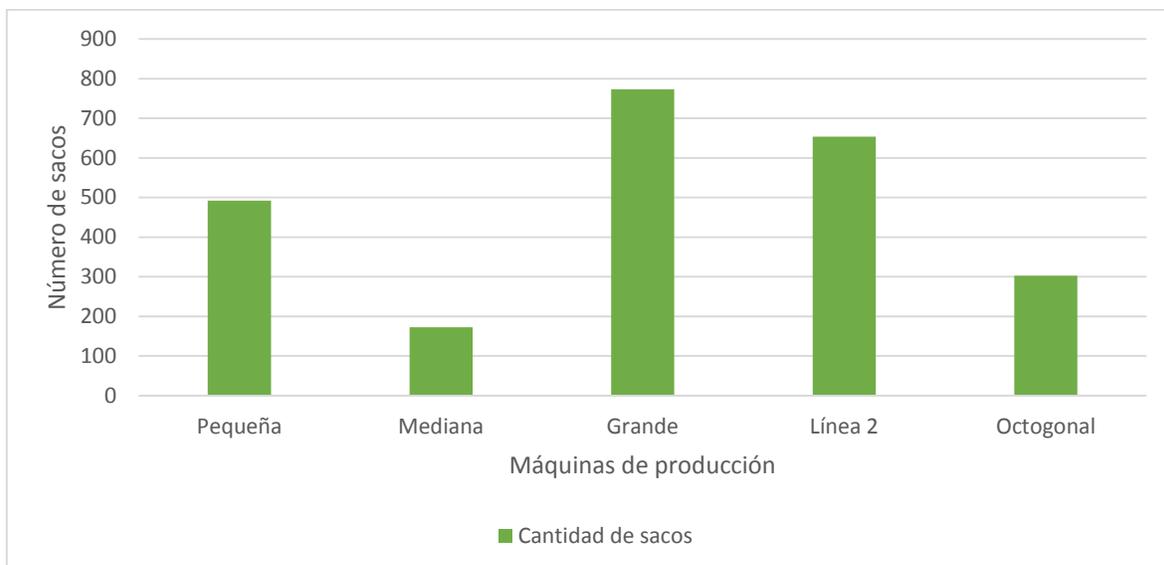


Figura 75. Oportunidad de crecimiento según la utilización propuesta

La figura anterior, muestra en cada una de las máquinas la cantidad de sacos que se pueden producir para alcanzar la utilización actual de Laboratorios Faryvet mensualmente. Por lo que representa una oportunidad de crecimiento, no solo en las ventas actuales, sino una consideración a futuro, pues en general, se puede incorporar la producción de 2394 sacos mensuales en las diferentes máquinas con la mejora propuesta en los balances de línea, así como en la asignación de máquinas.

#### 4.5.2. Utilización de la actividad llenar saco.

Para la utilización de la actividad de llenar saco, igualmente se incorporan las órdenes planificadas en Laboratorios Faryvet de enero a setiembre del año 2019. De manera que se pueda identificar su comportamiento y establecer un valor promedio, el cual permita cuantificar la reducción o aumento de la utilización de la actividad en sus cuellos de botella. A continuación, se muestra el comportamiento en las máquinas de producción:

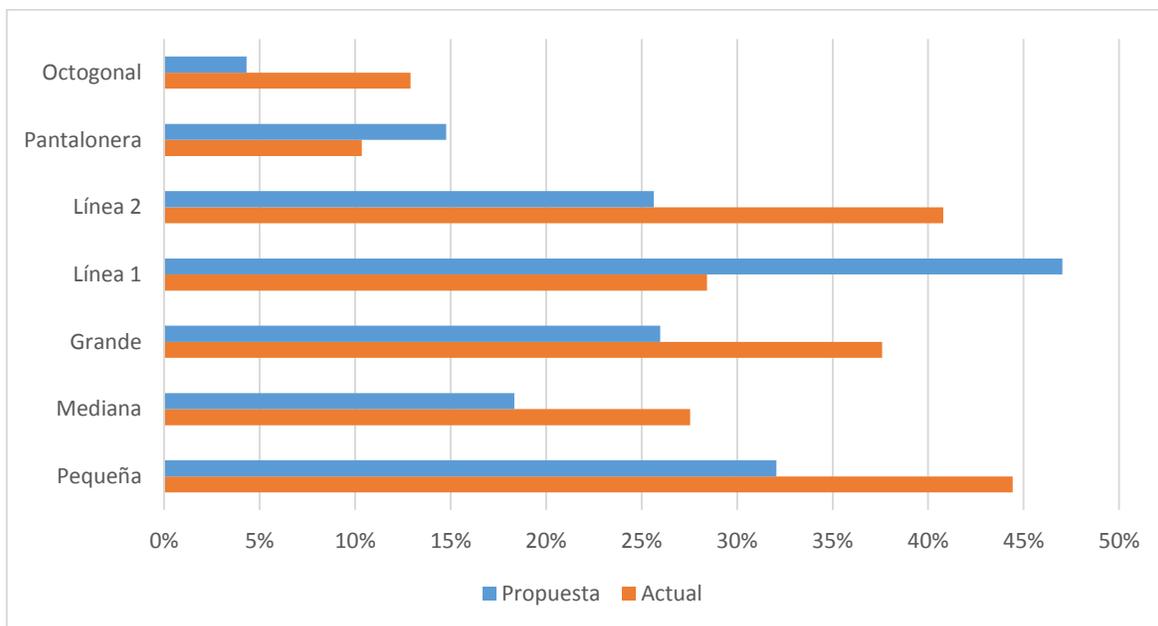


Figura 76. Porcentaje de utilización de la actividad llenar saco de enero-setiembre 2019

En la Figura 76. Porcentaje de utilización de la actividad llenar saco de enero-setiembre 2019”, se identifica la utilización promedio del periodo enero a setiembre del año 2019. En donde en las máquinas, en las cuales llenar saco es cuello de botella, se minimiza su utilización, con excepción de la línea 1, la cual aumenta la cantidad de ordenes asignadas por la incorporación de mayor recurso humano. Esta, en la fase actual, mantiene una utilización del 28,42%, la cual aumenta un 21,45% su utilización.

La máquina pequeña mantiene una utilización actual en laboratorios Faryvet del 44,43%, sin embargo, con la herramienta se utiliza solamente un 32,06% manteniendo un porcentaje de reducción del 6,88%. La máquina mediana mantiene un 27,54% en la utilización actual, a diferencia de la asignada con la herramienta de un 18,34%, representando una disminución del 5,64%. La máquina grande, contempla en la fase actual un 37,59% en su utilización contra un 25,97% actualmente, con una diferencia de 11,62%. Por último, la línea 2 en la fase actual mantiene un 40,79% de utilización y disminuye en 15,15%. Asimismo, se puede detallar estas utilizations en Apéndice 18. Utilización de las actividades cuello de botella en validación”.

A partir de las disminuciones obtenidas en las máquinas se identifica una oportunidad de crecimiento según la utilización propuesta en contraste con la utilización actual. Es decir, se obtiene la cantidad de sacos con la cual, según la asignación realizada actualmente, se alcanzaría la utilización actual en Laboratorios Faryvet. Se muestra en detalle en la siguiente figura:

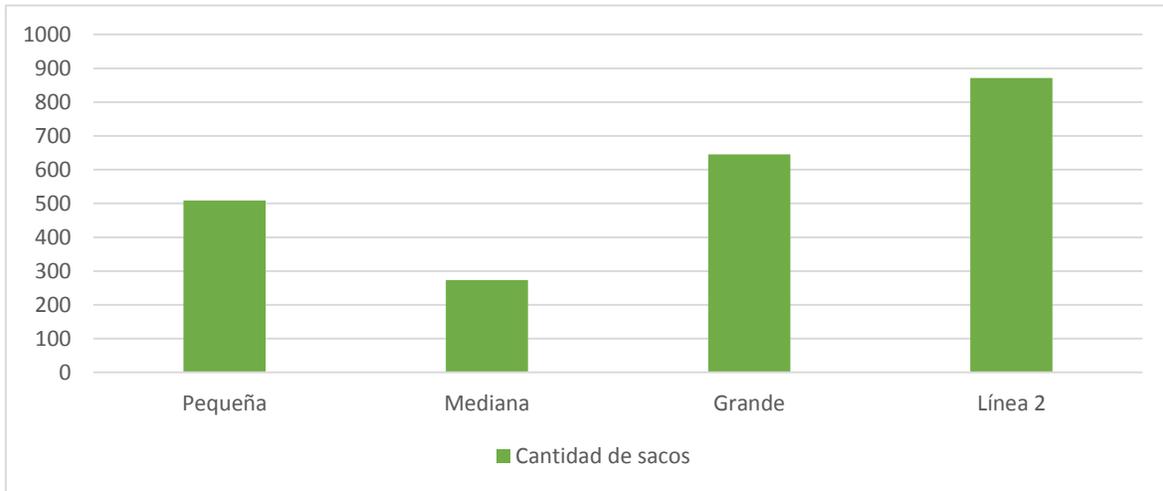


Figura 77. Oportunidad de crecimiento según la utilización propuesta

La figura anterior, muestra en cada una de las máquinas la cantidad de sacos que se pueden producir para alcanzar la utilización actual de Laboratorios Faryvet. Por lo que representa una oportunidad de crecimiento, no solo en las ventas actuales, sino una consideración a futuro. Pues en general, se puede incorporar la producción de 2299 sacos mensuales en las diferentes máquinas con la mejora propuesta en los balances de línea, así como en la asignación de máquinas.

#### 4.5.3. Utilización de la actividad mezclar.

Para la actividad de mezclar se cuantifican la cantidad de kilogramos de las órdenes de producción de enero a setiembre del 2019. Permitiendo contrastar la asignación de recursos actualmente y con la propuesta desarrollada en la fase de diseño. A continuación, se presenta el comportamiento en cada una de las máquinas:

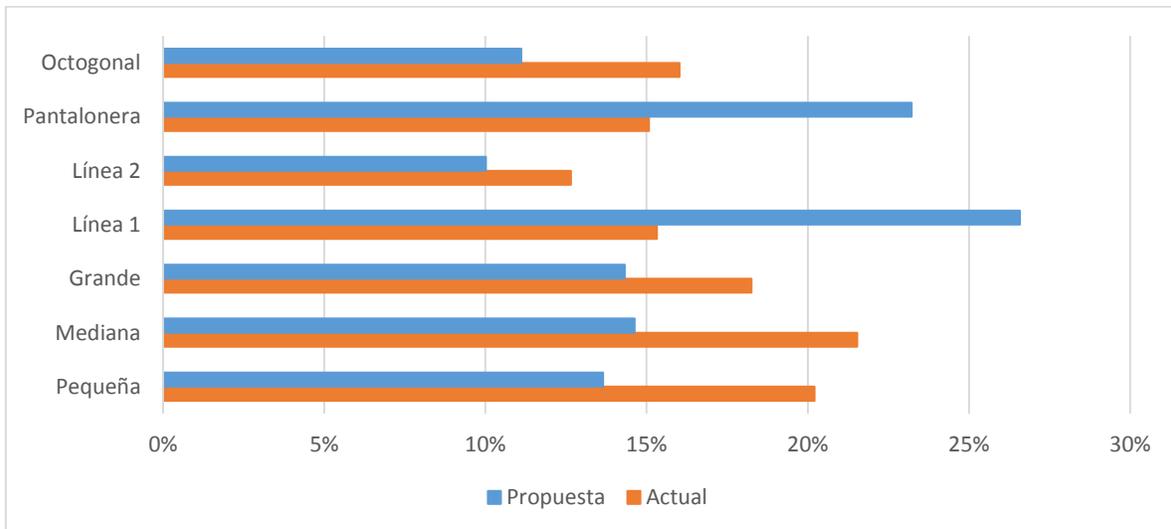


Figura 78. Porcentaje de utilización de la actividad mezclar de enero-setiembre 2019

En la pantalonera, la cual corresponde a una de las máquinas en donde mezclar es cuello de botella, se muestra un aumento de la utilización de esta. Esto es debido al aumento de la asignación de órdenes de producción mediante los balances propuestos. Esta utilización actualmente se encuentra en un 15,07% y con la integración de la propuesta aumenta a un 23,22%. A diferencia de la máquina ortogonal que se encuentra actualmente en un 16,02% y disminuye su utilización a un 11,11%.

La variabilidad de las órdenes que realizan esta operación imposibilita la cuantificación de una oportunidad de crecimiento, por lo cual no se especifica en esta sección. Asimismo, se puede detallar estas utilidades en “Apéndice 18. Utilización de las actividades cuello de botella en validación”.

#### 4.5.4. Utilización de la actividad sellar y coser saco.

Para la actividad de sellar y coser saco se cuantifica la cantidad de kilogramos de las órdenes de producción de enero a setiembre del 2019. Lo cual permite cuantificar la diferencia entre la asignación de recursos actualmente y con la propuesta desarrollada en la fase de diseño. A continuación, se presenta el comportamiento en cada una de las máquinas:

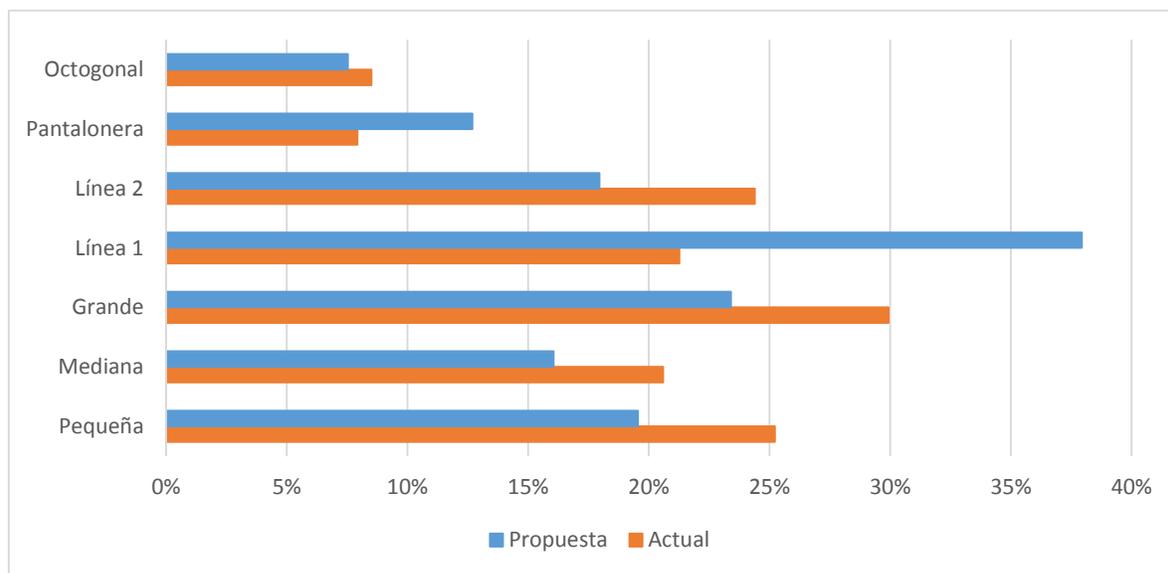


Figura 79. Porcentaje de utilización de la actividad de sellar y coser saco de enero-setiembre 2019

En la máquina grande disminuye su utilización, pues actualmente se mantiene en un 29,93%; sin embargo, con la incorporación de la propuesta es de 23,40%. Es decir, una diferencia del 6,53%. Asimismo, se puede detallar estas utilidades en “Apéndice 18. Utilización de las actividades cuello de botella en validación”.

A partir de la disminución obtenida en la máquina grande, así como en las demás máquinas, se identifica una oportunidad de crecimiento según la utilización propuesta en contraste con la utilización actual. Se puede incorporar la producción de 805 sacos mensuales en la máquina grande con la mejora propuesta en los balances de línea, así como en la asignación de máquinas.

## 7.6. Conclusiones de validación.

- El error de pronóstico a nivel general para Laboratorios Faryvet muestra una mejora del 60,25 % entre el método actual y el propuesto por el grupo de trabajo, consecuente a la mejora en el pronóstico del 80,56% de los productos, esto está causando una disminución en lo que respecta a la desviación absoluta en kg del 54,86 %, lo cual va a repercutir positivamente en los niveles de inventario de producto terminado y materias primas proporcionales a esa mejora.
- La asignación de recursos en el plan de producción por parte de la propuesta de diseño ha permitido obtener una disminución en el tiempo de procesamiento de las órdenes de un 43%, esto genera un aumento en la disponibilidad de las líneas de producción del 27% y una disminución del 23% de horas extra, produciendo un ahorro en costos para la organización y, además, creando un oportunidad para la elaboración de órdenes adicionales no contempladas en el plan de producción definido, fortaleciendo su flexibilidad de servicio y capacidad de procesamiento.
- La reasignación de recursos en el plan de producción, tanto de máquinas como recurso de humano, permite disminuir la utilización de las actividades cuello de botella, lo cual permite identificar una oportunidad de crecimiento en sacos del 2750 para la actividad de llenar sacos, 2394 para la actividad colocar bolsa y 1936 para la actividad de sellar y coser los sacos.
- La reasignación de recursos en el plan de producción permite el aumento en la utilización de las actividades cuello de botella en la máquina pantalonera y línea 1, esto representa una oportunidad de crecimiento en la máquina pequeña del 12,37%, mediana del 9,20%, grande de 8,14%, línea 2 de 13,36% y octogonal del 4,09%.
- La asignación de recursos en el plan de producción permite disminuir el costo de mano de obra directa por kilogramo producido en la fase de planificación en un 4,41%, así como un 23,2% en la producción real, lo cual permite un aumento del margen de utilidad del producto, así como una mejor utilización de los recursos.

## Conclusiones.

- El rediseño propuesto para el SPCP de la empresa Laboratorios Faryvet S.A., muestra varios puntos de mejora, los cuales representan oportunidades importantes para la organización. Entre dichas oportunidades se encuentra la posibilidad de crecimiento en capacidad productiva en base a la disminución en la utilización de los cuellos de botella, lo cual permitiría producir mensualmente un aproximado de 45800 kg más por mes en las líneas en las que se disminuyó la utilización de los cuellos de botella gracias a la sistematización de los procesos.
- La caracterización dinámica de los componentes sistemáticos de la demanda permite asignar el método de pronóstico más adecuado y, por ende, disminuir los errores de pronóstico de la organización en un 60,25% y disminuir en un 59,32% la desviación absoluta respecto a las ventas, esto permitirá tener niveles de inventario más sanos tanto para materias primas como para producto terminado.
- Se brindan las bases para subsanar los problemas respecto a faltantes y excesos de materias primas, incorporando la caracterización de las mismas respecto a factores como *lead time*, inventario de seguridad y punto de reorden, además de automatizar y sistematizar la lista de materiales por producto, permitiendo generar BOM's dinámicos ante los faltantes de materia prima, lo que se traduce en conformaciones de planes de producción realistas para la organización.
- Los procesos del SPCP rediseñado interactúan se sistematizan de manera que facilitan la toma de decisiones y brindan un mayor aprovechamiento de los recursos tanto humano como máquina de la organización, esa mejor asignación de recursos se traduce en la disminución del *makespan* en un 43,00%, aumento de la disponibilidad de máquinas de un 27% y la disminución de los costos de mano de obra directa en un 23,15%, consecuentes a la disminución en un 23% de las horas extras.
- Con la herramienta diseñada que apoya y da soporte al SPCP rediseñado, se disminuye la subjetividad y se agiliza la toma de decisiones, dado que brinda en tiempo real el estado de indicadores cruciales para la organización, como la capacidad productiva disponible, materias primas desabastecidas, errores de pronóstico y horas extras, lo cual facilita las operaciones y su gestión asociada.
- La asignación del personal y las tandas de producción a las líneas, como parte de las propuestas de diseño, han dado un beneficio en la disminución del tiempo de procesamiento de las órdenes de producción, que permite obtener una mayor disponibilidad del 27% promedio en las líneas de producción y una disminución de horas extra del 23% en promedio, lo cual provoca que la organización pueda ofrecer una mayor flexibilidad a sus clientes en cuanto a confección de sus productos y a un menor costo.
- El rediseño de la planeación de requerimientos materiales da como resultado la creación de un sistema de sustitución automática de materias primas en los *BOM's* de los productos, el cual, junto con el establecimiento de puntos de reorden e inventarios de seguridad, viene a dar una mayor flexibilidad y disponibilidad de las materias primas para la realización de órdenes.

### **Recomendaciones.**

- Hay una mejora del 60,25 % en el error de pronóstico, pero este indicador puede disminuir significativamente dado que se crean registros para la captura de la demanda como tal de la organización y no solo información de ventas, trabajar con dicha información y sostener la misma en el tiempo va a resultar en mejoría para el insumo del proceso de planificación de la demanda, además de permitir evaluar con mayor cantidad de datos, acorde a las recomendaciones sobre redes neuronales.
- Para lograr un mayor incremento y mejora en la planificación de los requerimientos materiales, es necesario que la organización lleve un control detallado del consumo de sus materias primas, por lo que se recomienda la realización de inventarios cíclicos para monitorear que el inventario de las materias primas que se encuentran en mayor parte de los productos tengan el nivel adecuado y definido. La metodología se adjunta en el Apéndice 19. Metodología de inventarios cíclicos por análisis ABC”.
- Utilizar los registros de compra y entrada de materias primas con el fin de disminuir los ajustes de inventario, consecuentes al ingreso a destiempo de las compras realizadas, dichos registros son insumos de inventario de seguridad y puntos de reorden, lo que permite sostener en el tiempo la mejora elaborada.
- Integrar las transacciones respectivas a materias primas entre *Softland* y la herramienta analítica diseñada con el fin de mantener las mismas bajo control.

## Glosario

*Backpropagation*: propagación hacia a tras de errores o retropropagación

*Feedforward*: proceso mediante el cual la retroalimentación entre los miembros de la empresa se centra más en las posibilidades futuras

*Make to order*: Entorno de producción en el que la elaboración de un producto o servicio se genera bajo pedido, donde el cliente puede especificar el diseño requerido (Chapman, 2006).

*Makespan*: Tiempo total de finalización de una determinada programación o serie de órdenes. (Godínez, Secuenciamiento y programación de piso, 2017)

Pronóstico: Predicción de acontecimientos futuros con propósitos de planificación (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

## Bibliografía

- Balou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Universidad Nacional Autónoma de México: Pearson Education.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Chavarría, A. (29 de agosto de 2018). Sistema de planificación y control de la producción . (C. Alfaro, O. Castro, & S. Cesia, Entrevistadores)
- Chopra, S. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011). *Gestión de la producción: modelos de Lean Management* . Ediciones Díaz de Santos.
- E2OPEN. (2016). *Forecasting Benchmark Study*. E2OPEN .
- Faryvet, L. (Marzo de 2017). *Veterinaria Faryvet*. Obtenido de Veterinaria Faryvet: <http://www.veterinaria.cr/patrocinadores/faryvet>
- Geng, H. (2016). *Manufacturing Engineering Handbook, Second Edition*. McGraw-Hill Education.
- Godínez, A. (Abril de 2017). Secuenciamiento y programación de piso. *Material de la clase de Ingeniería de Operaciones*. San José, Costa Rica: Escuela de Ingeniería Industrial.
- Godínez, A. (14 de Mayo de 2019). Cantidad de órdenes procesables según tiempo de carga y cuello de botella. (C. Alfaro, Entrevistador)
- Hopp, W., & Mark, S. (2008). *Factory physics* . Long Grove .
- Institute of Business Forecasting. (2014). *Benchmarking: Forecast errors*. Institute of Business Forecasting.
- Jacobs, R., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Vollman, T. E. (2011). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management: APICS/CPIM Certification*. McGraw-Hill Education.
- Kanawaty, G. (1996). Tamaño de la Muestra. En G. Kanawaty, *Introducción al estudio del trabajo* (págs. 300-303). Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2009). *Production and operations management*. New Age International Pvt Ltd Publishers.

- María Angélica Salazar Aguilar, M. C. (2006). *Pronóstico de demanda por medio de redes neuronales artificiales*. Mexico: FIME-UANL.
- Match, D. J. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario.
- Neoh, S. C., Morad, Norhashimah, Lim, Chee Peng, & Aziz, Zalina Abdul. (2010). *A layered-encoding cascade optimization approach to product-mix planning in high-mix-low-volume manufacturing*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A:Systems and Humans.
- Niñez, A., Tarrés, L., & Baraza, X. (2014). *Dirección de operaciones: decisiones tácticas y estratégicas*. Editorial Universidad Oberta de Cataluña.
- Olivos, S., & Penagos Vargas, J. W. (2013). *Modelo de Gestión de Inventarios: Conteo Cíclico por Análisis ABC*. *INGENIARE*, 107-111.
- Paredes, J. (2001). *Planificación y control de la producción*. Madrid, España: Instituto de Investigaciones, Universidad de Cuenca.
- Paul, M. (2012). *Lean Supply chain and logistic management*. New York: McGraw-Hill Education.
- Pérez, D. (2007). *Gestión de Operaciones*. Catalunya: STRUCTURALIA.
- Ptak, C., & Smith, C. (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning*. McGraw-Hill Education.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid : Ediciones Díaz de Santos.
- Raquel Flórez López, J. M. (2008). *Las Redes Neuronales Artificiales*. España: Netbiblo.
- Ritzo, C.-H., Ervolina, T., Harrison, T. P., & Gupta, B. (2010). Sales and operations planning in systems with order configuration uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 604-614.
- Rojas, R. A. (2007). *Sistemas de Costos: un proceso para su implementación*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sipper, D., & Bulfin, R. L. (1998). *Planeación y control de la producción*. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Subramanian, J., & Narayan, P. (2008). *Inventory Management - principles and practices*. New Delhi: Excel Books.
- Veloz, F. G. (2015). *Planificación de los requerimientos de materiales (MRP) de almacén para TECPECUADOR S.A*. Ecuador : Escuela Politécnica Nacional.
- WEBANDMACROS. (26 de Octubre de 2018). Obtenido de [https://www.webandmacros.com/crp\\_concepto.htm](https://www.webandmacros.com/crp_concepto.htm)
- Zandin, K. (2001). *Manual de ingeniería industrial*. Ciudad de México: McGraw-Hill Companies.

## Apéndices y Anexos

### Apéndice 1. Diferencias entre pronósticos de Venta y Producción.

La Figura 80. Diferencias entre proyección de venta y pronóstico muestra un resumen por categoría de las diferencias existentes entre los pronósticos elaborados por el Departamento de Ventas y el de Producción, donde se denota que solo el 24% de los productos cuentan con una diferencia menor al 50% entre ambos pronósticos. Lo anterior cuantifica la brecha existente entre los mismos y la ausencia de retroalimentación entre estos.

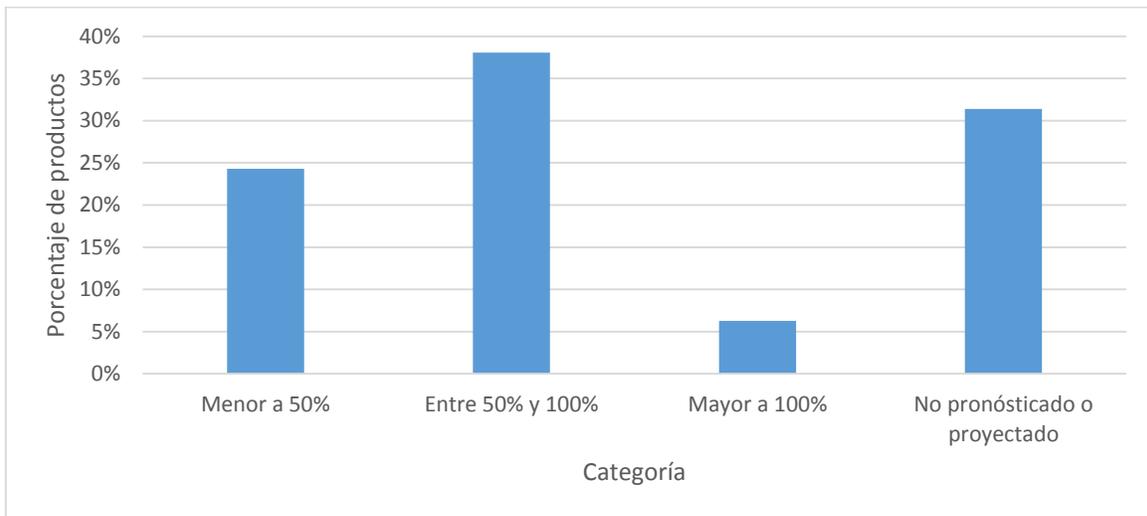


Figura 80. Diferencias entre proyección de venta y pronóstico

## Apéndice 2. Resumen ABC materias primas.

La Tabla 34. Resumen ABC materias primas” brinda un panorama de la importancia categórica de las materias primas, con el fin de evidenciar que el 5% de las materias primas desabastecidas forman parte de la categoría A, lo cual quiere decir que a su vez son las más importantes y continuamente requeridas por parte de la organización para la elaboración de sus productos.

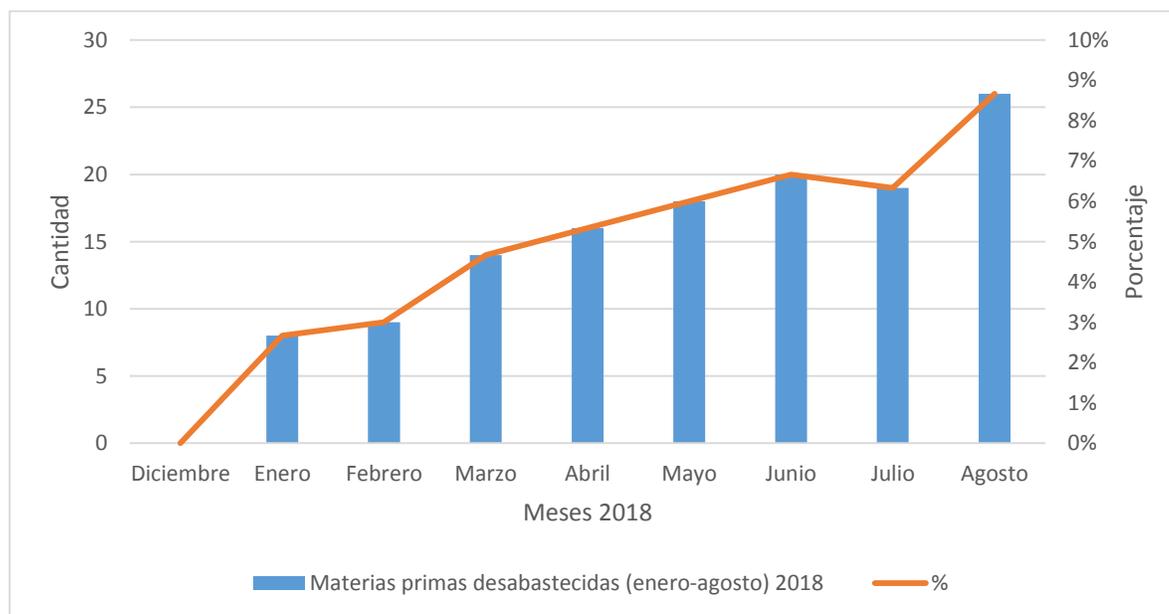
Tabla 34. Resumen ABC materias primas

| <b>COD SOFT</b> | <b>Nombre</b>                       | <b>Categorización</b> |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 1330017         | POULTRYGROW                         | A                     |
| 1330021         | RONOZYME HIPHOS GT                  | A                     |
| 1370003         | FOSFATO MONOCALCICO                 | A                     |
| 1450059         | SELENITO DE SODIO                   | A                     |
| 1450075         | ZINC SULFATO                        | A                     |
| 1470053         | YES MINERAL ZINC                    | A                     |
| 1450058         | SAL DE MINA (ALPINA)                | A                     |
| 1450077         | OCTOBORATO DE SODIO                 | A                     |
| 1470068         | CHROMIUM YEAST                      | A                     |
| 1890003         | AMONEX MOLD INHIBITOR               | A                     |
| 1510007         | LACTO YEAST                         | A                     |
| 1510011         | SACROCELL FORTE DRY                 | A                     |
| 1910019         | BICARBONATO DE SODIO VI             | A                     |
| 1390003         | ENERLAC (GRASA)                     | A                     |
| 1210001         | BIO COLINA                          | A                     |
| 1010015         | LISINA                              | A                     |
| 1210005         | CHOLINE-H POWDER                    | A                     |
| 1010008         | DL METIONINA (EVONIK)               | A                     |
| 1010006         | DL METIONINA (35)                   | A                     |
| 1530001         | PAY - LEAN                          | A                     |
| 1190031         | RUMENSIN                            | A                     |
| 1330007         | EL ARREO OPTICAL                    | A                     |
| 1590081         | HP2                                 | A                     |
| 1590082         | B141                                | A                     |
| 5110001         | COVIBLOQ Ca&P                       | A                     |
| 1490011         | LEADER BETA-CAROTENO                | A                     |
| 1330035         | RONOZYME HISTARCH                   | B                     |
| 1330001         | ALLZYME SSF                         | B                     |
| 1330009         | FITASA BONFYT P5000                 | B                     |
| 1330015         | PHYZYME XP 10000 TPT CHENSOL        | B                     |
| 1330018         | QUANTUM BLUE 40P                    | B                     |
| 1330023         | RONOZYME PROACT (CT)                | B                     |
| 1330027         | ROVABIO MAX                         | B                     |
| 1570069         | ROVIMIX HY-D PREMIX                 | B                     |
| 1590071         | CERDOS VITAMINAS MINERALES NUTRITEC | B                     |

**Tabla 35. Resumen ABC materias primas (continuación)**

| <b>COD SOFT</b> | <b>Nombre</b>                     | <b>Categorización</b> |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------|
| <b>1370007</b>  | FOSFATO MONOCALCICO TUNIFEEED     | B                     |
| <b>1970001</b>  | CARBONATO CALCIO PRODUCTO BLANCO  | B                     |
| <b>1370013</b>  | FOSFATO ALMOSI                    | B                     |
| <b>1370014</b>  | FOSFATO MONOCALCICO (S)           | B                     |
| <b>1370017</b>  | FOSFATO MONODICALCICO MONOMEROS   | B                     |
| <b>1450011</b>  | COBALTO SULFATO                   | B                     |
| <b>1470045</b>  | YES MINERALS COBRE (ORGANICO)     | B                     |
| <b>1470049</b>  | YES MINERALS MANGANESO (ORGANICO) | B                     |
| <b>1450047</b>  | MICROGRAN I BMP                   | B                     |
| <b>1450049</b>  | MICROGRAN I BMP                   | B                     |
| <b>1450051</b>  | ORYKTA MINERAL                    | B                     |
| <b>1450060</b>  | MICROGRAM Se 4.5%                 | B                     |
| <b>1470001</b>  | AVAILA COBRE                      | B                     |
| <b>1470003</b>  | AVAILA MANGANESO                  | B                     |

Por otra parte, en la Figura 81. Materias desabastecidas entre enero a agosto del 2018 se muestra el comportamiento para el periodo de enero a agosto del 2018 en lo que a cantidad de materias primas desabastecidas mes a mes, donde se denota que ya para el mes de agosto un 8,67% de las materias primas se encuentran desabastecidas.



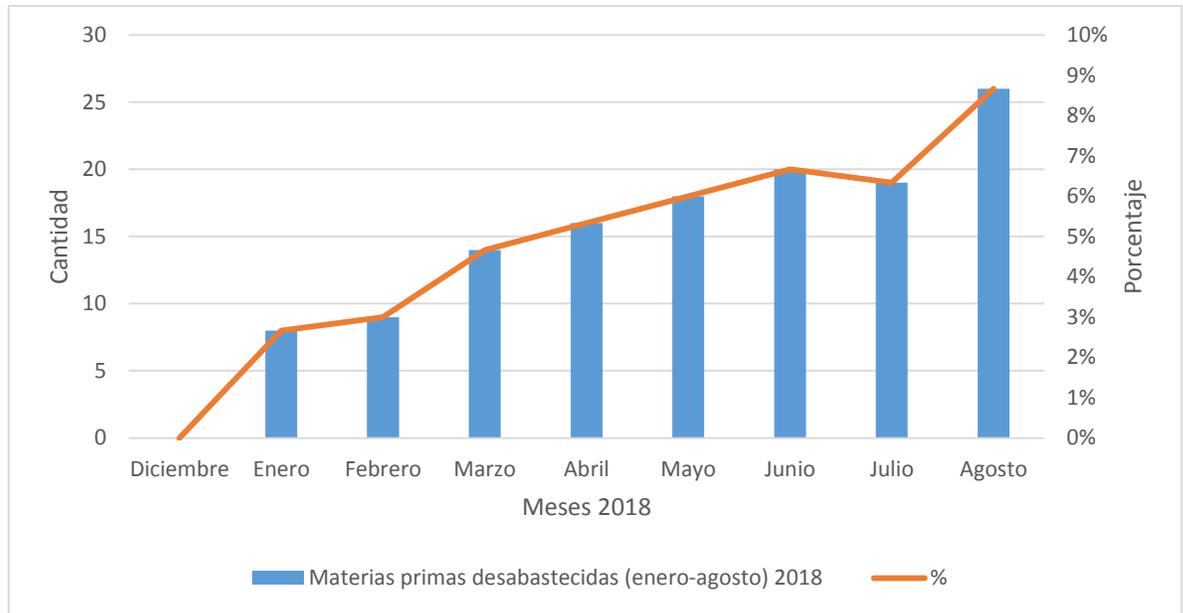


Figura 81. Materias desabastecidas entre enero a agosto del 2018

### Apéndice 3. Cumplimiento del MPS.

La Figura 82. Cumplimiento del MPS indicar el periodo de los datos entre enero a agosto del 2018, denota cómo en el periodo de Enero a Agosto de 2018 el cumplimiento del MPS es en promedio de un 56,3%, lo cual está muy por debajo de la meta planteada por la organización de cumplir con el  $80 \pm 5$  % del mismo, dicho incumplimiento o lejanía con esta meta está provocando desajustes en materia prima y horas extra para dar abasto y cumplir al cliente, ya que el 60% de las ordenes realmente elaboradas en promedio, no fueron planificadas como lo evidencia la Figura 83. Ordenes reales producidas entre enero a agosto del 2018.

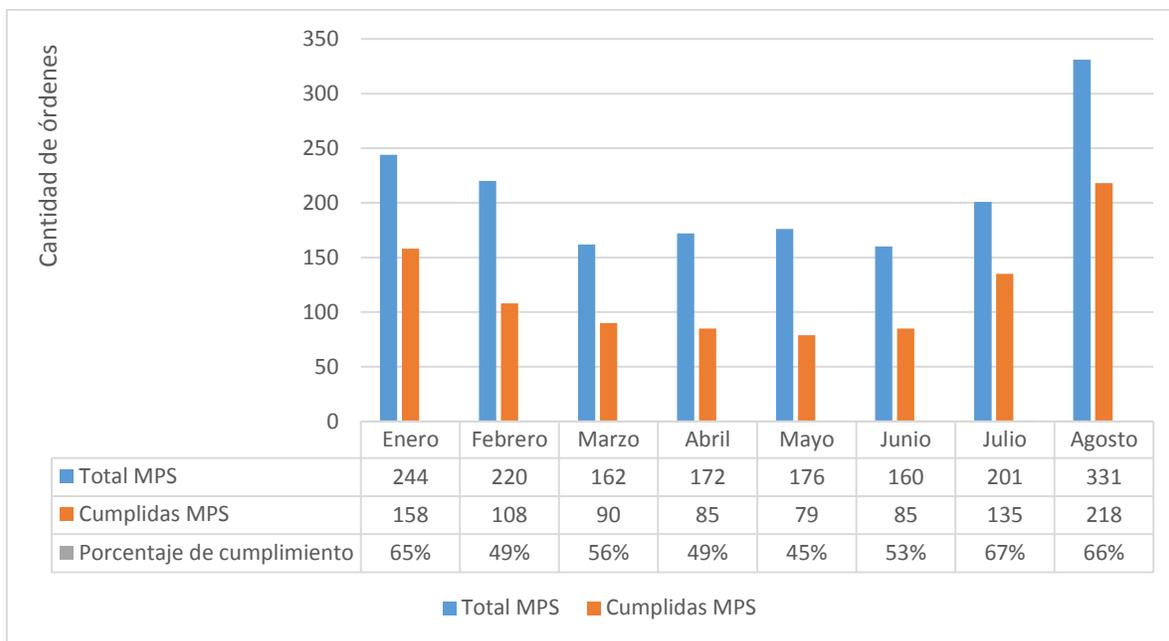


Figura 82. Cumplimiento del MPS indicar el periodo de los datos entre enero a agosto del 2018

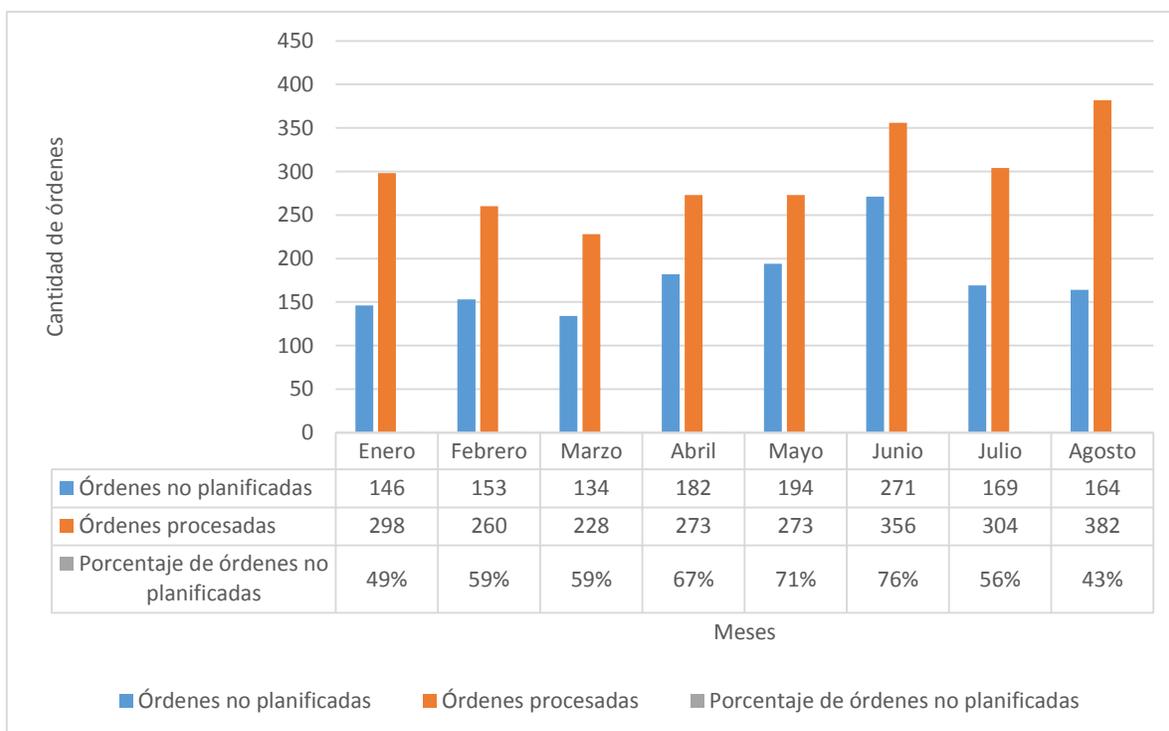


Figura 83. Ordenes reales producidas entre enero a agosto del 2018

#### Apéndice 4. Componentes de la demanda.

Por medio de la utilización del software ForecastPro TRAC se identifican los componentes de la demanda y la intermitencia de los productos en la organización. En donde la columna con “I” representa la intermitencia, la “N” nivel, “T” la tendencia, “E” la estacionalidad. Se muestran los valores para cada uno de los componentes, además el valor “NA” significa que no es aplicable el componente en el producto.

Tabla 36. Componentes de la demanda de los productos

| SKU     | I  | N        | T      | E      | SKU     | I  | N       | T       | E      |
|---------|----|----------|--------|--------|---------|----|---------|---------|--------|
| 4030021 | No | 0,0001   | NA     | 0,5412 | 4152622 | No | 0,7191  | NA      | 0,9999 |
| 4030051 | No | 0,0001   | NA     | 0,6091 | 4152631 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4030061 | No | 0,1574   | NA     | 0,3184 | 4152641 | No | 1       | NA      | NA     |
| 4110011 | No | NA       | NA     | NA     | 4152642 | No | 0,7     | NA      | NA     |
| 4110021 | No | NA       | NA     | NA     | 4152671 | No | 0,05625 | NA      | NA     |
| 4110041 | No | 0,001    | NA     | 0,5074 | 4152681 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110051 | No | 0,2673   | NA     | 0,356  | 4152721 | No | 0,0001  | NA      | 0,4147 |
| 4110071 | No | 0,0001   | 0,3727 | NA     | 4152731 | No | 0,0001  | NA      | 0,3194 |
| 4110081 | No | 0,1061   | 0,4784 | 0,4077 | 4152831 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4110091 | No | 0,5322   | NA     | 0,7506 | 4152841 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110101 | No | NA       | NA     | NA     | 4152851 | No | 0,3375  | NA      | NA     |
| 4110111 | No | NA       | NA     | NA     | 4152861 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110121 | No | NA       | NA     | NA     | 4152871 | No | 0,0001  | NA      | 0,2864 |
| 4110161 | No | 0,0001   | NA     | 0,4357 | 4152881 | No | 1       | NA      | NA     |
| 4110171 | No | 0,0001   | NA     | 0,5076 | 4152891 | No | 0,0506  | 0,06343 | 0,4163 |
| 4110201 | No | NA       | NA     | NA     | 4152921 | No | 0,2046  | NA      | 0,5394 |
| 4110231 | No | 0,0001   | NA     | 0,4257 | 4152931 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4110241 | No | 0,0001   | NA     | 0,486  | 4152941 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110251 | No | 0,0001   | NA     | 0,2918 | 4152951 | No | 0,1484  | NA      | 0,8108 |
| 4110261 | No | NA       | NA     | NA     | 4152961 | No | 0,0001  | NA      | 0,2824 |
| 4110281 | No | NA       | NA     | NA     | 4152971 | No | 0,0001  | NA      | 0,2523 |
| 4110282 | No | NA       | NA     | NA     | 4152981 | No | 0,0001  | NA      | 0,3705 |
| 4110283 | No | NA       | NA     | NA     | 4152983 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110284 | No | 0,3812   | NA     | NA     | 4152985 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4110291 | No | 0,0704   | 0,6712 | 0,4767 | 4152991 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110311 | No | 0,03438  | NA     | NA     | 4153001 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110321 | No | NA       | NA     | NA     | 4153011 | No | 0,08486 | NA      | 0,2474 |
| 4110322 | No | 0,0001   | NA     | 0,3498 | 4153021 | No | 0,0001  | NA      | 0,4492 |
| 4110341 | No | 0,0001   | NA     | 0,4196 | 4153051 | No | 1       | NA      | NA     |
| 4110351 | No | 6,19E-08 | NA     | NA     | 4153091 | No | 0,3018  | NA      | 0,5749 |
| 4110361 | No | 6,19E-08 | NA     | NA     | 4153101 | No | 0,0001  | NA      | 0,2781 |

Tabla 37. Componentes de la demanda de los productos (continuación)

| SKU     | I  | N       | T      | E      | SKU     | I  | N       | T       | E      |
|---------|----|---------|--------|--------|---------|----|---------|---------|--------|
| 4110371 | No | 0,0001  | NA     | 0,2906 | 4153111 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110381 | No | NA      | NA     | NA     | 4153121 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4110383 | No | 0,1285  | NA     | 0,5022 | 4153122 | No | 0,04063 | NA      | NA     |
| 4110401 | No | NA      | NA     | NA     | 4153151 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110411 | No | 0,001   | NA     | 0,5872 | 4153161 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110421 | No | 0,09375 | NA     | NA     | 4153181 | No | 0,2645  | NA      | 0,3779 |
| 4110441 | No | NA      | NA     | NA     | 4153201 | No | 0,8219  | NA      | NA     |
| 4110451 | No | NA      | NA     | NA     | 4153221 | No | 0,4891  | NA      | 0,6634 |
| 4110461 | No | NA      | NA     | NA     | 4153231 | No | 0,0001  | NA      | 0,6412 |
| 4110471 | No | 0,2107  | NA     | 0,3272 | 4153261 | No | 0,01518 | 0,9981  | 0,3328 |
| 4110481 | Sí | NA      | NA     | NA     | 4153271 | No | 0,0001  | 0,4278  | NA     |
| 4110491 | No | NA      | NA     | NA     | 4153301 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110492 | Sí | NA      | NA     | NA     | 4153311 | No | 0,0001  | NA      | 0,5583 |
| 4110501 | No | 0,0001  | NA     | 0,4326 | 4153321 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110521 | No | 0,0001  | NA     | 0,5641 | 4153331 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110531 | No | 0,0001  | NA     | 0,5318 | 4153351 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4110541 | No | 0,4692  | NA     | 0,6217 | 4153361 | No | 0,5556  | NA      | 0,576  |
| 4110542 | No | 0,0001  | NA     | 0,2862 | 4153371 | No | 0,08866 | 0,4594  | 0,6777 |
| 4110551 | No | 0,2215  | NA     | 0,5822 | 4153391 | No | 0,03438 | NA      | NA     |
| 4110561 | Sí | NA      | NA     | NA     | 4153411 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110571 | Sí | NA      | NA     | NA     | 4153421 | No | 0,1545  | 0,6733  | 0,4342 |
| 4110581 | No | 0,03444 | NA     | 0,2668 | 4153431 | No | 0,6469  | NA      | NA     |
| 4110591 | No | NA      | NA     | NA     | 4153451 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4110601 | Sí | NA      | NA     | NA     | 4153462 | No | 0,3     | NA      | NA     |
| 4110621 | No | NA      | NA     | NA     | 4153471 | No | 0,1444  | NA      | 0,4438 |
| 4110631 | No | 0,5958  | NA     | 0,6431 | 4153501 | No | 0,04063 | NA      | NA     |
| 4110651 | No | NA      | NA     | NA     | 4153541 | No | 0,0001  | NA      | 0,5173 |
| 4110661 | No | 0,03125 | NA     | NA     | 4153561 | No | 0,0001  | NA      | 0,357  |
| 4110672 | No | 0,04375 | NA     | NA     | 4153571 | No | 0,07591 | 0,06638 | 0,3524 |
| 4110681 | No | 0,0375  | NA     | NA     | 4153581 | No | 0,05422 | NA      | 0,3081 |
| 4110701 | No | NA      | NA     | NA     | 4153591 | No | 0,0001  | NA      | 0,4738 |
| 4130011 | No | 0,5735  | NA     | 0,6259 | 4153611 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4130051 | No | 0,0001  | NA     | 0,2885 | 4153623 | No | 0,7934  | NA      | 0,9999 |
| 4130061 | No | NA      | NA     | NA     | 4153624 | No | 0,678   | NA      | 1      |
| 4130081 | No | 0,1175  | 0,9992 | 0,3267 | 4153625 | No | 0,8135  | NA      | 0,9999 |
| 4130091 | No | 0,281   | NA     | 0,382  | 4153651 | No | 0,3388  | NA      | 0,3663 |
| 4150011 | No | 0,6343  | NA     | 0,9323 | 4153661 | No | 0,0001  | NA      | 0,2691 |

Tabla 38. Componentes de la demanda de los productos (continuación)

| SKU     | I  | N       | T       | E      | SKU     | I  | N       | T       | E      |
|---------|----|---------|---------|--------|---------|----|---------|---------|--------|
| 4150021 | No | 0,0001  | NA      | 0,497  | 4153671 | No | 1       | NA      | NA     |
| 4150031 | No | 0,0001  | NA      | 0,6455 | 4153681 | No | 1       | NA      | 0,7469 |
| 4150041 | No | 0,09118 | 0,07304 | 0,3273 | 4153691 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4150051 | No | 0,0001  | NA      | 0,4692 | 4153701 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4150061 | No | NA      | NA      | NA     | 4153711 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150091 | No | 1       | NA      | NA     | 4153721 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4150092 | No | 0,6088  | NA      | 0,9994 | 4153741 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150111 | No | 0,4104  | NA      | 0,7208 | 4153751 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150131 | No | 1       | NA      | NA     | 4153761 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150141 | No | 0,7437  | NA      | NA     | 4153771 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150151 | No | 0,753   | NA      | 1      | 4153781 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4150161 | No | 1       | NA      | NA     | 4153791 | No | 0,0427  | 0,9994  | 0,3008 |
| 4150171 | No | NA      | NA      | NA     | 4153821 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4150181 | No | NA      | NA      | NA     | 4153831 | No | 0,04914 | 0,126   | 0,3432 |
| 4150191 | No | NA      | NA      | NA     | 4153841 | No | 0,06232 | 0,1508  | 0,3481 |
| 4150201 | No | NA      | NA      | NA     | 4153851 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150211 | No | NA      | NA      | NA     | 4153862 | No | 0,05789 | 0,05408 | 0,3542 |
| 4150231 | Sí | NA      | NA      | NA     | 4153871 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150241 | No | 0,298   | NA      | 0,2976 | 4153891 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4150251 | No | 0,0001  | NA      | 0,1341 | 4153921 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150271 | No | 0,0001  | NA      | 0,3854 | 4153931 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150281 | No | 0,1002  | 0,9995  | 0,2815 | 4153941 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150291 | No | 0,4625  | NA      | NA     | 4153951 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150301 | No | 0,5031  | NA      | NA     | 4153961 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150311 | No | 0,6125  | NA      | NA     | 4153971 | No | 0,1122  | 0,9111  | 0,2565 |
| 4150321 | No | NA      | NA      | NA     | 4153981 | No | 0,04688 | NA      | NA     |
| 4150331 | No | 0,0001  | NA      | 0,3638 | 4153991 | No | 0,6769  | NA      | 0,7805 |
| 4150341 | No | 0,0588  | 0,2482  | 0,9997 | 4154031 | No | 0,3469  | NA      | NA     |
| 4150371 | No | 0,8156  | NA      | NA     | 4154032 | No | 0,04688 | NA      | NA     |
| 4150381 | No | NA      | NA      | NA     | 4154041 | No | 0,6769  | NA      | 0,7805 |
| 4150391 | No | 0,3621  | NA      | 0,4442 | 4154051 | No | 0,7312  | NA      | NA     |
| 4150431 | No | 1       | NA      | NA     | 4154062 | No | 0,7924  | NA      | 1      |
| 4150441 | No | 0,0001  | NA      | 0,4686 | 4154071 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150461 | No | 0,2163  | NA      | 0,4876 | 4154081 | Sí | NA      | NA      | NA     |
| 4150521 | No | 0,5721  | NA      | 0,5373 | 4154091 | No | NA      | NA      | NA     |
| 4150541 | No | NA      | NA      | NA     | 4154121 | No | 0,5247  | NA      | 0,4856 |
| 4150561 | No | 0,305   | 0,9996  | NA     | 4154131 | No | 0,69179 | NA      | 1      |
| 4150571 | No | NA      | NA      | NA     | 4154132 | No | 0,6115  | NA      | 1      |

Tabla 39. Componentes de la demanda de los productos (continuación)

| SKU     | I  | N       | T      | E      | SKU     | I  | N       | T      | E      |
|---------|----|---------|--------|--------|---------|----|---------|--------|--------|
| 4150581 | Sí | NA      | NA     | NA     | 4154151 | Sí | NA      | NA     | NA     |
| 4150601 | No | NA      | NA     | NA     | 4154161 | No | 0,509   | NA     | 0,4214 |
| 4150611 | No | 0,7687  | NA     | NA     | 4154171 | No | 0,3875  | NA     | NA     |
| 4150612 | No | 0,5451  | NA     | 0,5178 | 4154201 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4150621 | No | 0,0001  | NA     | 0,3756 | 4154211 | Sí | NA      | NA     | NA     |
| 4150631 | No | 0,0001  | NA     | 0,3756 | 4154221 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4150641 | No | NA      | NA     | NA     | 4154271 | No | 0,7594  | NA     | NA     |
| 4150651 | No | NA      | NA     | NA     | 4154291 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4150661 | No | 0,0001  | NA     | 0,3342 | 4154361 | Sí | NA      | NA     | NA     |
| 4150711 | Sí | NA      | NA     | NA     | 4154401 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4150811 | No | 0,8531  | NA     | NA     | 4154411 | No | 0,03075 | 0,9998 | NA     |
| 4150831 | No | 0,2437  | NA     | NA     | 4154431 | No | 0,7989  | 0,5259 | 1      |
| 4150851 | No | 0,06844 | 0,8573 | 0,4951 | 4154441 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4150871 | No | 0,0001  | NA     | 0,558  | 4154451 | No | 0,0001  | NA     | 0,335  |
| 4150931 | No | 0,5081  | NA     | 0,5119 | 4154461 | No | 0,0001  | NA     | 0,3602 |
| 4150961 | No | 0,0001  | NA     | 0,6788 | 4154471 | No | 0,0001  | NA     | 0,3795 |
| 4150981 | No | 1       | NA     | NA     | 4154481 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151011 | No | 0,5522  | NA     | 0,6232 | 4154491 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151041 | No | 1       | NA     | NA     | 4154511 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151061 | No | 0,0001  | NA     | 0,2952 | 4154601 | No | 0,0001  | NA     | 0,3882 |
| 4151081 | No | 0,0001  | NA     | 0,4104 | 4154651 | No | 0,0001  | NA     | 0,2927 |
| 4151092 | No | NA      | NA     | NA     | 4154661 | No | 0,0001  | NA     | 0,2858 |
| 4151093 | No | 0,6226  | NA     | 0,9586 | 4154671 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151095 | No | 0,6469  | NA     | NA     | 4154681 | No | 0,1317  | 0,6551 | 0,3349 |
| 4151161 | No | 0,4952  | NA     | 0,5819 | 4154711 | No | 0,5941  | NA     | 0,6738 |
| 4151181 | No | NA      | NA     | NA     | 4154721 | No | 0,03438 | NA     | NA     |
| 4151201 | No | NA      | NA     | NA     | 4154753 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151211 | No | 0,0001  | NA     | 0,3267 | 4154771 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151231 | No | 0,0001  | NA     | 0,2256 | 4154791 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151251 | No | NA      | NA     | NA     | 4154821 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151261 | No | 0,2937  | NA     | NA     | 4154831 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151281 | No | 0,271   | NA     | 0,4372 | 4154841 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151311 | No | NA      | NA     | NA     | 4154851 | No | 1       | NA     | NA     |
| 4151331 | No | 0,6636  | 0,2863 | 1      | 4154852 | No | 1       | NA     | NA     |
| 4151341 | No | 0,7094  | NA     | NA     | 4154861 | No | 1       | NA     | NA     |
| 4151342 | No | 0,7715  | NA     | 0,932  | 4154871 | No | 0,2906  | NA     | NA     |
| 4151351 | No | 1       | NA     | NA     | 4154901 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151361 | No | 0,2875  | NA     | NA     | 4154902 | No | 1       | NA     | NA     |

Tabla 40. Componentes de la demanda de los productos (continuación)

| SKU     | I  | N       | T       | E      | SKU     | I  | N       | T      | E      |
|---------|----|---------|---------|--------|---------|----|---------|--------|--------|
| 4151381 | No | 0,7801  | NA      | 1      | 4154911 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151391 | No | 0,1092  | 0,09518 | 0,282  | 4154912 | No | 0,1458  | 0,7205 | NA     |
| 4151401 | No | 0,4094  | NA      | NA     | 4154942 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151451 | No | 0,5125  | NA      | NA     | 4154961 | No | 0,7281  | NA     | NA     |
| 4151471 | No | NA      | NA      | NA     | 4154971 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151472 | No | NA      | NA      | NA     | 4159049 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151473 | No | NA      | NA      | NA     | 4159050 | No | 0,6687  | NA     | NA     |
| 4151481 | No | 0,0001  | NA      | 0,2505 | 4159051 | No | 0,5     | NA     | NA     |
| 4151491 | No | 0,2875  | NA      | NA     | 4159055 | No | 0,0001  | NA     | 0,4245 |
| 4151501 | No | 0,04375 | NA      | NA     | 4159058 | No | 0,1719  | NA     | NA     |
| 4151531 | Sí | NA      | NA      | NA     | 4159059 | No | 0,2812  | NA     | NA     |
| 4151562 | No | 1       | NA      | NA     | 4159060 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151572 | No | NA      | NA      | NA     | 4159061 | No | 0,7225  | NA     | 0,7925 |
| 4151582 | No | 0,3     | NA      | NA     | 4159062 | No | 1       | NA     | NA     |
| 4151611 | No | 0,0001  | NA      | 0,3822 | 4159063 | No | 0,8716  | 0,3774 | NA     |
| 4151631 | No | NA      | NA      | NA     | 4159065 | No | 0,0001  | NA     | 0,2924 |
| 4151641 | No | NA      | NA      | NA     | 4159071 | No | 1       | NA     | NA     |
| 4151671 | No | NA      | NA      | NA     | 4159072 | No | 0,6969  | NA     | NA     |
| 4151681 | No | 0,7094  | NA      | NA     | 4159073 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151691 | No | 0,0001  | NA      | 0,6003 | 4159075 | No | 0,2272  | 0,9978 | 0,3302 |
| 4151701 | No | 0       | NA      | 0,6849 | 4159081 | No | 0,1781  | NA     | NA     |
| 4151711 | No | 0,0001  | NA      | 0,5668 | 4159091 | No | 0,2062  | NA     | NA     |
| 4151741 | No | 0,0001  | NA      | 0,4833 | 4159193 | No | 1       | NA     | NA     |
| 4151791 | No | 0,0001  | NA      | 0,6657 | 4159211 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151831 | No | 0,0001  | NA      | 0,396  | 4159231 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151911 | No | 0,0001  | NA      | 0,5533 | 4159232 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151941 | No | 0,0686  | 0,7863  | 0,4384 | 4159233 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151951 | No | 0,0464  | 0,9944  | 0,4405 | 4159234 | No | NA      | NA     | NA     |
| 4151981 | No | 0,4     | NA      | NA     | 4159235 | No | 1       | NA     | NA     |
| 4151991 | No | 0,7297  | NA      | NA     | 4159251 | Sí | NA      | 0,4662 | NA     |
| 4152011 | No | 0,7396  | NA      | 0,9999 | 4170011 | No | 0,05059 | 0,2441 | 0,3197 |
| 4152021 | No | 0,0001  | NA      | 0,2631 | 4450011 | No | 0,0001  | NA     | 0,627  |
| 4152031 | No | 0,0001  | NA      | 0,5088 | 4450061 | Sí | NA      | NA     | NA     |
| 4152061 | No | 0,0001  | NA      | NA     | 4450071 | No | 0,05    | NA     | NA     |
| 4152111 | No | NA      | NA      | NA     | 4450072 | No | 0,0001  | NA     | 0,1124 |
| 4152121 | No | 0,07813 | NA      | NA     | 4450073 | No | 0,0001  | NA     | 0,625  |
| 4152131 | No | 0,0001  | NA      | 0,6587 | 4450101 | No | 0,0001  | NA     | 0,3117 |
| 4152141 | No | 0,05028 | 0,04951 | 0,513  | 4450102 | Sí | NA      | NA     | NA     |
| 4152151 | No | 0,09365 | 0,1269  | 0,5003 | 4450103 | No | 0,0001  | NA     | 0,5069 |

Tabla 41. Componentes de la demanda de los productos (continuación)

| SKU            | I  | N       | T      | E      | SKU            | I  | N       | T       | E      |
|----------------|----|---------|--------|--------|----------------|----|---------|---------|--------|
| <b>4152161</b> | No | 0,0001  | 0,5129 | NA     | <b>4450111</b> | No | 0,0001  | NA      | 0,2772 |
| <b>4152171</b> | No | 0,0001  | 0,5624 | NA     | <b>4450121</b> | No | 0,0625  | NA      | 0,2473 |
| <b>4152181</b> | Sí | NA      | NA     | NA     | <b>4450161</b> | No | 0,1025  | NA      | 0,2473 |
| <b>4152191</b> | No | 0,323   | NA     | 0,5367 | <b>4450171</b> | No | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152201</b> | No | 0,06708 | 0,1099 | 0,4599 | <b>4450201</b> | No | 0,2849  | NA      | 0,4784 |
| <b>4152271</b> | No | NA      | NA     | NA     | <b>4450221</b> | No | 0,2331  | 0,06281 | 0,3923 |
| <b>4152321</b> | No | NA      | NA     | NA     | <b>4450281</b> | No | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152331</b> | No | 0,75    | NA     | NA     | <b>4590011</b> | Sí | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152351</b> | No | 0,001   | NA     | 0,388  | <b>4590041</b> | No | 0,07299 | 0,178   | 0,2651 |
| <b>4152361</b> | No | NA      | NA     | NA     | <b>4590042</b> | No | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152451</b> | Sí | NA      | NA     | NA     | <b>4590061</b> | No | 0,0001  | NA      | 0,3225 |
| <b>4152471</b> | No | 0,0001  | NA     | 0,5137 | <b>4590081</b> | No | 0,01044 | 0,9985  | 0,8152 |
| <b>4152481</b> | No | 0,0001  | NA     | 0,4585 | <b>4730011</b> | No | 0,0001  | NA      | 0,3333 |
| <b>4152491</b> | No | NA      | NA     | NA     | <b>4750091</b> | No | 0,244   | NA      | 0,5977 |
| <b>4152501</b> | Sí | NA      | NA     | NA     | <b>4750092</b> | No | 0,6381  | NA      | 0,7132 |
| <b>4152521</b> | No | 0,2594  | NA     | NA     | <b>4750101</b> | Sí | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152541</b> | No | 0,2437  | NA     | NA     | <b>4750103</b> | No | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152581</b> | No | NA      | NA     | NA     | <b>4750151</b> | Sí | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152601</b> | No | NA      | NA     | NA     | <b>4750211</b> | Sí | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152611</b> | No | 0,0001  | NA     | 0,5253 | <b>4750221</b> | Sí | NA      | NA      | NA     |
| <b>4152621</b> | No | 1       | NA     | NA     | <b>4750222</b> | No | 0,0001  | NA      | 0,502  |
| <b>4810031</b> | No | 0,0001  | NA     | 0,3319 |                |    |         |         |        |

## Apéndice 5. Tiempos productivos e improductivos.

Para la determinación de tiempos productivos e improductivos dentro de la organización se realiza un pre-muestreo con 30 observaciones el día 8 de marzo del 2018. La jornada laboral es de 7:00am a 4:30 pm con 15 minutos de descanso en la mañana de 9:00am a 9:15am, 45 minutos de almuerzo que se establecen en dos horarios de 12:00 m.d a 12:45pm y de 12:50pm a 1:35pm, esto permite a la organización mantener al menos una de las máquinas trabajando. Por último, se mantiene un período de descanso en la tarde de 15 minutos de 3:30pm a 3:45pm.

Posteriormente se generan 30 números aleatorios los cuales, son ordenados de menor a mayor y multiplicados por 5 y se suman acumulativamente a las observaciones antes realizadas. Es importante mencionar que se toma el tiempo de almuerzo de los colaboradores, debido a que se presentan dos intervalos amplios, en los cuales al menos una de las máquinas se encuentra encendida. La tabla con la hora de cada observación se presenta a continuación:

Tabla 42. Horarios de observación para premuestreo

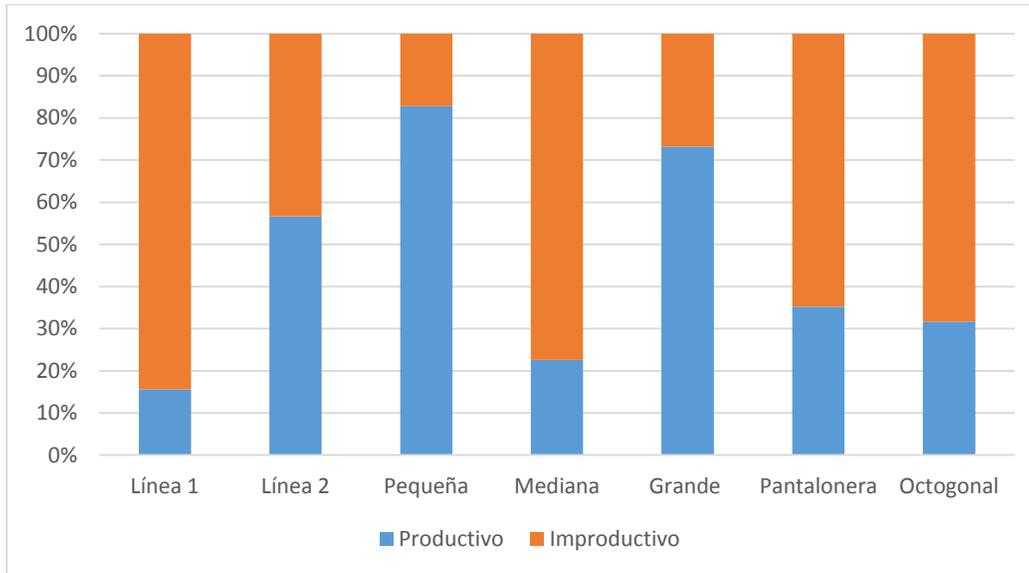
| Observación | Hora | Observación | Hora  | Observación | Hora  |
|-------------|------|-------------|-------|-------------|-------|
| 1           | 7:10 | 10          | 8:55  | 20          | 11:40 |
| 2           | 7:25 | 11          | 9:00  | 21          | 12:20 |
| 2           | 7:45 | 12          | 9:10  | 22          | 12:45 |
| 3           | 7:55 | 13          | 10:10 | 23          | 1:00  |
| 4           | 8:05 | 14          | 10:15 | 24          | 1:15  |
| 5           | 8:15 | 15          | 10:20 | 25          | 2:25  |
| 6           | 8:20 | 16          | 10:50 | 26          | 2:50  |
| 7           | 8:25 | 17          | 10:55 | 27          | 3:35  |
| 8           | 8:35 | 18          | 11:05 | 28          | 3:45  |
| 9           | 8:50 | 19          | 11:10 | 29          | 4:15  |
|             |      |             |       | 30          | 4:25  |

Posteriormente al pre-muestreo se debe obtener el tamaño de muestra a utilizarse en la realización del muestreo del trabajo. El tamaño de muestra se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2}}{e} \right)^2 * p * q$$

Donde el argumento  $Z_{\alpha/2}$  corresponde al nivel de confianza que se establece en el estudio de acuerdo con la distribución normal, en este caso 1.65, en el cual es un nivel de confianza del 90% y un error ( $e$ ) del 10%. Para los valores del  $p$  y  $q$  se obtiene un promedio de productividad ( $p$ ) del 61% e improductividad ( $q$ ) del 39% obtenido del pre-muestreo. Posteriormente, se aplica la fórmula anteriormente mencionada con lo que se obtiene un tamaño de muestra igual a 65 observaciones. Estas observaciones se realizan para cada una de las máquinas en horarios diferentes, permitiendo que las observaciones no se traslapen una de las otras e identificar de mejor manera la productividad o improductividad que se realiza.

Con el tamaño de muestra se lleva a cabo el muestreo de trabajo durante una semana de producción, la cual se establece del 4 de marzo al 8 de marzo en el cual se muestrea un total de 5 días durante el tiempo disponible mencionado anteriormente. Posteriormente al análisis de datos se obtiene de manera general la productividad e improductividad de las máquinas, mostrada a continuación.



*Figura 84. Productividad e improductividad por línea de producción*

## Apéndice 6. Estudio de tiempos.

Para llevar a cabo el muestreo de los tiempos ciclo reales del proceso de elaboración de premezclas, se identifican las tareas que forman parte de dicho proceso para cada una de las líneas. Es importante mencionar que Línea 1 y Línea 2 presentan tareas diferentes a las demás líneas, debido a que cuentan con un ascensor para transportar las materias primas. Además, los tiempos de mezclado de las órdenes varían según la máquina que se utilice, y para cada tarea se ha definido una unidad equivalente que permita poder calcular el tiempo total según se definan en las órdenes de producción.

Además, se realiza un premuestreo, con el fin de obtener el tamaño de muestra para cada una de las tareas que componen el proceso productivo, Kanawaty (1996) establece que para un nivel de confianza del 95.45% y un margen de error de +5% se calcula la siguiente fórmula para determinar el tamaño de muestra de la tarea en estudio:

$$n = (40 \sqrt{\frac{n' \Sigma x^2 - \Sigma(x)^2}{\Sigma x}})^2$$

Donde n corresponde al tamaño de muestra a determinar, n' a las observaciones preliminares, x al valor de observación y  $\Sigma$  a la sumatoria de valores. A continuación, se presenta el tamaño de muestra para las tareas de cada línea de producción:

Tabla 43. Tamaño de muestra Línea 1 y Línea 2

| Operación                                    | Unidad equivalente | Tamaño de muestra Línea 1 | Tamaño de muestra Línea 2 |
|--|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Verificar orden en lista de producción       | -                  | 20                        | 7                         |
| Alistar vitaminas y minerales                | Unidad             | 5                         | 5                         |
| Transportar vitaminas y minerales a elevador | Bolsa              | 14                        | 8                         |
| Transportar materia prima base a elevador    | Tarima             | 12                        | 5                         |
| Inspeccionar vitaminas y minerales           | Unidad             | 13                        | 12                        |
| Inspeccionar materia prima                   | Tarima             | 12                        | 8                         |
| Tiempo de carga en elevador                  | Tarima             | 1                         | 5                         |
| Transportar materia prima del elevador       | Tarima             | 12                        | 7                         |
| Cargar materia prima en mezcladora           | Saco               | 10                        | 1                         |
| Mezclar                                      | -                  | 1                         | 6                         |
| Limpiar zona de descarga                     | -                  | 14                        | 4                         |
| Etiquetar                                    | Saco               | 11                        | 4                         |
| Colocar bolsa en saco                        | Saco               | 18                        | 10                        |

Tabla 44. Tamaño de muestra Línea 1 y Línea 2 (continuación)

| Operación                     | Unidad equivalente | Tamaño de muestra Línea 1 | Tamaño de muestra Línea 2 |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Llenar saco                   | Saco               | 11                        | 4                         |
| Pesar y ajustar               | Saco               | 21                        | 4                         |
| Amarrar bolsa                 | Saco               | 2                         | 4                         |
| Coser saco                    | Saco               | 13                        | 12                        |
| Colocar en la tarima          | Saco               | 6                         | 7                         |
| Paletizar orden de producción | Tarima             | 5                         | 5                         |

Tabla 45. Tamaño de muestra líneas: Pantalonera, Octogonal, Pequeña, Mediana y Grande

| Operación   | Unidad equivalente | Tamaño de muestra |           |         |         |        |
|---|--------------------|-------------------|-----------|---------|---------|--------|
|   |                    | Pantalonera       | Octogonal | Pequeña | Mediana | Grande |
| Verificar orden en lista de producción                  | -                  | 7                 | 11        | 20      | 11      | 7      |
| Alistar vitaminas y minerales                           | Unidad             | 5                 | 5         | 5       | 5       | 5      |
| Transportar vitaminas y minerales a línea de producción | -                  | 10                | 5         | 15      | 5       | 8      |
| Transportar materia prima base                          | Tarima             | 5                 | 7         | 2       | 7       | 7      |
| Inspeccionar vitaminas y minerales                      | Unidad             | 12                | 12        | 12      | 12      | 12     |
| Inspeccionar materia prima                              | Tarima             | 4                 | 8         | 15      | 8       | 16     |
| Cargar materia prima base a mezcladora                  | Saco               | 5                 | 5         | 5       | 5       | 5      |
| Cargar vitaminas y minerales a mezcladora               | Bolsa              | 5                 | 7         | 4       | 7       | 4      |
| Mezclar orden   | -                  | 1                 | 1         | 1       | 1       | 1      |
| Limpiar zona de carga                                   | -                  | 2                 | 3         | 15      | 3       | 9      |
| Etiquetar   | Saco               | 4                 | 15        | 15      | 15      | 15     |
| Llenar saco   | Saco               | 1                 | 12        | 9       | 12      | 12     |
| Pesar y ajustar   | Saco               | 5                 | 22        | 9       | 22      | 15     |
| Sellar y coser  | Saco               | 4                 | 14        | 14      | 14      | 14     |
| Colocar en tarima                                       | Saco               | 6                 | 23        | 23      | 23      | 8      |
| Paletizar   | Tarima             | 4                 | 4         | 4       | 4       | 4      |
| Documentar orden  | -                  | 7                 | 12        | 6       | 12      | 12     |

Tabla 46. Alisto de micros

| Operación                             | Unidad equivalente | Tamaño de muestra |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Ingresar orden a máquina              | -                  | 10                |
| Alistar bolsa de MP                   | Unidad             | 9                 |
| Pesar materia prima                   | Unidad             | 6                 |
| Imprimir etiqueta                     | Unidad             | 10                |
| Documentar ingrediente                | -                  | 9                 |
| Identificar mezcladora en la etiqueta | -                  | 9                 |
| Documentar orden                      | -                  | 6                 |
| Cerrar y trasladar la orden           | -                  | 4                 |

Ahora bien, una vez aplicado el muestreo a cada línea de producción, se obtiene el tiempo total para cada una de las tareas, en donde se toma de la jornada de 570 minutos un suplemento por descanso de 13%, un suplemento por fatiga de 4% y un suplemento por necesidades básicas del 2%. A continuación, se presentan los tiempos para la Línea 1 y Línea 2:

Tabla 47. Tiempo ciclo Línea 1 y Línea 2

| Tarea  | Unidad equivalente | Tiempo (min) Línea 1 | Tiempo (min) Línea 2 |
|--|--------------------|----------------------|----------------------|
| Verificar orden en lista de producción       | -                  | 0,36                 | 0,35                 |
| Alistar vitaminas y minerales                | Unidad             | 20,62                | 20,62                |
| Transportar vitaminas y minerales a elevador | Tarima             | 0,19                 | 0,19                 |
| Transportar materia prima base a elevador    | Tarima             | 2,15                 | 1,44                 |
| Tiempo de carga en elevador                  | Tarima             | 5,61                 | 4,22                 |
| Transportar materia prima del elevador       | Tarima             | 2,3                  | 1,17                 |
| Inspeccionar vitaminas y minerales           | Unidad             | 4,22                 | 1,87                 |
| Inspeccionar materia prima                   | Tarima             | 1,76                 | 1,53                 |
| Verter materia prima en la mezcladora        | Saco               | 23,75                | 14,4                 |
| Mezclar                                      | -                  | 4,81                 | 4,9                  |
| Limpiar zona de descarga                     | -                  | 9,41                 | 9,2                  |
| Etiquetar los sacos                          | Saco               | 14,89                | 9,06                 |
| Colocar bolsa en sacos                       | Saco               | 30,26                | 18,51                |
| Llenar sacos                                 | Saco               | 38                   | 23,01                |

Tabla 48. Tiempo ciclo Línea 1 y Línea 2 (continuación)

| Tarea                                | Unidad<br>equivalente | Tiempo (min)  |             |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------|-------------|
|                                      |                       | Línea 1       | Línea 2     |
| <b>Pesar y ajustar los sacos</b>     | Saco                  | 15,79         | 9,46        |
| <b>Amarrar las bolsas</b>            | Saco                  | 12,11         | 7,34        |
| <b>Sellar y coser los sacos</b>      | Saco                  | 16,42         | 9,61        |
| <b>Colocar sacos en tarima</b>       | Saco                  | 14,85         | 9,2         |
| <b>Paletizar orden de producción</b> | Tarima                | 7,29          | 4,94        |
| <b>Tiempo total (min)</b>            |                       | <b>224,79</b> | <b>151</b>  |
| <b>Tiempo total (h)</b>              |                       | <b>3,75</b>   | <b>2,52</b> |

De la tabla anterior se destaca que existen tareas que poseen tiempos iguales o similares debido a que ambas mezcladoras se encuentran en un mismo nivel para la carga de materia prima y se encuentran diseñadas para que realicen las labores de dispensado a un tiempo similar, por lo que solamente varían en la cantidad de material en el tiempo de mezclado. A continuación, se presentan los tiempos totales para las líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña:

Tabla 49. Tiempo ciclo líneas Pantalonera, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña

| Tarea  | Unidad<br>equivalente | Tiempo<br>Pantalonera | Tiempo<br>Octogonal | Tiempo<br>Grande | Tiempo<br>Mediana | Tiempo<br>Pequeña |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Verificar orden en lista de producción</b>                  | -                     | 0,25                  | 0,25                | 0,30             | 0,30              | 0,29              |
| <b>Alistar vitaminas y minerales</b>                           | Unidad                | 17,11                 | 17,11               | 17,11            | 17,11             | 17,11             |
| <b>Transportar vitaminas y minerales a línea de producción</b> | -                     | 0,64                  | 0,60                | 2,74             | 3,03              | 2,90              |
| <b>Transportar materia prima base</b>                          | Tarima                | 4,06                  | 4,06                | 8,70             | 4,57              | 6,70              |

Tabla 50. Tabla 48. Tiempo ciclo líneas Pantalонера, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña (continuación)

| Tarea                                  | Unidad equivalente | Tiempo Pantalонера | Tiempo Octogonal | Tiempo Grande | Tiempo Mediana | Tiempo Pequeña |
|--|--------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| Inspeccionar vitaminas y minerales     | Unidad             | 3,66               | 3,66             | 3,66          | 3,66           | 3,66           |
| Inspeccionar materia prima             | Tarima             | 1,31               | 1,32             | 3,64          | 1,88           | 2,17           |
| Cargar materia prima base a mezcladora | Saco               | 1,36               | 1,36             | 8,98          | 6,80           | 4,57           |

Tabla 51. Tiempo ciclo líneas Pantalонера, Octogonal, Grande, Mediana y Pequeña

| Tarea                                     | Unidad equivalente | Tiempo Pantalонера | Tiempo Octogonal | Tiempo Grande | Tiempo Mediana | Tiempo Pequeña |
|---|--------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| Cargar vitaminas y minerales a mezcladora | Bolsa              | 3,03               | 2,13             | 2,60          | 2,55           | 2,99           |
| Mezclar orden                             | -                  | 19,97              | 15,10            | 15,00         | 9,99           | 7,49           |
| Limpiar zona de carga                     | -                  | 2,99               | 2,98             | 3,35          | 3,52           | 4,34           |
| Etiquetar sacos                           | Saco               | 1,33               | 1,33             | 8,64          | 6,55           | 4,45           |
| Llenar sacos                              | Saco               | 1,44               | 1,43             | 15,28         | 11,58          | 7,16           |
| Pesar y ajustar                           | Saco               | 2,32               | 2,32             | 10,43         | 7,84           | 3,45           |
| Sellar y coser los sacos                  | Saco               | 1,40               | 1,40             | 12,42         | 9,41           | 6,40           |
| Colocar sacos en tarima                   | Saco               | 2,57               | 2,57             | 6,04          | 4,48           | 3,05           |
| Paletizar orden de producción             | Tarima             | 1,04               | 1,04             | 2,07          | 1,04           | 1,04           |
| Documentar orden                          | -                  | 0,82               | 1,02             | 1,05          | 1,00           | 1,08           |
| <b>Tiempo (min)</b>                       |                    | <b>65,29</b>       | <b>59,66</b>     | <b>122,00</b> | <b>95,29</b>   | <b>78,86</b>   |
| <b>Tiempo (h)</b>                         |                    | <b>1,09</b>        | <b>0,99</b>      | <b>2,03</b>   | <b>1,59</b>    | <b>1,31</b>    |

Por último, se tiene los tiempos para la sección de alisto de micros, los cuales corresponden a vitaminas y minerales

Tabla 52. Tiempo ciclo Alisto de micros

| <b>Operación</b>                             | <b>Unidad equivalente</b> | <b>Tiempo (min)</b> |
|--|---------------------------|---------------------|
| <b>Ingresar orden a máquina</b>              | -                         | 0,1                 |
| <b>Alistar bolsa de materia prima</b>        | Unidad                    | 4,4                 |
| <b>Pesar de materia prima</b>                | Unidad                    | 11,8                |
| <b>Imprimir etiqueta</b>                     | Unidad                    | 3,6                 |
| <b>Documentar ingrediente</b>                | -                         | 0,2                 |
| <b>Identificar mezcladora en la etiqueta</b> | -                         | 0,2                 |
| <b>Documentar orden</b>                      | -                         | 0,6                 |
| <b>Cerrar y trasladar orden</b>              | -                         | 1,1                 |

## Apéndice 7. Prueba de normalidad para las actividades del proceso de producción.

Para comprobar la normalidad de los datos de tiempos tomados para cada una de las actividades del proceso productivo, se utiliza el Software Minitab para realizar la prueba de Anderson Darling, con el fin de determinar si estos tiempos se comportan de manera normal. Para realizar dicha prueba se establece la hipótesis nula y alternativa, utilizando un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ :

$$H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$$

$$H_1: \frac{\theta_1}{\theta_2} \neq 1$$

Los resultados para cada una de las actividades se muestran a continuación:

### 7.1. Prueba de normalidad de las actividades de líneas pantalonera, octogonal, pequeña, mediana y grande.

Tabla 53. Prueba de normalidad líneas pantalonera, octogonal, pequeña, mediana y grande

| Actividad   | P value     |           |         |         |        |
|---|-------------|-----------|---------|---------|--------|
|   | Pantalonera | Octogonal | Pequeña | Mediana | Grande |
| Verificar orden en lista de producción                  | 0,858       | 0,926     | 0,203   | 0,208   | 0,404  |
| Alistar vitaminas y minerales                           | 0,122       | 0,430     | 0,430   | 0,440   | 0,410  |
| Transportar vitaminas y minerales a línea de producción | 0,547       | 0,134     | 0,85    | 0,723   | 0,761  |
| Transportar materia prima base                          | 0,262       | 0,262     | 0,832   | 0,940   | 0,747  |
| Inspeccionar vitaminas y minerales                      | 0,504       | 0,199     | 0,199   | 0,597   | 0,199  |
| Inspeccionar materia prima                              | 0,78        | 0,928     | 0,218   | 0,661   | 0,608  |
| Cargar materia prima base a mezcladora                  | 0,411       | 0,597     | 0,505   | 0,209   | 0,597  |
| Cargar vitaminas y minerales a mezcladora               | 0,937       | 0,582     | 0,676   | 0,336   | 0,240  |
| Mezclar orden   | 0,239       | 0,267     | 0,898   | 0,209   | 0,210  |
| Limpiar zona de carga                                   | 0,564       | 0,527     | 0,754   | 0,336   | 0,853  |
| Etiquetar   | 0,464       | 0,695     | 0,200   | 0,200   | 0,201  |
| Llenar saco   | 0,619       | 0,401     | 0,799   | 0,097   | 0,096  |
| Pesar y ajustar   | 0,29        | 0,533     | 0,155   | 0,754   | 0,663  |
| Sellar y coser  | 0,671       | 0,169     | 0,305   | 0,305   | 0,305  |
| Colocar en tarima                                       | 0,856       | 0,296     | 0,966   | 0,96    | 0,716  |
| Paletizar orden de producción                           | 0,74        | 0,742     | 0,742   | 0,741   | 0,742  |
| Documentar orden  | 0,884       | 0,663     | 0,511   | 0,676   | 0,933  |

Debido a que el p value es mayor a 0,05 para las actividades de cada línea de producción, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

## 7.2. Prueba de normalidad de las actividades de la Línea 1 y Línea 2.

Tabla 54. Prueba de normalidad Línea 1 y Línea 2

| Actividad                                    | P value |         |
|--|---------|---------|
|  | Línea 1 | Línea 2 |
| Verificar orden en lista de producción       | 0,664   | 0,203   |
| Alistar vitaminas y minerales                | 0,432   | 0,43    |
| Transportar vitaminas y minerales a elevador | 0,794   | 0,794   |
| Transportar materia prima base a elevador    | 0,615   | 0,615   |
| Tiempo de carga en elevador                  | 0,528   | 0,622   |
| Transportar materia prima del elevador       | 0,825   | 0,369   |
| Inspeccionar vitaminas y minerales           | 0,622   | 0,528   |
| Inspeccionar materia prima                   | 0,369   | 0,825   |
| Verter materia prima en la mezcladora        | 0,552   | 0,552   |
| Mezclar                                      | 0,731   | 0,789   |
| Limpiar zona de descarga                     | 0,502   | 0,294   |
| Etiquetar los sacos                          | 0,400   | 0,473   |
| Colocar bolsa en sacos                       | 0,883   | 0,586   |
| Llenar sacos                                 | 0,451   | 0,527   |
| Pesar y ajustar los sacos                    | 0,575   | 0,718   |
| Amarrar las bolsas                           | 0,767   | 0,767   |
| Sellar y coser los sacos                     | 0,724   | 0,987   |
| Colocar sacos en tarima                      | 0,66    | 0,741   |
| Paletizar orden de producción                | 0,914   | 0,748   |

Debido a que el p value es mayor a 0,05 para las actividades de cada línea de producción, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

## Apéndice 8. Prueba de varianzas para las actividades del cuello de botella.

Por medio del Software Minitab se realiza una prueba de varianzas con dos muestras para las dos actividades que mantienen tiempos estándar y desviaciones similares en cada una de las máquinas. Es importante mencionar que se realiza la prueba de Bonett y Levene según lo realiza el software, para ello se establecen la hipótesis nula y la hipótesis alternativa y se analizan con los tiempos obtenidos del muestreo realizado en Apéndice 6. Estudio de tiempos. Es importante mencionar que las pruebas se realizan con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . A continuación se muestran las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos:

$$H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$$

$$H_1: \frac{\theta_1}{\theta_2} \neq 1$$

### 8.1 Prueba de varianzas para máquina mediana.

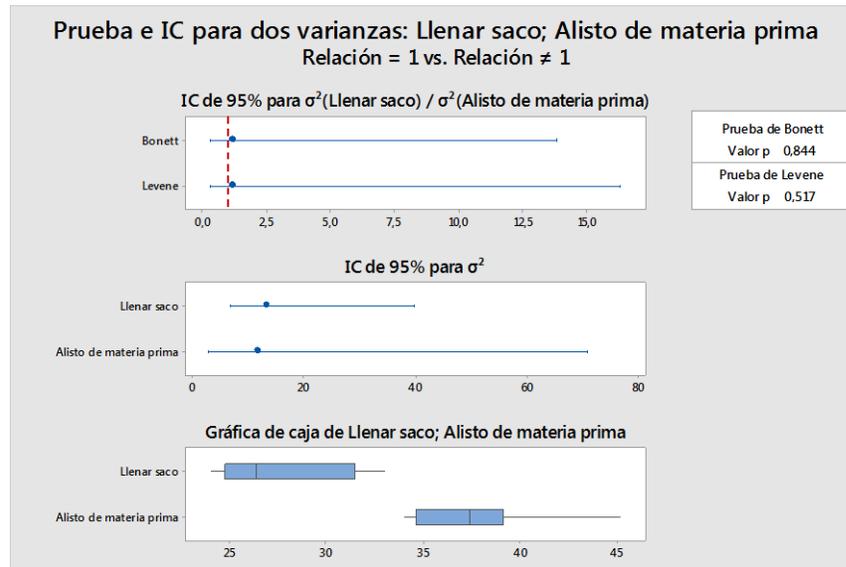


Figura 85. Resultados de la prueba de varianzas para máquina mediana

Tabla 55. Resultados de la prueba de varianzas para máquina mediana

| Método | Estadística de prueba | GL1 | GL2 | Valor p |
|--------|-----------------------|-----|-----|---------|
| Bonett | 0,04                  | 1   |     | 0,844   |
| Levene | 0,44                  | 1   | 18  | 0,517   |

Por lo cual, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

## 8.2 Prueba de varianzas para máquina grande.

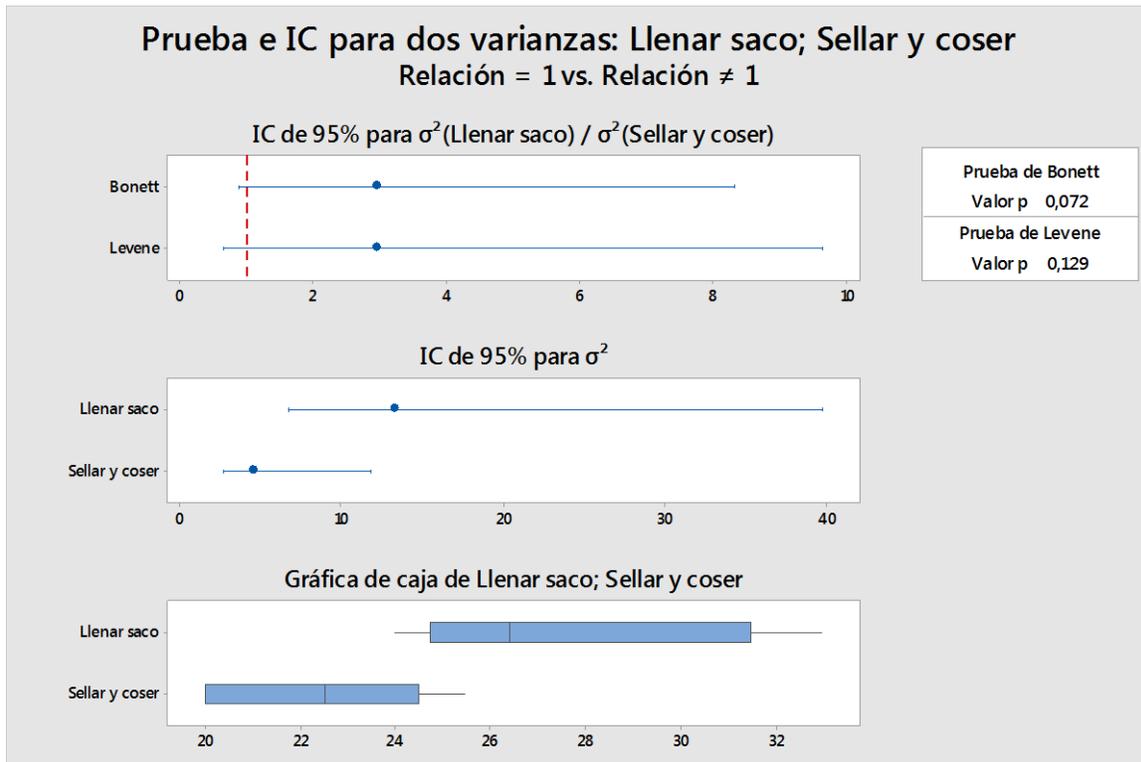


Figura 86. Resultados de la prueba de varianzas para máquina grande

Tabla 56. Resultados de la prueba de varianzas para máquina grande

| Método | Estadística de prueba | GL1 | GL2 | Valor p |
|--------|-----------------------|-----|-----|---------|
| Bonett | 0,04                  | 1   |     | 0,72    |
| Levene | 0,44                  | 1   | 18  | 0,129   |

Por lo cual, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

### 8.3 Prueba de varianzas para máquina pequeña.

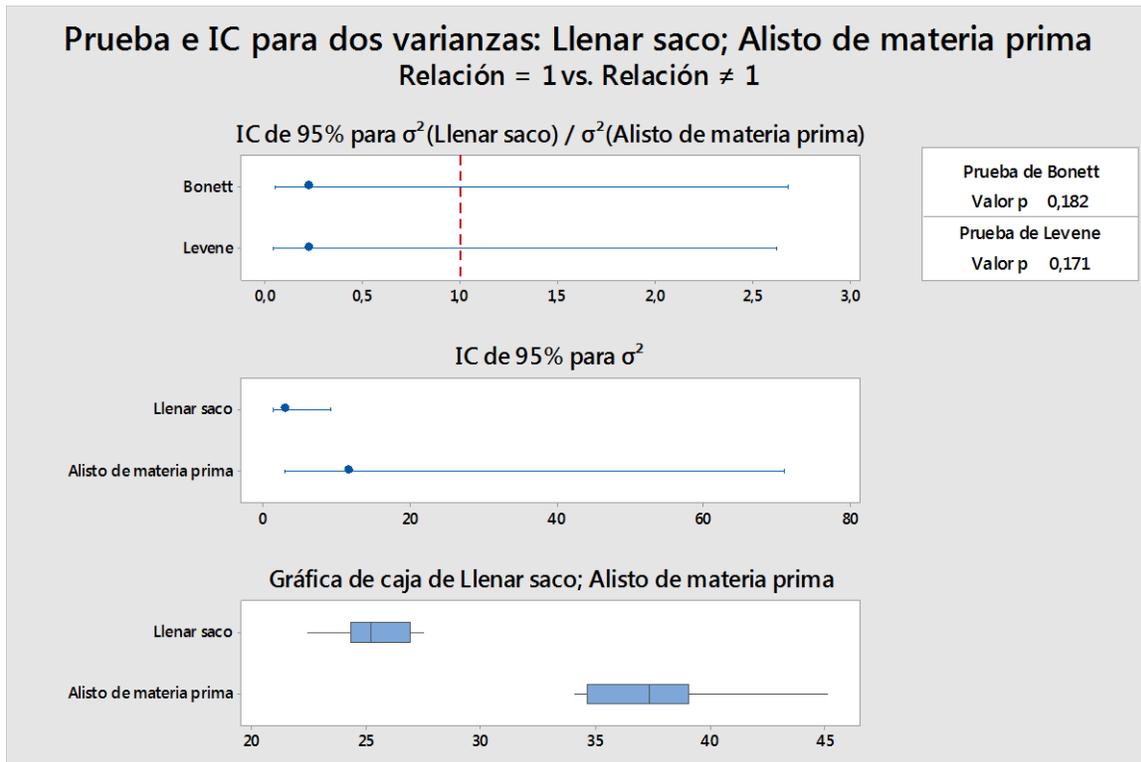


Figura 87. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pequeña

Tabla 57. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pequeña

| Método | Estadística de prueba | GL1 | GL2 | Valor p |
|--------|-----------------------|-----|-----|---------|
| Bonett | 0,04                  | 1   | 18  | 0,182   |
| Levene | 0,44                  | 1   | 18  | 0,171   |

Por lo cual, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

#### 8.4 Prueba de varianzas para máquina pequeña octogonal.

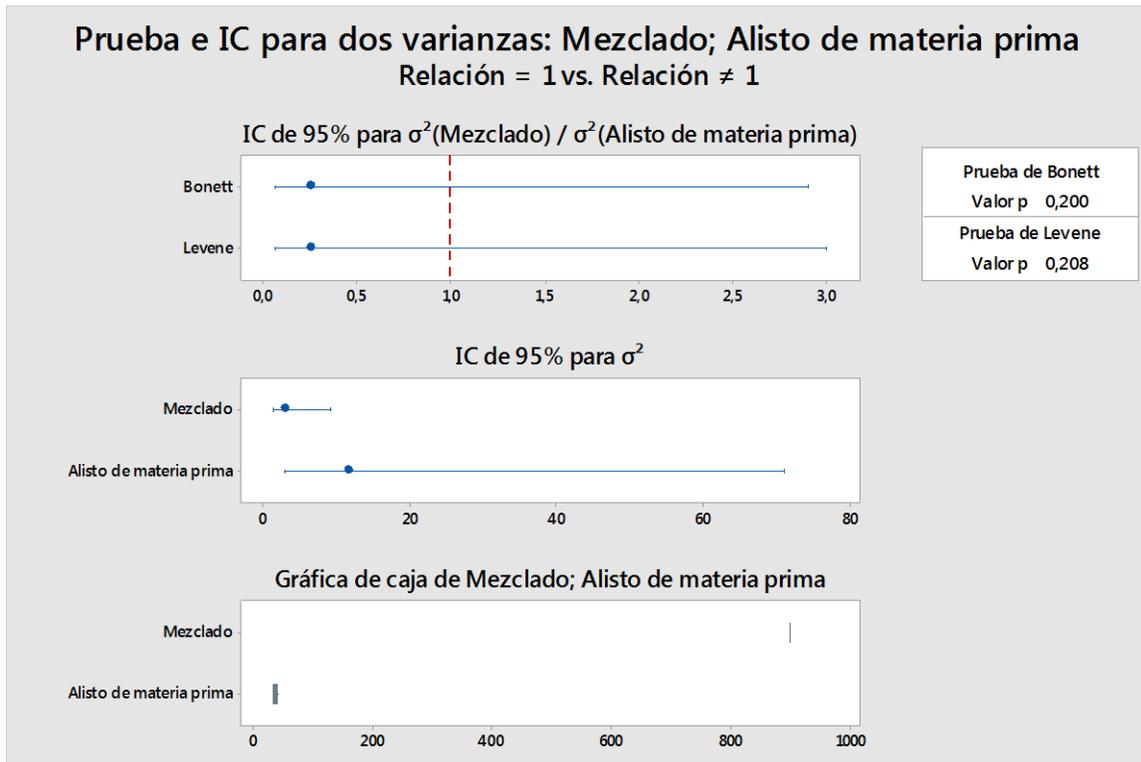


Figura 88. Resultados de la prueba de varianzas para máquina octogonal

Tabla 58. Resultados de la prueba de varianzas para máquina octogonal

| Método        | Estadística de prueba | GL1 | GL2 | Valor p |
|---------------|-----------------------|-----|-----|---------|
| <b>Bonett</b> | 0,04                  | 1   |     | 0,200   |
| <b>Levene</b> | 0,44                  | 1   | 18  | 0,208   |

Por lo cual, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

### 8.5 Prueba de varianzas para máquina pantalonera.

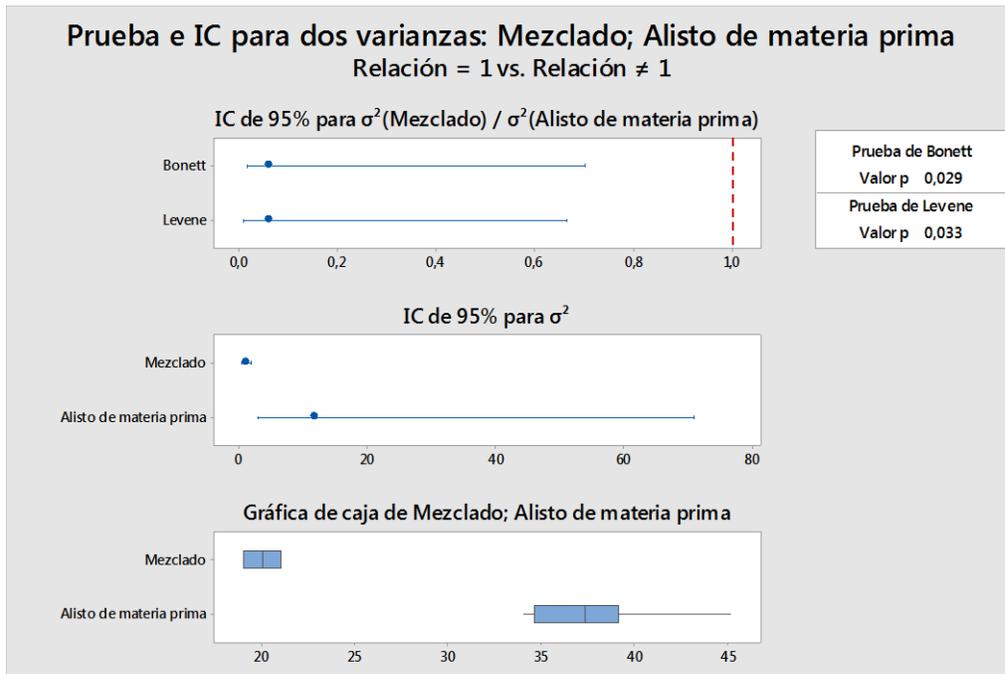


Figura 89. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pantalonera

Tabla 59. Resultados de la prueba de varianzas para máquina pantalonera

| Método        | Estadística de prueba | GL1 | GL2 | Valor p |
|---------------|-----------------------|-----|-----|---------|
| <b>Bonett</b> | 0,04                  | 1   |     | 0,029   |
| <b>Levene</b> | 0,44                  | 1   | 18  | 0,033   |

Por lo cual, se tiene suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

### 8.6 Prueba de varianzas para máquina línea 1.

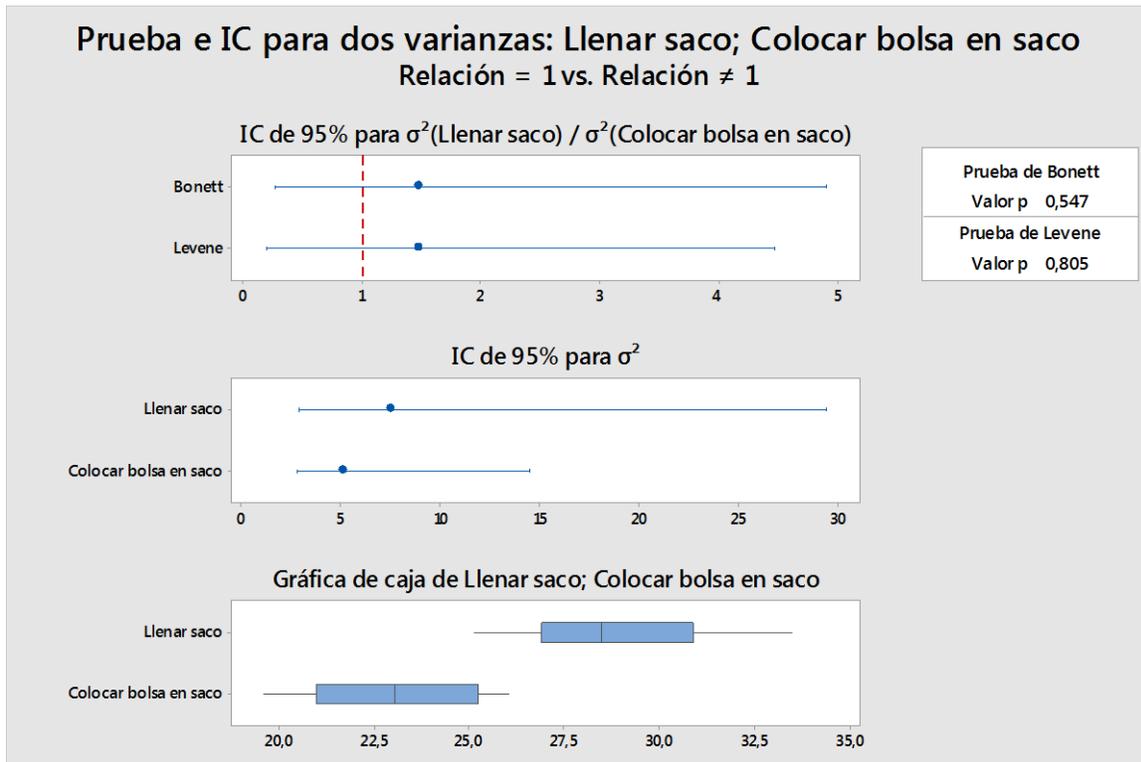


Figura 90. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 1

Tabla 60. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 1

| Método | Estadística de prueba | GL1 | GL2 | Valor p |
|--------|-----------------------|-----|-----|---------|
| Bonett | 0,04                  | 1   |     | 0,547   |
| Levene | 0,44                  | 1   | 18  | 0,805   |

Por lo cual, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

## 8.7 Prueba de varianzas para máquina línea 2.

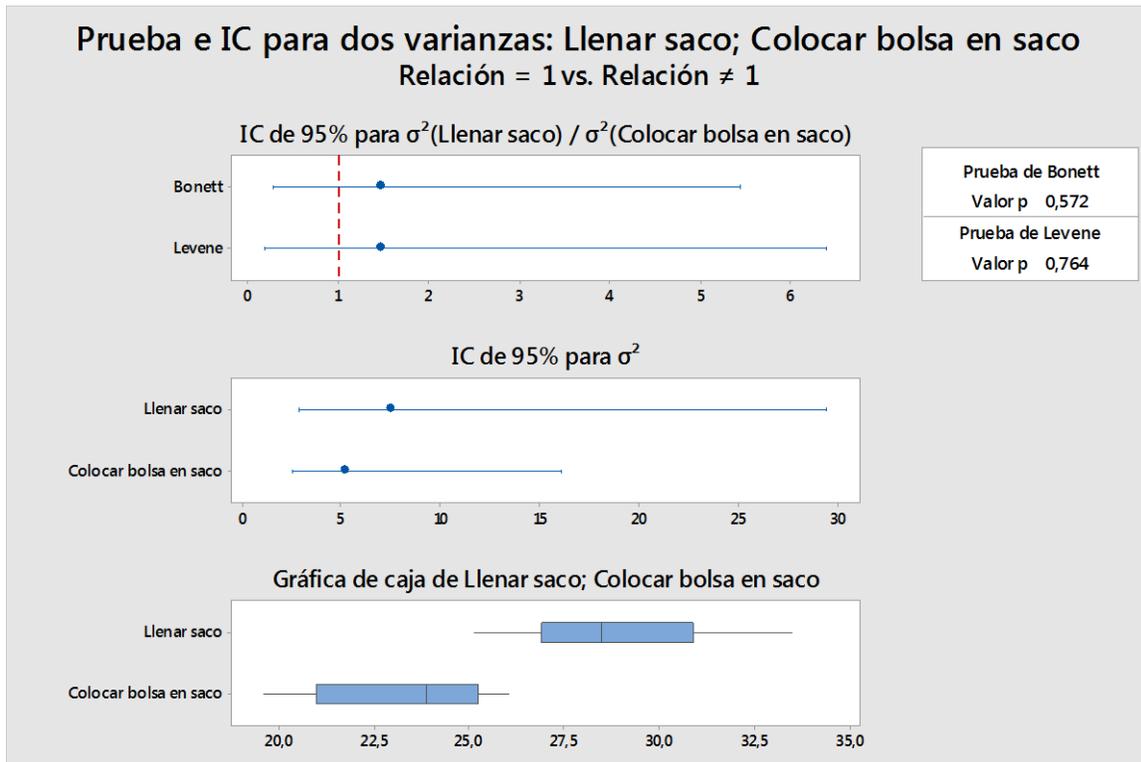


Figura 91. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 2

Tabla 61. Resultados de la prueba de varianzas para máquina Línea 2

| Método | Estadística de prueba | GL1 | GL2 | Valor p |
|--------|-----------------------|-----|-----|---------|
| Bonett | 0,04                  | 1   |     | 0,572   |
| Levene | 0,44                  | 1   | 18  | 0,764   |

Por lo cual, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que  $H_0: \frac{\theta_1}{\theta_2} = 1$ .

## Apéndice 9. Cálculo de órdenes de procesamiento por máquina.

Por otra parte, se tiene el cálculo de las órdenes que puede procesar cada línea de producción, esto contemplando el tiempo disponible, que en este caso corresponde a 640 minutos debido a que el tiempo total es de 570 minutos y se le resta un 13% de suplementos, 4% por fatiga y 2% por necesidades básicas por descanso. Además, se debe de tomar en cuenta el tiempo de carga del sistema, el cual es el tiempo que transcurre hasta que la orden finaliza su proceso de mezclado, y el tiempo del cuello de botella de cada línea de producción. Según (Godínez, Cantidad de órdenes procesables según tiempo de carga y cuello de botella, 2019) la fórmula para determinar la cantidad de órdenes posibles a procesar durante la jornada laboral diaria es la siguiente:

$$\text{Cantidad de órdenes} = \frac{(\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de carga})}{\text{Tiempo del cuello de botella}} + 1$$

## Apéndice 10. Utilización de las actividades cuello de botella.

En el estudio de la utilización de cuellos de botella se mantiene la jornada laboral de 7:00 a las 16:30, en las cuales los colaboradores tienen 15 minutos de desayuno, 15 minutos de café y 35 minutos de almuerzo. Por lo que para el análisis de capacidad es importante obtener el tiempo disponible, el cual es de 8,42 horas. El porcentaje de utilización, el cual varía según la máquina, se multiplica por el tiempo disponible obteniendo un tiempo neto utilizado para la producción. Es importante recalcar que este porcentaje de utilización de la máquina es resultado del Apéndice 5. Tiempos productivos e improductivos”.

Para el cálculo de la utilización de la actividad de alisto de materias primas micro, se procede a determinar la cantidad de micros, es decir vitaminas y minerales, en cada una de las formulaciones. Posteriormente, se contabilizan la cantidad de productos realizados según las clasificaciones de micros y se procede a determinar cuántas órdenes de producción son posibles de alistar si se dedicara un 100% de tiempo a alistar esa determinada cantidad de micros. Este resultado se obtiene mediante la división del tiempo disponible entre la duración de la actividad de micros el cual utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Alisto de micros} = \frac{((87,7s * \text{Cantidad de micros en la formulación}) + 154,5s)}{60}$$

En donde los 87,7s corresponden a las tareas del pesar materia prima, imprimir la etiqueta, documentación de la materia prima. El cual se debe multiplicar por la cantidad de micros, es decir materias primas correspondientes a vitaminas y minerales. Por último, se suman 154,5 correspondientes a las tareas generales de alisto por orden de producción estas son ingresar orden de producción a máquina, identificar mezcladora en la etiqueta de orden de producción, documentación y trasladar orden de producción.

Por último, se calcula por medio de las ventas el porcentaje de tiempo dedicado a cada una de las clasificaciones de los micros y se obtiene el porcentaje de utilización de la actividad cuello de botella. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para el alisto de micros durante el año 2017 y 2018.

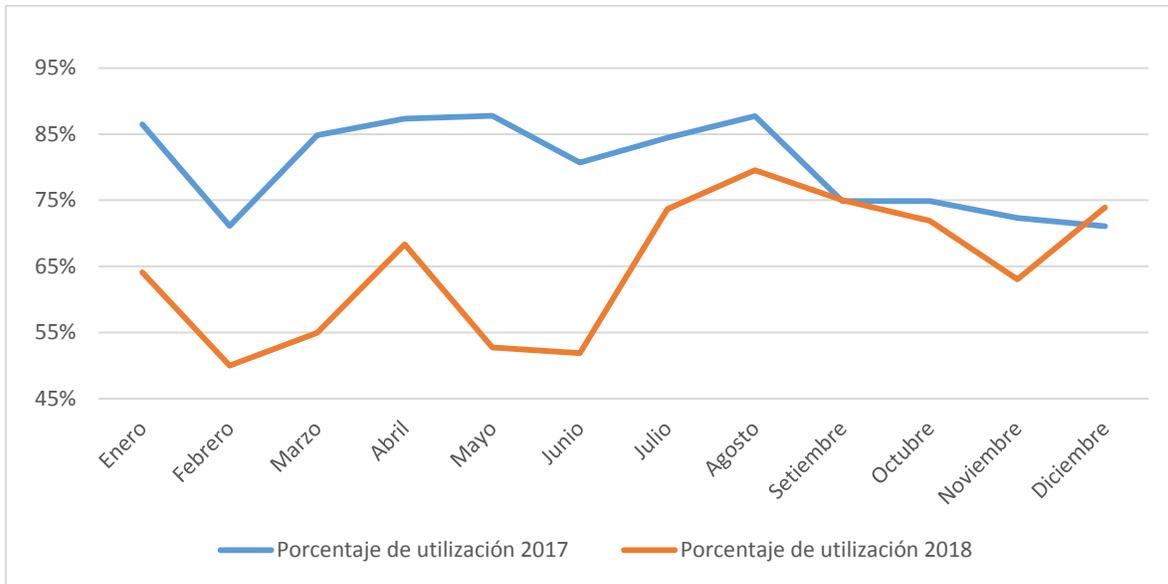


Figura 92. Utilización del cuello de botella alisto de micros (2017-2018)

Para la actividad de mezclar, el cálculo del tiempo de cuello de botella se realiza mediante el tiempo estándar de la actividad de mezclado para cada una de las máquinas, el cual a su vez se encuentra en Apéndice 6. Estudio de tiempos. ”. Posteriormente, esta duración se multiplica por la cantidad de órdenes realizadas en cada una de las máquinas durante los años 2017 y 2018. Posteriormente, se obtiene el porcentaje de utilización dividiendo la duración de la actividad de mezclar entre el tiempo disponible. Se detallan los resultados obtenidos:

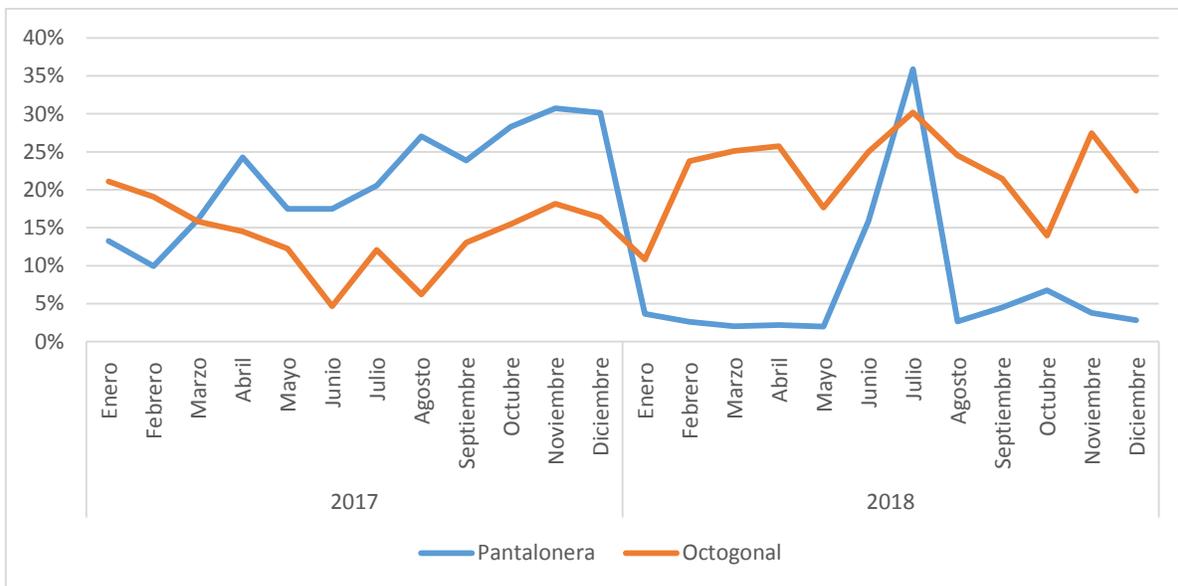


Figura 93. Utilización del cuello de botella mezclar máquina pantalonera y octogonal (2017-2018)

Para el cálculo de la utilización de las actividades de colocar bolsa, llenar saco y por último sellar y coser saco se procede a clasificar las órdenes de producción según la cantidad de sacos utilizados, de modo que exista una frecuencia de los datos ya que por cada uno de los sacos existe una bolsa. Después, se contabilizan la cantidad de órdenes de producción realizadas según la cantidad de

sacos y se determina cuántas órdenes se realizan si se dedicara un 100% del tiempo a colocar esa determinada cantidad de bolsas dentro de los sacos. Se obtiene la utilización mediante la división del tiempo disponible entre la cantidad de bolsas por saco según la frecuencia. Para el cual, este tiempo de colocar bolsa en saco se obtiene mediante la duración de la actividad en Apéndice 6. Estudio de tiempos. Según cada máquina y la siguiente ecuación:

$$\text{Colocar bolsa en saco L1} = \frac{(27,5s * \text{Cantidad de sacos en orden de producción})}{60}$$

Se muestran la utilización obtenida para el cuello de botella de colocar saco, el cual se identifica en las máquinas de Línea 1 y Línea 2 respectivamente:

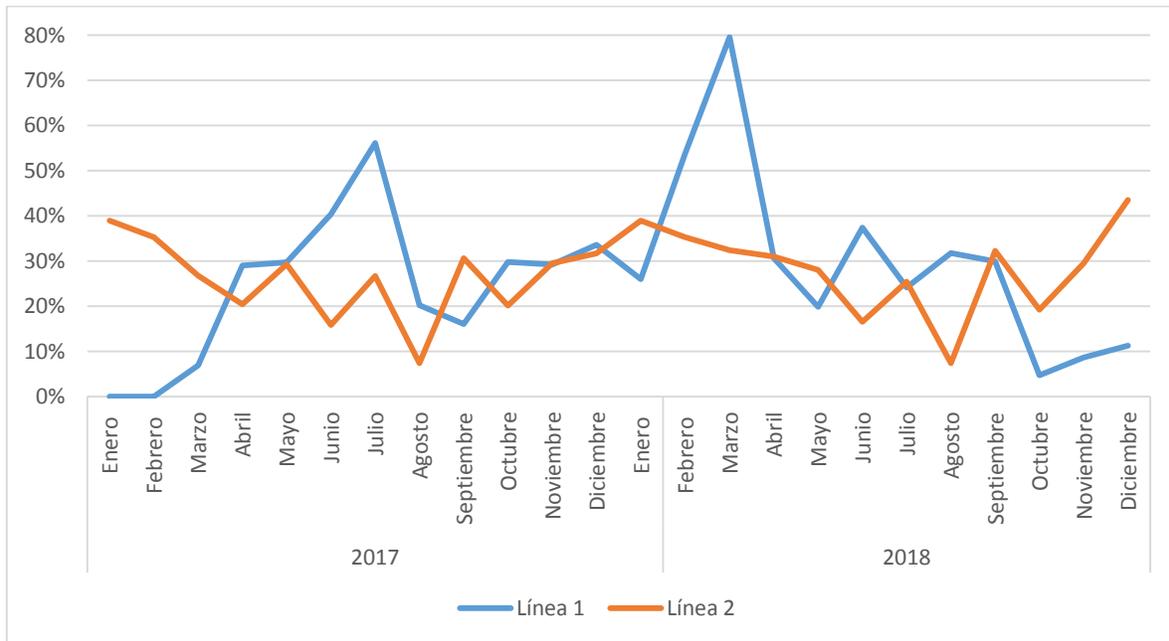


Figura 94. Utilización del cuello de botella colocar bolsa Línea 1 y Línea 2 (2017-2018)

Posteriormente, para la actividad de llenar saco se utiliza el mismo procedimiento anteriormente mencionado a diferencia de la ecuación del tiempo de botella. A continuación, se muestra un ejemplo de la ecuación utilizada para la actividad:

$$\text{Colocar bolsa en saco en mediana} = \frac{(33,1s * \text{Cantidad de sacos en orden de producción})}{60}$$

Se obtienen los siguientes resultados según la actividad de llenar saco

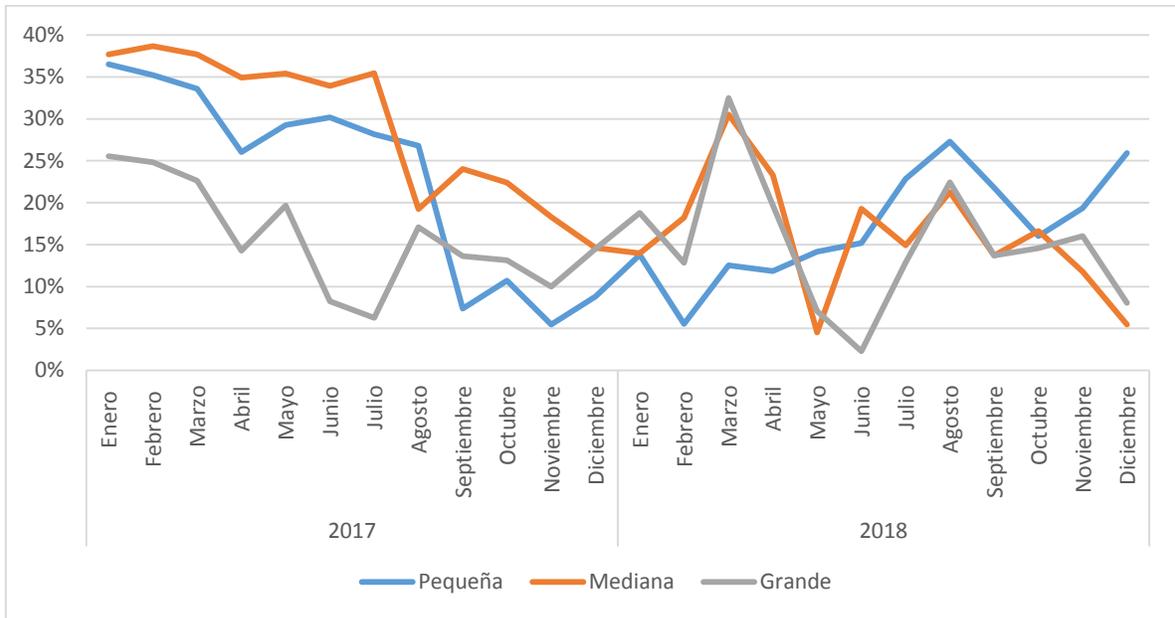


Figura 95 Utilización del cuello de botella llenar saco para máquina pequeña, mediana y grande (2017-2018)

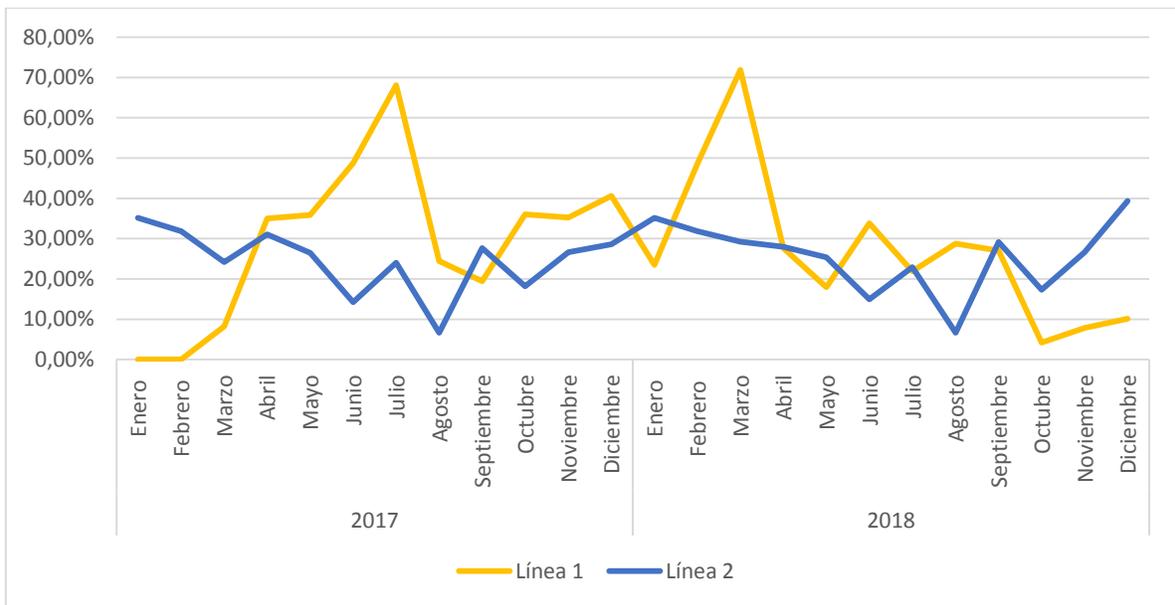


Figura 96. Utilización del cuello de botella llenar saco para Línea 1 y Línea 2 (2017-2018)

Por último, se realiza el mismo procedimiento para la actividad de sellar y coser saco en donde la ecuación del tiempo de botella está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Sellar y coser en máquina grande} = \frac{(26,9s * \text{Cantidad de sacos en orden de producción})}{60}$$

Se obtienen los siguientes resultados según la actividad de sellar y coser sacos para la máquina grande:

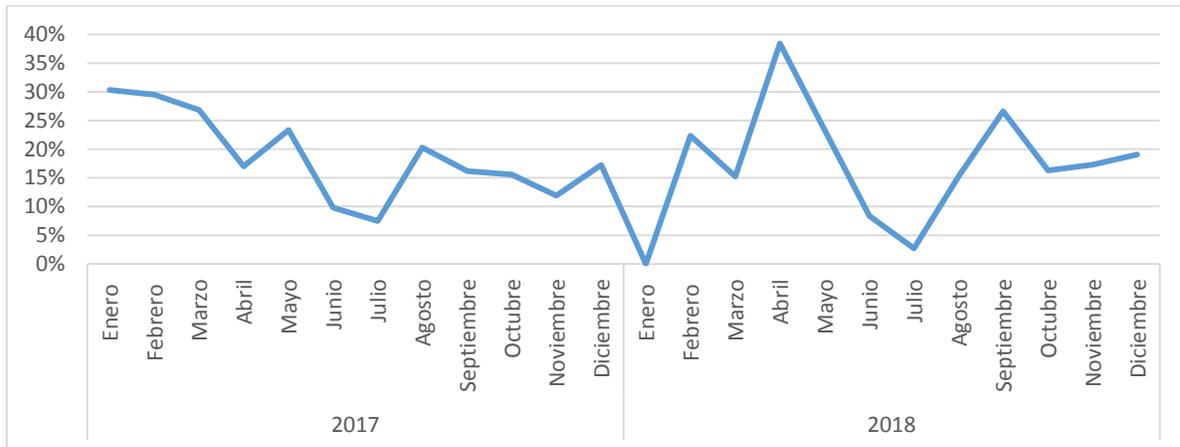


Figura 97 Utilización del cuello de botella llenar saco para máquina grande (2017-2018)

## Apéndice 11. Estado de inventario de las materias primas.

Para analizar el estado del inventario de materias primas para el periodo de 2018, se procede a obtener las transacciones o movimientos de las mismas para el mismo, en donde el inventario inicial más las compras y restando en las ventas y consumos daría como resultado la cantidad de inventario mes a mes, cabe destacar que en el cálculo mencionado se incurre en la adición de dos factores denominados misceláneos y físicos, los cuales se utilizan en la organización para ajustar el inventario ante aquellos movimientos que no fueron realizados a tiempo y por ende dicho fenómeno es el causante de un desajuste en el mismo, al incluir todos los mencionado en el análisis y dividir dicho inventario por mes entre el inventario meta o establecido por política, se obtienen los siguientes resultados:

*Tabla 62. Resumen estado de inventario de materias primas*

| <b>Semanas inventario</b> | <b>Ene</b> | <b>Feb</b> | <b>Mar</b> | <b>Abr</b> | <b>May</b> | <b>Jun</b> | <b>Jul</b> | <b>Ago</b> | <b>Sep</b> | <b>Oct</b> | <b>Nov</b> | <b>Dic</b> |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Menor a 0</b>          | 80         | 92         | 114        | 120        | 128        | 133        | 133        | 148        | 151        | 151        | 154        | 154        |
| <b>Igual a 0</b>          | 55         | 48         | 43         | 42         | 39         | 37         | 36         | 29         | 28         | 27         | 26         | 26         |
| <b>0 y 6</b>              | 49         | 50         | 38         | 39         | 36         | 36         | 36         | 29         | 27         | 28         | 28         | 29         |
| <b>6 y 12</b>             | 23         | 20         | 18         | 17         | 17         | 16         | 15         | 16         | 14         | 14         | 13         | 13         |
| <b>12 y 18</b>            | 8          | 10         | 10         | 10         | 10         | 10         | 11         | 11         | 14         | 13         | 12         | 12         |
| <b>18 y 22</b>            | 8          | 7          | 6          | 6          | 6          | 8          | 7          | 7          | 6          | 7          | 6          | 7          |
| <b>22 y 27</b>            | 14         | 11         | 14         | 13         | 12         | 10         | 10         | 13         | 15         | 13         | 13         | 12         |
| <b>Mayor a 27</b>         | 63         | 62         | 57         | 53         | 52         | 50         | 52         | 47         | 45         | 47         | 48         | 47         |

En la *Tabla 62. Resumen estado de inventario de materias primas*, se puede apreciar categoría a categoría el estado en función de cantidad disponible de inventario en semanas en comparación a la política de inventarios de la compañía, donde se puede apreciar el comportamiento en tendencia creciente para las materias desabastecidas durante el 2018 y la cantidad mínima de materias primas que se adecuan al inventario meta de 18 semanas.

## Apéndice 12. Premuestro ejercicio de secuenciamiento.

Para la determinación de la afectación o impacto al *makespan* debido al secuenciamiento y programación de la producción, se realiza un premuestro de 30 órdenes entre los días 16 y 17 de abril, con el fin de observar cuales de las mismas se veían afectadas por algún factor que impactara el *makespan* de las mismas. Las órdenes estudiadas fueron las siguientes:

Tabla 63. Ordenes tomadas para el premuestro

| Observación | Orden   | Observación | Orden   | Observación | Orden   |
|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| 1           | 4191458 | 11          | 4191548 | 21          | 4191500 |
| 2           | 4191532 | 12          | 4191536 | 22          | 4191502 |
| 3           | 4191542 | 13          | 4191545 | 23          | 4191504 |
| 4           | 4191533 | 14          | 4191547 | 24          | 4191506 |
| 5           | 4191539 | 15          | 4191551 | 25          | 4191508 |
| 6           | 4191460 | 16          | 4191559 | 26          | 4191488 |
| 7           | 4191543 | 17          | 4191556 | 27          | 4191509 |
| 8           | 4191541 | 18          | 4191462 | 28          | 4191497 |
| 9           | 4191544 | 19          | 4191557 | 29          | 4191449 |
| 10          | 4191540 | 20          | 4191558 | 30          | 4191555 |

Posteriormente al pre-muestro se debe obtener el tamaño de muestra a utilizarse en la realización del muestreo del trabajo. El tamaño de muestra se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2}}{e} \right)^2 * p * q$$

Tabla 64. Cálculo de tamaño de muestra

|          |              |
|----------|--------------|
| <b>n</b> | <b>68.00</b> |
| <b>z</b> | 1.65         |
| <b>e</b> | 10%          |
| <b>p</b> | 55%          |
| <b>q</b> | 45%          |

Donde el argumento  $Z_{\alpha/2}$  corresponde al nivel de confianza que se establece en el estudio de acuerdo con la distribución normal, en este caso 1.65 en el cual es un nivel de confianza del 90% y un error ( $e$ ) del 10%. Para los valores del  $p$  y  $q$  se obtiene un promedio de productividad ( $p$ ) del 61% e improductividad ( $q$ ) del 39% obtenido del premuestro. Posteriormente, se aplica la fórmula anteriormente mencionada con lo que se obtiene un tamaño de muestra igual a 68 observaciones. Estas observaciones se realizan en distintas máquinas y durante la semana del 22 al 26 de abril.

### Apéndice 13. Fichas de los indicadores de proceso.

Tabla 65. Ficha del Error MAD/Media

| Ficha de Indicador             |   |                |          |
|--------------------------------|---|----------------|----------|
| <b>Nombre del indicador:</b>   | MAD/Media   | <b>Código:</b> | EMD      |
| <b>Objetivo del indicador</b>  | Determinar el error de pronóstico de productos.   |                |          |
| <b>Descripción</b>             | Error de pronóstico utilizado en series de tiempo con el componente de intermitencia                        |                |          |
| <b>Método de medición</b>      | Porcentual, desviación del pronóstico respecto a la demanda   |                |          |
| <b>Unidad de medida</b>        | N/A   |                |          |
| <b>Fórmula</b>                 | $\frac{MAD}{Media} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1}  A_t - F_t }{\sum_{i=0}^{N-1} A_t}$                             |                |          |
| <b>VARIABLES DEL INDICADOR</b> | $A_t$ = Demanda real de periodo anterior<br>$F_t$ = Pronóstico de periodo anterior<br>n = Cantidad de meses |                |          |
| <b>Fuente de los datos</b>     | Demanda y venta de los productos  |                |          |
| <b>Periodicidad</b>            | Mensual   |                |          |
| <b>Responsable</b>             | Gerente de Operaciones  |                |          |
| <b>Meta</b>                    | x < 27%   | 27% > x < 50%  | x > 100% |

Tabla 66. Ficha del indicador MAPE

| Ficha de Indicador             |   |                |        |
|--------------------------------|---|----------------|--------|
| <b>Nombre del indicador:</b>   | MAPE  | <b>Código:</b> | EMP    |
| <b>Objetivo del indicador</b>  | Determinar el error de pronóstico de productos.   |                |        |
| <b>Descripción</b>             | Error de pronóstico utilizado en series de tiempo sin el componente de intermitencia                        |                |        |
| <b>Método de medición</b>      | Porcentual, desviación del pronóstico respecto a la demanda   |                |        |
| <b>Unidad de medida</b>        | N/A   |                |        |
| <b>Fórmula</b>                 | $MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{ A_t - F_t }{ A_t }}{n}$   |                |        |
| <b>VARIABLES DEL INDICADOR</b> | $F_t$ = Pronóstico de periodo anterior<br>$A_t$ = Demanda real de periodo anterior<br>n = Cantidad de meses |                |        |
| <b>Fuente de los datos</b>     | Demanda y venta de los productos  |                |        |
| <b>Periodicidad</b>            | Mensual   |                |        |
| <b>Responsable</b>             | Gerente de Operaciones  |                |        |
| <b>Meta</b>                    | x<27%   | 27%>x<50%      | x>100% |

Tabla 67. Ficha del indicador del cumplimiento del plan de producción

| Ficha de Indicador             |  |                |        |
|--------------------------------|--|----------------|--------|
| <b>Nombre del indicador:</b>   | Cumplimiento del plan de producción  | <b>Código:</b> | CPP    |
| <b>Objetivo del indicador</b>  | Determinar el cumplimiento del plan de producción  |                |        |
| <b>Descripción</b>             | Error de pronóstico utilizado en series de tiempo con el componente de intermitencia       |                |        |
| <b>Método de medición</b>      | Porcentual, desviación de las órdenes realizadas respecto a las órdenes planificadas.      |                |        |
| <b>Unidad de medida</b>        | N/A  |                |        |
| <b>Fórmula</b>                 | $\left( \frac{\text{Kilogramos producidos}}{\text{Kilogramos planificados}} \right) * 100$ |                |        |
| <b>Variables del indicador</b> | <i>Kilogramos plantificados</i><br><i>Kilogramos producidos</i>                            |                |        |
| <b>Fuente de los datos</b>     | Plan maestro de la producción  |                |        |
| <b>Periodicidad</b>            | Mensual  |                |        |
| <b>Responsable</b>             | Gerente de Operaciones   |                |        |
| <b>Meta</b>                    | x<27%  | 27%>x<50%      | x>100% |

Tabla 68. Ficha del indicador costos de mano de obra directa por kg

| Ficha de Indicador             |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Nombre del indicador:</b>   | Costos de mano de obra directa por kg <span style="float: right;"><b>Código:</b> CMOD</span> |
| <b>Objetivo del indicador</b>  | Determinar el costo de mano de obra directa según la cantidad de kilogramos producidos       |
| <b>Descripción</b>             | Error de pronóstico utilizado en series de tiempo con el componente de intermitencia         |
| <b>Método de medición</b>      | Porcentual, costo de mano de obra respecto a la cantidad de kilogramos realizados.           |
| <b>Unidad de medida</b>        | N/A  |
| <b>Fórmula</b>                 | $\left( \frac{\text{Kilogramos producidos}}{\text{Kilogramos planificados}} \right) * 100$   |
| <b>Variables del indicador</b> | <i>Kilogramos planificados</i>   |
| <b>Fuente de los datos</b>     | Plan maestro de la producción  |
| <b>Periodicidad</b>            | Mensual  |
| <b>Responsable</b>             | Gerente de Operaciones   |

# Manual de usuario



## Registro de materias primas

Para registrar las materias primas nuevas en la organización, se debe indicar en Registrar\_Premezcla en donde se obtiene el siguiente registro:

| Registro de nueva materia prima |  |
|---------------------------------|--|
| Nombre de materia prima         |  |
| Código de materia prima         |  |
| Unidad                          |  |

REGISTRAR MATERIA PRIMA

Figura 1. Registro de nueva materia prima

Para lo cual deben completarse los siguientes requerimientos

1. Nombre de materia prima según sea establecido en la organización.
2. Código de materia prima según sea establecido en la organización.
3. Unidad que se presenta la materia prima, KG como representación de kilogramos así como UND representa unidades.

4. Dar click en



## Registrar nuevo producto

Para el registro de un nuevo producto dentro de la herramienta se debe ingresar a la pestaña "Registrar\_Premezcla". Esto permite incorporar las materias primas que conforman un producto a la base de datos de la herramienta. En el registro se le muestra la información que se encuentra en la Figura 2. Registro de premezcla.

| Registro de nuevo producto |  |
|----------------------------|--|
| Código del producto        |  |
| Nombre del producto        |  |
| Peso (kg)                  |  |
| Especie                    |  |

REGISTRAR

| Registro de materias primas que componen el producto |             |          |        |                |           |
|--|-------------|----------|--------|----------------|-----------|
| Código MP  | Descripción | Cantidad | Unidad | Costo unitario | Categoria |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |
|  |             |          |        |                |           |

Figura 2. Registro de premezcla

Para el registro de una nueva premezcla o producto se debe inicialmente completar la información del mismo, para ello se mantiene los siguientes requerimientos:

1. Registrar el nuevo producto:
  - a. Colocar el código del producto según sea establecido en la organización.
  - b. Colocar el nombre del producto según sea establecido en la organización.
  - c. Colocar el peso del producto (cantidad de kilogramos por saco).
  - d. Colocar la especie del producto.
2. Registrar las materias primas que lo conforman:
  - a. Código de materia prima según se ha colocado en el registro de materia prima o se encuentre incorporado en la herramienta, para ello puede identificarse en Información de materia prima.
  - b. Descripción de materia prima es el nombre según se ha colocado en el registro de materia prima o se encuentre incorporado en la herramienta, para ello puede identificarse en Información de materia prima.
  - c. Cantidad representa según las unidades establecidas en el registro de materias primas la cantidad necesaria para realizar un saco de producto,
  - d. Costo unitario es el costo por unidad de producto fabricado de esa materia prima.
  - e. Categoría se debe indicar si la materia prima corresponde a un Micro, Macro o Empaque.
3. Dar click en 

## Pronósticos de producción

Para realizar los pronósticos de producción se debe anteriormente identificar la demanda por cada mes. La demanda corresponde a las ventas realizadas, ventas pedidas y demanda insatisfecha de cada uno de los productos. Para unificar estos datos mencionados se realizan registros los cuales deben completarse durante el mes:

### Registro de demanda insatisfecha

La demanda insatisfecha corresponde a las ventas realizadas de manera parcial, en este apartado debe colocarse la parcialidad de las ventas que no se entregó al cliente.



## Ejecución del pronóstico

Para la ejecución del pronóstico se realiza en la pestaña PlanDemanda. En donde se visualiza la siguiente pantalla:

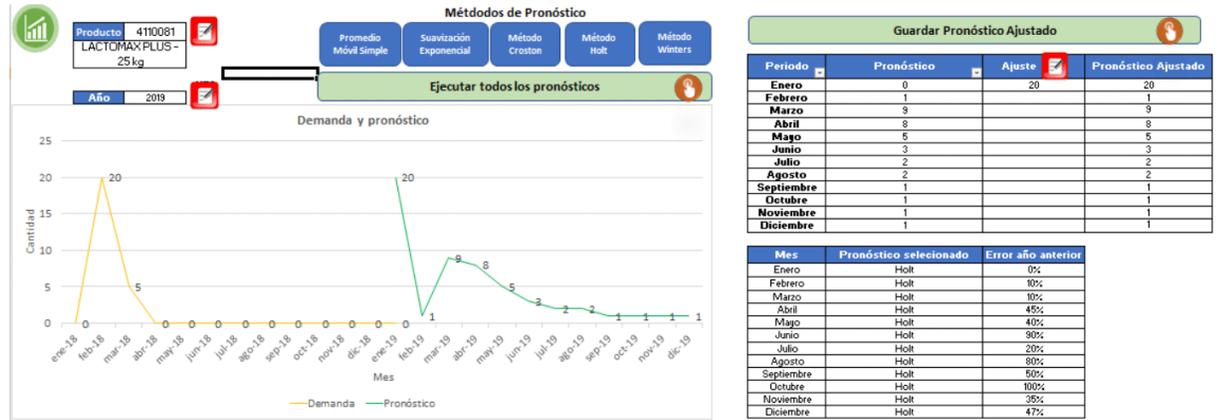


Figura 7. Plan demanda

Los datos que pueden ser modificables aparecen con el icono . Sin embargo se procede a detallar cada uno de los elementos indicados anteriormente.

Inicialmente para verificar los pronósticos por producto se mantiene una lista desplegable de los códigos. A continuación se muestra con mayor detalle lo descrito:



Figura 8. Visualización por producto del pronóstico

1. Código del producto: Lista desplegable, se debe indicar cuál producto se desea visualizar.
2. Año: Indica el año en que se desea visualizar el producto.



Figura 9. Gráfica de demanda y pronóstico del producto

La gráfica mostrada en Figura 9. Gráfica de demanda y pronóstico del producto permite identificar para el producto seleccionado la demanda histórica y el pronóstico de una manera visual. Por lo cual le permite observar el comportamiento en un año del producto.

Por último, se visualiza el pronóstico ajustado. El cual es un ajuste por criterio experto de la organización, en donde se incluye aquellas ventas que no mantiene contemplado el pronóstico en caso de una promoción, feria entre otros.

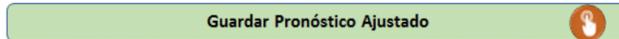
| Guardar Pronóstico Ajustado  |            |  |                     |
|---|------------|--|---------------------|
| Periodo   | Pronóstico | Ajuste  | Pronóstico Ajustado |
| Enero   | 0          | 20   | 20                  |
| Febrero   | 1          |  | 1                   |
| Marzo   | 9          |  | 9                   |
| Abril   | 8          |  | 8                   |
| Mayo  | 5          |  | 5                   |
| Junio   | 3          |  | 3                   |
| Julio   | 2          |  | 2                   |
| Agosto  | 2          |  | 2                   |
| Septiembre  | 1          |  | 1                   |
| Octubre   | 1          |  | 1                   |
| Noviembre   | 1          |  | 1                   |
| Diciembre   | 1          |  | 1                   |

Figura 10. Pronóstico ajustado

Para ello se debe:

1. Ingresar en la columna de ajusta la cantidad a sumar o restar del pronóstico.

2. Click en la opción



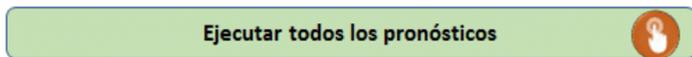
Al realizar el procedimiento anterior, la herramienta ajusta el pronóstico realizado como se visualiza en el ejemplo de la Figura 10. Pronóstico ajustado.

Por último se muestra el mes de pronóstico, la metodología de pronóstico seleccionado y por último, el error del año anterior.

| Mes        | Pronóstico seleccionado | Error año anterior |
|------------|-------------------------|--------------------|
| Enero      | Holt                    | 0%                 |
| Febrero    | Holt                    | 10%                |
| Marzo      | Holt                    | 10%                |
| Abril      | Holt                    | 45%                |
| Mayo       | Holt                    | 40%                |
| Junio      | Holt                    | 90%                |
| Julio      | Holt                    | 20%                |
| Agosto     | Holt                    | 80%                |
| Septiembre | Holt                    | 50%                |
| Octubre    | Holt                    | 100%               |
| Noviembre  | Holt                    | 35%                |
| Diciembre  | Holt                    | 47%                |

Figura 11. Visualización de la metodología seleccionada

Para la ejecución de los pronósticos se debe:



1. Click en

### Visualización de los pronósticos

En la pestaña de Pronósticos se puede visualizar los pronósticos de cada uno de los productos. Sin embargo, es importante mencionar que se deben modificar en el pronóstico ajustado, esta pestaña solamente es de visualización.

| Pronóstico |  | FARYVET |        |        |        |        |        |        |        |
|------------|--|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Código     | Descripción                            | 26      | 27     | 28     | 29     | 30     | 31     | 32     | 33     |
|            |  | dic-18  | ene-19 | feb-19 | mar-19 | abr-19 | may-19 | jun-19 | jul-19 |
| 4030021    | BICARBONATO DE SODIO - 1kg             | 1       | 48     | 45     | 49     | 52     | 52     | 52     | 75     |
| 4030051    | SULFATO DE COBRE - 1kg                 | 0       | 93     | 80     | 93     | 93     | 96     | 93     | 93     |
| 4030061    | SULFATO DE MAGNESIO - 1kg              | 0       | 0      | 23     | 13     | 11     | 12     | 0      | 0      |
| 4110041    | EQUIFAT - 3kg                          | 107     | 85     | 85     | 104    | 95     | 85     | 79     | 75     |
| 4110051    | FOSFOMIN VITAMINADO CON BIOTINA - 20kg | 26      | 145    | 1      | 0      | 0      | 18     | 0      | 0      |
| 4110071    | LACTOFAR PREMIUM - 20kg                | 24      | 0      | 60     | 10     | 66     | 23     | 66     | 78     |
| 4110081    | LACTOMAX PLUS - 25kg                   | 0       | 0      | 0      | 9      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4110091    | LECHERA ABA - 23kg                     | 7       | 14     | 13     | 8      | 16     | 8      | 8      | 7      |
| 4110161    | MINERAL CRIA F.C.G.G - 20kg            | 0       | 55     | 10     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4110171    | MINERAL ENGORDE F.C.G.G - 20kg         | 0       | 25     | 6      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4110261    | MINERALES MINELAVIT FDS 10 - 46kg      | 0       | 85     | 0      | 0      | 1      | 0      | 0      | 50     |
| 4110291    | MONENSINA - 15kg                       | 14      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4110322    | MULTIPHOS C - 20kg                     | 52      | 1      | 2      | 0      | 0      | 124    | 0      | 0      |
| 4110341    | MULTIPHOS CRIA CON OPTIGEN - 40kg      | 15      | 100    | 88     | 100    | 100    | 109    | 100    | 161    |
| 4110371    | MULTIPHOS PLUS CON PROBIOTICOS - 1kg   | 30      | 100    | 88     | 100    | 100    | 109    | 100    | 161    |

Figura 12. Visualización de los pronósticos

En donde se identifica:

1. Código del producto
2. Descripción: Nombre del producto
3. Pronóstico: Guarda los pronósticos realizados en la sección anterior.

### Error de pronóstico

El error de pronóstico se calcula mediante el ingreso de las ventas, demanda insatisfecha y ventas perdidas. El cual realiza el cálculo del error mediante el MAD/Media si presenta intermitencia y el MAPE si no se plantea.

| Error de Pronóstico |  | Error Anual |       | FARYVET  |            |       |       |         |       |       |  |  |
|---------------------|--|-------------|-------|----------|------------|-------|-------|---------|-------|-------|--|--|
| Código              | Descripción                            | ene-18      |       |          | feb-18     |       |       | mar-18  |       |       |  |  |
|                     |  | Método      | Valor | Error    | Método     | Valor | Error | Método  | Valor | Error |  |  |
| 4030021             | BICARBONATO DE SODIO - 1kg             | Holt        | 48    | 0        | En Exponen | 45    | 41%   | Holt    | 49    | 54%   |  |  |
| 4030051             | SULFATO DE COBRE - 1kg                 | Winters     | 93    | 0        | En Exponen | 80    | 33%   | Winters | 93    | 0%    |  |  |
| 4030061             | SULFATO DE MAGNESIO - 1kg              | Holt        | 0     | 0        | En Exponen | 23    | 100%  | Croston | 13    | 0%    |  |  |
| 4110041             | EQUIFAT - 3kg                          | Holt        | 0     | 0        | En Exponen | 23    | 100%  | Croston | 13    | 0%    |  |  |
| 4110051             | FOSFOMIN VITAMINADO CON BIOTINA - 20kg | En Exponen  | 85    | 0,545455 | Winters    | 85    | 0%    | Holt    | 104   | 32%   |  |  |
| 4110071             | LACTOFAR PREMIUM - 20kg                | Croston     | 145   | 0,606498 | Holt       | 1     | 100%  | Winters | 0     | 100%  |  |  |
| 4110081             | LACTOMAX PLUS - 25kg                   | Holt        | 0     | 0        | En Exponen | 60    | 37%   | Holt    | 10    | 73%   |  |  |
| 4110091             | LECHERA ABA - 23kg                     | Holt        | 0     | 0        | Winters    | 0     | 0%    | Holt    | 9     | 10%   |  |  |
| 4110161             | MINERAL CRIA F.C.G.G - 20kg            | Winters     | 14    | 0        | En Exponen | 13    | 100%  | Croston | 8     | 0%    |  |  |
| 4110171             | MINERAL ENGORDE F.C.G.G - 20kg         | Croston     | 55    | 1,938462 | En Exponen | 10    | 100%  | Winters | 0     | 100%  |  |  |
| 4110261             | MINERALES MINELAVIT FDS 10 - 46kg      | Croston     | 25    | 1,5      | En Exponen | 6     | 100%  | Winters | 0     | 100%  |  |  |

Figura 13. Error de pronóstico

1. Código del producto.
2. Descripción: Nombre del producto.
3. Método: método de pronóstico utilizado.
4. Valor: pronóstico.
5. Error de pronóstico: error calculado según el método de pronóstico.

**Error Anual**

6. En se visualiza el error anual por producto.

## Realizar plan de producción

| FARYVET<br>LABORATORIOS         |                  | Ingresar plan de producción semanal |                    | Programa General de Producción |                     |                            |   | Buscar materias primas |             | Ver MPS  |             | Procesar MPS Semana # |               |           |           |          |          |                                   |               |
|---------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------|---|------------------------|-------------|----------|-------------|-----------------------|---------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------------------|---------------|
| Ordenar por semana y tamaño     |                  | Año                                 | 2019               | Mes                            | Septiembre          | Número de Semana           | 38  | Semanas del mes        | 4           | Recursos |             |                       |               |           |           |          |          |                                   |               |
| Fecha de aprobación: 01-07-2019 |                  | Fecha que rige: 01-07-2019          |                    |                                |                     | Fecha revisión: 01-07-2019 |   | Versión: 1             |             | Semana   |             | 38                    |               |           |           |          |          |                                   |               |
| Semana                          | Fecha producción | Fecha entrega a bodega              | Orden a producción | Lote                           | Tamaño de LOTE (kg) | Código                     | Nombre del Producto                                   | Presentación (kg)      | Especie     | Etapa    | ¿Medicad o? | Dosis                 | OBSERVACIONES | INICIALES | Mezclador | Personas | Unidades | Reservar materiales / Procesado ? | MRP           |
| 1                               |                  |                                     |                    |                                | 1500                | 4152471                    | N. PREPOSTURA COTO BRUS - 23 kg                       | 23                     | 5- Gallinas | 0        | 0           | 0                     | 0             | 0         | Línea 1   | 2        | 66       | Reservar                          | Ok            |
| 1                               |                  |                                     |                    |                                | 23                  | 4152471                    | N. PREPOSTURA COTO BRUS - 23 kg                       | 23                     | 5- Gallinas | 0        | 0           | 0                     | 0             | 0         | Pastalera | 2        | 1        | Reservar                          | Faltante X    |
| 1                               |                  |                                     |                    |                                | 1000                | 4151331                    | N. IMPULSOR CORRIENTE - 20 kg                         | 20                     | 6- Pollo    | 0        | 0           | 0                     | 0             | 0         | Grande    | 2        | 50       | Reservar                          | Ok            |
| 1                               |                  |                                     |                    |                                | 1000                | 4153862                    | N. CERDO ENGORDE SIN PL TRIO TECH (SAGITARIO) - 20 kg | 20                     | 3- Cerdo    | 0        | 0           | 0                     | 0             | 0         | Grande    | 2        | 50       | Reservar                          | Ok            |
| 1                               |                  |                                     |                    |                                | 300                 | 4153831                    | N. CERDO INICIO TRIO TECH (SAGITARIO) - 20 kg         | 20                     | 3- Cerdo    | 0        | 0           | 0                     | 0             | 0         | Grande    | 2        | 45       | Reservar                          | Faltante de m |

Figura 14. Plan de producción general

Para ejecutar un nuevo plan de producción, se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Agregar el Año, Mes, Número de semana y Cantidad de semanas que tiene el mes (esta información corresponde al periodo sobre el cual se desea hacer el plan de producción).
2. Dar click en “Ingresar plan de producción semanal” (La herramienta agregará automáticamente los productos según los pronósticos).
3. Reservar materias primas seleccionando la opción “Reservar” (de esta manera se descontará la materia prima al consolidar y ejecutar el plan de producción).
4. Seleccionar la semana del año a la cual desea realizarle el plan de producción.
5. Dar click en “Procesar MPS semana #” para que se logre ejecutar el plan de producción y se despliegue la siguiente pestaña:

| Resumen del plan de producción       |                         |                 |             |                |           |           |              |                                  |             |            |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------|----------------|-----------|-----------|--------------|----------------------------------|-------------|------------|
| Ir al Programa General de Producción |                         |                 |             |                |           |           |              | Secuenciar órdenes según especie |             | MPS Diario |
| Tiempo disponible                    |                         | 38.3 (h/semana) |             | Planear semana |           | 38        |              |                                  |             |            |
| Semana                               | Cantidad                | Código          | Descripción | Presentación   | Línea     | Personas  | Duración (h) | Especie                          | Indicadores |            |
| 1                                    | 1000                    | 4153831         | TRIO TECH   | 20             | Grande    | 2         | 2.0957741    |                                  |             |            |
| 1                                    | 1000                    | 4153831         | TRIO TECH   | 20             | Grande    | 2         | 2.1457741    |                                  |             |            |
| 1                                    | 1000                    | 4151331         | OR CORRIE   | 20             | Grande    | 2         | 2.0881504    |                                  |             |            |
| 1                                    | 1000                    | 4153831         | NICIO TRIO  | 20             | Línea 1   | 2         | 2.1          | 9- Cerdo                         |             |            |
| 38                                   | 1000                    | 4150151         | INMUNO EL   | 25             | Grande    | 2         | 1.8261503    |                                  |             |            |
| 38                                   | 1000                    | 4110341         | RIA CON OP  | 40             | Grande    | 2         | 1.3511018    |                                  |             |            |
| 38                                   | 977.5                   | 4110261         | VINELAVIT F | 46             | Grande    | 2         | 1.216819     |                                  |             |            |
| 38                                   | 781.25                  | 4150161         | VMUNO EL C  | 25             | Grande    | 2         | 1.7726147    |                                  |             |            |
| Semana                               | Indicadores             | Línea 1         | Línea 2     | Pantalonera    | Octogonal | Grande    | Mediana      | Pequeña                          |             |            |
| 1                                    | Tiempo total            | 2.1             | 0           | 0              | 0         | 6.3296986 | 0            | 0                                |             |            |
| 1                                    | Tandas                  | 1               | 0           | 0              | 0         | 3         | 0            | 0                                |             |            |
| 1                                    | Horas extras necesarias | 0               | 0           | 0              | 0         | 0         | 0            | 0                                |             |            |
| 1                                    | Capacidad de la línea   | 5%              | 0%          | 0%             | 0%        | 17%       | 0%           | 0%                               |             |            |
| 2                                    | Tiempo total            | 0               | 0           | 0              | 0         | 0         | 0            | 0                                |             |            |
| 2                                    | Tandas                  | 0               | 0           | 0              | 0         | 0         | 0            | 0                                |             |            |
| 2                                    | Horas extras necesarias | 0               | 0           | 0              | 0         | 0         | 0            | 0                                |             |            |
| 2                                    | Capacidad de la línea   | 0%              | 0%          | 0%             | 0%        | 0%        | 0%           | 0%                               |             |            |

Figura 15. Plan de producción semanal

En esta sección se detalla el plan de producción para cada semana. La herramienta asigna automáticamente la línea de producción, la cantidad de personas y el tiempo de producción para cada una de las órdenes de producción.

6. Realice el secuenciamiento de las órdenes dando click en “Secuenciar órdenes según especie” (Se agruparán las órdenes por semana, línea de producción, especie y cantidad).
7. Se despliegan 4 indicadores para cada línea de producción según la semana planificada, los cuales sirven para tomar decisiones estratégicas:
  - a) Tiempo total: Indica el tiempo total que requiere una línea de producción para terminar con todas las órdenes planificadas.
  - b) Tandas: Indica la cantidad de lotes que debe de producir cada mezcladora.
  - c) Horas extras necesarias: Indica la cantidad de horas adicionales a la jornada laboral para cumplir con el plan de producción. Dichas horas extra se dan por exceder la capacidad de la línea.
  - d) Capacidad de la línea: Indica en que porcentaje de capacidad de procesamiento se encuentra la línea de producción (Al exceder el 100% ya se encuentra con sobrecapacidad, por lo cual se deben realizar horas extra, postergar órdenes o asignar más recursos humanos para ejecutar la producción).
8. En caso de requerir un mayor detalle del plan de producción semanal, seleccione el botón “Planear semana” indicando la semana del plan de producción que desee ver con mayor detenimiento. Al seleccionar esta opción, se despliega la siguiente pestaña:

| MPS Semanal |             |         |   |         |         |          |              |                         |          | Resumen del Plan de Producción Semana 38 |         |            |             |           |          |           |         | Ordenar por Día, Línea, Tipo, Especie y Cantidad |
|-------------|-------------|---------|---|---------|---------|----------|--------------|-------------------------|----------|--|---------|------------|-------------|-----------|----------|-----------|---------|--|
| Día         | Tamaño lote | Código  | Descripción                               | Kg/saço | Línea   | Personas | Duración (h) | Especie                 | Día      | Indicadores                              | Línea 1 | Línea 2    | Pantalonera | Octogonal | Grande   | Mediana   | Pequeña | Personal requerido                               |
| 7-Lunes     | 1000        | 4150151 | N. CERD.ENGORDE INMUNO EL GUARDIA - 25 kg | 25      | Grande  | 2        | 1.83         |                         | 7-Lunes  | Tiempo total                             | 2.22    | 6.41       | 7.55        | 7.23      | 6.17     | 8.29      | 6.56    | 12   |
| 7-Lunes     | 761.25      | 4150161 | N. CERD.INICIO INMUNO EL GUARDIAN - 25 kg | 25      | Grande  | 2        | 1.77         | Tandas                  |          | 1  | 5       | 9          | 7           | 4         | 6        | 6         | 6       |  |
| 7-Lunes     | 1000        | 4110341 | MULTIPOS CRIA CON OPTIGEN - 40 kg         | 40      | Grande  | 2        | 1.35         | Horas extras necesarias |          | 0  | 0       | 0          | 0           | 0         | 0.624575 | 0         | 0       |  |
| 7-Lunes     | 977.5       | 4110261 | MINERALES MINELAVIT FOS 10 - 46 kg        | 46      | Grande  | 2        | 1.22         | Capacidad de la línea   |          | 23%                                      | 84%     | 33%        | 94%         | 80%       | 108%     | 86%       |         |  |
| 7-Lunes     | 1210        | 4152011 | N. PONEDORA 2 GUARDIA - 20 kg             | 20      | Línea 1 | 2        | 2.22         |                         | 6-Martes | Tiempo total                             | 0.00    | 1.39       | 8.19        | 0.00      | 0.00     | 7.33      | 8.25    | 7  |
| 7-Lunes     | 1200        | 4152201 | N. POSTURA 5% A 40 SEM. - 230kg           | 230     | Línea 2 | 2        | 1.06         | Tandas                  |          | 0  | 1       | 8          | 0           | 0         | 5        | 7         |         |  |
| 7-Lunes     | 1145        | 4151391 | N.PONEDORA IMPULSOR PELECHA AVUGA 20 kg   | 20      | Línea 2 | 2        | 2.25         | Horas extras necesarias |          | 0  | 0       | 0.52431469 | 0           | 0         | 0        | 0.5882366 | 0       |  |
| 7-Lunes     | 1150        | 4110471 | PREM. SAL MINERAL AZUFRADA - 46 kg        | 46      | Línea 2 | 2        | 1.03         | Capacidad de la línea   |          | 0%                                       | 18%     | 107%       | 0%          | 0%        | 96%      | 108%      |         |  |

Figura 16. Plan de producción diario

- Esta pestaña muestra el plan de producción semanal elegido día a día para cada una de las líneas de producción.
- La herramienta tiene la opción de asignar un orden al plan de producción según el día, línea de producción, tipo de producto, especie y tamaño del lote. En caso de requerirlo, dar click en "Ordenar por día, línea de producción, tipo de producto, especie y cantidad".
- Al igual que la sección anterior, esta pestaña contiene los 4 indicadores para la toma de decisiones, sin embargo, estos están desplegados de manera diaria.
- Además, se añade un último indicador que muestra la cantidad de personas necesarias por cada día de producción, con el fin de monitorear y controlar los recursos según dicha selección automática.

### Realizar análisis de capacidad

La herramienta cuenta con una sección donde muestra los 4 balances de línea diseñados para cada una de las líneas de producción. Los mismos evidencian la cantidad de personas, el orden y las actividades que deben ejecutar cada uno de los recursos timados en cuenta.

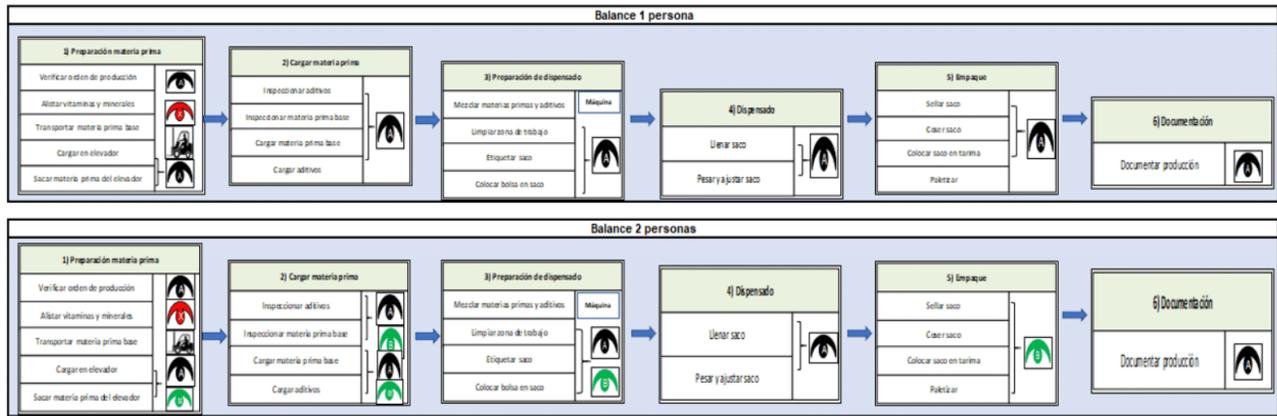


Figura 17. Balances de línea

Además, la sección de cuello de botella muestra como se distribuye el tiempo total de producción para las 3 actividades con mayor duración para cada una de las líneas de producción. Este tiempo varía conforme al tamaño del lote, la presentación del producto y la cantidad de vitaminas y minerales del producto.

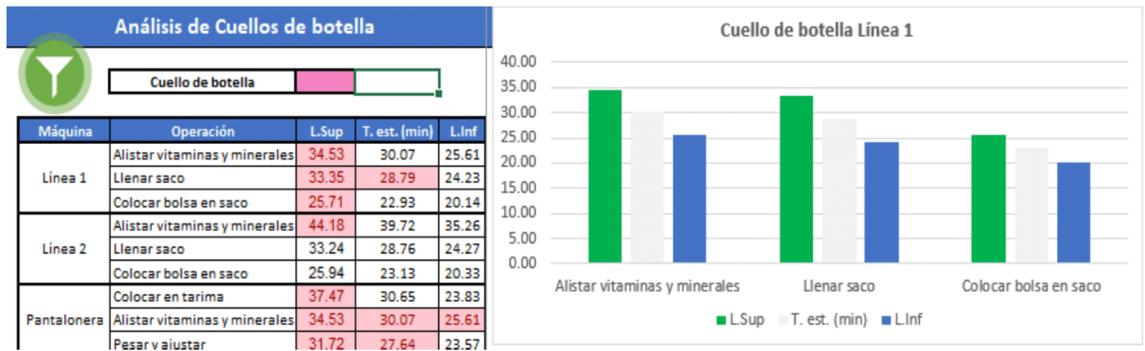


Figura 18. Análisis de cuellos de botella



Figura 19. Asignación de recursos

La asignación de recursos humanos a las líneas de producción se realiza mediante la interacción de plan maestro de producción (MPS) y el análisis de capacidad de las líneas. Para realizar dicha asignación realice los siguientes pasos:

1. Ingrese el año, mes y número de semana del año.
2. Ejecute la primera etapa del plan de producción.
3. Indique la cantidad de personas con las que dispone para ejecutar el plan de producción.
4. La herramienta asignará de manera automática las personas hacia las líneas de producción, donde, además, se agregará una cantidad de tandas de producción.
5. Visualice el tiempo promedio de producción de las líneas según los recursos asignados.
6. El tiempo total de procesamiento de las órdenes o *Makespan* se visualizará de modo que sea aprovechable para determinar si el tiempo total se encuentra dentro de los planes para la finalización del plan de producción.
7. La cantidad de recursos por máquina será almacenada según la semana elegido y formará parte de los insumos para continuar con la ejecución del plan maestro de producción titular.

## Requerimientos de materia prima

### Registro de la información del producto de compra

Se crea un registro de la información de compra del producto con el fin de dar trazabilidad al mismo. Este se encuentra en la pestaña Registro MP. A continuación se muestra el mismo:

| Información del producto |                            |                     |                         | Información de compra |              |          |        |                 |       |           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|----------|--------|-----------------|-------|-----------|
| Código de MP             | Descripción                | Código de Proveedor | Nombre Proveedor        | Fecha de compra       | Orden Compra | Cantidad | Unidad | Fecha Requerida | Línea | Estado    |
| 1370005                  | CARBONATO DE CALCIO FINO   | 3101073361          | ABC DISTRIBUCIONES S.A  | 07/08/2019            | 321321       | 2000     | KG     | 08/03/2019      | 1     | Cancelada |
| 1450071                  | YODO EDOJ                  | 310111882           | ALIMENTOS EL TIZATE S.A |                       |              |          | KG     |                 |       | Basuradas |
| 1570043                  | E (ACETATO-TOCOPFEROL) 500 |                     |                         |                       |              |          | KG     |                 |       | Recibida  |
| 1450013                  | COBRE SULFATO              |                     |                         |                       |              |          | KG     |                 |       | Cerrada   |
| 1450073                  | ZINC OXIDO                 |                     |                         |                       |              |          | KG     |                 |       | Tránsito  |

Figura 20. Registro de la información del producto

La información del producto consiste en los siguientes apartados:

1. Código de MP: Código de materia prima este se realiza automáticamente cuando se ingresa el nombre de la materia prima.
2. Descripción: Nombre de la materia prima. Es una lista desplegable, la cual debe seleccionarse.
3. Código del proveedor: Código del proveedor este se realiza automáticamente cuando se ingresa el nombre del proveedor.
4. Nombre del proveedor: Nombre del proveedor. Es una lista desplegable, la cual debe seleccionarse.

La información de compra consiste en los siguientes apartados:

1. Fecha de compra: Fecha en la cual se realiza la compra.
2. Orden de compra: Número de orden de compra. Debe ingresarse.
3. Cantidad: Refiere a la cantidad de materia prima que se está comprando.
4. Unidad: Unidad de la materia prima, esta se realiza automáticamente.
5. Fecha requerida: La fecha en que se requiere la materia prima en producción.
6. Línea donde se requiere.
7. Estado: corresponde a una lista desplegable en donde informa el estado de la materia prima.

### Registro de la información del producto de entrada

| Información de entrada |               |      |                     |             |        |           |
|------------------------|---------------|------|---------------------|-------------|--------|-----------|
| Entrada                | Fecha Entrada | Lote | Fecha de expiración | Vencimiento | Bodega | Lead time |
| 32313                  | 07/09/2019    | 3    | 07/09/2021          | 731         | AG01   | 0,2925    |
|                        |               |      |                     |             | AG01   | 86,333    |
|                        |               |      |                     |             | AG01   | 72,667    |
|                        |               |      |                     |             | AG01   | 3,3333    |
|                        |               |      |                     |             | AG01   | 13,8333   |

Figura 21. Información de entrada

1. Entrada: Código de entrada de materia prima.
2. Fecha de entrada: Fecha de ingreso de materia prima.

- Lote: Lote de la MP.
- Fecha de expiración: fecha de vencimiento.
- Vencimiento: Cantidad de días faltantes hasta el vencimiento de la materia prima. Se calcula de manera automático.
- Bodega: Bodega de la materia prima, se realiza de manera automático.
- Lead time: Se calcula el lead time para la materia prima.

## Punto de reorden e inventario de seguridad

El inventario de seguridad se encuentra disponible para su observación. Conforme se realice el registro de entrada y compras de las materias primas así como la demanda de las materias primas, esta sección se completará automáticamente.

Así mismo la herramienta permite observarse de manera mensual.

Inventario de Seguridad

| 2018   | 2019   | 2020   | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  |
|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 40,430 | 64,550 | 14,418 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 44,954 | 71,833 | 16,036 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 19,192 | 32,556 | 6,821  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0,352  | 0,600  | 0,138  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 3,335  | 5,613  | 1,334  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 4,842  | 7,005  | 1,648  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 1,400  | 2,065  | 0,463  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Figura 22. Inventario de seguridad

Así mismo, se identifican los puntos de reorden a partir del inventario de seguridad, los cuales a su vez se calculan de manera automática anual y mensualmente.

Punto de reorden

| Código  | Descripción                 | Desviación del lead time | Lead time (Mes promedio) | Diciembre | 2017    | 2018    | 2019    | 2020   | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  |
|---------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2490013 | CINTA PARA ET. RIBBON LINDS | 2.00                     | 0.6575                   | 109.8     | 195.417 | 139.444 | 670.311 | 14.418 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2170115 | ET. CUARENTENA              | 2.47                     | 0.8219                   | 137.3     | 243.324 | 168.721 | 823.714 | 16.036 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1970005 | CARBONATO DE CALCIO FINO    | 1.24                     | 1.0849                   | 56.1      | 102.396 | 69.436  | 347.747 | 6.821  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1450071 | YODO EDDI                   | 6.18                     | 1.7753                   | 0.0       | 0.016   | 0.358   | 0.649   | 0.138  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1570043 | E(ACETATO-TOCOFEROLI)500    | 3.71                     | 0.3945                   | 0.2       | 0.570   | 3.555   | 7.399   | 1.334  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Figura 23. Punto de reorden

## Desabastecimiento de materia prima

Inicialmente en el plan de producción indica si la orden de producción que se incluye mantiene algún desabastecimiento en su BOM. A continuación se muestra un ejemplo:

| Fecha producción | Fecha entrega a bodega | Orden a producir | # Lote | Lote de LOTE (kg) | Código  | Nombre del Producto             | Presentación (kg) | Expiración  | Etapa | Material (kg) | Dosis | OBSERVACIONES | INICIALES | Mezclador | Personas | Unidades | Reservar materiales / Procesarlo? | MRP        |
|------------------|------------------------|------------------|--------|-------------------|---------|---------------------------------|-------------------|-------------|-------|---------------|-------|---------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------------------|------------|
|                  |                        |                  |        | 1500              | 4152411 | N. PREPOSTURA COTO BRUS - 23 kg | 23                | 5- Gallinas | 0     | 0             | 0     | 0             | 0         | Línea 1   | 2        | 66       | Reservar                          | Ok         |
|                  |                        |                  |        | 1                 | 4152471 | N. PREPOSTURA COTO BRUS - 23 kg | 23                | 5- Gallinas | 0     | 0             | 0     | 0             | 0         | Pastoreos | 2        | 1        | Reservar                          | Faltante X |
|                  |                        |                  |        | 1000              | 4151331 | N. IMPULSOR CORRIENTE - 20 kg   | 20                | 6- Pollo    | 0     | 0             | 0     | 0             | 0         | Grado     | 2        | 50       | Reservar                          | Ok         |

Figura 24. Plan de producción general con desabastecimiento

Para identificar el desabastecimiento y sustituir la materia prima desabastecida se debe:

1. Colocar una x al lado derecho del faltante de materia prima.



2. Dar click en

3. Este despliega la pestaña BOM's en donde se observa la siguiente tabla:

| Producto | Descripción                       | Volver al Programa General de Producción | Código MP | Descripción           | Cantidad | Unidad | Costo Unitario | Costo Total | Categoría | Consumo  | Consumida? | Ver faltante |         |
|----------|-----------------------------------|--|-----------|-----------------------|----------|--------|----------------|-------------|-----------|----------|------------|--------------|---------|
| 4152481  | N. PREPOSTURA POLLITA AVIN - 23kg |  | 1010007   | DL-METIONINA          | 0,075200 | KG     | 1,755          | 1,73        | Micro     | 1,654391 | No         | 1010027      | 4152471 |
| 4152481  | N. PREPOSTURA POLLITA AVIN - 23kg |  | 1010027   | SULFATO DE LISINA 70% | 0,026858 | KG     | 511            | 0,62        | Micro     | 0,53087  | Si         |              |         |
| 4152481  | N. PREPOSTURA POLLITA AVIN - 23kg |  | 1010031   | TREONINA              | 0,002000 | KG     | 853            | 0,05        | Micro     | 0,044    | No         |              |         |

Figura 25. BOMs de producción

Este se realiza automáticamente con la producción incluida en el programa general de producción e indica cuando una materia prima se encuentra desabastecida.

Si se desea realizar una sustitución de la materia prima se debe:

1. Colocar el código de materia prima al lado de la columna denominada consumida.

2. Click en

3. Se coloca en la pestaña de Reservas MP, la cual es donde se guardan las reservas del plan de producción

| BOM's                     |                             | Inventario MP       | 4152471            | 1010027        | SULFATO DE LISINA 70% | 5122,8 | Buscar sustituto |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------------|--------|------------------|
| Información materia prima |                             |                     |                    |                |                       |        |                  |
| Código de MP              | Descripción                 | Cantidad disponible | Cantidad reservada | Cantidad libre | Unidad                | Bodega |                  |
| 1510005                   | BIOMOS                      | 10000               | 0                  | 10000          |                       |        |                  |
| 1830001                   | BIOPOWDER M YUCA SCHIDIGERA | 10000               | 0,408              | 9999,592       |                       |        |                  |
| 1070004                   | BMD                         | 10000               | 0                  | 10000          | KG                    | AG01   |                  |
| 2030001                   | BOBINA TRANSP. SIN IMPR.    | 10000               | 0                  | 10000          | KG                    | AG02   |                  |

Figura 26. Reservas de MP

En donde se identifican las reservas de materia prima así como la materia prima faltante en la parte superior en color rojo. Para ello se debe:

1. Click en

2. Esta acción permite abrir la pestaña Información de sustitución, la cual se muestra a continuación:

| Reservas                    | Producto | Código MP | Nombre         | Kg faltantes | Familia | Vehículo | kg necesarios | Código                   |
|-----------------------------|----------|-----------|----------------|--------------|---------|----------|---------------|--------------------------|
| <b>Ejecutar sustitución</b> | 4152471  | 1010027   | FATO DE LISINA | 5122,80      | Lisina  | 1970005  | #N/A          | CARBONATO DE CALCIO FINO |

| Producto | Código N | Descripción                  | Cantidad | Unidad | Costo Unitario | Familia   |  | Familia |
|----------|----------|------------------------------|----------|--------|----------------|-----------|--|---------|
| 415031   | 1450035  | HIERRO SULFATO (MONOHIDRATA) | 0,0110   | KG     | 254,45         | Hierro    |  | Hierro  |
| 415031   | 1450013  | COBRE SULFATO                | 0,0276   | KG     | 1.137,36       | Cobre     |  |         |
| 415031   | 1450059  | SELENITO DE SODIO            | 0,0017   | KG     | 492,60         | Selenio   |  |         |
| 415031   | 1570049  | H2 (BIOTINA) 2%              | 0,0006   | KG     | 11.371,04      | Biotina   |  |         |
| 415031   | 1010027  | SULFATO DE LISINA 70%        | 0,3260   | KG     | 511,315112     | Lisina    |  |         |
| 4030051  | 1450013  | COBRE SULFATO                | 1,0000   | KG     | 1137,357434    | Cobre     |  | Zinc    |
| 4030061  | 1450039  | MAGNESIO SULFATO             | 1,0000   | KG     | 195,58         | Magnesio  |  |         |
| 4110011  | 1450035  | HIERRO SULFATO (MONOHIDRATA) | 0,0007   | KG     | 254,45         | Hierro    |  |         |
| 4110011  | 1470047  | YES MINERALS HIERRO          | 0,0013   | KG     | 2.678,27       | Hierro    |  |         |
| 4110011  | 1470053  | YES MINERALS ZINC            | 0,0263   | KG     | 2.798,58       | Zinc      |  |         |
| 4110011  | 1450013  | COBRE SULFATO                | 0,0032   | KG     | 1.137,36       | Cobre     |  | Cobre   |
| 4110011  | 1470049  | YES MINERALS MANGANESO       | 0,0143   | KG     | 3.280,25       | Manganeso |  |         |
| 4110011  | 1450037  | MAGNESIO OXIDO               | 0,1493   | KG     | 266,97         | Magnesio  |  |         |
| 4110011  | 1470051  | YES MINERALS SELENIO         | 0,0300   | KG     | 2.672,18       | Selenio   |  |         |

Figura 27. Información de sustitución

Como se puede observar se encuentra el producto donde está el faltante, el código de MP, el nombre de la materia prima y la cantidad de Kg Faltantes. Para realizar la sustitución se debe:

1. Click en 

La herramienta identifica la materia prima sustituta, la que se va a sustituir así como la cantidad de materia prima vehículo por la que debe sustituirse. A continuación se detalla:

| Producto | Código MP | Nombre       | Kg faltantes | Familia | Vehículo | kg necesarios | Código                   | Sustituto | Código  | Nombre                     | Kg de sustitución | kg disponibles |
|----------|-----------|--------------|--------------|---------|----------|---------------|--------------------------|-----------|---------|----------------------------|-------------------|----------------|
| 4152471  | 1370015   | TO GRIS MONO | 9898,75      | Fosfato | 1970005  | 7721,03       | CARBONATO DE CALCIO FINO |           | 1370005 | FOSFATO MONOCALCICO BLANCO | 2177,73           | 9314,523078    |

Figura 28. Sustitución de materia prima

## Secuenciamiento

Para realizar el secuenciamiento se debe:

| Resumen del Plan de Producción Sema 38 |             |         |   |         |         |          |              |             |  | Ordenar por Día, Línea, Tipo, Especie y Cantidad |                         |         |           |             |           |
|--|-------------|---------|---|---------|---------|----------|--------------|-------------|--|--|-------------------------|---------|-----------|-------------|-----------|
| Día                                    | Tamaño lote | Código  | Descripción                               | Kg/saco | Línea   | Personas | Duración (h) | Especie     |  | Día  | Indicadores             | Línea 1 | Línea 2   | Pantalonera | Octogonal |
| 4- Jueves                              | 1000        | 4150151 | N. CERD ENGORDE INMUNO EL GUARDIA - 25 kg | 25      | Grande  | 2        | 1,88         |             |  | 7-Lunes  | Tiempo total            | 2,22    | 7,80      | 0,00        | 0,00      |
| 7-Lunes                                | 1000        | 4110341 | MULTIPHOS CRIA CON OPTIGEN - 40 kg        | 40      | Grande  | 2        | 1,35         |             |  | 7-Lunes  | Tandas                  | 1       | 6         | 0           | 0         |
| 7-Lunes                                | 977,5       | 4110261 | MINERALES MINELAVIT FOS 10 - 46 kg        | 46      | Grande  | 2        | 1,22         |             |  | 7-Lunes  | Horas extras necesarias | 0       | 0,1329299 | 0           | 0         |
| 7-Lunes                                | 781,25      | 4150161 | N. CERD.INICIO INMUNO EL GUARDIAN - 25 kg | 25      | Grande  | 2        | 1,77         |             |  | 7-Lunes  | Capacidad de la línea   | 29%     | 102%      | 0%          | 0%        |
| 7-Lunes                                | 1210        | 4152011 | N. PONEDORA 2 GUARDIA - 20 kg             | 20      | Línea 1 | 2        | 2,22         |             |  | 7-Lunes  | Tiempo total            | 0,00    | 0,00      | 15,11       | 7,03      |
| 7-Lunes                                | 1200        | 4152201 | N. POSTURA 5% A 40 SEM. - 230kg           | 230     | Línea 2 | 2        | 1,06         |             |  | 7-Lunes  | Tandas                  | 0       | 0         | 14          | 7         |
| 7-Lunes                                | 1150        | 4110471 | PREM. SAL MINERAL AZUFRAADA - 46 kg       | 46      | Línea 2 | 2        | 1,03         |             |  | 6- Martes  | Horas extras necesarias | 0       | 0         | 5,439159041 | 0         |
| 7-Lunes                                | 1150        | 4110531 | SAL MINERAL ALMOSI - 46 kg                | 46      | Línea 2 | 2        | 1,04         |             |  | 6- Martes  | Capacidad de la línea   | 0%      | 0%        | 171%        | 92%       |
| 7-Lunes                                | 1145        | 4151391 | N.PONEDORA IMPULSOR PELECHA AVUGA 20 kg   | 20      | Línea 2 | 2        | 2,25         |             |  | 6- Martes  | Tiempo total            | 0,00    | 0,00      | 25,26       | 0,00      |
| 7-Lunes                                | 1071        | 4810031 | SUERO ORAL CON ELECTROLITOS - 30 g        | 30      | Línea 2 | 2        | 1,04         |             |  | 6- Martes  | Tandas                  | 0       | 0         | 27          | 0         |
| 7-Lunes                                | 1020        | 4450111 | OXITET. + VITAMINAS - 25 g                | 20      | Línea 2 | 2        | 1,39         |             |  | 5- Miércoles                                     | Horas extras necesarias | 0       | 0         | 17,5973318  | 0         |
| 7-Lunes                                | 535,5       | 4590061 | LEVAFAR - 15 g                            | 0,015   | Mediana | 2        | 1,43         |             |  | 5- Miércoles                                     | Capacidad de la línea   | 0%      | 0%        | 330%        | 0%        |
| 7-Lunes                                | 575         | 4150011 | N. POSTURA 1 REP PESADA COBB - 23 kg      | 23      | Mediana | 2        | 1,52         | 5- Gallinas |  | 4- Jueves  | Tiempo total            | 0,00    | 0,00      | 21,90       | 0,00      |
| 7-Lunes                                | 523,25      | 4152121 | N. POSTURA 1 CS - 23 kg                   | 23      | Mediana | 2        | 1,39         | 5- Gallinas |  | 4- Jueves  | Tandas                  | 0       | 0         | 25          | 0         |
| 7-Lunes                                | 575         | 4150021 | N. 0-6 SEMANAS SANTA ROSA - 23 kg         | 23      | Mediana | 2        | 1,52         | 6- Pollo    |  | 4- Jueves  | Horas extras necesarias | 0       | 0         | 14,23068807 | 0         |
| 7-Lunes                                | 575         | 4150031 | N. 12-18 SEMANAS STA ROSA - 23 kg         | 23      | Mediana | 2        | 1,59         | 6- Pollo    |  | 4- Jueves  | Capacidad de la línea   | 0%      | 0%        | 286%        | 0%        |
| 7-Lunes                                | 625         | 4110541 | SAL MINERAL VITAMINADA - 25 kg            | 25      | Mediana | 2        | 1,26         | 8- Ganado   |  | 4- Jueves  | Tiempo total            | 0,00    | 0,00      | 6,84        | 0,00      |
| 7-Lunes                                | 575         | 4110551 | SUPLEMENTO SAL COMPUESTA - 23 kg          | 23      | Mediana | 2        | 0,87         | 8- Ganado   |  | 4- Jueves  | Tandas                  | 0       | 0         | 11          | 0         |
| 7-Lunes                                | 625         | 4130011 | N. FARPIC FASE 2 - 25 kg                  | 25      | Mediana | 2        | 1,83         | 9- Cerdo    |  | 3- Viernes                                       | Horas extras necesarias | 0       | 0         | 0           | 0         |
| 7-Lunes                                | 625         | 4150281 | N. CERDOS DESARROLLO 1 - 25 kg            | 25      | Mediana | 2        | 1,66         | 9- Cerdo    |  | 3- Viernes                                       | Capacidad de la línea   | 0%      | 0%        | 80%         | 0%        |
| 7-Lunes                                | 600         | 4150271 | N. CERDOS DESARR. ZAMORA - 24 kg          | 24      | Mediana | 2        | 1,46         | 9- Cerdo    |  | 3- Viernes                                       | Tiempo total            | 0,00    | 0,00      | 0,00        | 0,00      |
| 7-Lunes                                | 600         | 4150341 | N. CERDOS ENGORDE ZAMORA - 24 kg          | 24      | Mediana | 2        | 1,51         | 9- Cerdo    |  | 3- Viernes                                       | Tandas                  | 0       | 0         | 0           | 0         |
| 7-Lunes                                | 600         | 4150441 | N. CERDOS GASTACION ZAMORA - 24 kg        | 24      | Mediana | 2        | 1,60         | 9- Cerdo    |  | 2- Sábado  | Horas extras necesarias | 0       | 0         | 0           | 0         |
| 7-Lunes                                | 600         | 4150461 | N. CERDOS INICIO ZAMORA - 24 kg           | 24      | Mediana | 2        | 1,50         | 9- Cerdo    |  | 2- Sábado  | Capacidad de la línea   | 0%      | 0%        | 0%          | 0%        |

Figura 29. Plan de producción por día

1. Click en [Ordenar por Día, Línea, Tipo, Especie y Cantidad](#)
2. Si se desea realizar una orden de producción que no continúe con ese orden se debe incorporar una limpieza de línea.

## Apéndice 15. Aplicación de redes neuronales.

```
> #Se invoca la librería para cargar el data set
library(xlsx)
RedNeuronales <- readxl::read_excel("C:/Users/Oliver Castro Gómez/Desktop/RedNeuronalFa
ryvet.xlsx")
view(RedNeuronales)
#Instalar librerías necesarias e invocar las mismas
install.packages("dplyr",dependencies=TRUE)
library(dplyr)
install.packages("forecast",dependencies=TRUE)
library(forecast)
install.packages("plotly",dependencies=TRUE)
library(plotly)
modelo=nnetar(RedNeuronales$`ventas`,p=12)
pronostico<-forecast(modelo)
#creo un data frame de los resultados del pronostico
forecast_data_frame=as.data.frame(pronostico)
#grafico los datos
plot(pronostico)
#Analizo el error de pronostico
estadistica<-accuracy(modelo)
view(estadistica)
```

Figura 98. Código para el pronóstico con redes neuronales

En la Figura 98. Código para el pronóstico con redes neuronales” se denota el código para la realización de redes neuronales por parte del software RStudio, donde inicialmente se cargan las librerías o paquetes pertinentes para poder llevar a cabo los pronósticos, seguidamente se lee el dataset y se configura el modelo de pronóstico por redes neuronales para finalmente graficar y evaluar estadísticamente el mismo. Cabe destacar que RStudio ya cuenta con paquetes o bien librerías que facilitan la confección de los pronósticos mediante las redes neuronales.

## Apéndice 16. Prueba t pareada para el indicador de éxito porcentaje de error de pronóstico.

Inicialmente se comprueban los supuestos de la prueba, los cuales son los siguientes:

1. *La muestra es aleatoria*

Se establece un nivel de significancia de 0,05, posteriormente se realiza una prueba de corridas para verificar la aleatoriedad de los datos.

Hipótesis nula  $H_0$ : El orden de los datos es aleatorio  
 Hipótesis alterna  $H_1$ : El orden de los datos no es aleatorio

| Variable                                    | Número de corridas |           | Valor p |
|---|--------------------|-----------|---------|
|   | Observa do         | Espera do |         |
| Porcentaje de error de pronóstico actual    | 82                 | 115,11    | 0,059   |
| Porcentaje de error de pronóstico propuesta | 66                 | 95,46     | 0,059   |

Se obtiene un valor de  $p > \alpha$  por lo cual no se tiene suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula de que el orden de los datos no es aleatorio. Por lo cual se comprueba el supuesto.

2. *La variable es continua.*

3. *La población se distribuye de manera simétrica alrededor de la media:*

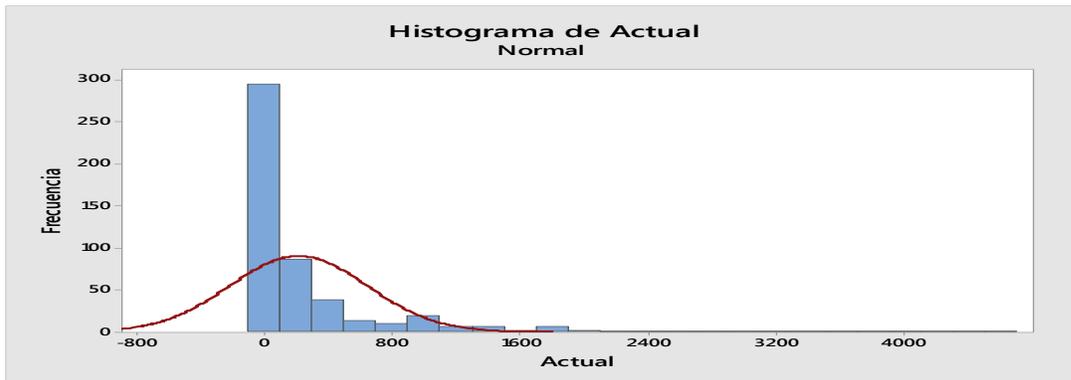


Figura 99. Histograma de porcentaje error de pronóstico actual

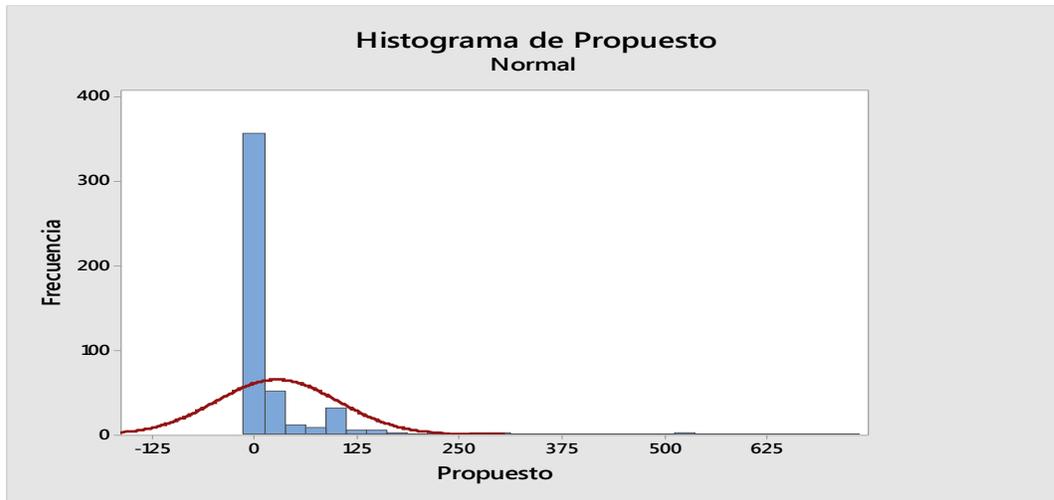


Figura 100. Histograma de porcentaje error de pronóstico propuesto

Se realiza la prueba de t pareada en donde se obtiene la siguiente información:

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| Hipótesis nula    | $H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$    |
| Hipótesis alterna | $H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$ |
| <u>Valor T</u>    | <u>Valor p</u>                      |
| -2,88             | 0,004                               |

Debido a que  $p < \alpha$  no hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula. Por lo cual se puede concluir que hay una diferencia entre las medias de las muestras, existiendo así una diferencia entre los costos de mano de obra directa estadísticamente significativa.

### Apéndice 17. Prueba t pareada para el indicador de éxito costo de mano de obra directa.

#### Costo de mano de obra directa en planificación.

Inicialmente se comprueban los supuestos de la prueba los cuales son los siguientes:

1. *La muestra es aleatoria*

Se establece un nivel de significancia de 0,05 posteriormente se realiza una prueba de corridas para verificar la aleatoriedad de los datos.

|                   |   |
|-------------------|---|
| Hipótesis nula    | $H_0: \text{El orden de los datos es aleatorio}$    |
| Hipótesis alterna | $H_1: \text{El orden de los datos no es aleatorio}$ |

| Variable           | Número de corridas |          | Valor p |
|--------------------|--------------------|----------|---------|
|                    | Observado          | Esperado |         |
| Costo/kg actual    | 7                  | 5,44     | 0,261   |
| Costo/kg propuesta | 7                  | 5,44     | 0,261   |

Se obtiene un valor de  $p > \alpha$  por lo cual no se tiene suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula de que el orden de los datos no es aleatorio. Por lo cual se comprueba el supuesto.

2. *La variable es continua.*
3. *La población se distribuye de manera simétrica alrededor de la media:*

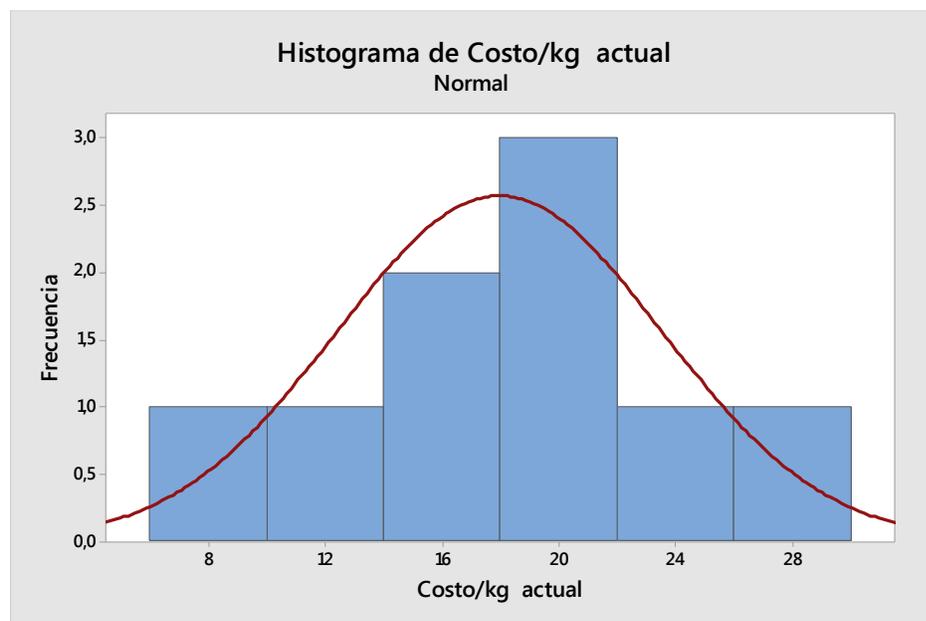


Figura 101. Histograma de costo/kg actual en planificación

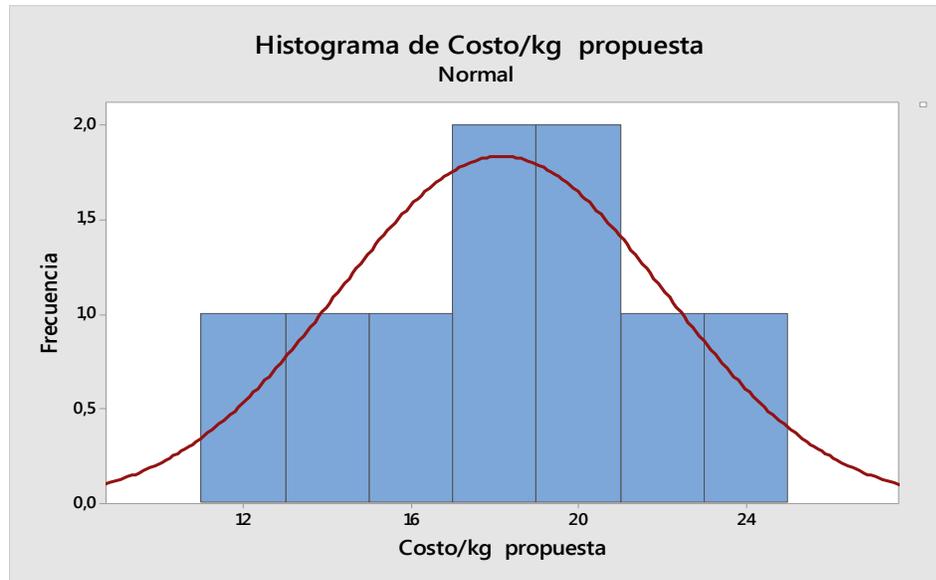


Figura 102. Histograma de costo/kg propuesta en planificación

Se realiza la prueba de t pareada en donde se obtiene la siguiente información:

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| Hipótesis nula    | $H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$    |
| Hipótesis alterna | $H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$ |
| Valor T           | Valor p                             |
| 2,71              | 0,027                               |

Debido a que  $p < \alpha$  no hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula, se puede concluir que hay una diferencia entre las medias de las muestras, existiendo así una diferencia entre los costos de mano de obra directa estadísticamente significativa.

### Costo de mano de obra directa en producción real.

Inicialmente se comprueban los supuestos de la prueba los cuales son los siguientes:

#### 1. La muestra es aleatoria

Se establece un nivel de significancia de 0,05 posteriormente se realiza una prueba de corridas para verificar la aleatoriedad de los datos.

|                   |   |
|-------------------|---|
| Hipótesis nula    | $H_0: \text{El orden de los datos es aleatorio}$    |
| Hipótesis alterna | $H_1: \text{El orden de los datos no es aleatorio}$ |

| Variable           | Número de corridas |          | Valor p |
|--------------------|--------------------|----------|---------|
|                    | Observado          | Esperado |         |
| Costo/kg actual    | 5                  | 5,44     | 0,748   |
| Costo/kg propuesta | 4                  | 5,00     | 0,414   |

Se obtiene un valor de  $p > \alpha$  por lo cual no se tiene suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula de que el orden de los datos no es aleatorio. Por lo cual se comprueba el supuesto.

2. *La variable es continua*
3. *La población se distribuye de manera simétrica alrededor de la media:*

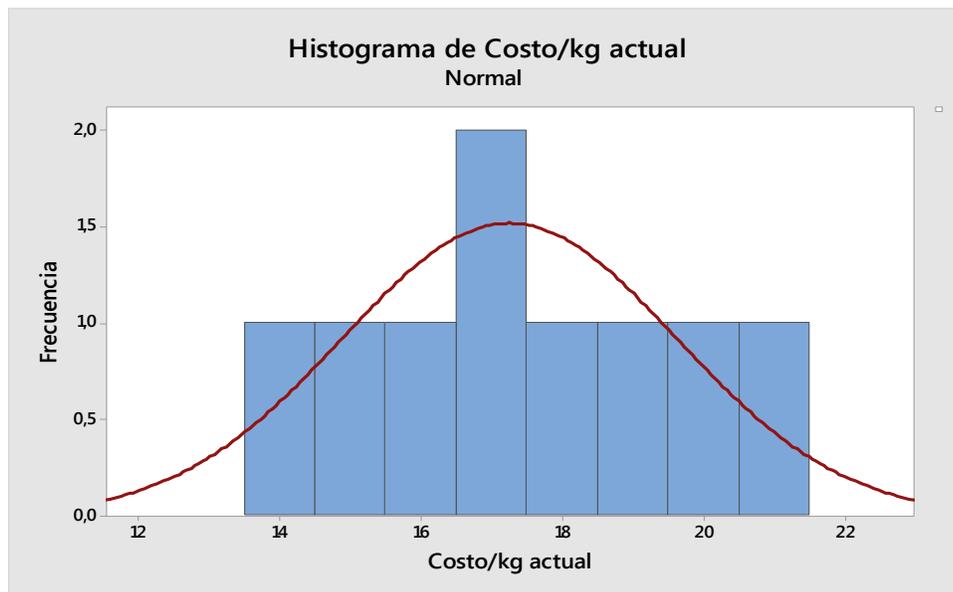


Figura 103. Histograma del costo/kg actual de producción

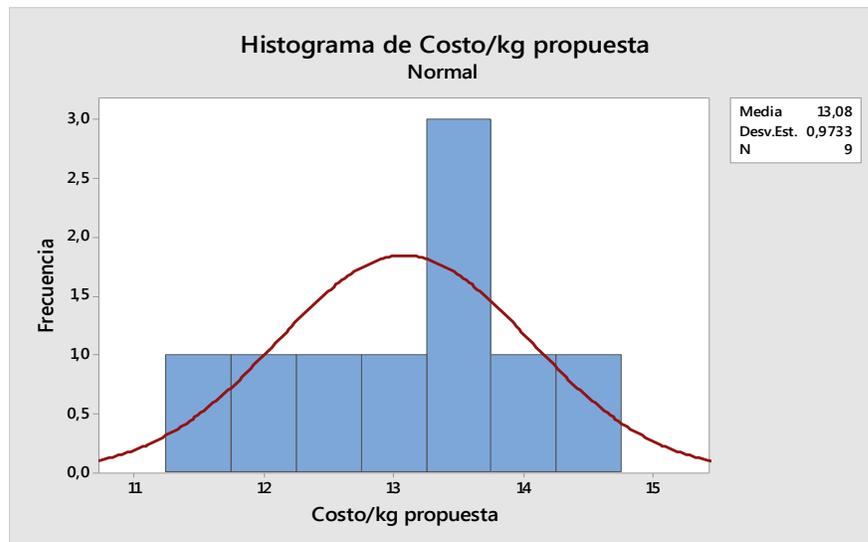


Figura 104. Histograma del costo/kg propuesta de producción

Se realiza la prueba de t pareada en donde se obtiene la siguiente información:

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| Hipótesis nula    | $H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$    |
| Hipótesis alterna | $H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$ |
| Valor T           | Valor p                             |
| 4,32              | 0,003                               |

Debido a que  $p < \alpha$  no hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula. Por lo cual se puede concluir que hay una diferencia entre las medias de las muestras, existiendo así una diferencia entre los costos de mano de obra directa estadísticamente significativa.

### Apéndice 18. Utilización de las actividades cuello de botella en validación.

Según las fórmulas indicadas en el Apéndice 10. Utilización de las actividades cuello de botella” y con la demanda de enero a setiembre del año 2019, se establecen las utilidades de cada una de las actividades. A continuación, se detallan esas actividades y la diferencia entre la utilización actual de Laboratorios Faryvet y la utilización propuesta utilizando la herramienta.

#### Actividad: Colocar bolsa.

Para la actividad de colocar bolsa se detallan solamente las diferencias en las máquinas identificadas en la fase de diagnóstico como cuello de botella. Las cuales corresponden a Línea 1 y Línea 2. A continuación se muestran los mismos:

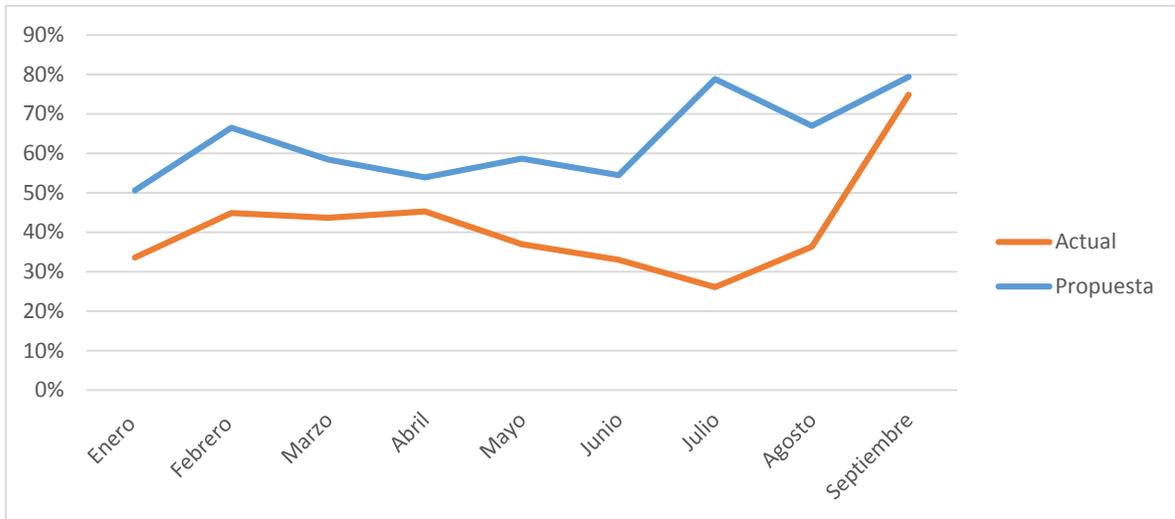


Figura 105. Utilización de la actividad colocar bolsa para Línea 1



Figura 106. Utilización de la actividad colocar bolsa para Línea 2

**Actividad: llenar saco.**

Para la actividad de llenar saco se detallan solamente las diferencias en las máquinas identificadas en la fase de diagnóstico como cuello de botella. Las cuales corresponden la máquina pequeña, mediana, grande, línea 1 y línea 2. A continuación se muestran los mismos:



Figura 107. Utilización de la actividad llenar saco para máquina pequeña

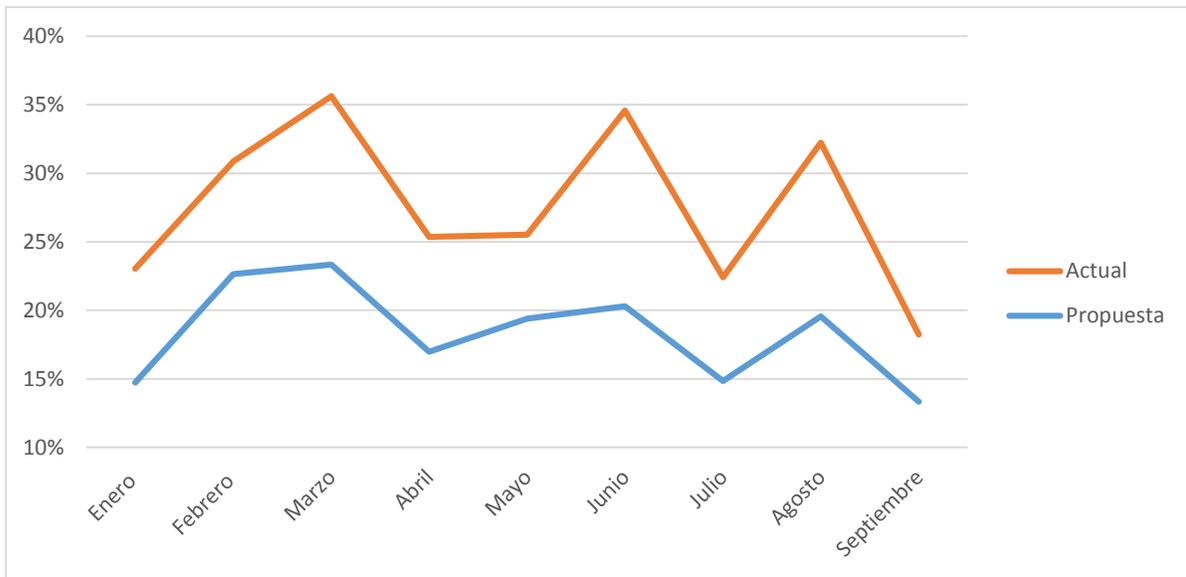


Figura 108. Utilización de la actividad llenar saco para máquina mediana



Figura 109. Utilización de la actividad llenar saco para máquina grande



Figura 110. Utilización de la actividad llenar saco para Línea 1

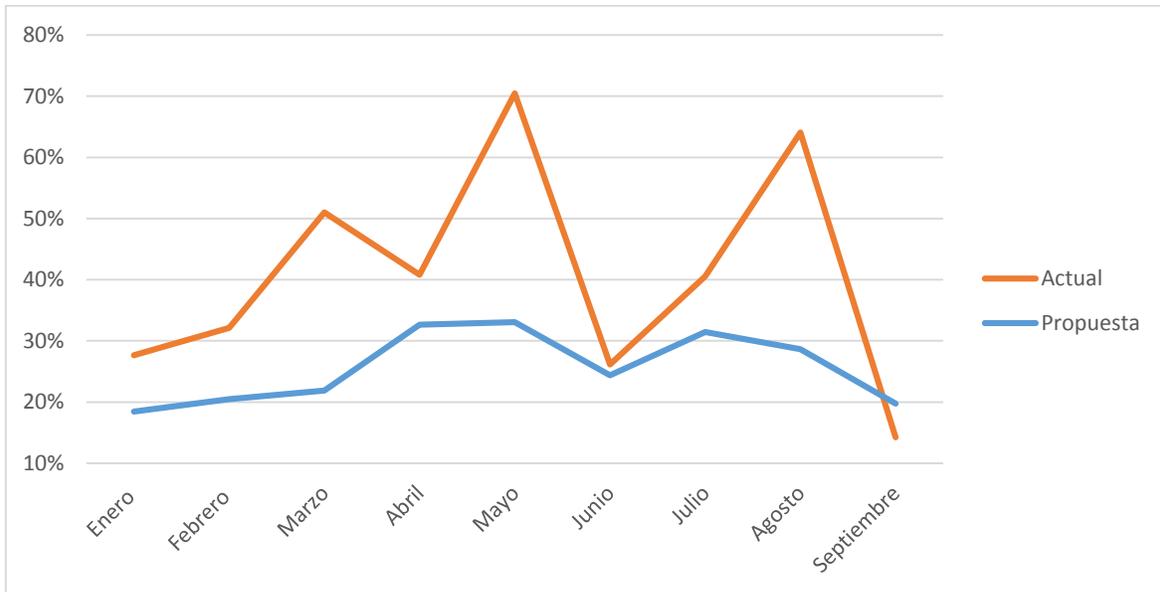


Figura 111. Utilización de la actividad llenar saco para Línea 2

**Actividad: mezclar.**

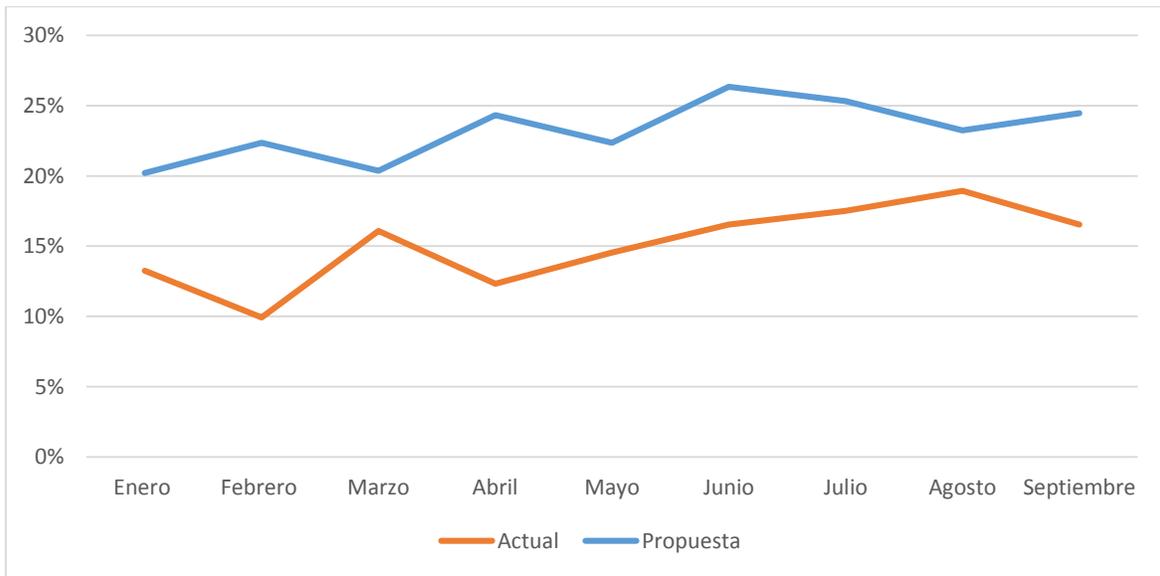


Figura 112. Utilización de la actividad mezclar para la máquina pantalonera

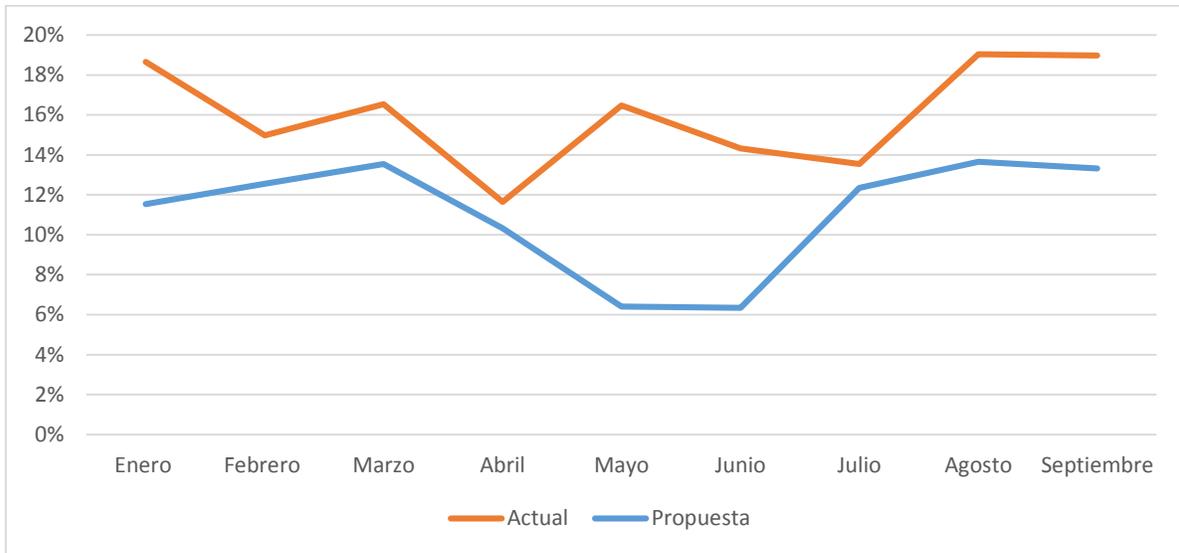


Figura 113. Utilización de la actividad mezclar para la máquina octogonal

**Actividad: sellar y coser saco.**

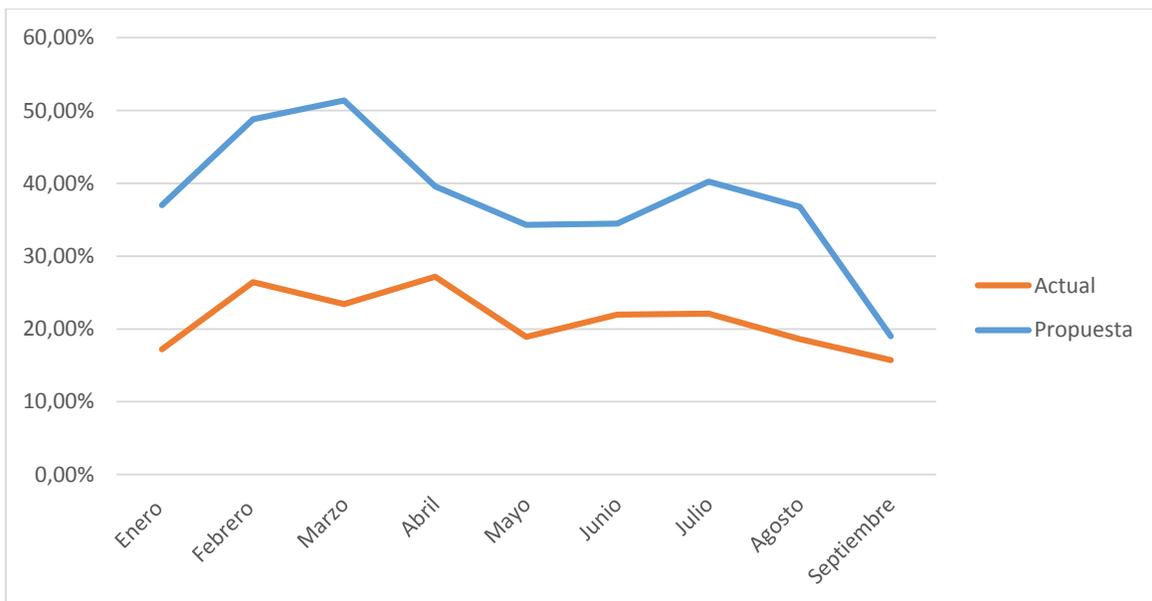


Figura 114. Utilización de la actividad sellar y coser saco para la máquina Línea 1

## Apéndice 19. Metodología de inventarios cíclicos por análisis ABC.

Para el establecimiento de la metodología de inventarios cíclicos se toma como referencia la realizada por Olivos & Penagos Vargas, 2013. En donde se establece como fase inicial una clasificación ABC basada en la regla del 80-20 o Ley de Pareto, el cual permite identificar, en este caso, cuáles son las materias primas que más se utilizan en las formulaciones de la organización. Para el caso de esta metodología se utiliza el criterio de frecuencia de uso, sin embargo, el criterio de clasificación puede cambiar según las necesidades de la organización. Este criterio actualmente se seleccionó en conjunto con la organización pues se busca disminuir el faltante de materias primas identificado en la fase de diagnóstico.

Laboratorios Faryvet actualmente cuentan con 326 materias primas, las cuales se clasificaron según la frecuencia en las formulaciones. Posteriormente, se identifica el porcentaje que representa del total de formulaciones así como el porcentaje acumulado. La categorización se realiza de la siguiente manera:

Tabla 69. Categoría de materias primas

| Categoría de materia prima |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Categoría A</b>         | Porcentaje acumulado <80%     |
| <b>Categoría B</b>         | 80%>Porcentaje acumulado <95% |
| <b>Categoría C</b>         | Porcentaje acumulado > 95%    |

A continuación se muestra un extracto del análisis realizado anteriormente, en donde permite identificar la categoría de materia prima A. Debido a la cantidad de materias primas solamente se coloca esta categoría para ejemplificar lo mencionado.

Tabla 70. Categorización de las materias primas según Ley de Pareto

| Materia prima              | Frecuencia en las formulaciones | Porcentaje | Porcentaje acumulado | Categoría de materia prima |
|----------------------------|---------------------------------|------------|----------------------|----------------------------|
| CINTA PARA ET. RIBBON UNDS | 397                             | 3,52%      | 3,52%                | A                          |
| ET. CUARENTENA             | 377                             | 3,34%      | 6,86%                | A                          |
| CARBONATO DE CALCIO FINO   | 351                             | 3,11%      | 9,96%                | A                          |
| YODO EDDI                  | 331                             | 2,93%      | 12,90%               | A                          |
| E (ACETATO-TOCOFEROL) 500  | 317                             | 2,81%      | 15,70%               | A                          |
| COBRE SULFATO              | 315                             | 2,79%      | 18,49%               | A                          |
| SELENITO DE SODIO          | 302                             | 2,67%      | 21,17%               | A                          |
| ET. BLANCA 4X2             | 296                             | 2,62%      | 23,79%               | A                          |
| ZINC OXIDO                 | 273                             | 2,42%      | 26,21%               | A                          |
| MANGANESO OXIDO            | 273                             | 2,42%      | 28,63%               | A                          |

Tabla 71. Categorización de las materias primas según Ley de Pareto

| Materia prima                             | Frecuencia en las formulaciones | Porcentaje | Porcentaje acumulado | Categoría de materia prima |
|---|---------------------------------|------------|----------------------|----------------------------|
| <b>B12 (CIANOCOBALAMINA) 1%</b>           | 266                             | 2,36%      | 30,98%               | A                          |
| <b>B2 (RIBOFLAVINA) 80%</b>               | 264                             | 2,34%      | 33,32%               | A                          |
| <b>B1 (MONONITRATO TIAMINA) 98%</b>       | 263                             | 2,33%      | 35,65%               | A                          |
| <b>B6 (CLORHIDRATO PIRIDOXINA) 99%</b>    | 261                             | 2,31%      | 37,96%               | A                          |
| <b>B5 (D-PANTOTENATO CALCIO) 98%</b>      | 259                             | 2,29%      | 40,26%               | A                          |
| <b>HIERRO CARBONATO</b>                   | 254                             | 2,25%      | 42,51%               | A                          |
| <b>B9 (ACIDO FOLICO) 95%</b>              | 248                             | 2,20%      | 44,70%               | A                          |
| <b>H2 (BIOTINA) 2%</b>                    | 246                             | 2,18%      | 46,88%               | A                          |
| <b>CLORURO DE COLINA VEGETAL</b>          | 229                             | 2,03%      | 48,91%               | A                          |
| <b>D3 (COLICALCIFEROL) 500</b>            | 219                             | 1,94%      | 50,85%               | A                          |
| <b>A (ACETATO DE RETINOL) 1000</b>        | 218                             | 1,93%      | 52,78%               | A                          |
| <b>ET. COLOR BLANCO</b>                   | 211                             | 1,87%      | 54,65%               | A                          |
| <b>K3 STAB (MNB) 43%</b>                  | 198                             | 1,75%      | 56,40%               | A                          |
| <b>QUANTUM BLUE</b>                       | 189                             | 1,67%      | 58,08%               | A                          |
| <b>DL-METIONINA</b>                       | 176                             | 1,56%      | 59,64%               | A                          |
| <b>POULTRYGROW</b>                        | 156                             | 1,38%      | 61,02%               | A                          |
| <b>SACO SINT. PORCINOS C/LINER</b>        | 152                             | 1,35%      | 62,36%               | A                          |
| <b>E3 NIACINA, ACIDO NICOTINICO 99.5%</b> | 149                             | 1,32%      | 63,68%               | A                          |
| <b>TREONINA</b>                           | 143                             | 1,27%      | 64,95%               | A                          |
| <b>AD3 1000/200</b>                       | 143                             | 1,27%      | 66,22%               | A                          |
| <b>COBALTO CARBONATO</b>                  | 140                             | 1,24%      | 67,46%               | A                          |
| <b>FOSFATO MONOCALCICO BLANCO</b>         | 138                             | 1,22%      | 68,68%               | A                          |
| <b>YES MINERALS SELENIO</b>               | 138                             | 1,22%      | 69,90%               | A                          |
| <b>ECONASE XT</b>                         | 137                             | 1,21%      | 71,12%               | A                          |
| <b>SULFATO DE LISINA 70%</b>              | 130                             | 1,15%      | 72,27%               | A                          |
| <b>SINTOMIN GLY Zn</b>                    | 126                             | 1,12%      | 73,38%               | A                          |
| <b>SINTOMIN GLY Cu</b>                    | 119                             | 1,05%      | 74,44%               | A                          |

Tabla 72. Categorización de las materias primas según Ley de Pareto (continuación)

| Materia prima               | Frecuencia en las formulaciones | Porcentaje | Porcentaje acumulado | Categoría de materia prima |
|-----------------------------|---------------------------------|------------|----------------------|----------------------------|
| SINTOMIN GLY Mn             | 117                             | 1,04%      | 75,47%               | A                          |
| BICARBONATO DE SODIO 25 kg  | 113                             | 1,00%      | 76,47%               | A                          |
| ALQUERFEED ANTITOX          | 107                             | 0,95%      | 77,42%               | A                          |
| B3 NICOTINAMIDA FEED GRADE  | 102                             | 0,90%      | 78,33%               | A                          |
| ALQUERMOLD NATURAL          | 91                              | 0,81%      | 79,13%               | A                          |
| SACO SINT. GALLINAS C/LINER | 75                              | 0,66%      | 79,80%               | A                          |

El ejercicio anterior se realiza para las 326 materias primas en donde permite obtener los siguientes resultados:

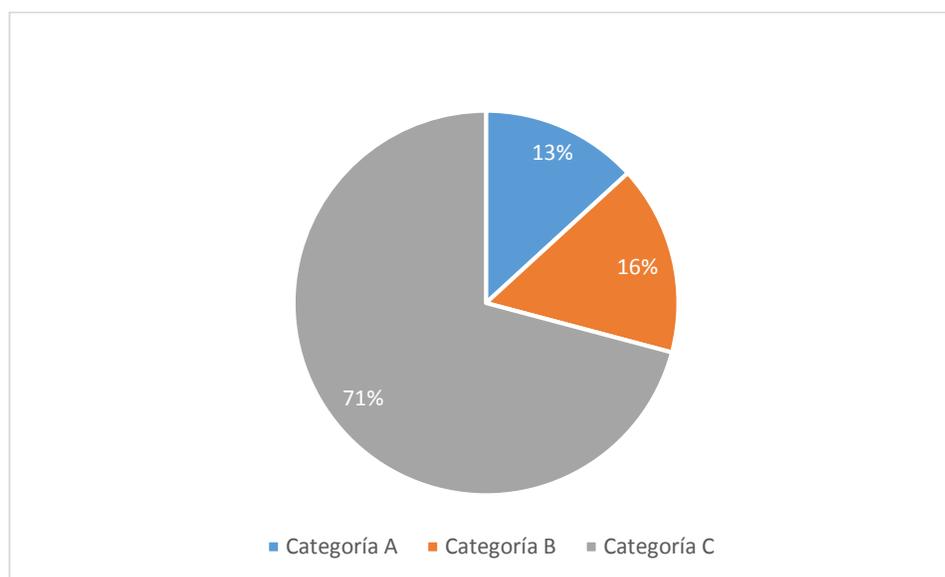


Figura 115. Categorización de las materias primas según ley de Pareto

En donde la categoría A corresponde al 13% de las materias primas lo cual son 44, la categoría B corresponde al 16%, es decir, 52 materias. Por último, la categoría C corresponde al 71% de las materias primas lo cual son 230 materias primas. Posteriormente, se define con la organización una frecuencia piloto, en la cual para los artículos de categoría A se cuenta con 30, categoría B sería de 20 y la frecuencia de C es de 10. Posteriormente, se realiza la cantidad de conteos por clasificación ABC.

Tabla 73. *Conteos por clasificación ABC*

| <b>Clasificación</b>   | <b>Número de artículos</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Total de conteos</b> |
|------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación A</b> | 43                         | 30                | 1290                    |
| <b>Clasificación B</b> | 52                         | 20                | 1040                    |
| <b>Clasificación C</b> | 231                        | 10                | 2310                    |

El total de conteos se obtiene mediante la multiplicación del número de artículos según la frecuencia mencionada anteriormente. Asimismo, para el piloto se establece 50 semanas al año, excluyendo la última semana de diciembre, así como la primera de enero debido a la baja actividad en la organización durante este periodo. Se estipulan los 5 días para realizar las observaciones, por lo que los artículos a contar por día se obtienen de la siguiente fórmula:

$$\text{Número de artículos a contar por día} = \frac{\sum \text{total de conteos}}{\text{Días de conteo}}$$

$$\text{Número de artículos a contar por día} = \frac{4640}{250 \text{ días}}$$

$$\text{Número de artículos a contar por día} = 18,59 \approx 19 \text{ artículos.}$$

Posteriormente se identifica la cantidad de conteos por clasificación que se realizarán de manera anual. Para ello se dividen el conteo anual por categoría entre los conteos totales para obtener un porcentaje por cada una de las categorías.

Tabla 74. *Porcentaje de conteos anuales por clasificación de las materias primas*

| <b>Clasificación</b>   | <b>Total de conteos</b> | <b>Total de conteos anuales</b> | <b>Porcentaje de conteos</b> |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>Clasificación A</b> | 1290                    | 4640                            | 27,80%                       |
| <b>Clasificación B</b> | 1040                    | 4640                            | 22,41%                       |
| <b>Clasificación C</b> | 2310                    | 4640                            | 49,78%                       |

A partir del porcentaje de conteos obtenido anteriormente se identifica cuantos artículos se deben revisar por día según la clasificación. Estos se obtienen multiplicando el porcentaje por la cantidad de conteos diarios que en este caso son 19 artículos.

Tabla 75. Número de artículos diarios según la clasificación de materias primas

| <b>Clasificación</b>   | <b>Total de conteos</b> | <b>Porcentaje de conteos</b> | <b>Número de artículos diarios/ clasificación</b> | <b>Número de artículos diarios/clasificación</b> |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|---|--|
| <b>Clasificación A</b> | 19                      | 27,80%                       | 5,28  | 6  |
| <b>Clasificación B</b> | 19                      | 22,41%                       | 4,26  | 5  |
| <b>Clasificación C</b> | 19                      | 49,78%                       | 9,46  | 10   |

Por último, se realiza un aleatorio entre los productos de la clasificación con el fin de obtener por día diferentes códigos para la revisión de estos. Permitiendo concentrar los recursos de la organización en objetivos específicos.