

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**Para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería
Industrial**

**Diseño de mejora para el proceso de planeación en Coca
Cola Industrias**

AUTORA

Marianna Gabriela López Marín

TUTOR

Allan Mora Vargas

LECTOR

César Carvajal Naranjo

San José, Abril, 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por incentivar mi educación y por su ayuda económica a lo largo de la carrera.

A David, Daniel, Raquel y Maureen por su apoyo diario.

A El Equipo por hacerme reír cuando más lo necesitaba.

A mi tutor Allan Mora por sus consejos en la realización de este proyecto.

A Karlay Solano y todo el departamento de planeación por permitir el desarrollo del proyecto en la empresa y por su valiosa colaboración.

A Yassir Mejía por su paciencia, tiempo y dedicación para enseñarme y brindar la información necesaria.

RESUMEN EJECUTIVO

Coca-Cola Industrias Limitada fue fundada en San José, Costa Rica en 1967 con el propósito de elaborar concentrado y bases de bebida de la marca Coca-Cola. La planta crea los diferentes concentrados y los provee a embotelladores que se encargan de procesarlo y distribuir las bebidas al cliente final.

El proyecto de diseño de una mejora en el proceso de planeación se enfoca en el estudio de un indicador de planificación que compara las cantidades planeadas en el plan maestro de producción contra las cantidades producidas al final del mes, este indicador se llama MPS Stability y se trabaja por familias de producto. La variación de este indicador significa que se produjo más de lo planeado o menos, lo cual afecta la planta de concentrados en temas de productividad por horas extra y en inventarios de materia prima y de producto terminado.

Este estudio se llevó a cabo utilizando la metodología DMAMC. En la fase Definir de este proyecto se analizan las variaciones que existen en cada una de las familias de producto y se asignó un nivel de cumplimiento por familia, para priorizar las familias más críticas. Asimismo, se revisaron los registros del analista del plan maestro de producción en los cuales existían comentarios sobre la situación del mes que provocó que el indicador no se encontrara dentro de los límites de especificación. Como parte de estos comentarios se identificó que la mayor causa de la variación es el error de pronóstico del embotellador. Por lo tanto, en Medir, se analizan los pronósticos enviados por el embotellador con un horizonte de planeación de 3 meses y se compararon con la venta real.

En esta fase se identificaron los productos de la familia D con los peores errores de pronóstico y se compararon con el indicador MPS Stability para establecer cuáles “kits” son los que más afectan y provocan que se salga de especificación. Debido a que la planta de concentrados planifica con pronósticos enviados por diferentes embotelladores y no es posible conocer los métodos utilizados para crear esta información, se determina que actualmente el proceso no está siendo controlado por parte de la planta y es necesario que exista un filtro de información antes de utilizarla para realizar el plan maestro de producción y para la compra de ingredientes.

La mejora que se propone con este proyecto se centra en que la planta de concentrados pronostique la demanda de los productos críticos (con el error de pronóstico de embotellador más alto) utilizando un modelo de pronósticos que mejor se ajuste a la serie de tiempo de ventas históricas

con la que se cuenta, procurando un error de pronóstico menor al de los embotelladores. Esta propuesta pretende disminuir los inventarios de producto terminado y mejorar la compra de ingredientes, de manera que no haya faltantes que ocasionen una demanda insatisfecha.

La fase de control involucra un seguimiento del error de pronóstico y el procedimiento a seguir para modificar el modelo de pronóstico si el error es muy alto. Asimismo, se crea una herramienta en Excel para llevar un mejor control del indicador MPS Stability, con la cual se pueda detectar la familia con el menor cumplimiento y las causas correspondientes.

La propuesta de mejora involucra el diseño de un puesto para un analista de pronósticos y la adquisición de un software para facilitar y automatizar el procedimiento, así como la integración al sistema de información utilizado por la empresa. Se realiza una evaluación económica que indica que el proyecto es rentable y produciría beneficios económicos y no económicos para la planta de concentrados, por lo tanto, se crea un plan de implementación.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN EJECUTIVO	7
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	20
Generalidades de la empresa	21
Misión.....	21
Visión	21
5 absolutos.....	22
Ubicación	22
Organigrama.....	23
Planteamiento del Problema.....	23
Objetivos	25
Objetivo general	25
Objetivos específicos.....	25
Justificación.....	25
Antecedentes	26
Proyecciones.....	27
Limitaciones	27
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	28
Seis Sigma	28
Mejora de procesos.....	28
DMAMC	28
Etapa 1: Definir	29

	10
Cadena de suministros.....	29
Mapeo de procesos	29
SIPOC.....	30
Cadena de valor.....	31
Capacidad de proceso.....	33
Etapa 2: Medir.....	36
Diagrama de flujo.....	36
Lista de materiales (BOM).....	37
Plan maestro de producción	38
Inventario de seguridad	38
Variabilidad.....	39
Estadística.....	39
Distribución normal.....	39
Transformación de Johnson	40
Error de pronóstico.....	40
Desviación absoluta media (DAM).....	41
Error cuadrado medio (ECM).....	41
Porcentaje absoluto medio del error (PAME).....	42
Series de tiempo	42
Estacionariedad	42
Estacionalidad	42
Datos aleatorios	43
Tendencia	43
Datos cíclicos	43

Función de autocorrelación	43
Función de autocorrelación parcial	43
Etapa 3: Analizar	43
Diagrama de Ishikawa	44
Histograma	45
5 porqués	45
Diagrama de Pareto	46
Etapa 4: Mejorar	47
AMFE	47
Promedio simple	48
Promedio móvil	49
Suavización exponencial ajustada a la tendencia: Método de Holt	49
Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional: Método de Winters	51
Descomposición	52
Modelos de tendencia	52
Regresión simple	53
Curvas de crecimiento	54
Regresión múltiple	54
Modelos autorregresivos	55
Modelos de promedio móvil autorregresivos (ARMA)	55
Modelo autorregresivo integrado de promedio móvil (ARIMA)	55
Etapa 5: Controlar	55
Control estadístico de proceso	56

	12
Diseño de tolerancias.....	56
Gráficos de control	56
Indicadores	57
Diagrama de Gantt.....	57
Análisis Costo Beneficio.....	58
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	59
Enfoque	59
Enfoque cuantitativo	59
Enfoque cualitativo	59
Enfoque mixto.....	60
Diseño.....	60
Investigación exploratoria.....	60
Investigación descriptiva.....	60
Investigación correlacional.....	60
Investigación explicativa.....	60
Muestra de la Investigación.....	61
Muestra probabilística	61
Muestra no probabilística	61
Variables o Unidades de Análisis.....	61
Instrumentos	63
Proceso para la Recolección de Datos.....	64
Método de Análisis.....	64
Cronograma.....	64
WBS	64

	13
Diagrama de Gantt.....	66
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN	67
Definir	68
Cadena de suministro	68
Mapeo de procesos	69
SIPOC.....	71
Cálculo MPS Stability.....	73
Datos MPS Stability	75
Clasificación de causas.....	103
Magnitud del problema	107
Medir	108
Proceso creación de demanda.....	108
Parámetros de planificación	110
Pronósticos vs. Ventas por producto	111
MPS Stability vs. Error de pronóstico.....	131
Analizar	133
FMEA Diagnóstico	133
5 porqués	135
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
Conclusiones	137
Recomendaciones.....	138
CAPÍTULO VI PROPUESTA	139
Mejorar	139
FMEA Diseño	140

Modelo de pronósticos	142
BOM.....	151
Inventarios de seguridad.....	152
Rediseño proceso de demanda	153
Controlar.....	155
Indicadores de error de pronóstico	155
Proceso de control	155
Control MPS Stability	161
Análisis Económico.....	164
Beneficios no económicos.....	167
Gestión de cambio.....	168
Plan de Implementación	169
Rediseño perfil de puesto	169
REFERENCIAS	171
Bibliografía.....	171

Tablas

Tabla 1. Resumen familias de producto fuera de LE	24
Tabla 2. Variables.....	62
Tabla 3. Instrumentos.....	63
Tabla 4. MPS Stability Familia A	76
Tabla 5. MPS Stability Familia B	78
Tabla 6. MPS Stability Familia C	79
Tabla 7. MPS Stability Familia D	81

Tabla 8. MPS Stability Familia E.....	84
Tabla 9. MPS Stability Familia F.....	86
Tabla 10. MPS Stability Familia G.....	87
Tabla 11. MPS Stability Familia H.....	88
Tabla 12. MPS Stability Familia I.....	90
Tabla 13. MPS Stability Familia J.....	91
Tabla 14. MPS Stability Familia K.....	93
Tabla 15. MPS Stability Familia L.....	94
Tabla 16. MPS Stability Familia M.....	96
Tabla 17. MPS Stability Familia N.....	97
Tabla 18. MPS Stability Familia O.....	99
Tabla 19. MPS Stability Familia P.....	100
Tabla 20. Resumen incumplimiento de familia.....	101
Tabla 21. Frecuencias Incumplimiento.....	102
Tabla 22. Frecuencia de causas.....	105
Tabla 23. Magnitud del problema.....	107
Tabla 24. Parámetros de planificación.....	110
Tabla 25. Ventas vs Pronóstico D1.....	112
Tabla 26. Pronóstico vs. Ventas D2.....	116
Tabla 27. Pronóstico vs. Ventas D3.....	119
Tabla 28. Pronóstico vs Venta D4.....	122
Tabla 29. Pronóstico vs. Venta D5.....	125
Tabla 30. Pronóstico vs. Venta D6.....	129
Tabla 31. MPS Stability vs. Error de pronóstico.....	132

Tabla 32. FMEA Diagnóstico	134
Tabla 33. FMEA Diseño	141
Tabla 34. Índices estacionales D1	143
Tabla 35. Índices estacionales D4	145
Tabla 36. Índices estacionales D5	148
Tabla 37. Índices estacionales D6	151
Tabla 38. Inventarios de seguridad.....	152
Tabla 39. Costo almacenar inventario seguridad	153
Tabla 40. Plantilla para error de pronóstico	155
Tabla 41. Costos totales proyecto	167
Tabla 42. Análisis costo / beneficio	167
Tabla 43. Gestión de cambio.....	168

Figuras

Figura 1. Ubicación.....	22
Figura 2. Organigrama	23
Figura 3. Mapeo de procesos.....	30
Figura 4. SIPOC	31
Figura 5. Simbología diagrama de flujo.....	37
Figura 6. Ejemplo BOM.....	37
Figura 7. Estructura diagrama de Ishikawa.....	44
Figura 8. Estructura de AMFE	48
Figura 9. WBS.....	65
Figura 10. Gantt.....	66
Figura 11. Estrategia de diagnóstico	67

Figura 12. Cadena de suministro Coca Cola.....	69
Figura 13. Mapeo de procesos.....	70
Figura 14. SIPOC	72
Figura 15. Diagrama de flujo MPS Stability.....	74
Figura 16. Serie de tiempo Familia A	75
Figura 17. Valores atípicos Familia A	77
Figura 18. Serie de tiempo Familia B	78
Figura 19. Serie de tiempo Familia C	80
Figura 20. Valores atípicos Familia C.....	80
Figura 21. Serie de tiempo Familia D	82
Figura 22. Valores atípicos Familia D	82
Figura 23. Serie de tiempo Familia E.....	83
Figura 24. Serie de tiempo Familia F.....	85
Figura 25. Valores atípicos Familia F	85
Figura 26. Serie de tiempo Familia G	87
Figura 27. Serie de tiempo Familia H	89
Figura 28. Serie de tiempo Familia I.....	89
Figura 29. Serie de tiempo Familia J.....	92
Figura 30. Serie de tiempo Familia K	92
Figura 31. Serie de tiempo Familia L.....	95
Figura 32. Serie de tiempo Familia M.....	95
Figura 33. Serie de tiempo Familia N	98
Figura 34. Serie de tiempo Familia O	98
Figura 35. Serie de tiempo Familia P	101

Figura 36. Pareto de Familias.....	103
Figura 37. Pareto de causas	106
Figura 38. Pronóstico incorrecto por familia.....	107
Figura 39. Diagrama de flujo de demanda	109
Figura 40. Ventas D1	114
Figura 41. Estacionalidad anual D1	114
Figura 42. Estacionalidad Semestral D1	115
Figura 43. Estacionalidad trimestral D1.....	115
Figura 44. Ventas D2	117
Figura 45. Estacionalidad anual D2	118
Figura 46. Ventas D3	120
Figura 47. Ventas por año D3	120
Figura 48. Media en el tiempo D3.....	121
Figura 49. Varianza en el tiempo D3	121
Figura 50. Ventas D4	123
Figura 51. Estacionalidad anual D4	124
Figura 52. Ventas D5	126
Figura 53. Estacionalidad anual D5	126
Figura 54. Estacionalidad semestral D5	127
Figura 55. Estacionalidad trimestral D5.....	127
Figura 56. Estacionalidad cuatrimestral D5	128
Figura 57. Ventas D6	130
Figura 58. Estacionalidad anual D6	130
Figura 59. Estacionalidad semestral D6.....	131

Figura 60. 5 porqués.....	136
Figura 61. Estrategia de diseño	139
Figura 62. Pronóstico D1	142
Figura 63. Análisis estacional D1	144
Figura 64. Pronóstico D4	146
Figura 65. Análisis estacional D4	146
Figura 66. Pronósticos D5.....	147
Figura 67. Análisis estacional D5	148
Figura 68. Pronóstico D6	149
Figura 69. Análisis estacional D6	150
Figura 70. BOMs.....	151
Figura 71. Diseño Demanda.....	154
Figura 72. Sistema de control Error de pronóstico.....	160
Figura 73. Formulario entrada de datos MPS Stability	161
Figura 74. Lista desplegable MPS Stability	162
Figura 75. Cumplimiento Familias MPS Stability	162
Figura 76. Gráfico Causas MPS Stability	163
Figura 77. Serie de tiempo MPS Stability por familia	164
Figura 78. GMDH Streamline Pronostico.....	165
Figura 79. GMDH Streamline Pronósticos	166
Figura 80. GMDH Streamline error de pronóstico.....	166
Figura 81. Diagrama de Gantt Implementación	169

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación consiste en el diseño de una mejora en el proceso de planeación en Coca Cola Industrias con el fin de estandarizar el indicador MPS Stability (Estabilidad del Plan Maestro Planeado). Este mide la diferencia entre la cantidad de producto planeado y lo producido en un mes de cada una de las familias del producto que se fabrica.

Se considera importante reducir la variación de este indicador por varios motivos; la planeación afecta gran parte de las áreas de la empresa, como calidad, producción, gerencia y la gestión de inventarios. Una mala planeación provoca errores y desperdicios en otros procesos de la compañía; como la necesidad de horas extra, gastos en inventarios y reprocesos.

En el primer capítulo del proyecto se presentará el problema de la empresa con la justificación y magnitud correspondiente, los objetivos y las metas que se pretenden conseguir. El segundo capítulo consiste en el marco teórico que consta de la información necesaria para comprender las herramientas de análisis a utilizar durante el diagnóstico y diseño del proyecto.

El tercer capítulo es el marco metodológico que explicará la metodología a seguir para realizar la investigación pertinente y de qué manera se utilizarán las herramientas expuestas en el marco teórico. En el cuarto capítulo se desarrolla un análisis de la situación actual de la compañía, tomando en cuenta el proceso de planeación que se realiza y los datos históricos del indicador. Se procederá a identificar las causas de la variación del indicador MPS Stability dentro del proceso actual.

En el quinto capítulo se enumeran las conclusiones y recomendaciones del diagnóstico de la situación, siendo una introducción al siguiente capítulo, el sexto, en el cual se desarrollará la propuesta de solución al problema planteado. La misma se conforma del diseño de la mejora y sus requerimientos, la evaluación económica y el plan de implementación.

Este proyecto se basa en una línea de investigación de evaluación de procesos mediante el desarrollo y medición de indicadores de gestión.

Generalidades de la empresa

Coca-Cola Industrias Limitada (CCI) se fundó en San José, Costa Rica en 1967 con el propósito de elaborar concentrado y bases de bebida de la marca Coca-Cola. Es parte de un grupo de 21 plantas a nivel mundial. En Latinoamérica se cuenta con 5 plantas en México, Chile, Argentina, Brasil y Costa Rica, las cuales forman el grupo de CPSLA. (Acrónimo de CPSLA por las siglas en inglés de Commercial Product Supply Latin America).

Las bases para bebidas se venden a empresas autorizadas por Coca-Cola Company para el embotellado y distribución del producto. En el caso de la planta de Costa Rica, distribuye a treinta y dos países de Latinoamérica, siendo FEMSA el encargado del embotellado y distribución en el país. Acá, CCI trabaja bajo los lineamientos de zona franca y cuenta con más de 100 empleados distribuidos en el proceso productivo y el área administrativa.

El área productiva de la planta se divide en secciones que a su vez se subdividen en cuartos de producción, se cuenta con sección de Líquidas que se divide en: Tratamiento de Aguas, Sabores Pequeños, Coca-Cola, Sabores Grandes, M34, Llenado y Llenado Manual; además, otra sección de Partes Secas que se divide en Secas Nuevo, Encajado, Llenado Automático, Llenado Automático de Pesos Pequeños, Llenado Manual y Cuarto Flexible y la sección de Almacenes el cual se divide en Despacho y Recibo.

Adicionalmente, se cuenta con la sección de Laboratorio, Almacenamiento Interno y sección destinada a mantenimiento y equipos auxiliares. En el área administrativa está el departamento financiero, recursos humanos, sustentabilidad, compras y servicio al cliente.

Misión

“Transformamos ingredientes para crear las mejores bebidas del mundo, inspirando momentos de felicidad.”

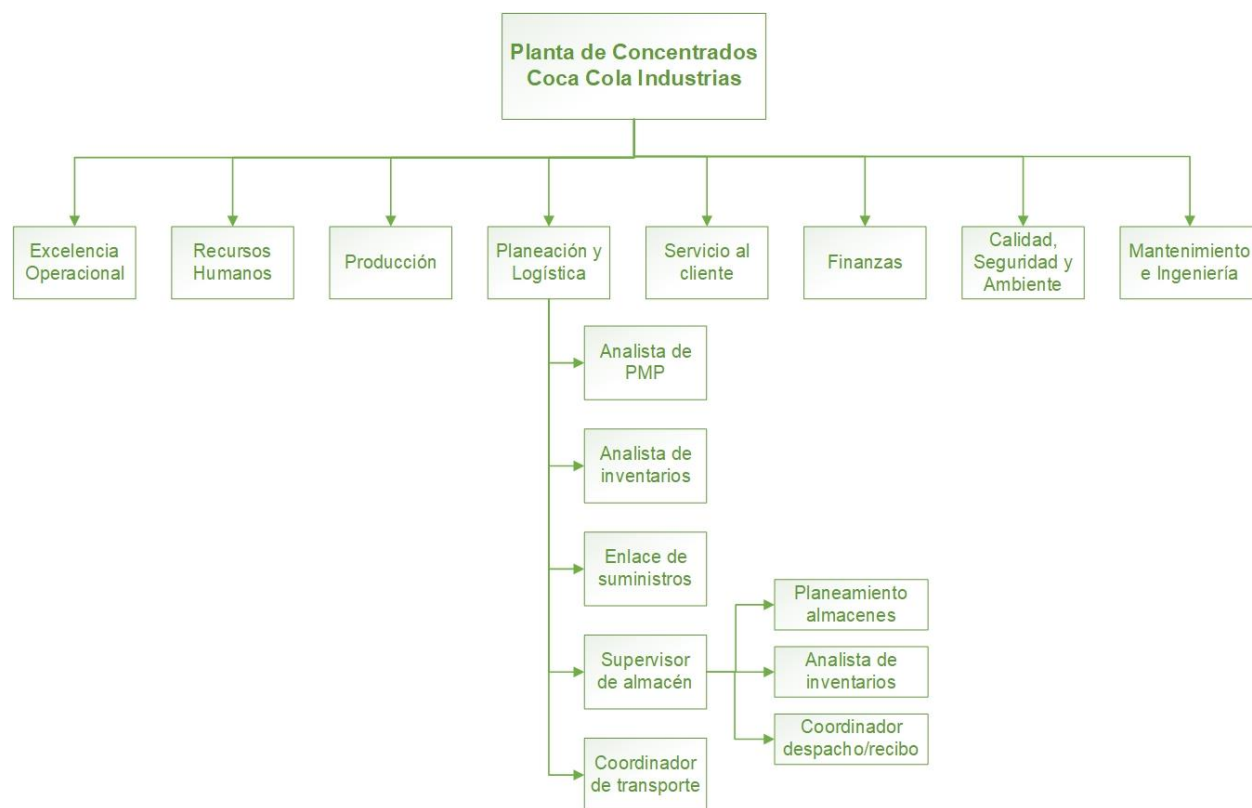
Visión

“Ser reconocidos como un socio integrado y de clase mundial para la cadena de suministro, permitiendo a nuestro Sistema entregar bebidas para la Vida.”

Organigrama

La planta de concentrados en Costa Rica cuenta con 8 departamentos, los cuales se presentan en la Figura 2. Organigrama. Este proyecto se centra en el área de Planeación y Logística, por lo tanto, es el departamento que se detalla con los diferentes puestos.

Figura 2. Organigrama



Nota: Gabriela López

Planteamiento del Problema

El departamento de planeación de Coca Cola Industrias maneja un indicador llamado MPS Stability que compara la cantidad de producto planeado con lo producido por mes. Los límites de especificación de este indicador son de $\pm 10\%$ para cada familia de producto. La compañía tiene 17 familias de producto actualmente.

Se realizó un análisis de este indicador de los últimos 22 meses (diciembre 2016 – setiembre 2018) con base en la Tabla 1. Resumen familias de producto fuera de LE. Se visualiza la cantidad de

familias de producto que se salen de los límites de especificación y la cantidad que sale del límite superior e inferior.

Tabla 1. Resumen familias de producto fuera de LE

m-1	Familias Fuera LE	%	Familias Fuera LES	%	Familias Fuera LIF	%
ene-17	11	68,8%	9	81,8%	2	18,2%
feb-17	8	50,0%	2	25,0%	6	75,0%
mar-17	10	62,5%	3	30,0%	7	70,0%
abr-17	9	56,3%	5	55,6%	4	44,4%
may-17	10	62,5%	5	50,0%	5	50,0%
jun-17	10	62,5%	7	70,0%	3	30,0%
jul-17	10	62,5%	6	60,0%	4	40,0%
ago-17	12	75,0%	2	16,7%	10	83,3%
sep-17	8	50,0%	2	25,0%	6	75,0%
oct-17	11	68,8%	3	27,3%	8	72,7%
nov-17	10	62,5%	4	40,0%	6	60,0%
dic-17	9	56,3%	5	55,6%	4	44,4%
ene-18	11	68,8%	9	81,8%	2	18,2%
feb-18	13	81,3%	6	46,2%	7	53,8%
mar-18	7	43,8%	6	85,7%	1	14,3%
abr-18	7	43,8%	4	57,1%	3	42,9%
may-18	12	75,0%	6	50,0%	6	50,0%
jun-18	7	43,8%	4	57,1%	3	42,9%
jul-18	11	68,8%	4	36,4%	7	63,6%
ago-18	11	68,8%	5	45,5%	6	54,5%
sep-18	10	62,5%	6	60,0%	4	40,0%
oct-18	8	50,0%	3	37,5%	5	62,5%
Promedios	9,7	61,1%	5,3	49,7%	4,4	50,3%

Nota: Gabriela López

Según la tabla anterior, se puede concluir que en promedio el 61.1% de las familias de producto se sale de los límites de especificación, y de este porcentaje; en promedio el 49.7% sale por límite superior y el 50.3% por el límite inferior. Por lo tanto, es necesario disminuir la variación del MPS Stability con el fin de cumplir con el plan maestro de producción planeado.

El planteamiento del problema se resume en la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo diseñar una mejora en el proceso de planeación en Coca Cola Industrias para cumplir con el plan maestro de producción?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una mejora en el proceso de planeación en Coca Cola Industrias para cumplir con el plan maestro de producción.

Objetivos específicos

- Describir el proceso de planeación que se lleva a cabo en la empresa.
- Medir el comportamiento de la demanda en el proceso de planeación de Coca Cola.
- Analizar las causas de no cumplimiento del plan maestro de producción.
- Identificar modelos de pronósticos con mejor ajuste para cada producto.
- Diseñar un sistema de control de error de pronóstico para cada producto.

Justificación

El departamento de planeación de Coca Cola Industrias requiere un análisis de la variación del indicador MPS Stability por familia de producto con el fin de detectar cuáles familias tienen mayor variación y se salen de los límites de especificación ($\pm 10\%$). Asimismo, identificar las causas de la variación para lograr atacarlas y corregirlas.

Existen dos casos posibles de variación: si el dato se sale por el límite de especificación superior o por el límite inferior. Si la familia sale por el límite superior significa que en ese mes se produjo más cantidad de producto que lo que se había planeado, y esto lleva consecuencias como el incremento de horas extras, el “backlog” de otras órdenes o familias de producto y el incremento en el gasto de inventarios de producto terminado.

En el caso de que el dato del indicador salga por el límite inferior significa que se produjo menor cantidad de producto del que se planeó, lo cual conlleva consecuencias de atraso de entrega de órdenes de compra, “backlogs” y gasto en inventarios de materia prima.

El beneficio de la realización de este proyecto se encuentra en disminuir la variación entre las cantidades planeadas y las cantidades producidas, por familia de producto. Al disminuir la variación; se corrigen los efectos anteriormente planteados y consecuentemente se reducen los costos de producción e inventario.

Antecedentes

En el documento Procedimiento para la mejora de los procesos operativos ETECSA, Milagros Mercedes Lescay Cordero y Ileana Pérez Vergara realizaron una mejora del proceso de servicio en la Unidad de negocios red de la empresa de telecomunicaciones de Cuba S.A.

Lo primero que realizaron fue un mapeo de procesos de la situación actual de la empresa y un estudio de la cantidad de reclamos que se recibían por mes en un año. Con estos datos plantearon un modelo de diagnóstico y utilizaron un diagrama de Ishikawa para identificar las causas del problema del incumplimiento de los tiempos de servicio.

Con la ayuda de un Pareto, jerarquizaron las causas del problema y presentaron un modelo a seguir para el diseño de la propuesta. Lograron diseñar una mejora de proceso que reducía el tiempo de servicio y al mismo tiempo crearon un modelo para la compañía en el cual instauraron la mejora continua de los procesos.

El artículo Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban realizado por Martín Darío Arango Sema, Luis Felipe Campuzano Zapata y Julián Andrés Zapata Cortés se centra en la aplicación del Kanban en un proceso productivo de bobinas y núcleos de transformadores de potencia, y el análisis del efecto que puede provocar su aplicación. El artículo describe el funcionamiento del Kanban y sus principales reglas para que éste funcione, también se presentan el método de implementación y los objetivos. Proceden a realizar una simulación de la aplicación del Kanban y de esta manera poder medir los efectos.

Después de hacer un análisis de los datos obtenidos; se concluye que lograron disminuir los niveles de inventario de producto en proceso y sincronizar las diferentes etapas de la fabricación, realizando paralelamente una mejora de procesos en la empresa.

En el artículo Mejora de procesos organizativos: análisis estadístico de Izaskun Santamaría, Teodora Bozheva y Iñaki Martínez de Marigorta se explica un enfoque estadístico para la mejora de procesos en una empresa. Se presentan las diferentes herramientas que pueden ser utilizadas para analizar un proceso e identificar áreas de mejora. Con la ayuda del análisis estadístico de datos e indicadores es posible determinar causas de problemas conocidos en una empresa y eliminarlos.

El análisis estadístico ayuda a identificar problemas y a establecer su magnitud e impacto que tienen en la compañía, promoviendo la mejora continua de procesos.

Proyecciones

- Identificar los factores que afectan el proceso de planeación.
- Reducir la diferencia entre la cantidad de producto planeado y el producido.
- Mantener un MPS Stability dentro de límites de especificación de las familias de producto.
- Establecer un plan de implementación de la propuesta.

Limitaciones

Las limitaciones de este proyecto se encuentran centralizadas en la confidencialidad de los datos, por lo tanto, los costos han sido transformados utilizando un factor de conversión y los nombres de las familias de producto han sido modificados.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el marco teórico que se conforma de la información necesaria para comprender las herramientas de análisis a utilizar durante el diagnóstico y el diseño del proyecto. Se detallarán de manera teórica los temas relacionados con la ingeniería industrial y los pasos requeridos para crear cada una de las herramientas. Este marco teórico se basa en la metodología DMAIC y se presenta a continuación.

Seis Sigma

“El propósito de Seis Sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes.” (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004, pág. 4)

Según Pande, Neuman & Cavanagh (2004, pág. 7) se considera que existen seis ingredientes para conformar Seis Sigma y son los siguientes:

1. Orientación al cliente.
2. Orientación a datos y hechos.
3. Orientación a procesos.
4. Gestión proactiva.
5. Colaboración sin fronteras.
6. Búsqueda de perfección.

Existen tres estrategias para lograr Seis Sigma: la mejora de procesos, diseño/rediseño de procesos y la gestión de procesos. Este proyecto se trabajará con la mejora de procesos.

Mejora de procesos

“«Mejora de procesos» Hace referencia a una estrategia consistente en encontrar soluciones que eliminen las causas raíz de los problemas de rendimiento de los procesos existentes en su compañía.” (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004, pág. 13)

La implementación de Seis Sigma se realiza con la metodología DMAIC (DMAMC en español).

DMAMC

DMAMC es una metodología para realizar proyectos que consiste en 5 etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

“Otras de las características clave de Seis Sigma es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma. De aquí que al desarrollar la estrategia 6 σ en una organización se tenga que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades, y para responder a ello, es necesario revisar de manera crítica los procesos de la organización. A partir de ahí, es preciso establecer prioridades y trabajar para desarrollar nuevos conceptos, procesos, productos y servicios que atiendan y excedan las expectativas del cliente.” (Gutiérrez, 2013, pág. 402)

A continuación, se detalla cada una de las etapas en conjunto con las herramientas a utilizar.

Etapas 1: Definir

“En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste.” (Gutiérrez, 2013, pág. 405)

En esta primera etapa del proyecto se define la empresa y el problema por analizar. Las herramientas requeridas para definir se explican a continuación.

Cadena de suministros

“Una cadena de suministro está definida como un grupo de tres o más compañías directamente enlazadas por uno o más flujos ascendentes o descendentes de productos, servicios, finanzas e información desde una fuente hasta el cliente.” (Mentzer, 2001, pág. 5)

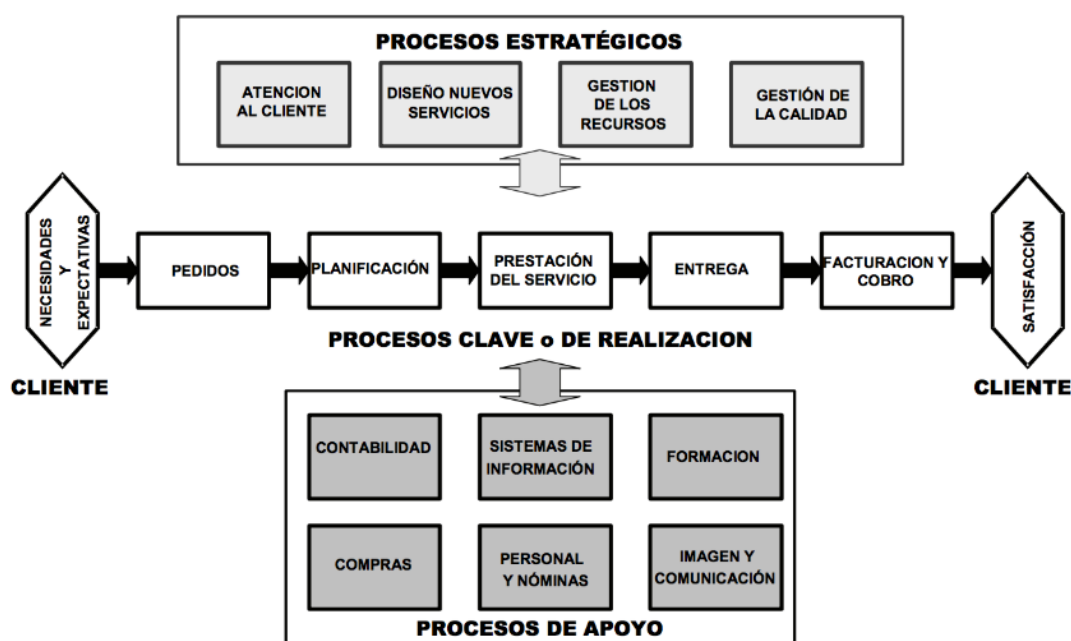
Mapeo de procesos

“Un mapa de procesos es una representación gráfica de los procesos de una organización. Es una representación global de procesos, no individual de cada uno de ellos (individualmente se pueden representar mediante flujogramas).” (Álvarez, 2012)

El mapeo de procesos se realiza primeramente identificando los diferentes procesos de la empresa: estratégicos, operacionales y de apoyo, un ejemplo para visualizar la estructura del mapeo se presenta en la Figura 3. Mapeo de procesos. Los pasos para crear la herramienta son los siguientes:

1. Cada actividad se coloca en un rectángulo y se une por medio de flechas.
2. Identificar los procesos estratégicos de la empresa y colocarlos en la parte superior del diagrama.
3. Identificar el proceso operacional y seleccionar las actividades más importantes.
4. Colocar el proceso operacional en orden y en el medio del diagrama.
5. Identificar los procesos de apoyo y colocarlos en la parte inferior del diagrama.
6. Relacionar las actividades entre los diferentes procesos por medio de flechas.

Figura 3. Mapeo de procesos



Nota: Softgrade 2018.

SIPOC

“Se emplea para presentar una perspectiva «de un vistazo» de los flujos de trabajo. El nombre procede de los cinco elementos del diagrama (es acrónimo inglés de Supplier, Input, Process, Output, Customer).” (Pande, Robert, & Roland, Las claves de seis sigma, 2002, pág. 144)

El SIPOC (en español: proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes) se realiza según la estructura de la Figura 4. SIPOC y siguiendo los siguientes pasos a continuación:

1. Realizar una tabla donde cada columna es un elemento del diagrama: proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes.
2. Empezar con el proceso: mapear a grandes rasgos el proceso de producción, máximo 4-5 actividades. Colocarlo en la columna de Proceso.
3. Identificar las salidas del proceso y colocarlas en la columna de Salidas.
4. Identificar los clientes que recibirán las salidas del proceso y colocarlos en la columna de Clientes.
5. Identificar las entradas necesarias para el proceso de producción y colocarlas en la columna de Entradas.
6. Identificar los proveedores de cada una de las entradas del proceso y colocarlos en la columna de Proveedores.
7. Verificar el diagrama con la persona especialista.

Figura 4. SIPOC

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que se necesita para ejecutar el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
Ejemplo:				
Departamento de finanzas de sucursales.	Ordenes de compras. Facturas.	Paso 1 Paso 2 Paso 3	Reportes financieros	Departamento financiero corporativo

Nota: Pymes y Calidad 2.0, 2017

Cadena de valor

“Conjunto de todas las actividades que efectúa una firma al crear, producir, comercializar, y entregar sus bienes y servicios. Es la herramienta básica para entender la ventaja competitiva, ya que todos los costos provienen de las actividades de la cadena y la diferenciación surge de ellas.” (Magretta, 2014, pág. 77)

Pasos para crear la cadena de valor:

1. Realizar un cuadro donde cada columna es una actividad del proceso y cada fila es una categoría. Las categorías son las siguientes:
 - Componentes: toda materia prima, materiales y equipo necesario para llevar a cabo la actividad.
 - Proveedores o participantes internos: los proveedores de los componentes colocados en la fila anterior.
 - Clientes externos: producto que sale de la actividad hacia un cliente externo de la compañía.
 - Clientes internos: producto o actividad que sale de la actividad hacia el siguiente paso del proceso.
 - Requerimientos del cliente externo: requisitos del cliente externo para el producto saliente de la actividad.
 - Requerimientos del cliente interno: requisitos de la siguiente actividad en el proceso para el producto saliente de la actividad anterior.
 - Variables y atributos: variables o atributos que se puedan medir en la actividad.
 - Indicadores: indicadores implementados en la empresa.
2. Identificar los componentes para cada actividad del proceso y colocarlos en la fila de Componentes.
3. Identificar los proveedores de los componentes para cada actividad del proceso y colocarlos en la fila de Proveedores.
4. Identificar los clientes externos de cada actividad del proceso y colocarlos en la fila de Clientes Externos.
5. Identificar los clientes internos de cada actividad del proceso y colocarlos en la fila de Clientes Internos.
6. Identificar los requerimientos de los clientes internos y externos y colocarlos en las filas correspondientes.
7. Identificar la variable o atributo de cada actividad del proceso y colocarla en la fila de Variable y Atributos.

8. Identificar los indicadores de cada actividad del proceso y colocarlos en la fila de Indicadores.

En el caso de que alguna categoría no aplicara; se coloca “n/a”.

Capacidad de proceso

“Consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada; esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).” (Gutiérrez, 2013, pág. 98)

Índice DPU

“Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el número de unidades inspeccionadas.” (Gutiérrez, 2013, pág. 110)

El índice DPU se calcula de acuerdo con la Ecuación 1. Índice DPU.

Ecuación 1. Índice DPU

$$DPU = \frac{D}{U}$$

Nota: (Gutierrez, 2010, pág. 110)

Donde:

D = defectos

U = unidad

DPMO

“Métrica Seis Sigma para procesos de atributos que cuantifica los defectos esperados en un millón de oportunidades de error.” (Gutiérrez, 2013, pág. 111)

Esta métrica se calcula multiplicando el DPU por 1 millón.

Rendimiento Y

“El rendimiento puede verse como la probabilidad de que todos los ensambles caigan dentro de tolerancias o especificaciones.” (Gutiérrez, 2013, pág. 111)

El rendimiento se calcula de acuerdo con la Ecuación 2. Rendimiento y se utiliza para conseguir el nivel sigma del proceso.

Ecuación 2. Rendimiento

$$Y = e^{-DPU}$$

Nota: (Gutiérrez, 2013, pág. 111)

“Para convertir esto al nivel de sigma de largo plazo es preciso encontrar el valor de Z en una tabla de distribución normal estándar que da una probabilidad acumulada igual a Y, es decir, el nivel de sigma de largo plazo para el proceso, Z_Y , donde: $P(Z < Z_Y) = Y$ ” (Gutiérrez, 2013, pág. 112)

Índice C_p

“Indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso.” (Gutiérrez, 2013, pág. 98)

El índice C_p se calcula de acuerdo con la Ecuación 3. Índice C_p .

Ecuación 3. Índice C_p

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Nota: (Gutiérrez, 2013, pág. 98)

Donde:

$ES =$ especificación superior

$EI =$ especificación inferior

$\sigma =$ desviación estándar del proceso.

Índice C_{pk}

“Indicador de la capacidad potencial del proceso que divide la amplitud de la variación natural de éste entre la variación tolerada. Representa la proporción de la banda de especificaciones que es cubierta por el proceso” (Gutiérrez, 2013, pág. 101)

Ecuación 4. Índice C_{pk}

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Nota: (Gutiérrez, 2013, pág. 102)

Donde:

$ES = \text{especificación superior}$

$EI = \text{especificación inferior}$

$\sigma = \text{desviación estándar del proceso}$

$\mu = \text{media}$

El índice C_{pk} se calcula de acuerdo con la Ecuación 4. Índice C_{pk} .

Índice C_{pm}

“...desde el punto de vista de G. Taguchi, cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad debe darse en torno al valor nominal (calidad óptima). Es decir, la mejora de un proceso según Taguchi debe estar orientada a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal, N, y no sólo para cumplir con especificaciones.” (Gutiérrez, 2013, pág. 103)

Ecuación 5. Índice C_{pm}

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

Nota: (Gutiérrez, 2013, pág. 103)

Donde:

$ES = \text{especificación superior}$

$EI = \text{especificación inferior}$

$\tau = \text{Ecuación 6. Tau}$

Ecuación 6. Tau

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

Nota: (Gutiérrez, 2013, pág. 104)

Donde:

σ = *desviación estándar del proceso*

μ = *media*

N = *valor nominal*

El valor nominal es el punto medio de las especificaciones, normalmente es el valor objetivo. El índice C_{pm} se calcula de acuerdo con la Ecuación 5. Índice C_{pm} .

Etapa 2: Medir

“Segunda fase de DMAMC, donde se entiende y cuantifica mejor la magnitud del problema. Además, se debe mostrar evidencia de que se tiene un sistema de medición adecuado.” (Gutiérrez, 2013, pág. 406)

Esta etapa consiste en la recolección de datos para comprender el problema planteado y empezar a determinar las causas. Las herramientas por utilizar se presentan a continuación.

Diagrama de flujo







“El diagrama de flujo del proceso se refiere a la creación de un diagrama visual para describir un proceso de transformación.” (Schroeder, 2005, pág. 111)

Un diagrama de flujo se realiza de la siguiente manera:

1. Observar e identificar las diferentes actividades de un proceso.
2. Enumerar cada una de las actividades e identificar si es una actividad, decisión o documento.
3. Iniciar el diagrama de flujo con un terminal.
4. Colocar las actividades del proceso ordenadas hacia abajo del terminal y según la simbología presentada en la Figura 5. Simbología diagrama de flujo.
5. Si es un documento o un archivo; la figura se coloca al lado derecho de la actividad.
6. Unir las actividades por medio de flechas.

7. Finalizar el diagrama de flujo con un terminal.

Figura 5. Simbología diagrama de flujo

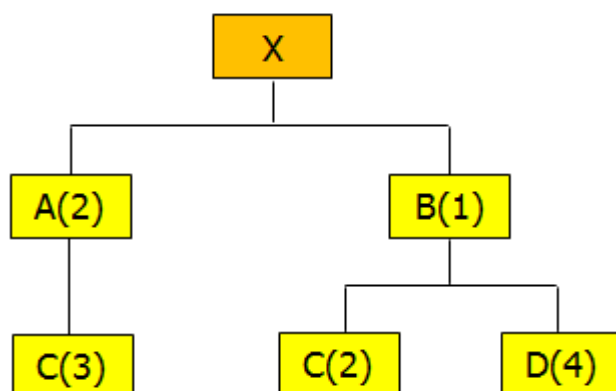
<i>SÍMBOLO</i>	<i>SIGNIFICADO</i>
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso
	Actividad: Representa una actividad llevada a cabo en el proceso
	Decisión: Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación "SI" o "NO"
	Archivo Manual: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento
	Documento: Hace referencia a un documento que se use en el proceso
	Línea de flujo: Indica la dirección del flujo

Nota: OKN, 2016.

Lista de materiales (BOM)

“La lista de materiales es una descripción estructurada de todos los materiales o partes que se necesitarán para elaborar un producto terminado, un ensamble, un subensamble, una parte manufacturada o una parte comprada en particular.” (Schroeder, 2005, pág. 398)

Figura 6. Ejemplo BOM



Nota: Deejpilot, 2018.

El BOM se realiza por niveles y al lado de cada parte se coloca la cantidad necesaria para conformar el producto del nivel anterior. En la Figura 6. Ejemplo BOM se muestra la estructura de una lista de materiales y a continuación los pasos para crearla:

1. Identificar el producto terminado y colocarlo en el primer nivel.
2. Identificar las partes requeridas para realizar el producto del nivel anterior y colocarlas en el siguiente nivel. Añadir la cantidad necesaria para cada una de las partes.
3. Repetir el paso 2 cuantas veces sea necesario hasta explotar el producto completamente.

Plan maestro de producción

“El plan maestro de producción (MPS) es un plan de entrega para la organización manufacturera. Incluye las cantidades exactas y los tiempos de entrega para cada producto terminado. Se deriva de las estimaciones de la demanda, aunque no necesariamente es igual a ellas.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 336)

Dentro de la planeación de una empresa se encuentra el plan maestro de producción, el cual se realiza de la siguiente manera:

1. Obtener los datos de la demanda pronosticada o las órdenes de compra.
2. Tomar en cuenta aspectos como la capacidad de producción, inventarios, “backlog”, entre otros.
3. Determinar la unidad de tiempo con la que se va a trabajar el plan maestro de producción.
4. Crear una tabla; colocar los productos en las filas y la unidad de tiempo en las columnas.
5. Iniciar la planeación: colocar las cantidades de cada producto a realizar en una fecha específica.

Inventario de seguridad

“Una manera de evadir la incertidumbre es mantener en inventario más unidades de las pronosticadas como demanda; esto evita la posibilidad de quedarse sin unidades si la demanda real excede al pronóstico. Este inventario adicional se llama inventario de seguridad.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 219)

Variabilidad

“Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso.” (Gutiérrez, 2013, pág. 10)

Estadística

“Ciencia que recoge, organiza, presenta, analiza e interpreta datos con el fin de propiciar una toma de decisiones más eficaz.” (Lind, 2012, pág. 5)

Estadística descriptiva

“Métodos para organizar, resumir y presentar datos de manera informativa.” (Lind, 2012, pág. 6)

Estadística inferencial

“Métodos que se emplean para determinar una propiedad de una población con base en la información de una muestra de ella.” (Lind, 2012, pág. 7)

Distribución normal

Según Lind (2012, pág 227); la distribución de probabilidad normal posee las siguientes características principales.

- Tiene forma de campana y posee una sola cima en el centro de la distribución. La media aritmética, la mediana y la moda son iguales, y se localizan en el centro de la distribución. El área total bajo la curva es de 1.00. La mitad del área bajo la curva normal se localiza a la derecha de este punto central, y la otra mitad, a la izquierda.
- Es simétrica respecto de la media. Si hace un corte vertical, por el valor central, a la curva normal, las dos mitades son imágenes especulares.
- Desciende suavemente en ambas direcciones del valor central. Es decir, la distribución es asintótica. La curva se aproxima más y más al eje X, sin tocarlo. En otras palabras, las colas de la curva se extienden indefinidamente en ambas direcciones.
- La localización de una distribución normal se determina a través de la media, μ . La dispersión o propagación de la distribución se determina por medio de la desviación estándar, σ .

Transformación de Johnson

“Cuando el supuesto de normalidad sobre la característica de calidad bajo estudio no se cumple, se presentan problemas para la aplicación de algunas técnicas en Control Estadístico de Procesos (Statistical Process Control), SPC. Sin embargo, cuando esto sucede es posible transformar los datos no-normales a datos normales, a través de técnicas como el Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson.” (Lagos & Vargas, 2003, pág. 28)

Error de pronóstico

“El error del pronóstico es la diferencia entre la demanda real y el pronóstico.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 152)

El error de pronóstico de un periodo se calcula de acuerdo con la Ecuación 7. Error de pronóstico. Sin embargo, para obtener un dato de mayor valor, se realiza la suma de los errores de pronóstico y evaluar si el sesgo es alto o bajo.

“Si E_t se aleja consistentemente de cero, entonces se dice que el pronóstico está sesgado; está equivocado de una forma específica y consistente. Un pronóstico que siempre es mayor que lo real se llama sesgado alto, mientras que un pronóstico que siempre es menor se llama sesgado bajo.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 153)

Ecuación 7. Error de pronóstico

$$e_t = d_t - F_t$$

Nota: (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 152)

Donde:

$e_t =$ error de pronóstico

$d_t =$ demanda real

$F_t =$ pronóstico

$t =$ periodo calculado

Ecuación 8. Suma de los errores de pronóstico

$$E_T = \sum_{t=1}^T e_t$$

Nota: (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 152)

Desviación absoluta media (DAM)

“DAM mide la dispersión de los errores y si DAM es pequeña, el pronóstico debe ser cercano a la demanda real. Los valores grandes de DAM pueden indicar problemas con el sistema de pronósticos.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 154)

La desviación absoluta media se calcula de acuerdo con la fórmula de la Ecuación 9. DAM, donde se utiliza el valor absoluto del error de pronóstico.

Ecuación 9. DAM

$$DAM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t|$$

Nota: (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 154)

Error cuadrado medio (ECM)

“Al elevar al cuadrado los términos de error aumenta la "penalización" para los errores grandes. Así, un solo error grande aumenta mucho el ECM.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 154)

El error cuadrado medio se calcula de acuerdo con la Ecuación 10. ECM.

Ecuación 10. ECM

$$ECM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_t^2$$

Nota: (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 154)

Porcentaje absoluto medio del error (PAME)

“Todas las medidas de demanda anteriores dependen de la magnitud de los números que se están pronosticando. Si los números son grandes, el error tiende a ser grande. Puede ser más significativo observar el error relativo a la magnitud de los pronósticos; esto se hace usando el porcentaje absoluto medio del error.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 154)

El PAME es un valor más significativo por ser porcentaje y se calcula de acuerdo con la fórmula de la Ecuación 11. PAME.

Ecuación 11. PAME

$$\text{PAME} = \frac{1}{T} \left(\sum_{t=1}^T \frac{|e_t|}{d_t} \times 100 \right)$$

Nota: (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 154)

Series de tiempo

“Una serie de tiempo (o serie cronológica) es “una secuencia de datos empíricos ordenados en función del tiempo; esto es, que puedan graficarse contra el tiempo” (García, 2010), por lo que es aplicable a un conjunto de datos registrados periódicamente, ya sea un registro diario, semanal, semestral, mensual o anual, entre otros.” (Montes, Calvete, & Mantilla, 2016, pág. 81)

Estacionariedad

“Una serie de tiempo estacionaria es aquella cuyas propiedades estadísticas básicas, como la media y la varianza, permanecen constantes en el tiempo. Por lo tanto, se dice que una serie que varía alrededor de un nivel fijo (sin crecimiento ni decrecimiento) con el paso del tiempo es estacionaria.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 72)

Estacionalidad

“Si una serie es estacional, un patrón relacionado con el calendario se repite a sí mismo durante un intervalo de tiempo específico (generalmente un año). Las observaciones de la misma posición, en diferentes periodos estacionales, tienden a estar relacionadas.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 76)

Datos aleatorios

“Un modelo aleatorio simple, a menudo llamado modelo de ruido blanco, está representado por la ecuación $Y_t = c + \varepsilon_t$. La observación Y_t se compone de dos partes: c , el nivel general; y ε_t , el componente de error aleatorio. Es importante advertir que se supone que el componente ε_t no está correlacionado de un periodo a otro.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 69)

Tendencia

“Si una serie muestra una tendencia, hay una relación significativa entre los valores sucesivos de la serie de tiempo. Los coeficientes de autocorrelación son usualmente grandes para varios de los primeros retrasos de tiempo y luego, conforme se incrementa el número de retrasos, caen gradualmente hacia cero.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 72)

Datos cíclicos

“El efecto cíclico se definió antes como la fluctuación con forma de onda alrededor de una tendencia. Los patrones cíclicos son difíciles de modelar porque sus patrones generalmente son inestables. Las fluctuaciones ondulatorias hacia arriba y hacia abajo de la tendencia rara vez se repiten en intervalos de tiempo fijos, en tanto que la magnitud de las variaciones también tiende a cambiar.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 79)

Función de autocorrelación

“La autocorrelación mide la correlación entre dos variables separadas por k periodos.” (Villavicencio, pág. 4)

Función de autocorrelación parcial

“La autocorrelación parcial mide la correlación entre dos variables separadas por k periodos cuando no se considera la dependencia creada por los retardos intermedios existentes entre ambas.” (Villavicencio, pág. 5)

Etapas 3: Analizar

“La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos.” (Gutiérrez, 2013, pág. 406)

La tercera etapa de la metodología consiste en determinar las causas raíz del problema que se está estudiando, para ello, se detallan a continuación algunas de las herramientas que facilitan un análisis causal.

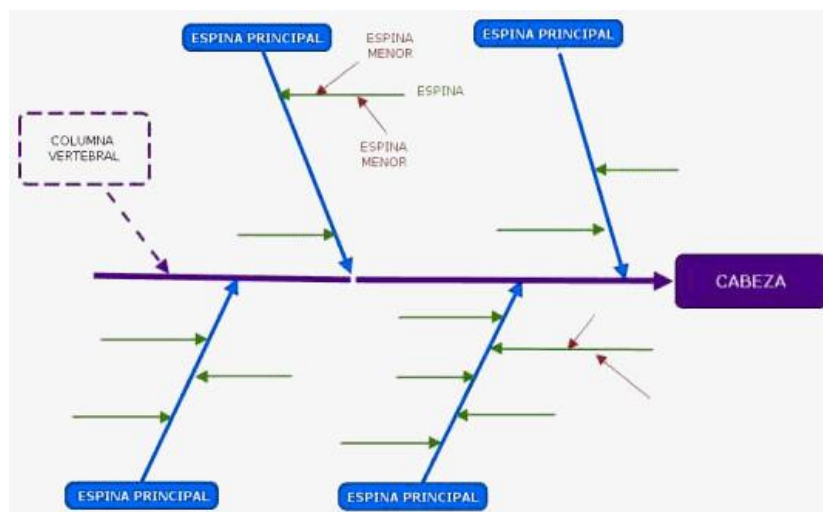
Diagrama de Ishikawa

“La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas.” (Gutiérrez, 2013, pág. 147)

Según Gutiérrez (2013, pág. 147), para crear el diagrama de Ishikawa o espina de pescado, se toma en cuenta seis ramas principales, denominadas el Método de las 6M;

- Métodos de trabajo (estandarización, excepciones, definición de operaciones)
- Mano de obra (conocimiento, entrenamiento, habilidad, capacidad, motivación)
- Materiales (variabilidad, cambios, proveedores, tipos)
- Maquinaria (capacidad, condiciones de operación, diferencias)
- Mediciones (disponibilidad, definiciones, tamaño de muestra, repetibilidad, reproducibilidad, calibración o sesgo)
- Medio ambiente (ciclos, temperatura)

Figura 7. Estructura diagrama de Ishikawa



Nota: Aiteco 2016.

Los pasos por seguir para crear un diagrama de Ishikawa son los siguientes:

1. Dibujar la estructura del diagrama de acuerdo con la Figura 7. Estructura diagrama de Ishikawa.
2. Escribir el problema planteado en la cabeza del pescado. Debe colocarse de forma resumida.
3. Colocar las 6 M en cada rama de la estructura.
4. Realizar una tormenta de ideas sobre las causas del problema.
5. Clasificar cada causa de acuerdo con las 6 M y escribirla en la rama correspondiente.

Histograma

“Un histograma permite al equipo ver cuánta variación existe en lo que está midiendo, cuál es el centro de los datos y su forma” (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004, pág. 202)

Para la creación de un histograma se debe tomar en cuenta que las clases se colocan en el eje X y las frecuencias de cada clase en el eje Y. Las frecuencias se representan por medio de la altura de las barras.

Un histograma se crea de la siguiente manera:

1. Recoger los datos continuos.
2. Tabular los datos.
3. Buscar el mayor y el menor de los datos observados.
4. Restar el mayor menos el menor para calcular el rango de los datos observados.
5. Dividir el rango entre 10 o 15 para obtener los intervalos en los que se agruparán los datos.
6. Escribir las etiquetas en el eje X.
7. Agrupar los datos según los intervalos calculados.
8. Dibujar los valores de los datos sobre cada una de las etiquetas.

5 porqués

“Este proceso no se ajusta a un formato de plantilla previamente desarrollado. La cadena causal puede ramificarse en cualquier nivel y producir cantidades desconocidas de respuestas en cada uno.” (Liker & Meier, 2006, pág. 343)

Esta herramienta consiste en preguntar 5 veces ¿Por qué?, iniciando con el planteamiento del problema, lo cual permite descubrir la causa raíz sin la interferencia de suposiciones. Una vez terminado el ejercicio se puede crear un diagrama o cuadro con cada una de las preguntas realizadas y la respuesta correspondiente.

Diagrama de Pareto

“Gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso.” (Gutiérrez, 2013, pág. 136)

El diagrama de Pareto se construye a partir de una tabla de datos con frecuencias relativas y acumuladas. Las instrucciones para realizar esta tabla y diagrama se presentan a continuación:

1. Identificar los problemas en el proceso que se van a medir. Estos problemas pueden prevenir de un diagrama o análisis causal anteriormente realizado.
2. Determinar la frecuencia de cada problema o causa.
3. Calcular el total de los datos recogidos.
4. Calcular la frecuencia relativa de cada problema. Esto se realiza dividiendo el total de datos de cada problema o causa entre el total de los datos recogidos; el resultado se multiplica por 100 para obtener el porcentaje.
5. Ordenar los problemas o causas de acuerdo con su frecuencia relativa (de mayor a menor).
6. Calcular la frecuencia acumulada. Esto se realiza sumando la frecuencia acumulada de la fila anterior y la frecuencia relativa del problema o causa. La frecuencia acumulada de la primera fila siempre será el mismo dato de la frecuencia relativa. Al sumar las frecuencias acumuladas de todos los problemas y causas; el resultado debe ser 1 o 100%.
7. Dibujar los ejes del gráfico (X,Y)
8. Escribir cada problema o causa en el eje X.
9. Determinar la escala de los datos en el eje Y.
10. Dibujar una barra para cada problema o causa de acuerdo con el dato de la frecuencia relativa. De izquierda a derecha en orden descendente.
11. Dibujar una línea acumulativa de izquierda a derecha de acuerdo con la frecuencia acumulada, añadiendo el valor porcentual de cada barra hasta alcanzar el 100%

Etapas 4: Mejorar

“El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema.” (Gutiérrez, 2013, pág. 407)

Esta fase consiste en el desarrollo de la propuesta de solución al problema, la cual se puede realizar mediante las siguientes herramientas.

AMFE

“El análisis modal de fallos y efectos es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar y dar prioridad a problemas potenciales (errores).” (Pande, Robert, & Roland, Las claves de seis sigma, 2002, pág. 314)

Los pasos por seguir para crear la herramienta Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) son los siguientes:

1. Crear una tabla como la mostrada en Figura 8. Estructura de AMFE.
1. Identificar el proceso, producto o servicio y colocarlos en cada fila de la tabla.
2. Determinar cómo podría fallar el proceso, producto o servicio y colocarlo en la columna de Falla Potencial.
3. Determinar las consecuencias de la falla y colocarlas en la tercera columna de Efectos de la Falla Potencial.
4. Calificar la severidad de la falla en una escala del 1 al 10, siendo 10 la más seria y colocar el número en la columna de Severidad.
5. Determinar las causas de la falla y colocarlas en la columna de Causas Potenciales.
6. Clasificar la ocurrencia de las causas en una escala del 1 al 10, siendo 10 la más ocurrente y colocar el número en la columna de Ocurrencia.
7. Identificar los controles actuales diseñados para prevenir la falla y colocarlos en la columna de Controles Actuales de Prevención.
8. Identificar los controles actuales de detección de la falla y colocarlos en la columna de Controles Actuales de Detección.
9. Clasificar el nivel de detección en una escala del 1 al 10, siendo 10 la menos detectable y colocar el número en la columna de Detección.

10. Calcular el número de prioridad de riesgo (RPN) para dar prioridad a las acciones. El RPN se calcula multiplicando las tres puntuaciones de cada proceso, producto o servicio (severidad, ocurrencia y detectabilidad).
11. Colocar el RPN calculado en la columna de RPN.
12. El riesgo total se calcula sumando el RPN de cada proceso, producto o servicio.
13. Recomendar acciones para disminuir el RPN de cada proceso, producto o servicio y colocarlas en la columna de Acciones Recomendadas.
14. Seleccionar la persona o grupo de personas encargadas de llevar a cabo las acciones recomendadas y colocarlas en la columna de Responsables.
15. Identificar las acciones que realmente se tomaron y colocarlas en la columna de Acciones Tomadas.
16. Volver a calificar la severidad, ocurrencia y detección y colocar los números en las columnas correspondientes, al lado izquierdo de la tabla.
17. Calcular el nuevo RPN de cada proceso, producto o servicio.

Figura 8. Estructura de AMFE

Proceso	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Design Controls Prevention	Current Design Controls Detection	Detect	R. P. N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Actions Taken	Sev	Occur	Detect	R. P. N.
	Cómo puede fallar el proceso?	Qué ocasionará el modo de falla?		Listado de las posibles causas para cada modo de falla.		acciones a tomar para prevenir	Acciones a tomar para poder detectar las fallas			Acciones recomendadas para poder reducir el RPN	Equipo responsable	Acciones tomadas				0
																0
																0

Nota: Alfonso Meneses, 2016.

Promedio simple

“El método de promedios simples es una técnica adecuada cuando los factores que producen la serie que se va a pronosticar se han estabilizado y el ambiente en el cual se encuentra la serie generalmente permanece sin cambios.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 111)

El promedio simple se calcula de acuerdo con la fórmula de la Ecuación 12. Promedio simple y se basa en la utilización de la media de los datos históricos utilizado para el pronóstico del siguiente periodo.

Ecuación 12. Promedio simple

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 111)

Promedio móvil

“Se puede especificar un número constante de puntos de datos al inicio y se puede calcular una media con las observaciones más recientes.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 113)

El promedio móvil utiliza un rango de observaciones más recientes para pronosticar el siguiente periodo, el analista puede elegir la cantidad de periodos a utilizar. Se calcula con la Ecuación 13. Promedio móvil.

“Conforme está disponible cada nueva observación, se calcula una nueva media sumando el valor más reciente y eliminando el valor más antiguo.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 113)

Ecuación 13. Promedio móvil

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

donde

\hat{Y}_{t+1} = valor pronosticado para el siguiente periodo

Y_t = valor real en el periodo t

k = número de términos en el promedio móvil

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 113)

Suavización exponencial ajustada a la tendencia: Método de Holt

“La técnica de Holt suaviza directamente el nivel y la pendiente usando diferentes constantes de suavización para cada uno. Estas constantes de suavización proporcionan estimados del nivel y la

pendiente que se adaptan en el tiempo conforme se dispone de nuevas observaciones.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 127)

El método de Holt utiliza tres ecuaciones; una para el nivel, otra para la tendencia y la tercera para el pronóstico, esas ecuaciones se presentan a continuación.

Ecuación 14. Nivel actual Holt

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 127)

Ecuación 15. Tendencia Holt

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 127)

Ecuación 16. Pronóstico Holt

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 127)

Donde:

L_t = nuevo valor suavizado (estimado del nivel actual)

α = 1, constante de suavización para el nivel ($0 < \alpha < 1$)

Y_t = nueva observación o valor real de la serie en el periodo t

β = constante de suavización para el estimado de la tendencia ($0 < \beta < 1$)

T_t = estimado de tendencia

p = periodos a pronosticar en el futuro

\hat{Y}_{t+p} = pronóstico para el periodo p en el futuro

Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional: Método de Winters

“El método de suavización exponencial lineal y estacional de tres parámetros de Winters, una extensión del método de Holt, podría representar mejor los datos y reducir el error de pronóstico. En el método de Winters, se emplea una ecuación adicional para estimar la estacionalidad.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 130)

El método Winters utiliza las siguientes 4 fórmulas, ya que se agrega el estimado de estacionalidad.

Ecuación 17. Nivel Winters

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 131)

Ecuación 18. Tendencia Winters

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 131)

Ecuación 19. Estacionalidad Winters

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 131)

Ecuación 20. Pronóstico Winters

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p}$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 131)

Donde:

L_t = nuevo valor suavizado (estimado del nivel actual)

α = constante de suavización para el nivel

Y_t = nueva observación o valor real de la serie en el periodo t

β = constante de suavización para el estimado de la tendencia

T_t = estimado de tendencia

γ = constante de suavización para el estimado de estacionalidad

S_t = estimado de estacionalidad

p = periodos a pronosticar en el futuro

s = longitud de la estacionalidad

\hat{Y}_{t+p} = pronóstico para el periodo p en el futuro

Descomposición

“Un enfoque para el análisis de los datos de las series de tiempo incluye un intento por identificar los componentes que influyen en cada uno de los valores de una serie. Este procedimiento de identificación se llama descomposición. Cada componente se identifica por separado.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 166)

Existen dos tipos de descomposición: aditiva o multiplicativa. Se toman en cuenta componentes de tendencia, estacionalidad e irregulares y las ecuaciones son las siguientes.

Ecuación 21. Descomposición aditiva

$$Y_t = T_t + S_t + I_t$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 167)

Ecuación 22. Descomposición multiplicativa

$$Y_t = T_t \times S_t \times I_t$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 167)

Modelos de tendencia

“Las tendencias son movimientos a largo plazo en una serie de tiempo que en ocasiones pueden describirse mediante una línea recta o una curva suave.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 168)

Los modelos de tendencia se pueden utilizar para pronosticar y existen tres tipos: lineal, cuadrática y exponencial, las fórmulas se presentan a continuación.

Ecuación 23. Tendencia lineal

$$\hat{T}_t = b_0 + b_1t$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 169)

Ecuación 24. Tendencia cuadrática

$$\hat{T}_t = b_0 + b_1t + b_2t^2$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 172)

Ecuación 25. Tendencia exponencial

$$\hat{T}_t = b_0b_1^t$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 173)

Regresión simple

“La línea que mejor se ajusta a una colección de puntos de datos X–Y es la línea que minimiza la suma de los cuadrados de las distancias entre los puntos y la línea, medidas verticalmente, es decir, en la dirección Y. Esta línea se conoce como la línea de los mínimos cuadrados o línea de regresión ajustada y su ecuación se llama ecuación de regresión ajustada.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 223)

Se utiliza la línea recta presentada en la Ecuación 26. Línea recta en la cual b_0 es la intersección con Y y b_1 es la pendiente. Esto se calcula de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

Ecuación 26. Línea recta

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X.$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 223)

Ecuación 27. Intersección con Y

$$b_0 = \frac{\sum Y}{n} - \frac{b_1 \sum X}{n} = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 223)

Ecuación 28. Pendiente

$$b_1 = \frac{\sqrt{\sum (Y - \bar{Y})^2}}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2}} r$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 223)

Curvas de crecimiento

“Las curvas de crecimiento son relaciones curvilíneas entre la variable de interés y el tiempo. Las curvas de crecimiento se ajustan comúnmente a los datos anuales, puesto que en estos casos se requieren pronósticos a largo plazo.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 246)

La curva de crecimiento toma la ecuación de una tendencia exponencial y aplica un logaritmo, como se muestra en la Ecuación 29. Curva de crecimiento.

Ecuación 29. Curva de crecimiento

$$\log Y = \log(b_0 b_1^t) = \log b_0 + t \log b_1 = \tilde{b}_0 + \tilde{b}_1 t$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 248)

Regresión múltiple

“La regresión múltiple implica el uso de más de una variable independiente para predecir una variable dependiente.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 281)

La regresión múltiple se calcula de acuerdo con la fórmula de la Ecuación 30. Regresión múltiple.

Ecuación 30. Regresión múltiple

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + \cdots + b_k X_k$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 284)

Modelos autorregresivos

“La autocorrelación implica que los valores de la variable dependiente en un periodo están linealmente relacionados con los valores de la variable dependiente en otro periodo.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 357)

Los modelos autorregresivos son explicados por la Ecuación 31. Modelo autorregresivo.

Ecuación 31. Modelo autorregresivo

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 Y_{t-1}$$

Nota: (Hanke & Wichern, 2010, pág. 357)

Modelos de promedio móvil autorregresivos (ARMA)

“Un modelo con términos autorregresivos se puede combinar con un modelo que tenga términos de promedio móvil para obtener un modelo “mixto” de promedio móvil autorregresivo. Para representar estos modelos, es conveniente utilizar la notación ARMA (p,q), donde p es el orden de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte del promedio móvil.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 407)

Modelo autorregresivo integrado de promedio móvil (ARIMA)

“La metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es diferente de la mayoría de los métodos porque no supone ningún patrón particular en los datos históricos de las series que se van a pronosticar. Se basa en un enfoque iterativo para identificar un modelo posible a partir de una clase general de modelos. Luego, el modelo seleccionado se coteja con los datos históricos para ver si describe la serie con exactitud.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 399)

Etapas 5: Controlar

“Última etapa de DMAMC en donde se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto.” (Gutiérrez, 2013, pág. 408)

La quinta etapa del proyecto se centra en la implementación y continua medición del proceso, con el fin de verificar que la solución planteada en la etapa anterior sea desarrollada en la empresa y proporcione buenos resultados. Estos elementos se pueden lograr con las siguientes herramientas de control.

Control estadístico de proceso

“El control estadístico del proceso está conformado por un grupo de estrategias, técnicas y acciones de una organización para asegurar que fabrica un producto o proporciona un servicio de calidad.” (Lind, 2012, pág. 721)

Diseño de tolerancias

“...para fijar los límites de la especificación se deben tomar en cuenta dos aspectos: las necesidades funcionales del producto y lo que el proceso de producción realmente puede realizar.” (Gutiérrez, 2013, pág. 121)

Gráficos de control

“Los diagramas de control son útiles para detectar el cambio en las condiciones del proceso. Es importante saber cuándo se produjeron cambios en el proceso, de modo que la causa se identifique y corrija antes de que se produzca un gran número de artículos inaceptables.” (Lind, 2012, pág. 729)

El gráfico de control se utiliza para el control estadístico de un proceso y se crea de la siguiente manera:

1. Elegir cual tipo de gráfico de control mejor se ajusta a los datos recogidos para el proyecto.
2. Representar los datos en orden cronológico como en un gráfico de serie de tiempo.
3. Calcular la media de los datos. El promedio se calcula con el total de los datos entre la cantidad de datos observados.
4. Colocar una línea horizontal en el gráfico para representar la media calculada en el punto anterior.
5. Calcular el límite de control inferior y superior de los datos según las ecuaciones presentadas a continuación. Los límites de control indican de dónde a dónde varía la salida de un proceso.

Ecuación 32. Límite de control inferior

$$LCI = \mu - 3\sigma$$

Nota: (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004)

Donde:

- LCI = Límite de control inferior
- μ = media
- σ = desviación estándar

Ecuación 33. Límite de control superior

$$LCS = \mu + 3\sigma$$

Nota: (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004)

Donde:

- LCS = Límite de control superior
 - μ = media
 - σ = desviación estándar
6. Añadir dos líneas al gráfico para representar cada uno de los límites calculados.
 7. Verificar cuáles puntos se salen de los límites de control y analizarlos.

Indicadores

“Es importante que los datos de cualquier indicador clave sean realistas, mensurables, procesables, fiables, de rápida actualización y de fácil acceso a quienes lo requieren.” (Gutiérrez, 2013, pág. 9)

Diagrama de Gantt

“Ayudar al equipo a planificar y utilizar su tiempo de forma eficiente, identificando la secuencia óptima de actividades a realizar y los posibles solapamientos entre ellas.” (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004, pág. 101)

El diagrama de Gantt se realiza de la siguiente manera:

1. Identificar la fecha de inicio y finalización del proyecto.
2. Realizar una lista de acciones necesarias para completar el proyecto.
3. Listar las acciones en orden cronológico.
4. Seleccionar una unidad de tiempo (días, semanas, meses, años).
5. Indicar la cantidad de tiempo necesario para cumplir con cada una de las actividades listadas.

6. Identificar la fecha de inicio y fin de cada una de las actividades.
7. Crear el diagrama colocando las actividades en filas y la unidad de tiempo en columnas.
8. Dibujar barras para cada una de las actividades que indiquen la cantidad de tiempo requerido y la fecha de inicio y finalización. Existe la posibilidad de que varias actividades se realicen simultáneamente.
9. Verificar que las actividades y tiempos requeridos sean realistas de acuerdo con la fecha de inicio y finalización del proyecto.

Análisis Costo Beneficio

“En términos generales, el análisis beneficio/costo es un método sistemático de evaluación del atractivo de proyectos o políticas gubernamentales, en los casos en que es importante adoptar la perspectiva del largo plazo en los efectos futuros, y un punto de vista amplio de los posibles efectos colaterales.” (Sullivan, 2004, pág. 485)

El cálculo del costo beneficio de un proyecto se realiza según la Ecuación 34. Costo/Beneficio, donde:

- VAN : Valor actual neto
- VAP: Valor actual de la inversión.

Ecuación 34. Costo/Beneficio

$$\text{Beneficio/Costo} = \frac{VAN}{VAP}$$

Nota: Slideshare 2014.

Si el resultado de fórmula es mayor que 0 significa que los beneficios serán mayores que los costos del proyecto, por lo tanto, es rentable.

Si el resultado es igual a 0 significa que los beneficios y los costos son iguales, y el proyecto sería indiferente.

Si el resultado es menor a 0, los beneficios no son suficientes para cubrir el costo del proyecto, por lo que no sería rentable.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presentarán las diferentes definiciones de los tipos de investigación con respecto al enfoque, diseño y muestra de la investigación, y se indicará el tipo a utilizar. Se mostrarán las variables a analizar y los instrumentos que se necesitarán para llevar a cabo el proyecto. Finalmente, se explicará el proceso de recolección de los datos, el método de análisis y el cronograma a seguir.

Enfoque

Enfoque cuantitativo

“Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.” (Hernández, 2014, pág. 5)

El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatoria, por lo que se no puede eludir ninguno de sus pasos. El orden es riguroso, pero sí se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la bibliografía y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables. Posteriormente, se traza un plan para probarlas (diseño) y se miden las variables en un determinado contexto. Las mediciones obtenidas se analizan utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones en relación con las hipótesis. (Hernández, 2014)

Enfoque cualitativo

“Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.” (Hernández, 2014, pág. 8)

El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de investigación. Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas antes, durante o después de la recolección de datos y el análisis. Con frecuencia estas actividades sirven, primero para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria es dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más circular en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (Hernández, 2014)

Enfoque mixto

Hernández et al. (2014, pág. 534) resumen el enfoque mixto como aquel que utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases, para entender problemas en las ciencias.

Este proyecto de investigación es de enfoque cuantitativo por el análisis estadístico de los datos del indicador MPS Stability, los cuales se analizarán por medio de gráficos para identificar la variación que existe en cada familia de producto. Asimismo, una vez que se hayan identificado los factores que afectan el proceso de planeación, se realizará un análisis de frecuencias con el fin de jerarquizar las causas que mayor generan fallas en el proceso.

Diseño

Investigación exploratoria

Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso. (Hernández, 2014, pág. 91)

Investigación descriptiva

Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (Hernández, 2014, pág. 92)

Investigación correlacional

Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. (Hernández, 2014, pág. 93)

Investigación explicativa

Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. (Hernández, 2014, pág. 95)

El tipo de investigación de este proyecto es de carácter explicativo ya que se genera una estructura de investigación con el objetivo de llevar a cabo un estudio a profundidad de causa raíz de la variación entre la cantidad de producto planeado y la cantidad de producto producido en un mes. Además de que se realizará un análisis del proceso completo de planeación en Coca-Cola Industrias Ltda. desde la obtención de la información para crear el plan maestro de producción hasta la programación de la producción semanal.

Muestra de la Investigación

“La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.” (Hernández, 2014, pág. 207)

Muestra probabilística

“Todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de análisis.” (Hernández, 2014, pág. 241)

Muestra no probabilística

“En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra.” (Hernández, 2014, pág. 241)

El indicador MPS Stability sirve para medir la eficacia del departamento de planeación en Coca Cola Industrias y los resultados son presentados mensualmente. En esta investigación se utilizarán estos registros mensuales como datos históricos para analizar el comportamiento del MPS Stability y así, determinar las familias de producto que tienen más variación y no se encuentran dentro de los límites de especificación.

Variables o Unidades de Análisis

“Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse.” (Hernández, 2014, pág. 123)

Las variables de análisis se obtienen de los objetivos específicos planteados y se despliegan con una tabla en la cual se coloca el concepto de la variable, la operación que es un criterio de medición y consiste en un indicador, y el instrumento que se conforma de las herramientas para recolectar los datos. Estos puntos se desarrollan en la siguiente Tabla 2. Variables.

Tabla 2. Variables

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Describir el proceso de planeación que se lleva a cabo en la empresa.	Proceso de planeación	“...es el acto que al conocer el presente y lo que se desea, se otea el futuro, con la esperanza de disipar el riesgo y la incertidumbre que se interponen en la consecución de los resultados esperados.” (Torres & Martínez, 2014, pág. 118)	Diagramas realizados / Total de diagramas	Registros Hoja de observación Diagramas
Medir el comportamiento de la demanda en el proceso de planeación de Coca Cola.	Comportamiento	“Uno de los pasos más importantes en la selección de un método para pronosticar adecuado con datos de una serie de tiempo es considerar los diferentes tipos de patrones de datos. Existen cuatro tipos generales: horizontal, tendencias, estacionales y cíclicos.” (Hanke & Wichern, 2010, pág. 62)	Patrón identificado / total de productos	Registros Gráficos
Analizar las causas de no cumplimiento del plan maestro de producción.	Causas	“Aquello que se considera como fundamento u origen de algo.” (Real Academia Española, 2017)	Causa identificada / total de causas	Diagramas Registros Hoja de observación
Identificar modelos de pronósticos con mejor ajuste para cada producto.	Modelo de pronósticos	“Es una estimación cuantitativa o cualitativa de uno o varios factores (variables) que conforman un evento futuro, con base en información actual o del pasado” (Villarreal, 2016, pág. 3)	Modelo ajustado / total productos	Registros Gráficos

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Diseñar un sistema de control de error de pronóstico para cada producto.	Sistema de control	“...se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen.” (Gutiérrez, 2013, pág. 408)	Herramientas creadas / total herramientas	Registros Diagramas

Nota: Gabriela López

Instrumentos

Los instrumentos se presentan mediante una tabla que inicia con el indicador que se va a medir, por lo tanto, es necesario definir cómo se va a medir, que serían los instrumentos, los recursos necesarios para realizar la medición y los beneficios que se esperan obtener. En la Tabla 3. Instrumentos, se muestra la información de acuerdo con cada una de las variables del proyecto de investigación.

Tabla 3. Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios esperados
Proceso de planeación	Entrevistas, registros	Humanos, computadora, diagramas	Comprender qué hace el departamento y cómo.
Comportamiento	Registros	Computadora, software estadístico, gráficos	Detectar patrones en datos de demanda.
Causas	Entrevistas, registros	Computadora, humanos, diagramas	Identificar causa raíz
Modelo de pronósticos	Registros, teoría	Computadora, software estadístico, gráficos, libros	Pronosticar con un menor error
Proceso de control	Registros, teoría	Computadora, software estadístico, gráficos, libros	Detectar cuándo hay que cambiar el modelo

Nota: Gabriela López

Proceso para la Recolección de Datos

El proceso de recolección de datos para este proyecto consiste en obtener la información sobre el proceso de planeación de Coca Cola Industrias y la base de datos del indicador que lleva el departamento.

Este proceso se realizará directamente en las oficinas de la empresa por medio de entrevistas a las personas encargadas de la planeación de la producción, el acceso a la base de datos del MPS Stability, la observación del proceso y la revisión de diagramas de proceso que maneja la compañía. Asimismo, se verificarán los manuales de procesos y procedimientos de Coca Cola Industrias para el área de planeación.

Los datos del indicador se recolectarán por medio de archivos de Excel, los cuales indicarán la cantidad de producto planeado por familia y la cantidad de producto producido realmente en el mes; con estos dos datos es posible obtener el cálculo del indicador MPS Stability. Luego de recolectar los datos, se procesarán por medio de gráficos en Minitab y se procederá con el análisis correspondiente.

Método de Análisis

Una vez que se han recolectado los datos, se procede a iniciar el análisis con la utilización de diferentes herramientas ingenieriles como diagramas, gráficos, tablas, entre otros. El análisis estadístico se realizará por medio de dos programas: Excel y Minitab y para la creación de diagramas se utilizará Microsoft Visio.

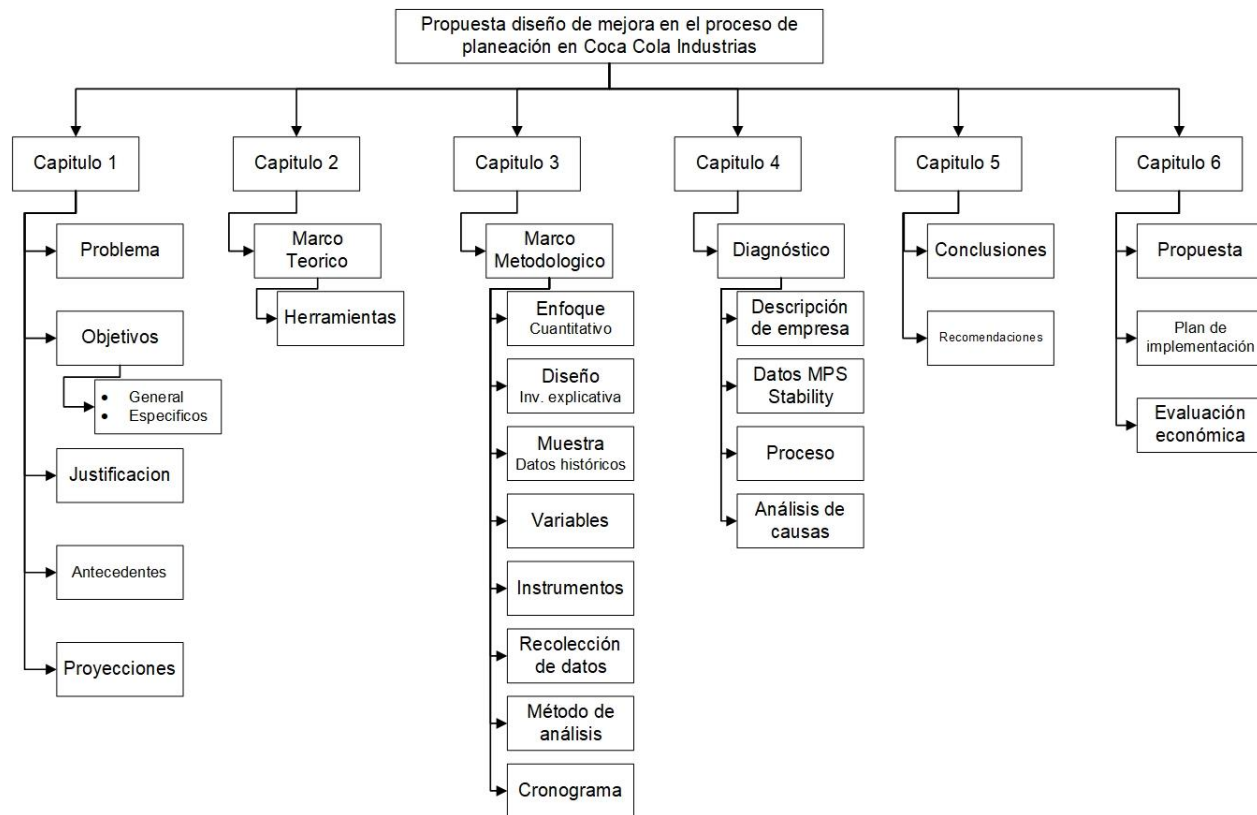
La redacción y presentación del proyecto se realizará en Microsoft Word y Microsoft Power Point respectivamente.

Cronograma

WBS

El WBS representa un esquema del proyecto a realizar de acuerdo con los temas que se van a desarrollar. Se divide por capítulos del trabajo final de graduación. El diagrama con los detalles de cada uno de estos capítulos se muestra en la Figura 9. WBS.

Figura 9. WBS



Nota: Gabriela López

Diagrama de Gantt

De acuerdo con el esquema presentado anteriormente, se realiza una lista de las tareas por realizar, la duración de cada una y la fecha de inicio y fin. Se diagraman con un Gantt en la Figura 10. Gantt, el cual indica la fecha de inicio del proyecto y la fecha de finalización.

Figura 10. Gantt

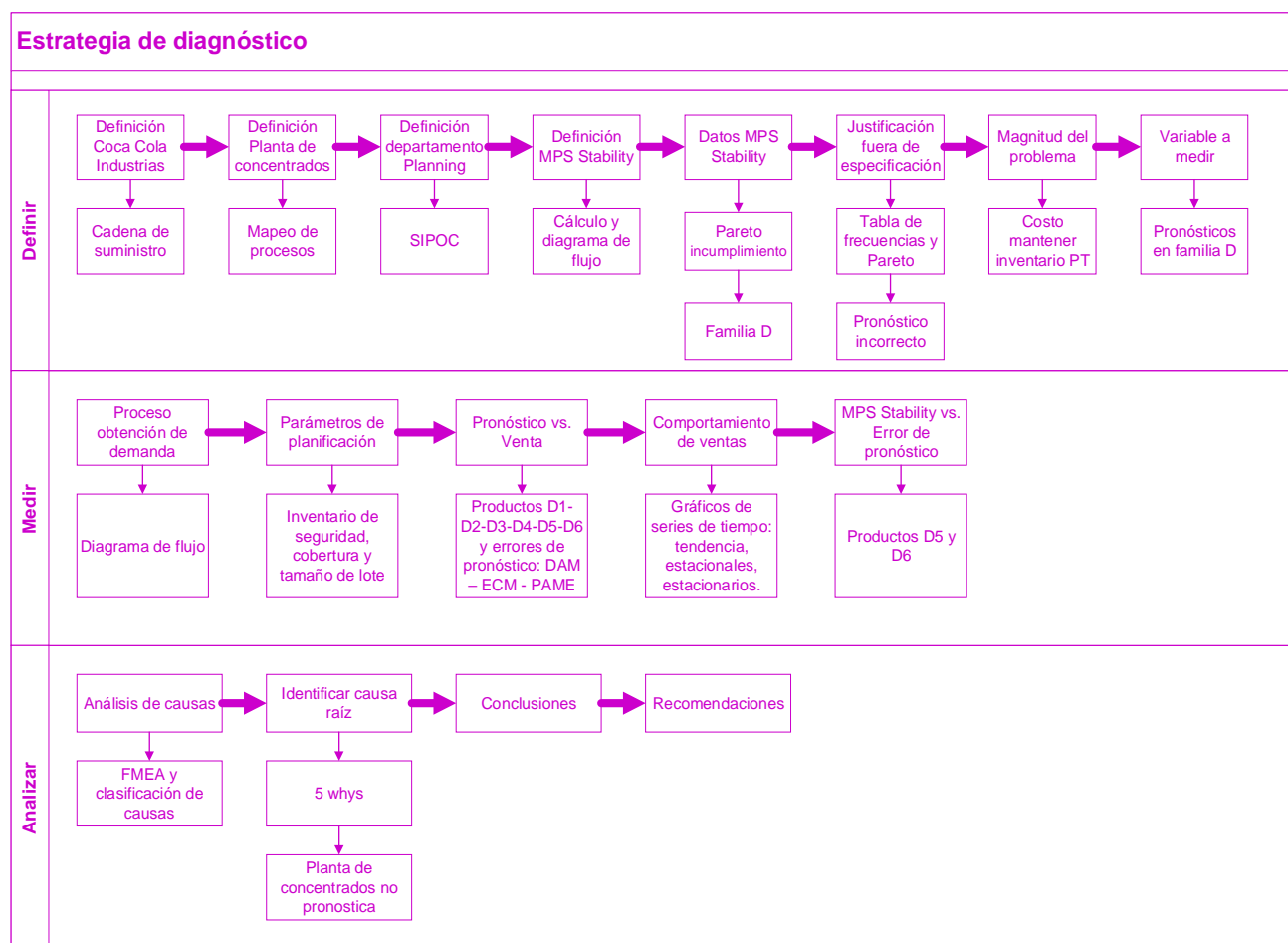
Actividad/Semana	III Cuatrimestre 2018															I Cuatrimestre 2019												
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Capítulo 1. Planteamiento de problema y objetivos	■	■																										
Capítulo 3. Marco metodológico		■	■	■																								
Capítulo 2. Marco teórico			■	■	■	■																						
Capítulo 4. Diagnóstico							■	■	■	■																		
Descripción empresa							■																					
Recolección de datos							■																					
SIPOC								■																				
Diagrama de flujo								■	■																			
Análisis de datos									■																			
Análisis de causas									■	■	■																	
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones												■																
Capítulo 6. Diseño													■	■	■	■												
Propuesta													■	■	■													
Evaluación económica														■														
Plan de implementación															■													
Revisión																■	■	■										
Correcciones																	■	■	■	■								
Entrega tutor																							■					
Entrega registro																								■				
Defensa																									■	■		
Correcciones																									■	■	■	
Entrega registro																									■	■	■	

Nota: Gabriela López

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

En este capítulo se desarrollarán las etapas de definición, medición y análisis del proyecto, con respecto a la metodología DMAMC. Se presentarán los datos del MPS Stability de los últimos dos años, se describirá el proceso de planeación de Coca Cola Industrias y se realizará un análisis de las causas de la variación del indicador, todo esto con la ayuda de las herramientas expuestas en el marco teórico. Este capítulo de diagnóstico pretende presentar la situación actual de la empresa. En la Figura 11. Estrategia de diagnóstico se detalla la estrategia utilizada para la realización de este capítulo.

Figura 11. Estrategia de diagnóstico



Nota: Gabriela López

Definir

Según lo expuesto en el marco teórico; se procede a desarrollar la primera fase del proyecto donde se utilizará un mapeo de procesos para clasificar y visualizar los procesos que se llevan a cabo en la planta de concentrados, un SIPOC del proceso de planeación para relacionar los diferentes departamentos que son afectados por este y una cadena de suministro para demostrar cómo funciona Coca Cola Industrias y la relación entre las plantas de concentrados y los embotelladores.

Adicionalmente, se evidenciará el problema planteado por medio del análisis de la cantidad de unidades de cada familia de producto que se encuentran fuera de los límites, las causas generales del incumplimiento del plan maestro de producción y los costos asociados a mantener el inventario de producto terminado y el costo de cuando se debe desechar por motivos de mala planificación. Estas herramientas se utilizarán para determinar las variables críticas que serán necesarias para desarrollar la segunda etapa del proyecto.

Cadena de suministro

La cadena de suministros se realiza para ubicar la planta de concentrados en el flujo completo de Coca Cola, desde el inicio hasta el cliente final. En la Figura 12. Cadena de suministro Coca Cola se muestra el flujo de información y de producto a través de los diferentes elementos, se considera un ciclo, ya que el cliente final provee la información para realizar los pronósticos de demanda, acción que es realizada por cada uno de los embotelladores.

Los pronósticos se transforman en la demanda utilizada por el departamento de Compras y de Planeación y Logística, la cual se transmite por medio de SAP. Los proveedores de la materia prima para la planta de concentrados pueden ser nacionales o internacionales, por lo tanto, deben ser almacenados en un almacén fiscal cuando llegan al país a la espera de los DUA.

Una vez que se realiza el desalmacenaje, se transportan hacia almacenes de terceras partes, ya que la planta de concentrados no tiene suficiente espacio, y cuando el ingrediente es requerido se transporta desde el almacén hasta la planta de concentrados para ser procesado. El producto terminado debe ser guardado en los almacenes de terceros si no tiene una orden de despacho hacia un embotellador.

El embotellador recibe el concentrado y realiza su proceso de producción que consiste en embotellar el producto final, y enviarlo a los centros de distribución; este transporte se realiza por

tierra, sin embargo, el transporte de los centros de distribución hacia los minoristas puede ser aéreo, marítimo o terrestre. Los minoristas se encargan de proveer al cliente final.

La unidad de negocios se encarga de realizar un plan de ventas para cada embotellador de acuerdo con la información de demanda del cliente final. El embotellador realiza los pronósticos de cuánto concentrado necesitará para cumplir con el plan de ventas de la unidad de negocio y los envía a la planta de concentrados. La planta realiza su planeación de acuerdo con estos pronósticos del embotellador.

Figura 12. Cadena de suministro Coca Cola



Nota: Gabriela López

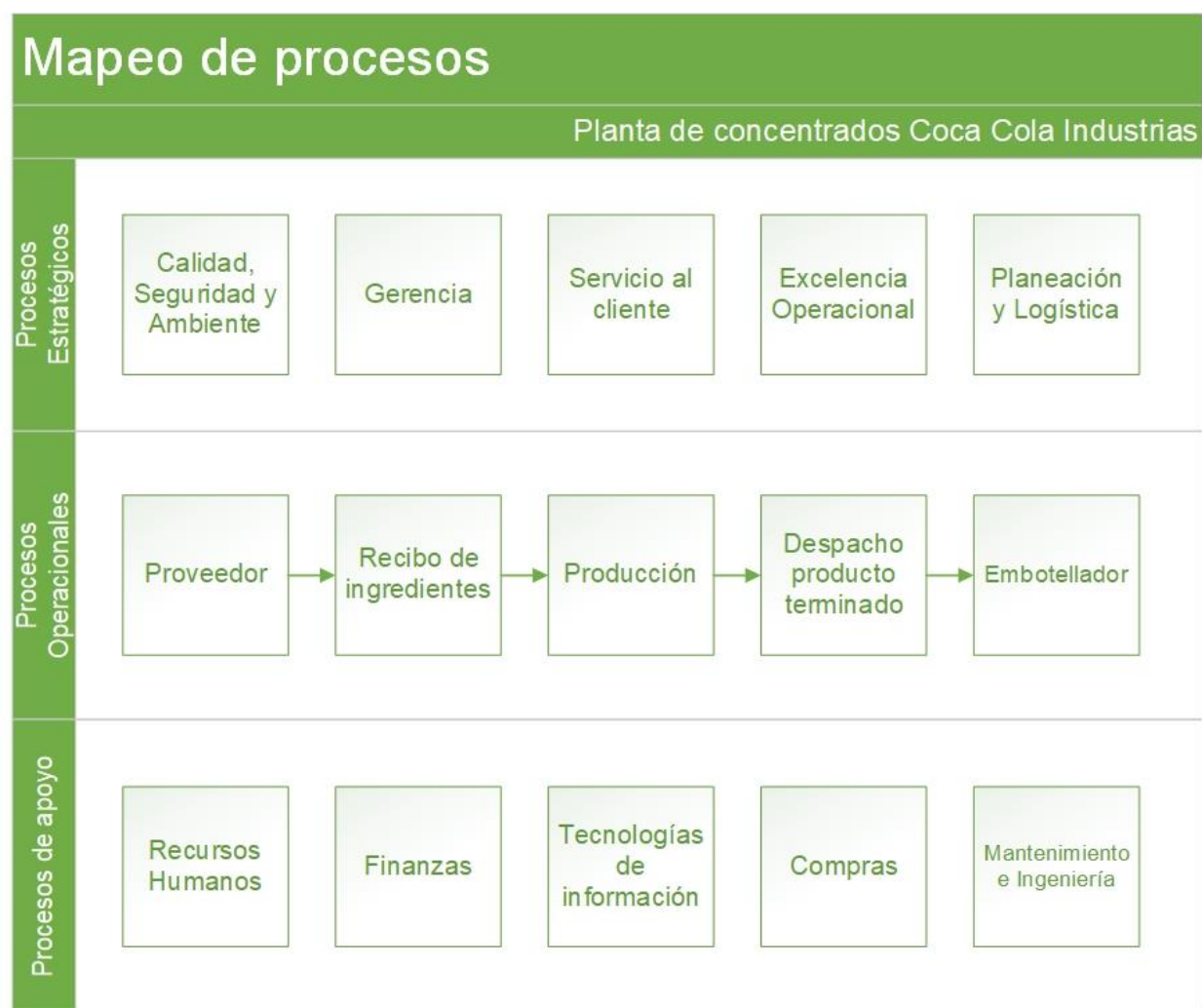
Mapeo de procesos

El mapeo de procesos se realiza en la planta de concentrados en Costa Rica; clasificando los diferentes procesos que se llevan a cabo en estratégicos, operacionales y de apoyo. El proceso operacional se trata del recibo de ingredientes del proveedor, la producción de los concentrados y el despacho de producto terminado hacia el embotellador.

Los procesos de apoyo son los de finanzas, recursos humanos, TI (tecnologías de información), compras y mantenimiento e ingeniería. Estos departamentos se encargan de proveer los recursos necesarios para la producción, ya que funcionan con un cliente interno.

Los procesos estratégicos consisten en calidad, seguridad y ambiente, gerencia, servicio al cliente, excelencia operacional y planeación y logística. Estos procesos se encargan de controlar los procesos operacionales y de proveer información para la toma de decisiones, asimismo, se encarga de realizar planes estratégicos para la empresa, ya sea de modelo de negocios o de mejora continua. Este proyecto se realizará en el proceso de planeación y logística.

Figura 13. Mapeo de procesos



Nota: Gabriela López

La compañía tiene un sistema de información que consiste en el uso del software SAP, en el cual se incluyen datos como inventarios, órdenes de compra, producto en procesos (WIP) y la demanda pronosticada. Asimismo, se utiliza el correo electrónico y Skype como medio de comunicación. En el diagrama SIPOC se mostrará la relación entre los diferentes procesos estratégicos y de apoyo con el departamento de planeación y logística. En la Figura 13. Mapeo de procesos se presenta el diagrama del mapeo de procesos de la compañía.

SIPOC

El diagrama SIPOC se realiza del proceso de planeación de la producción de la planta de concentrados; el proceso en general consiste en descargar la información de la demanda desde SAP hacia un archivo de Excel, priorizar el volumen de producción, resolver conflictos que tengan que ver con ingredientes faltantes o capacidades y, por último, la aprobación del plan maestro de producción. Este proceso se visualizará a más detalle en el diagrama de flujo.

Entradas

Entre las entradas de este proceso, se encuentra la demanda; la cual se compone de los pronósticos de venta, información sobre nuevos productos y las órdenes de venta ya en firme puestas por los embotelladores. La política de inventario también se incluye dentro de la información que se descarga desde SAP la cual indica toda la información referente a los inventarios y sus lineamientos.

La resolución de conflictos tiene como entrada las capacidades de producción y del laboratorio, el reporte de los ingredientes faltantes y las actividades especiales o proyectos que se vayan a realizar, que afecten la producción.

Proveedores

Los proveedores de estas entradas son los “Share Services”, los cuales proveen la demanda y son departamentos de servicio al cliente. El papel del enlace de suministros es el proveedor del reporte de ingredientes faltantes; el departamento de producción se encarga del dato de capacidad y calidad se encarga del dato de la capacidad del laboratorio. Las actividades especiales pueden ser de cualquier departamento de la planta de concentrados y los proyectos provienen de los PMOs.

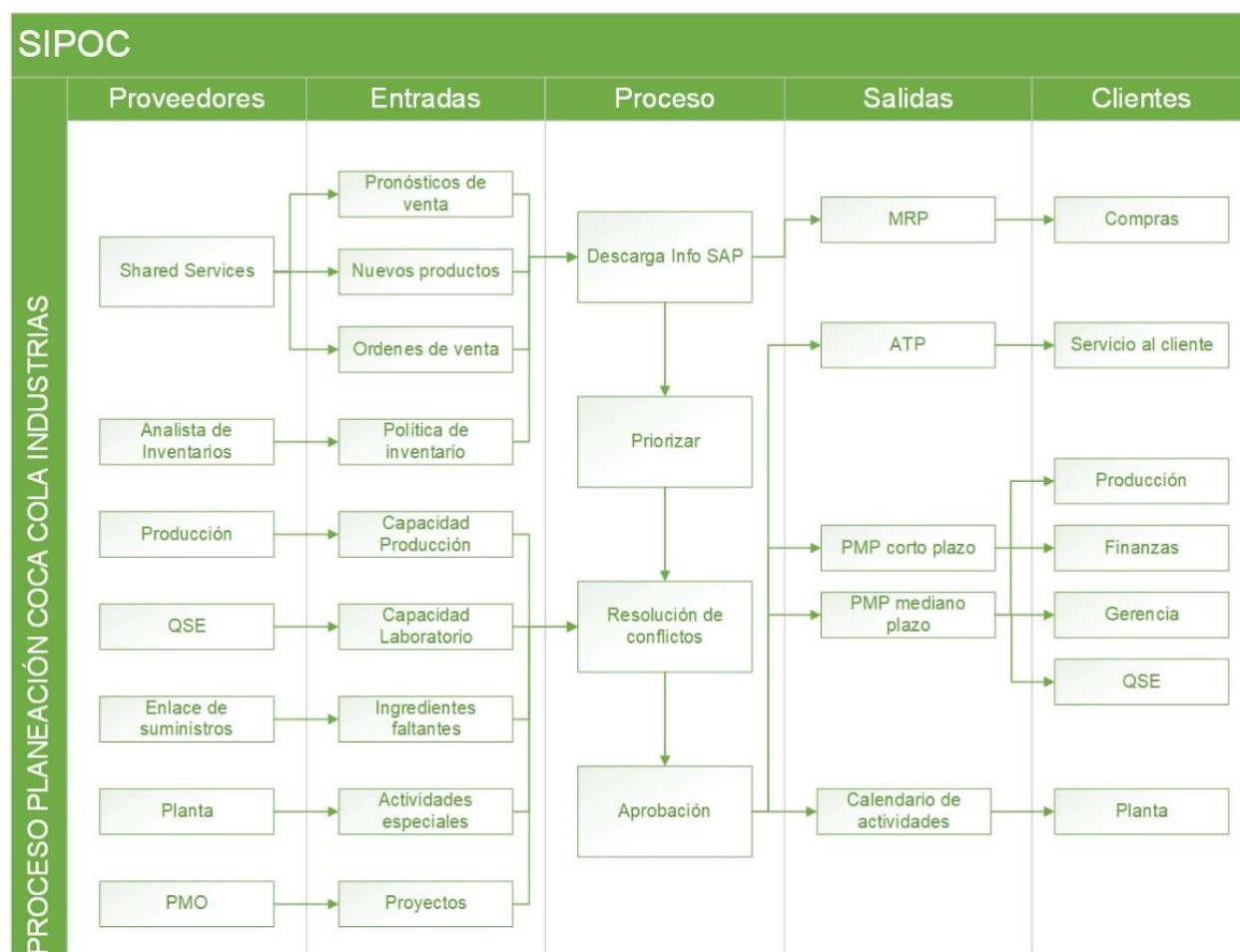
Salidas

Las salidas del proceso de planeación son el plan maestro de producción a corto y mediano plazo, las cantidades de concentrado que servicio al cliente puede comprometer para el embotellador (ATP), el calendario de actividades; de acuerdo con las actividades especiales y proyectos, y los MRPs que indican los ingredientes necesarios para cumplir con la producción planeada.

Clientes

Los MRPs (Material Requirements Planning) son de uso para el departamento de Compras, el ATP (Available to promise) es para servicio al cliente. El plan maestro de producción ya sea a corto o mediano plazo, tiene como cliente a producción principalmente, finanzas, gerencia y calidad. El calendario de actividades sirve para toda la planta.

Figura 14. SIPOC



Nota: Gabriela López

Con el diagrama SIPOC se puede visualizar todos los departamentos que son afectados por el proceso de planeación; en este caso, el plan maestro de producción afecta el total de la planta de concentrados siendo uno de los procesos estratégicos más importantes de la compañía. Se analizan las entradas del proceso; principalmente la demanda; la información que se utiliza para crear el plan maestro de producción debe ser correcta, ya que si no lo es; no se logra una buena planeación. Igualmente, las salidas del proceso pueden afectar el indicador MPS Stability; en el caso de que el plan maestro no sea programado correctamente en producción por reprocesos o problemas de capacidad.

Cálculo MPS Stability

El indicador de MPS Stability se maneja en porcentaje siendo 100% el valor objetivo. Se calcula mensualmente de acuerdo con las cantidades planeadas para cada familia al inicio del mes y las cantidades producidas a final de mes. La fórmula para realizar el cálculo se encuentra en Ecuación 35. Cálculo MPS Stability. Si el resultado es mayor a 100% significa que hubo sobreproducción en el mes y si es menor a 100% significa que se produjo menos que el volumen planeado.

Ecuación 35. Cálculo MPS Stability

$$MPS\ Stability = \frac{Cantidad\ producida}{Cantidad\ planeada}$$

Nota: Coca Cola Industrias

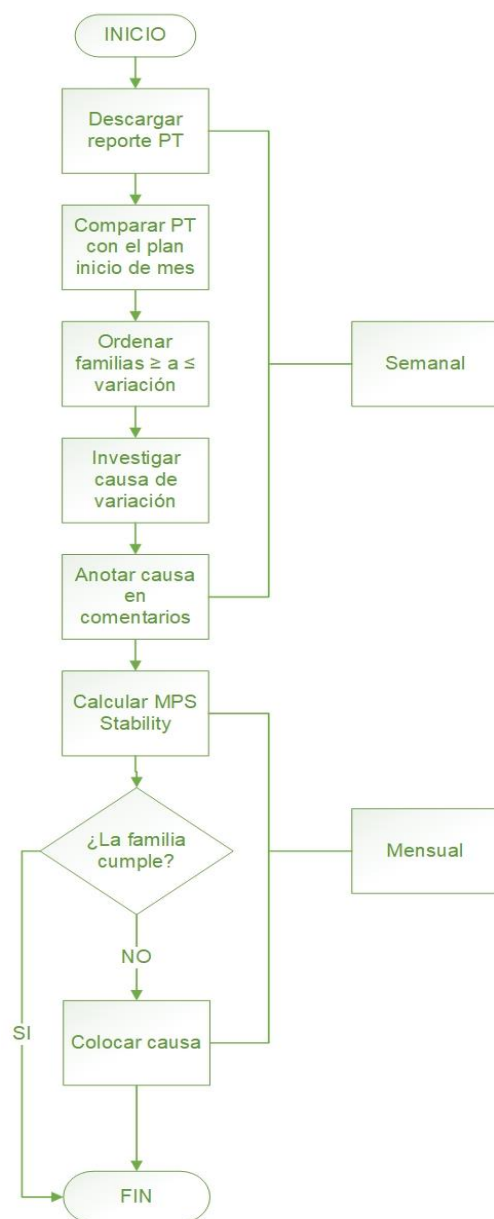
Una vez que se calcula el indicador por familia, se procede a identificar las familias de producto que se salieron de los límites de especificación ($\pm 10\%$) e investigar la causa para colocar los comentarios correspondientes. El diagrama de flujo de este proceso se presenta en la Figura 15. Diagrama de flujo MPS Stability, una parte del proceso se realiza semanalmente, la cual funciona para fácilmente identificar las causas de que una familia se salga de los límites cuando se crea el reporte mensual del MPS Stability.

A continuación, los pasos:

1. Descargar el reporte de producto terminado de SAP.
2. Comparar las cantidades de producto terminado con las cantidades planeadas al inicio del mes.
3. Ordenar las familias de producto de mayor variación a menor variación con el plan inicial.

4. Investigar la causa de variación de cada producto terminado dentro de las familias.
5. Anotar la causa en los comentarios.
6. Al final del mes; calcular el MPS Stability.
7. Verificar si la familia cumple con los límites de especificación. Si no cumple, es necesario revisar los comentarios realizados semanalmente para determinar la causa y anotarla en los comentarios del reporte. Si si cumple, es el fin del proceso.

Figura 15. Diagrama de flujo MPS Stability



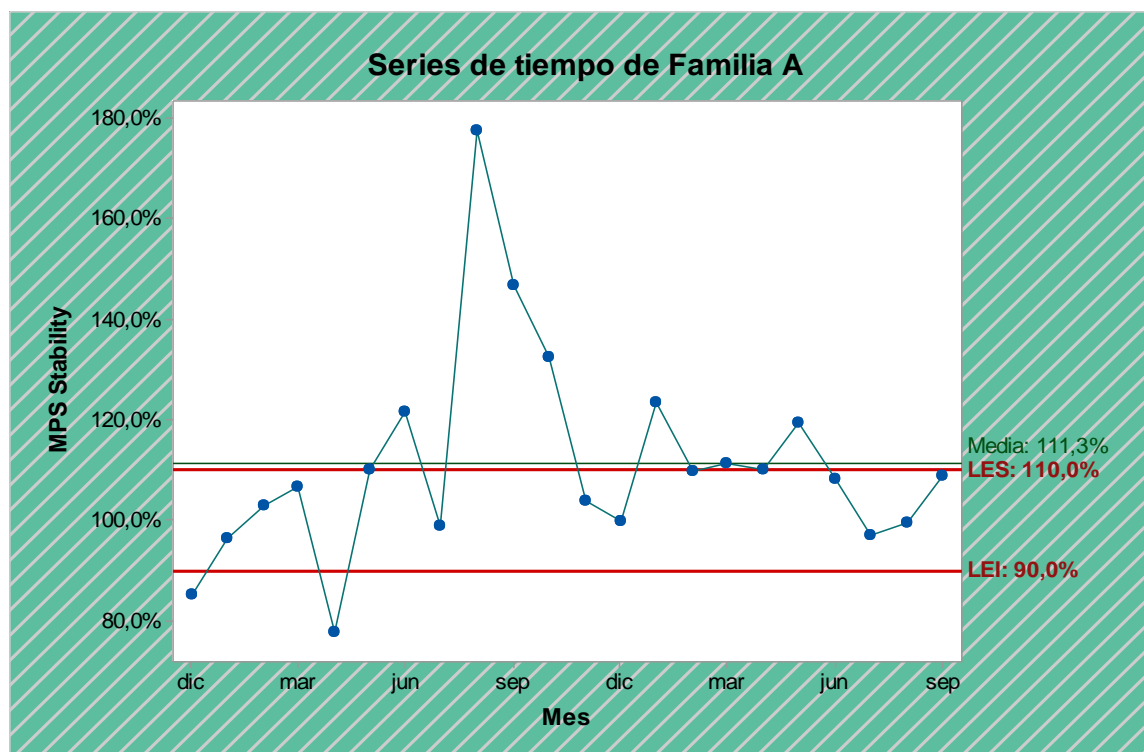
Nota: Gabriela López

El indicador se calcula también por la cantidad total (todas las familias) planeada y la cantidad total producida, y este porcentaje tiene una tolerancia de $\pm 5\%$, siendo 100% el valor objetivo. La gerencia se centra en este dato y no el dato por familia de producto, sin embargo, una familia de producto puede compensar a otra, y se afectan los niveles de inventarios de materia prima y de producto terminado, asimismo, el departamento de compras se ve afectado ya que se necesitarán diferentes ingredientes a los planeados.

Datos MPS Stability

Se obtienen los datos del indicador MPS Stability por familia de producto desde Diciembre del 2016 hasta Noviembre 2018, con las cantidades que se planearon por mes y las cantidades que realmente se produjeron. Se calculan los límites en cantidades para cada mes planeado y se muestra la cantidad de producto que está fuera de especificación. El total de cantidad fuera de especificación se divide entre la cantidad total real para calcular el porcentaje de producto que no cumple y así comparar el nivel de cumplimiento de cada familia. A continuación, se muestran las tablas de datos por cada una de las familias de producto de Coca Cola Industrias.

Figura 16. Serie de tiempo Familia A



Nota: Gabriela López

Tabla 4. MPS Stability Familia A

Familia A						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	85,3%	198070	168905	217877	178263	9358
ene-17	96,4%	133486	128659	146835	120137	0
feb-17	103,1%	144062	148544	158468	129656	0
mar-17	106,6%	178064	189886	195870	160258	0
abr-17	77,9%	163092	127023	179401	146783	19760
may-17	110,2%	127615	140580	140377	114854	204
jun-17	121,5%	171607	208576	188768	154446	19808
jul-17	98,9%	206841	204597	227525	186157	0
ago-17	177,6%	94041	167013	103445	84637	63568
sep-17	146,8%	123952	181949	136347	111557	45602
oct-17	132,4%	148241	196298	163065	133417	33233
nov-17	104,1%	213385	222099	234724	192047	0
dic-17	100,0%	212903	212980	234193	191613	0
ene-18	123,6%	107259	132574	117985	96533	14589
feb-18	110,0%	135579	149193	149137	122021	56
mar-18	111,5%	173300	193200	190630	155970	2570
abr-18	110,2%	183433	202168	201776	165090	392
may-18	119,5%	99624	119063	109586	89662	9477
jun-18	108,3%	186849	202446	205534	168164	0
jul-18	97,0%	194899	189142	214389	175409	0
ago-18	99,6%	149772	149162	164749	134795	0
sep-18	108,8%	167703	182423	184473	150933	0
oct-18	107,1%	147941	158427	162735	133147	0
nov-18	156,4%	121172	189563	133289	109055	56274
Totales		3416656	3619210			132487

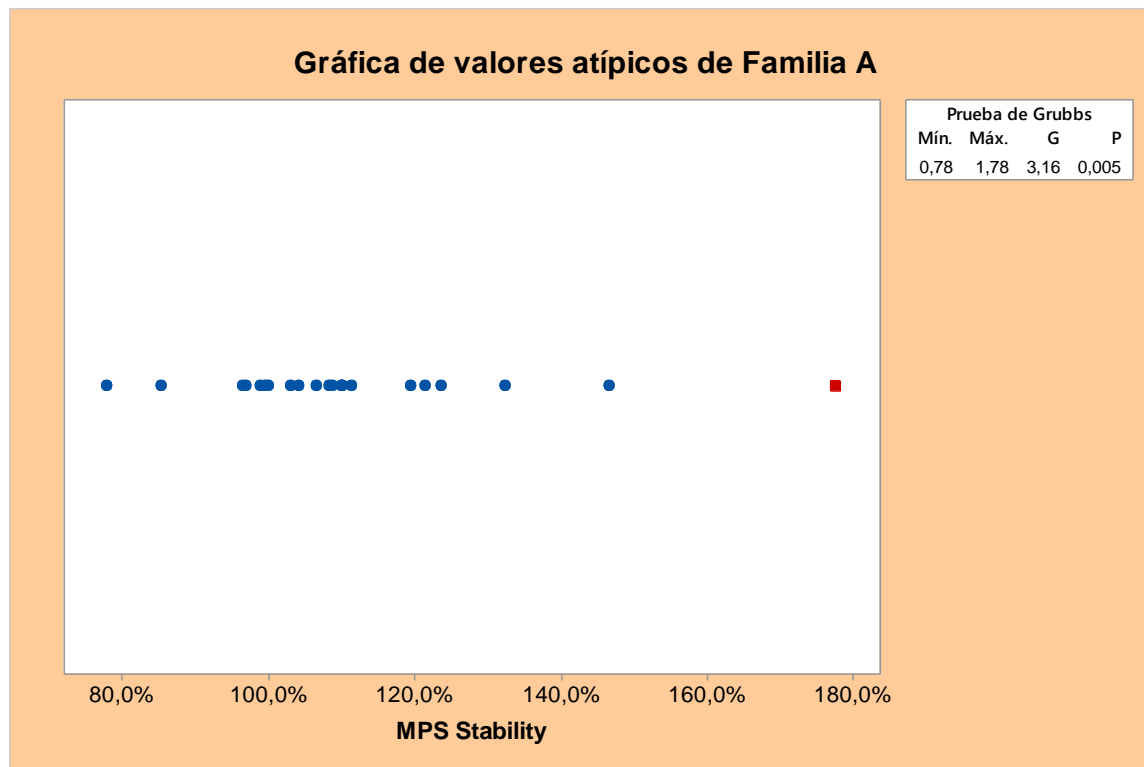
Nota: Gabriela López

La familia A presenta una tendencia a producir mayor cantidad que lo planeado ya que 11 de los 13 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación superior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 132487 de 3619210 representando un 3.66% de producto en incumplimiento.

En el gráfico de la Figura 16. Serie de tiempo Familia A se comprueba que la mayoría de los puntos fuera de especificación se encuentran por encima de 110% y que la media de los datos también se encuentra fuera de especificación por el límite superior. Se nota un dato atípico en la Figura 17. Valores atípicos Familia A, en el mes de agosto del 2017 a causa de sobreventa para embotelladores

de República Dominicana y Haití, con el fin de cerrar el mes y el trimestre cumpliendo con el plan de negocios de la unidad de negocios.

Figura 17. Valores atípicos Familia A



Nota: Gabriela López

La familia B presenta una tendencia a producir mayor cantidad que lo planeado ya que 7 de los 11 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación superior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 34525 de 722501 representando un 4.78% de producto en incumplimiento.

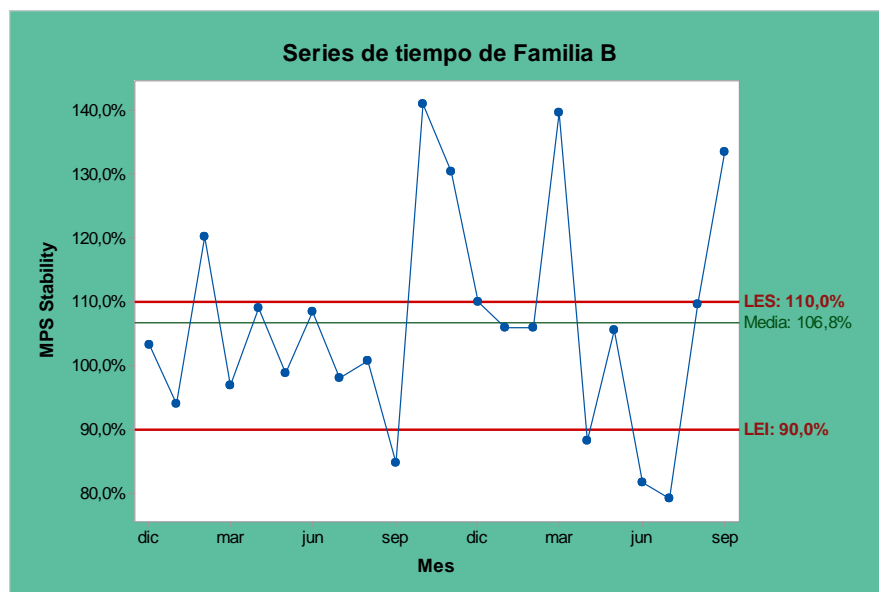
En el gráfico de la Figura 18. Serie de tiempo Familia B se observa que los datos del MPS Stability de principios del 2017 se encuentran bajo control, sin embargo, en el año siguiente salen de especificación principalmente por el límite superior. La media se encuentra dentro de especificación (106.8%) pero sigue con una tendencia hacia la sobreproducción ya que el dato objetivo es 100%.

Tabla 5. MPS Stability Familia B

Familia B						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	103,4%	32518	33638	35770	29266	0
ene-17	94,1%	33177	31213	36495	29859	0
feb-17	120,4%	33802	40692	37182	30422	3510
mar-17	97,1%	46929	45549	51622	42236	0
abr-17	109,2%	24496	26758	26946	22046	0
may-17	99,0%	42958	42534	47254	38662	0
jun-17	108,7%	38944	42320	42838	35050	0
jul-17	98,3%	38720	38064	42592	34848	0
ago-17	101,0%	40732	41136	44805	36659	0
sep-17	84,9%	32204	27328	35424	28984	1656
oct-17	141,1%	18355	25898	20191	16520	5708
nov-17	130,5%	16177	21109	17795	14559	3314
dic-17	110,1%	29536	32532	32490	26582	42
ene-18	106,0%	35320	37448	38852	31788	0
feb-18	106,1%	28344	30072	31178	25510	0
mar-18	139,7%	11104	15508	12214	9994	3294
abr-18	88,4%	23676	20931	26044	21308	377
may-18	105,8%	20600	21798	22660	18540	0
jun-18	81,9%	34457	28218	37903	31011	2793
jul-18	79,4%	23713	18833	26084	21342	2509
ago-18	109,8%	32476	35652	35724	29228	0
sep-18	133,6%	19892	26580	21881	17903	4699
oct-18	173,9%	10360	18020	11396	9324	6624
nov-18	93,1%	22204	20670	24424	19984	0
Totales		690694	722501			34525

Nota: Gabriela López

Figura 18. Serie de tiempo Familia B



Nota: Gabriela López

La familia C presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 9 de los 16 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 40168 de 471133 representando un 8.53% de producto en incumplimiento.

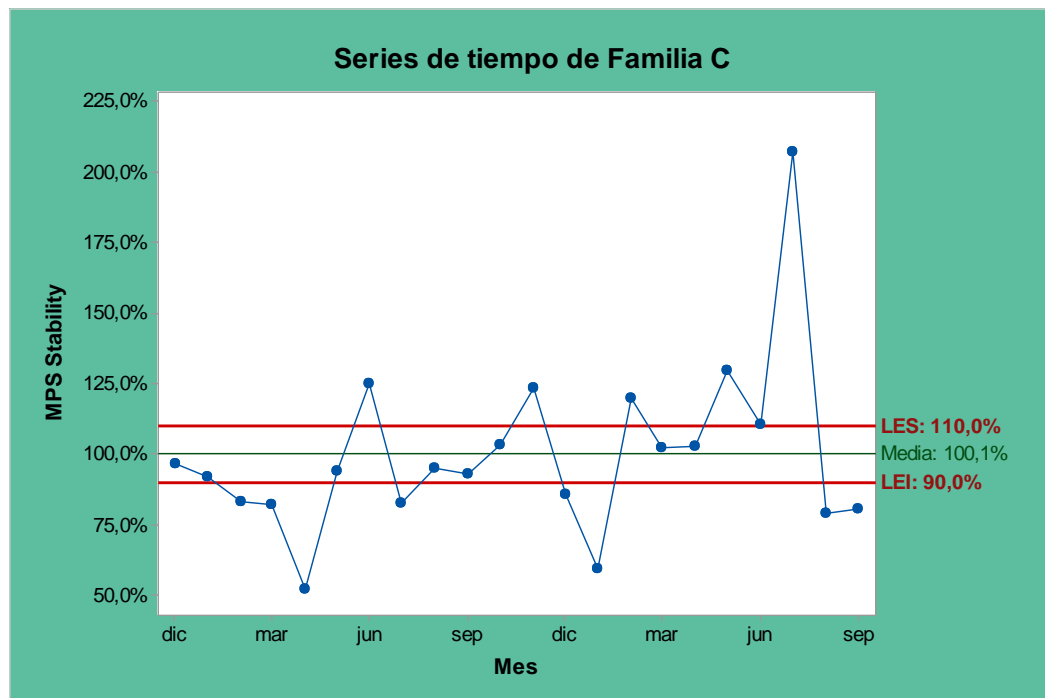
En la Figura 19. Serie de tiempo Familia C se puede observar que la media de los datos se encuentra en el valor objetivo de 100%, sin embargo existen varios puntos fuera de especificación a través del tiempo, siendo la sobreventa de Julio del 2018 un dato atípico que corresponde a una venta no proyectada a México.

Tabla 6. MPS Stability Familia C

Familia C						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	96,7%	11560	11180	12716	10404	0
ene-17	92,1%	7064	6504	7770	6358	0
feb-17	83,5%	8324	6952	9156	7492	540
mar-17	82,5%	8460	6980	9306	7614	634
abr-17	52,3%	10004	5236	11004	9004	3768
may-17	93,9%	14328	13460	15761	12895	0
jun-17	125,1%	22388	28016	24627	20149	3389
jul-17	82,7%	2908	2404	3199	2617	213
ago-17	95,0%	14108	13408	15519	12697	0
sep-17	93,0%	19968	18576	21965	17971	0
oct-17	103,7%	9732	10088	10705	8759	0
nov-17	123,7%	11156	13800	12272	10040	1528
dic-17	85,7%	9824	8424	10806	8842	418
ene-18	59,5%	16760	9980	18436	15084	5104
feb-18	119,9%	22460	26936	24706	20214	2230
mar-18	102,4%	12052	12340	13257	10847	0
abr-18	103,0%	10692	11008	11761	9623	0
may-18	130,0%	12892	16760	14181	11603	2579
jun-18	110,9%	65130	72239	71643	58617	596
jul-18	207,2%	27907	57834	30698	25116	27136
ago-18	79,3%	63334	50246	69667	57001	6755
sep-18	80,9%	35826	28992	39409	32243	3251
oct-18	73,4%	52656	38633	57922	47390	8757
nov-18	110,8%	53241	58971	58565	47917	406
Totales		494867	471133			40168

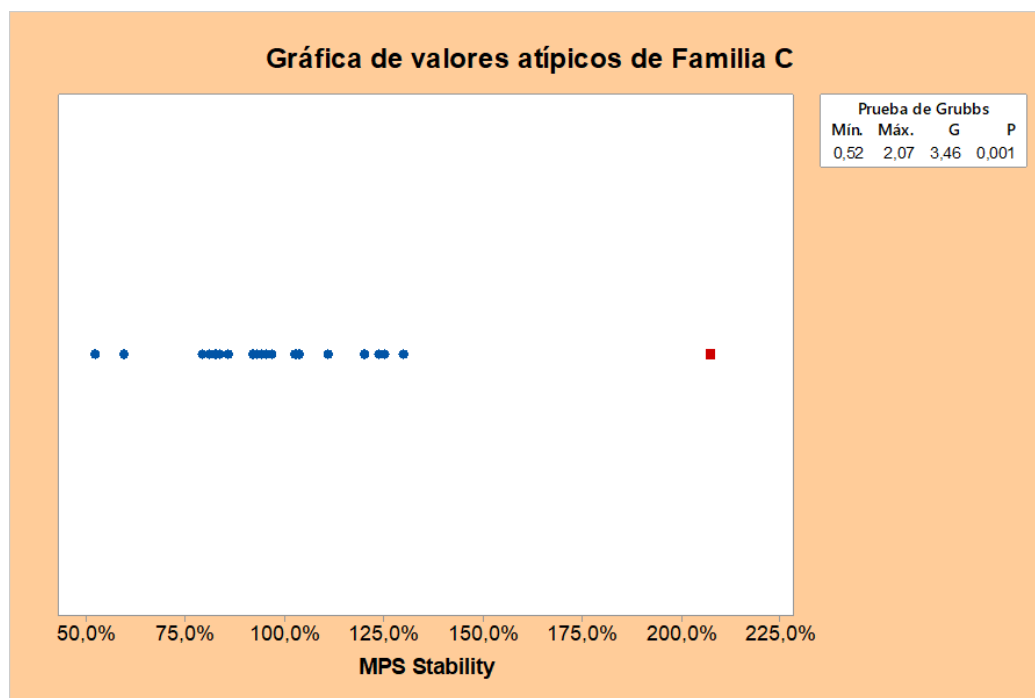
Nota: Gabriela López

Figura 19. Serie de tiempo Familia C



Nota: Gabriela López

Figura 20. Valores atípicos Familia C



Nota: Gabriela López

Tabla 7. MPS Stability Familia D

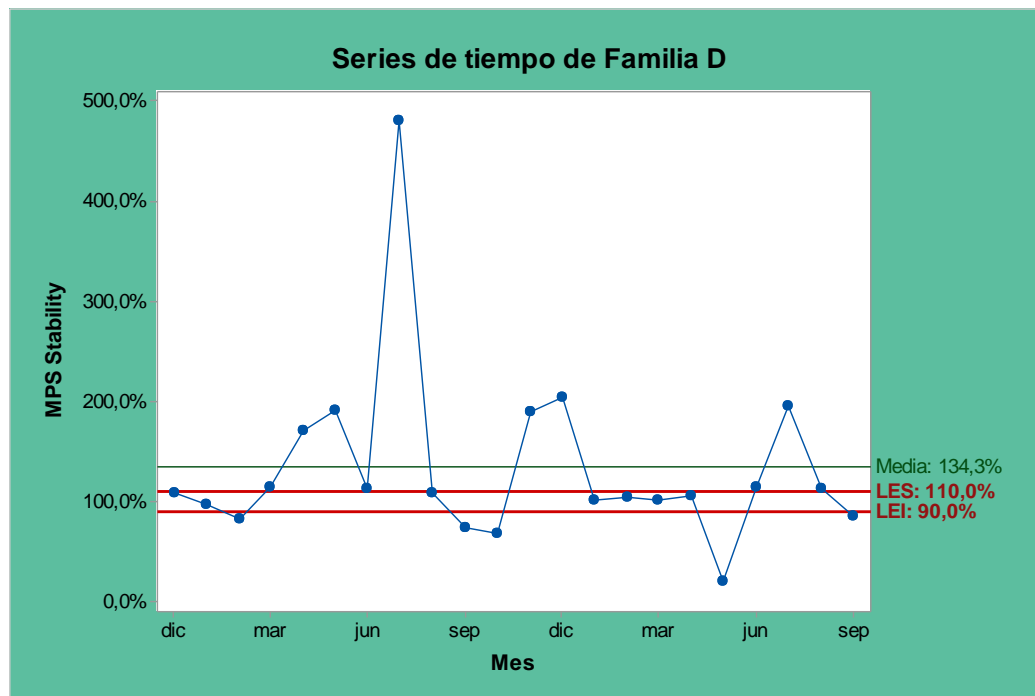
Familia D						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	109,7%	14187	15567	15606	12768	0
ene-17	98,3%	8220	8080	9042	7398	0
feb-17	82,7%	6996	5784	7696	6296	512
mar-17	114,3%	8568	9796	9425	7711	371
abr-17	171,5%	2628	4506	2891	2365	1615
may-17	191,9%	2816	5404	3098	2534	2306
jun-17	113,2%	2126	2406	2339	1913	67
jul-17	479,9%	1744	8369	1918	1570	6451
ago-17	108,5%	1744	1893	1918	1570	0
sep-17	74,3%	12220	9074	13442	10998	1924
oct-17	69,2%	5774	3996	6351	5197	1201
nov-17	190,8%	4566	8712	5023	4109	3689
dic-17	204,5%	5202	10640	5722	4682	4918
ene-18	102,7%	880	904	968	792	0
feb-18	105,2%	2010	2114	2211	1809	0
mar-18	102,0%	812	828	893	731	0
abr-18	106,0%	3654	3874	4019	3289	0
may-18	21,2%	7558	1604	8314	6802	5198
jun-18	115,6%	11448	13232	12593	10303	639
jul-18	195,5%	4974	9726	5471	4477	4255
ago-18	112,9%	5664	6392	6230	5098	162
sep-18	85,8%	13549	11621	14904	12194	574
oct-18	182,4%	1224	2232	1346	1102	886
nov-18	31,0%	3616	1120	3978	3254	2134
Totales		130436	139505			30452

Nota: Gabriela López

La familia D presenta una tendencia a producir mayor cantidad que lo planeado ya que 11 de los 17 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación superior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 30452 de 139505 representando un 21.83% de producto en incumplimiento.

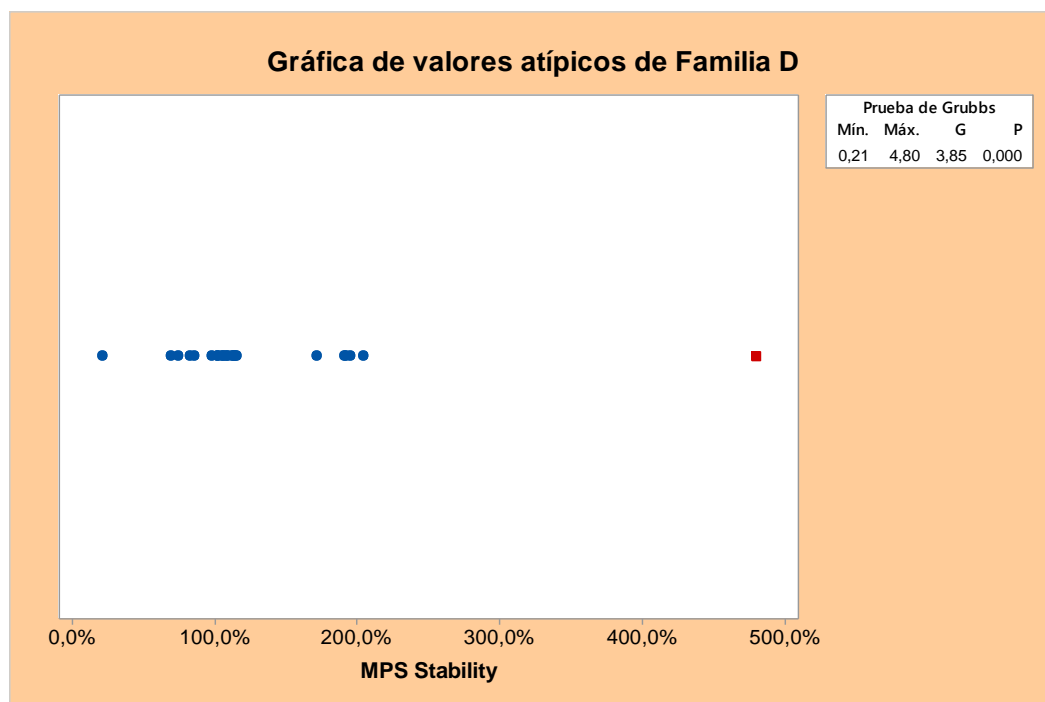
En la Figura 21. Serie de tiempo Familia D se puede observar que la media se aleja del valor objetivo por el límite superior y que existe un dato atípico en julio del 2017 (Figura 20. Valores atípicos Familia C) cuyo comentario se refiere a un aumento de inventarios de producto terminado, decisión tomada por gerencia.

Figura 21. Serie de tiempo Familia D



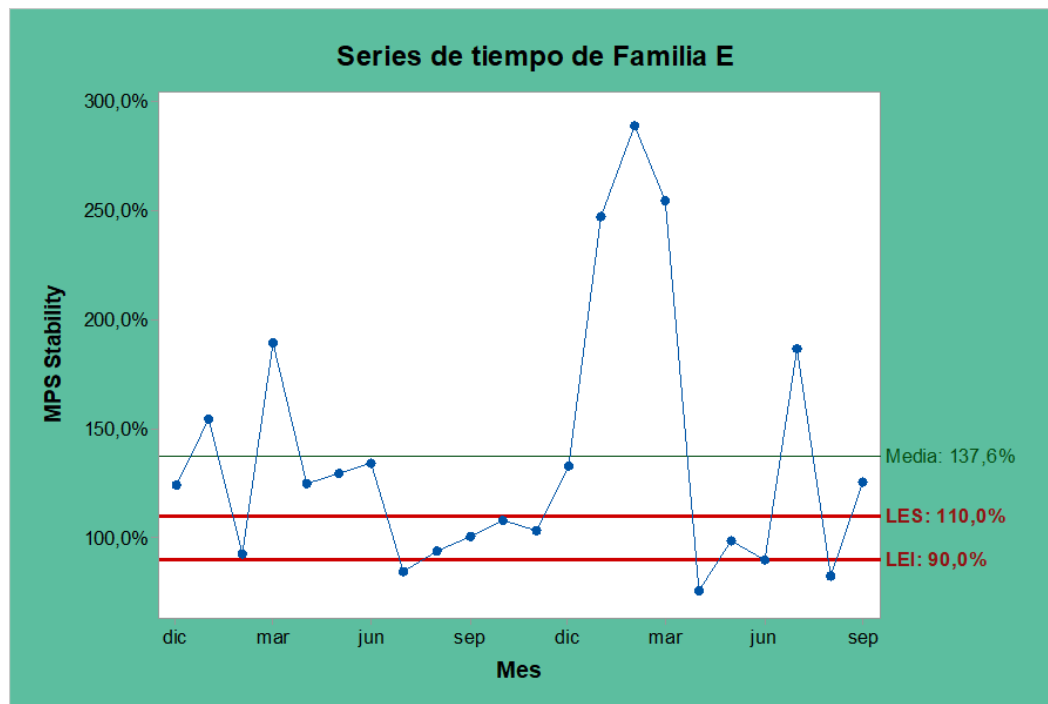
Nota: Gabriela López

Figura 22. Valores atípicos Familia D



Nota: Gabriela López

Figura 23. Serie de tiempo Familia E



Nota: Gabriela López

La familia E presenta una tendencia a producir mayor cantidad que lo planeado ya que 13 de los 16 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación superior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 6830 de 48580 representando un 14.06% de producto en incumplimiento.

En la Figura 23. Serie de tiempo Familia E se muestra que la mayoría de los puntos se encuentran sobre el límite de especificación superior y que la media no se encuentra dentro del objetivo. Existen puntos altos en enero, febrero y marzo del 2018 por errores de pronóstico y cambio de prioridades provocados por decisiones de gerencia.

Tabla 8. MPS Stability Familia E

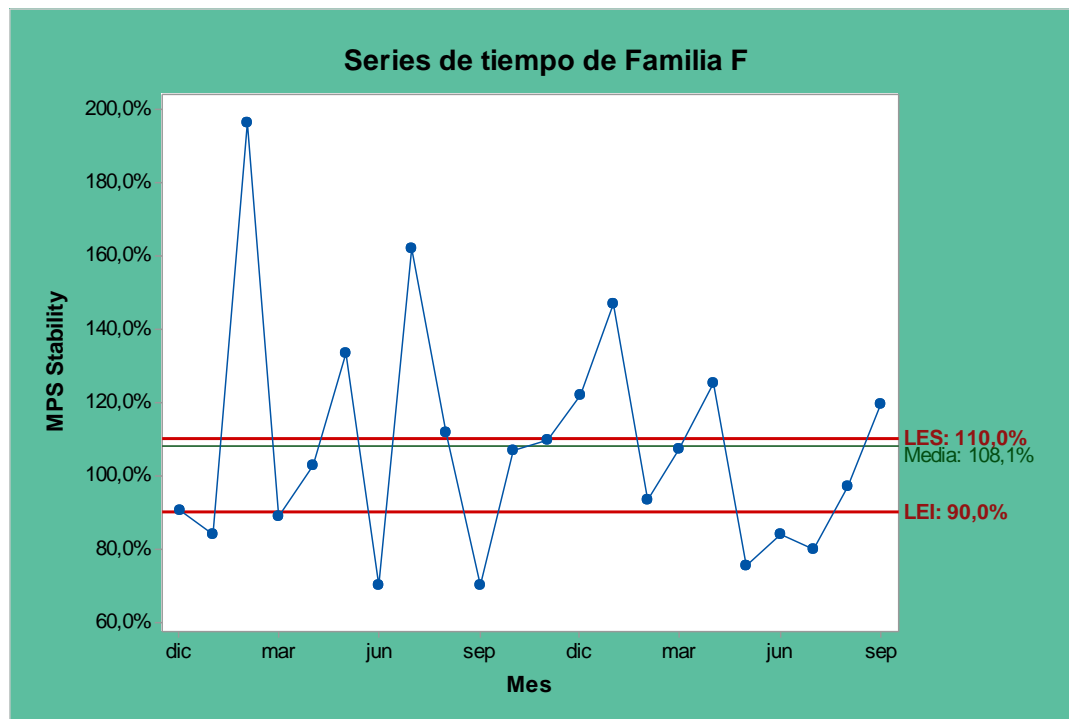
Familia E						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	124,5%	1983	2468	2181	1785	287
ene-17	154,9%	1372	2125	1509	1235	616
feb-17	92,8%	2817	2615	3099	2536	0
mar-17	189,3%	463	877	510	417	367
abr-17	124,9%	664	829	730	597	99
may-17	129,9%	1812	2353	1993	1631	360
jun-17	134,6%	1441	1939	1585	1297	354
jul-17	84,8%	2452	2080	2698	2207	127
ago-17	94,3%	3533	3333	3887	3180	0
sep-17	101,1%	2592	2621	2851	2333	0
oct-17	108,4%	1445	1566	1589	1300	0
nov-17	103,5%	2005	2076	2206	1805	0
dic-17	133,1%	1174	1563	1292	1057	272
ene-18	246,9%	254	626	279	228	347
feb-18	288,9%	613	1771	674	552	1096
mar-18	254,6%	1188	3025	1307	1069	1718
abr-18	76,2%	3424	2610	3767	3082	472
may-18	99,0%	3577	3540	3934	3219	0
jun-18	90,1%	3401	3063	3741	3061	0
jul-18	186,9%	474	886	521	427	365
ago-18	82,9%	2065	1712	2272	1859	146
sep-18	126,0%	858	1082	944	772	138
oct-18	116,6%	1021	1190	1123	919	67
nov-18	101,0%	2602	2629	2862	2342	0
Totales		43232	48580			6830

Nota: Gabriela López

La familia F presenta una tendencia a producir mayor cantidad que lo planeado ya que 9 de los 16 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación superior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 52070 de 581620 representando un 8.95% de producto en incumplimiento.

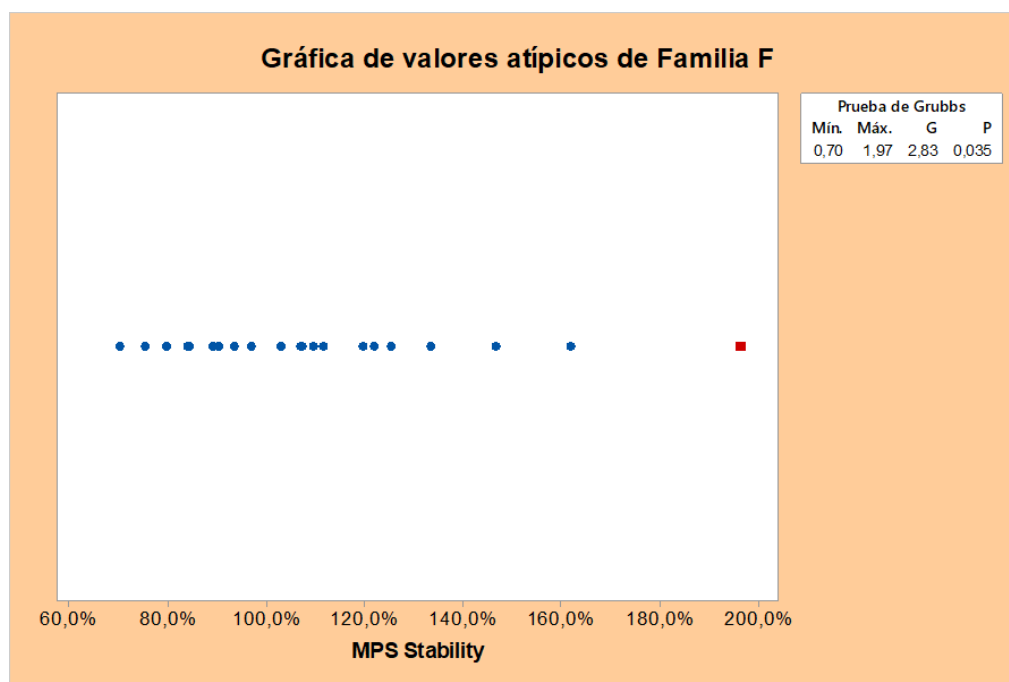
La media de los datos del MPS Stability se encuentra dentro de especificación en el gráfico de la Figura 24. Serie de tiempo Familia F sin embargo, demuestra que existe sobreproducción, especialmente en febrero y julio del 2017, como datos atípicos dados por la Figura 25. Valores atípicos Familia F, los cuales el analista los ha justificado por error de pronóstico.

Figura 24. Serie de tiempo Familia F



Nota: Gabriela López

Figura 25. Valores atípicos Familia F



Nota: Gabriela López

Tabla 9. MPS Stability Familia F

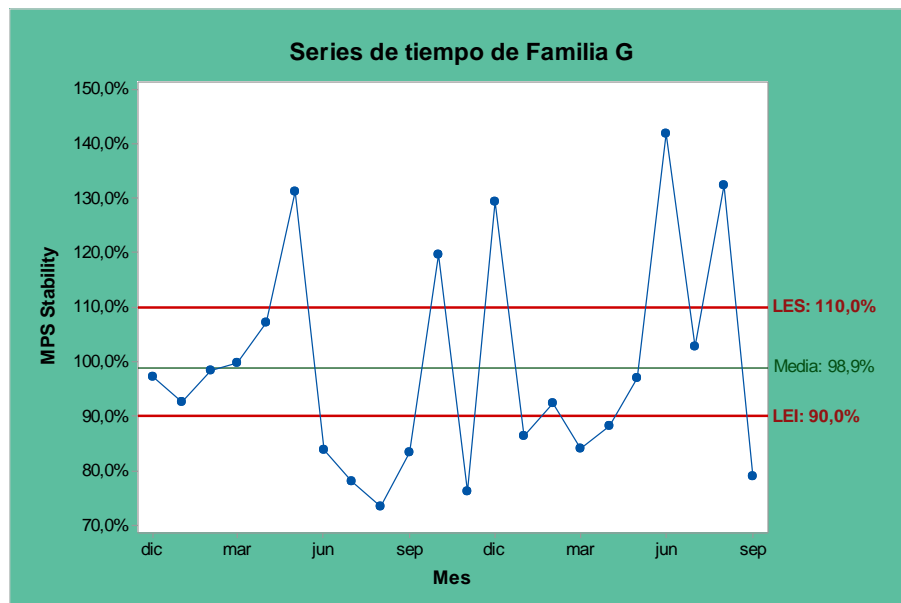
Familia F						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	90,4%	34280	31005	37708	30852	0
ene-17	83,9%	23020	19310	25322	20718	1408
feb-17	196,5%	11663	22918	12829	10497	10089
mar-17	89,1%	35941	32011	39535	32347	336
abr-17	102,9%	25598	26348	28158	23038	0
may-17	133,5%	24109	32196	26520	21698	5676
jun-17	70,1%	33781	23691	37159	30403	6712
jul-17	162,2%	19482	31592	21430	17534	10162
ago-17	111,7%	21990	24560	24189	19791	371
sep-17	70,1%	32664	22910	35930	29398	6488
oct-17	107,0%	40679	43536	44747	36611	0
nov-17	109,7%	16416	18009	18058	14774	0
dic-17	121,9%	8692	10596	9561	7822	1035
ene-18	146,8%	17735	26037	19509	15962	6529
feb-18	93,6%	23654	22141	26019	21289	0
mar-18	107,3%	36699	39381	40369	33029	0
abr-18	125,3%	11828	14822	13011	10645	1811
may-18	75,4%	15452	11656	16997	13907	2251
jun-18	84,1%	31765	26719	34942	28589	1870
jul-18	79,7%	27066	21580	29773	24359	2779
ago-18	96,9%	22146	21460	24361	19931	0
sep-18	119,6%	23010	27526	25311	20709	2215
oct-18	105,6%	26805	28301	29486	24125	0
nov-18	121,2%	21641	26233	23805	19477	2428
Totales		574453	581620			52070

Nota: Gabriela López

La familia G presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 10 de los 16 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 75990 de 832603 representando un 9.13% de producto en incumplimiento.

La media de los datos de la familia G se encuentra cercana al valor objetivo del 100%; esta familia tiene puntos fuera de los límites de especificación por debajo del 90% y por encima del 110%, por lo tanto, se considera que los datos del indicador se compensan y logran la media dentro de especificación. El gráfico donde se puede observar este comportamiento se encuentra en la Figura 26. Serie de tiempo Familia G.

Figura 26. Serie de tiempo Familia G



Nota: Gabriela López

Tabla 10. MPS Stability Familia G

Familia G						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	97,2%	48487	47117	53336	43638	0
ene-17	92,6%	35790	33152	39368	32211	0
feb-17	98,5%	25287	24896	27816	22758	0
mar-17	99,8%	39251	39182	43176	35325	0
abr-17	107,3%	33341	35790	36675	30006	0
may-17	131,3%	21212	27844	23333	19091	4511
jun-17	84,0%	57966	48666	63762	52169	3503
jul-17	78,1%	32219	25164	35441	28997	3833
ago-17	73,5%	67129	49318	73842	60416	11099
sep-17	83,3%	49852	41536	54837	44867	3331
oct-17	119,7%	28391	33979	31230	25552	2749
nov-17	76,3%	47813	36481	52594	43032	6551
dic-17	129,4%	26480	34272	29128	23832	5144
ene-18	86,4%	25312	21873	27843	22781	908
feb-18	92,4%	43470	40183	47817	39123	0
mar-18	84,2%	21691	18254	23860	19522	1268
abr-18	88,2%	26296	23203	28925	23666	463
may-18	97,0%	31013	30092	34114	27911	0
jun-18	141,9%	35797	50798	39376	32217	11422
jul-18	102,8%	31833	32715	35016	28650	0
ago-18	132,4%	18834	24938	20717	16950	4221
sep-18	79,1%	40488	32030	44536	36439	4409
oct-18	69,2%	46051	31889	50656	41446	9557
nov-18	117,2%	42010	49233	46211	37809	3022
Totales		876009	832603			75990

Nota: Gabriela López

Tabla 11. MPS Stability Familia H

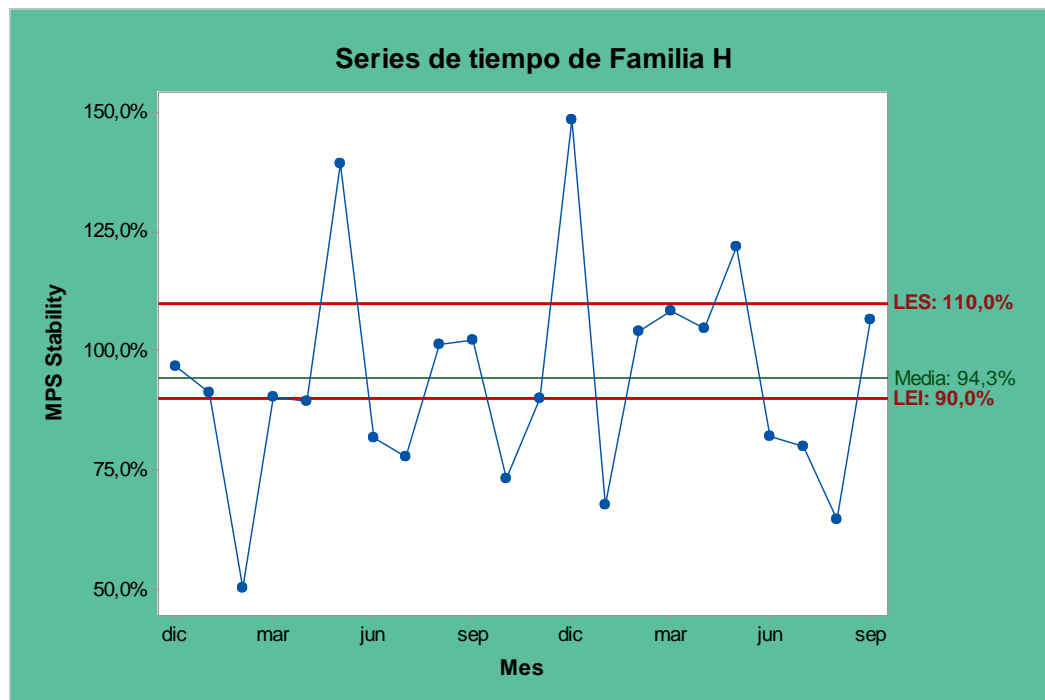
Familia H						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	97,0%	11327	10988	12460	10194	0
ene-17	91,4%	10440	9542	11484	9396	0
feb-17	50,5%	14840	7500	16324	13356	5856
mar-17	90,4%	18314	16556	20145	16483	0
abr-17	89,5%	10584	9476	11642	9526	50
may-17	139,3%	9514	13254	10465	8563	2789
jun-17	81,8%	12142	9937	13356	10928	991
jul-17	77,9%	20541	15997	22595	18487	2490
ago-17	101,5%	19384	19672	21322	17446	0
sep-17	102,5%	10288	10546	11317	9259	0
oct-17	73,4%	5404	3966	5944	4864	898
nov-17	90,2%	22620	20402	24882	20358	0
dic-17	148,4%	6642	9859	7306	5978	2553
ene-18	67,7%	10678	7234	11746	9610	2376
feb-18	104,1%	9554	9948	10509	8599	0
mar-18	108,5%	8382	9092	9220	7544	0
abr-18	104,8%	13482	14130	14830	12134	0
may-18	122,0%	12566	15326	13823	11309	1503
jun-18	82,3%	17110	14078	18821	15399	1321
jul-18	80,0%	14630	11698	16093	13167	1469
ago-18	64,9%	6368	4132	7005	5731	1599
sep-18	106,5%	16672	17762	18339	15005	0
oct-18	81,3%	13446	10934	14791	12101	1167
nov-18	360,7%	2388	8614	2627	2149	5987
Totales		297316	280643			31049

Nota: Gabriela López

La familia H presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 10 de los 14 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 31049 de 280643 representando un 11.06% de producto en incumplimiento.

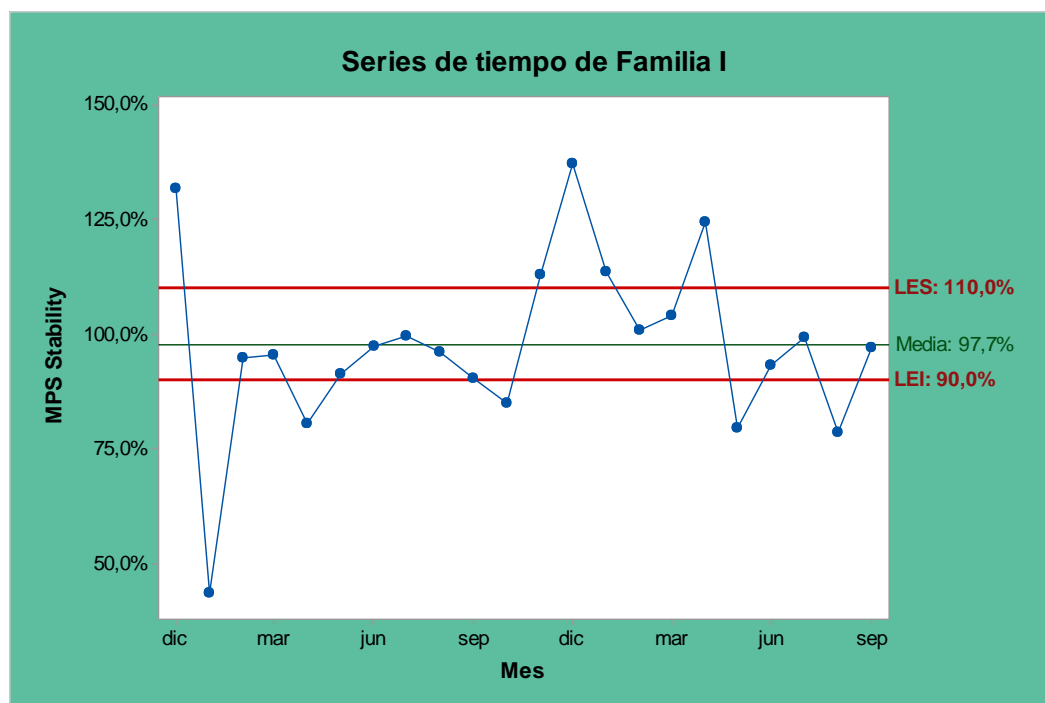
En el gráfico de la Figura 27. Serie de tiempo Familia H se muestran los datos del MPS Stability donde se observa que la mayoría de los puntos se encuentran por debajo del límite inferior de 90% y la media representa este comportamiento ya que es de 94.3%, estando dentro de los límites de especificación.

Figura 27. Serie de tiempo Familia H



Nota: Gabriela López

Figura 28. Serie de tiempo Familia I



Nota: Gabriela López

Tabla 12. MPS Stability Familia I

Familia I						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	131,8%	2571	3389	2828	2314	561
ene-17	43,6%	3375	1470	3712	3037	1567
feb-17	94,8%	3874	3672	4261	3487	0
mar-17	95,5%	5068	4840	5575	4561	0
abr-17	80,6%	1388	1119	1527	1250	130
may-17	91,5%	3861	3533	4247	3475	0
jun-17	97,3%	4559	4438	5015	4103	0
jul-17	99,6%	3972	3957	4369	3575	0
ago-17	96,2%	3462	3331	3808	3116	0
sep-17	90,6%	1653	1498	1818	1488	0
oct-17	85,1%	3910	3327	4301	3519	191
nov-17	113,2%	2240	2536	2464	2016	72
dic-17	137,3%	1832	2515	2015	1649	500
ene-18	113,7%	2147	2442	2361	1932	80
feb-18	100,8%	3208	3235	3529	2888	0
mar-18	104,2%	4418	4604	4859	3976	0
abr-18	124,4%	2838	3530	3122	2555	408
may-18	79,5%	4014	3193	4415	3613	420
jun-18	93,4%	2763	2582	3039	2486	0
jul-18	99,3%	1133	1126	1247	1020	0
ago-18	78,6%	2887	2269	3175	2598	329
sep-18	97,1%	3729	3620	4101	3356	0
oct-18	85,6%	3686	3157	4055	3317	160
nov-18	109,2%	3584	3914	3942	3226	0
Totales		76171	73299			4418

Nota: Gabriela López

La familia I presenta una leve tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 6 de los 11 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 4418 de 73299 representando un 6.03% de producto en incumplimiento.

La media de los datos se encuentra dentro de especificación y esta familia tiene puntos fuera de especificación ya sea por encima del 110% o por debajo del 90%. Existe un dato muy bajo al inicio de la serie de tiempo, en enero del 2017 ya que se produjo menos de lo planeado, sin embargo, no existe comentario por parte del analista del plan maestro de producción para determinar que sucedió en este mes.

Tabla 13. MPS Stability Familia J

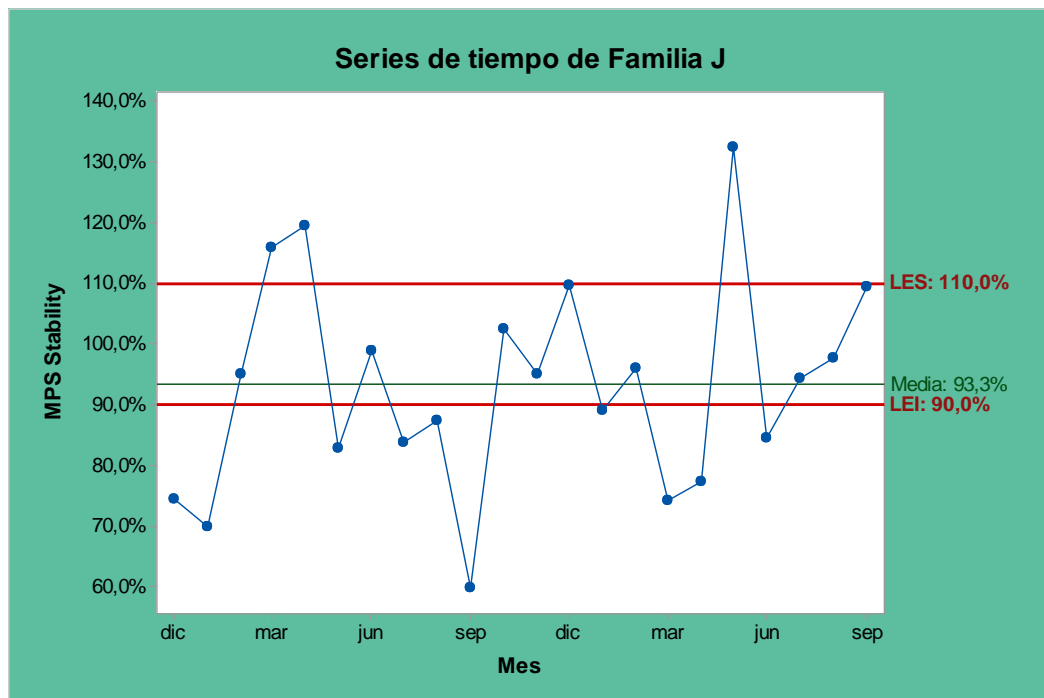
Familia J						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	74,6%	37944	28308	41738	34149	5842
ene-17	70,0%	58504	40929	64354	52653	11725
feb-17	95,2%	37945	36128	41739	34150	0
mar-17	116,0%	30797	35726	33877	27718	1848
abr-17	119,6%	21727	25986	23899	19554	2086
may-17	83,0%	33498	27798	36848	30148	2350
jun-17	98,9%	58451	57828	64296	52606	0
jul-17	83,8%	31580	26462	34738	28422	1961
ago-17	87,4%	50579	44228	55637	45521	1293
sep-17	59,9%	48193	28873	53012	43374	14501
oct-17	102,7%	33040	33920	36344	29736	0
nov-17	95,2%	28202	26836	31022	25382	0
dic-17	109,8%	18837	20679	20720	16953	0
ene-18	89,1%	49597	44177	54557	44637	461
feb-18	96,1%	42050	40399	46255	37845	0
mar-18	74,3%	36426	27075	40068	32783	5708
abr-18	77,4%	45011	34824	49512	40510	5686
may-18	132,6%	42727	56642	47000	38454	9642
jun-18	84,6%	75103	63509	82613	67592	4084
jul-18	94,3%	46800	44142	51480	42120	0
ago-18	97,9%	23792	23285	26171	21413	0
sep-18	109,5%	44318	48540	48750	39886	0
oct-18	97,0%	39972	38781	43969	35975	0
nov-18	119,7%	19902	23825	21892	17912	1933
Totales		954994	878898			69119

Nota: Gabriela López

La familia J presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 10 de los 14 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 69119 de 878898 representando un 7.86% de producto en incumplimiento.

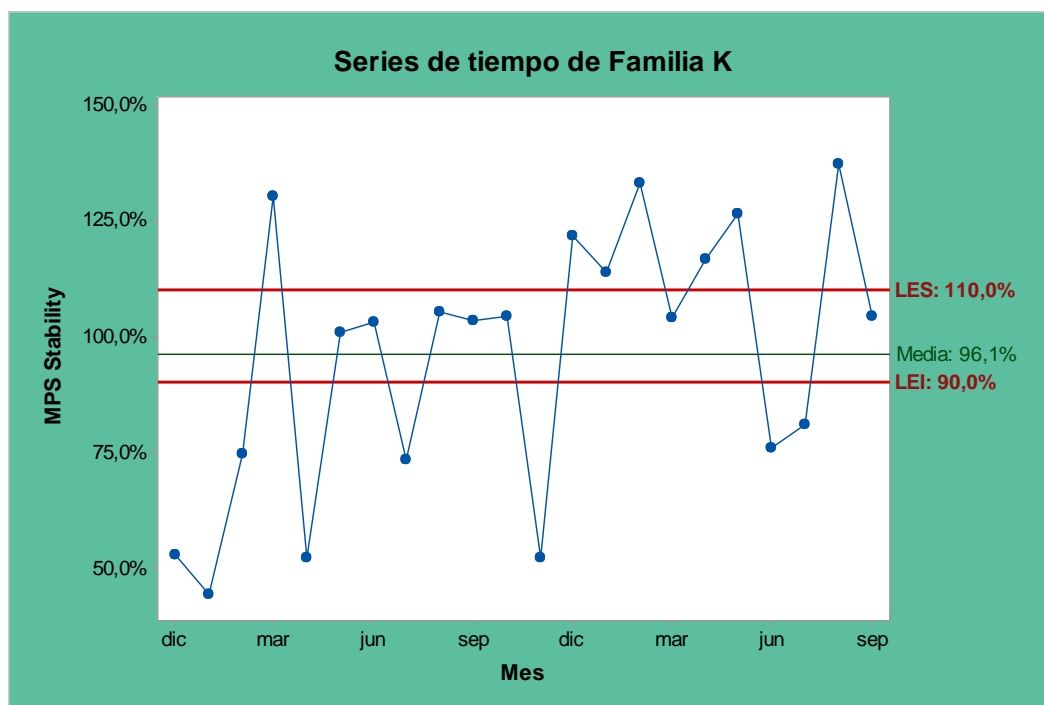
Los puntos fuera de especificación en el gráfico de la Figura 29. Serie de tiempo Familia J se encuentran por debajo del 90% y la media se coloca dentro de especificación en 93.3%, sin embargo, demuestra la tendencia de la familia a que se produce menor volumen que el planeado.

Figura 29. Serie de tiempo Familia J



Nota: Gabriela López

Figura 30. Serie de tiempo Familia K



Nota: Gabriela López

Tabla 14. MPS Stability Familia K

Familia K						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	53,0%	2759	1462	3034	2483	1021
ene-17	44,3%	4740	2101	5214	4266	2166
feb-17	74,6%	5109	3813	5619	4598	785
mar-17	130,3%	2323	3026	2555	2090	471
abr-17	52,2%	3362	1756	3698	3026	1270
may-17	101,1%	3788	3831	4167	3410	0
jun-17	103,1%	2631	2713	2894	2368	0
jul-17	73,5%	2924	2149	3217	2632	483
ago-17	105,5%	2742	2892	3016	2467	0
sep-17	103,5%	4866	5035	5353	4380	0
oct-17	104,4%	3229	3372	3552	2906	0
nov-17	52,3%	2987	1563	3286	2688	1125
dic-17	122,0%	957	1168	1053	862	114
ene-18	114,0%	1192	1359	1311	1072	48
feb-18	133,1%	3537	4707	3891	3184	816
mar-18	104,1%	1952	2032	2147	1756	0
abr-18	116,7%	1822	2125	2004	1639	122
may-18	126,5%	2075	2625	2283	1868	343
jun-18	76,1%	7173	5456	7891	6456	1000
jul-18	81,2%	5726	4649	6298	5153	504
ago-18	137,4%	3157	4337	3472	2841	865
sep-18	104,5%	3774	3946	4152	3397	0
oct-18	133,4%	2102	2803	2312	1892	491
nov-18	135,9%	3045	4137	3350	2741	788
Totales		77971	73055			12411

Nota: Gabriela López

La familia K presenta una tendencia a producir mayor cantidad que lo planeado ya que 9 de los 17 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación superior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 12411 de 73055 representando un 16.99% de producto en incumplimiento.

Esta familia muestra un comportamiento de menor producción que lo planeado en el 2017, sin embargo, en el 2018 se produce el efecto contrario, ya que los puntos salen por el límite superior. La media se posiciona en 96.1%, dentro de especificación, sin embargo, muestra tendencia a la baja. Estos datos se evidencian en el gráfico de la Figura 30. Serie de tiempo Familia K.

Tabla 15. MPS Stability Familia L

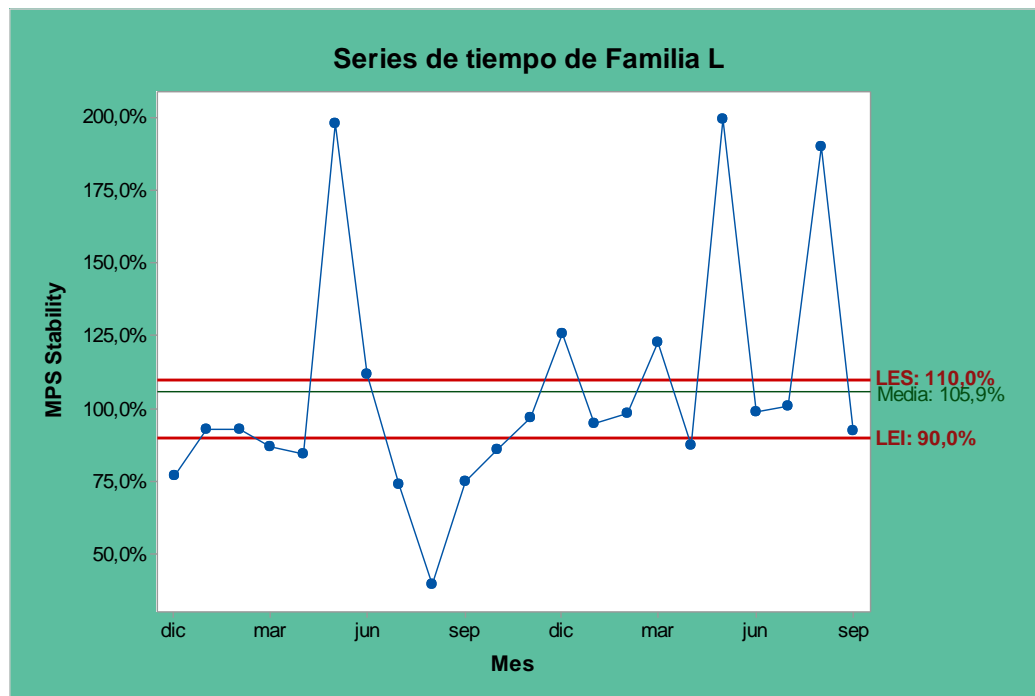
Familia L						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	77,4%	11382	8806	12520	10244	1438
ene-17	93,3%	9835	9175	10819	8852	0
feb-17	92,9%	11800	10964	12980	10620	0
mar-17	87,2%	15915	13872	17507	14324	452
abr-17	84,4%	13527	11416	14880	12174	758
may-17	198,3%	4948	9810	5443	4453	4367
jun-17	112,0%	29319	32836	32251	26387	585
jul-17	74,4%	23804	17711	26184	21424	3713
ago-17	40,0%	27037	10811	29741	24333	13523
sep-17	75,1%	52220	39223	57442	46998	7775
oct-17	86,1%	47366	40785	52103	42629	1845
nov-17	96,9%	30396	29465	33435	27356	0
dic-17	125,8%	26275	33063	28903	23648	4161
ene-18	95,2%	23176	22053	25494	20858	0
feb-18	98,4%	34015	33456	37416	30613	0
mar-18	122,9%	21839	26846	24023	19655	2823
abr-18	87,6%	28554	25004	31409	25699	694
may-18	199,4%	19119	38124	21030	17207	17094
jun-18	99,0%	57406	56824	63147	51665	0
jul-18	101,0%	61117	61714	67228	55005	0
ago-18	190,2%	21281	40470	23409	19153	17061
sep-18	92,5%	27974	25886	30771	25176	0
oct-18	96,8%	42327	40970	46560	38094	0
nov-18	113,1%	23107	26132	25418	20796	714
Totales		663737	665413			77002

Nota: Gabriela López

La familia L presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 8 de los 15 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 77002 de 665413 representando un 11.57% de producto en incumplimiento.

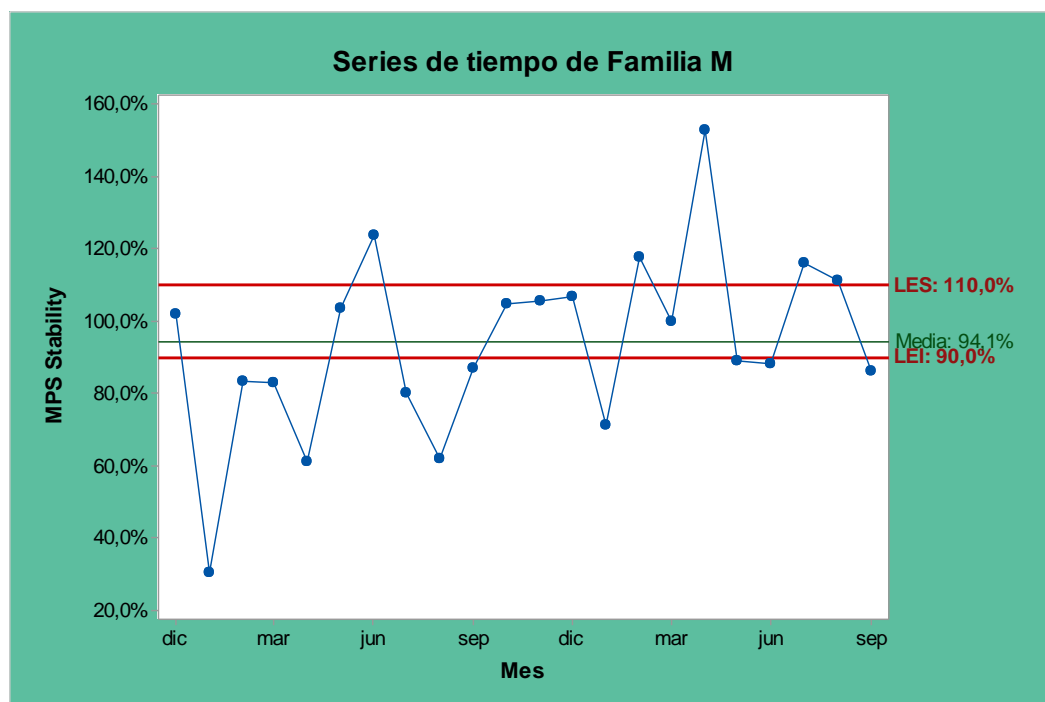
El gráfico de serie de tiempo de la familia L presenta 3 grandes picos de sobreproducción en mayo del 2017 y 2018, y en agosto del 2018 por adelantos de manufactura (decisión de gerencia) y por error de pronóstico. En la Figura 31. Serie de tiempo Familia L se nota que en el 2017 la mayoría de puntos fuera de especificación se encuentran por debajo del 90%, sin embargo, en el 2018, la situación cambia y existe sobreproducción. La media se mantiene dentro de especificación con 105.9%.

Figura 31. Serie de tiempo Familia L



Nota: Gabriela López

Figura 32. Serie de tiempo Familia M



Nota: Gabriela López

Tabla 16. MPS Stability Familia M

Familia M						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	102,0%	12071	12317	13278	10864	0
ene-17	30,4%	10295	3126	11325	9266	6140
feb-17	83,7%	21165	17708	23282	19049	1341
mar-17	83,3%	19142	15954	21056	17228	1274
abr-17	61,1%	9083	5546	9991	8175	2629
may-17	103,7%	10254	10635	11279	9229	0
jun-17	124,2%	16034	19913	17637	14431	2276
jul-17	80,3%	17145	13771	18860	15431	1660
ago-17	62,1%	8535	5298	9389	7682	2384
sep-17	87,2%	20649	18003	22714	18584	581
oct-17	104,9%	4307	4517	4738	3876	0
nov-17	106,0%	8570	9080	9427	7713	0
dic-17	107,0%	4805	5140	5286	4325	0
ene-18	71,5%	12523	8955	13775	11271	2316
feb-18	117,9%	13193	15551	14512	11874	1039
mar-18	100,1%	9450	9457	10395	8505	0
abr-18	153,0%	8929	13661	9822	8036	3839
may-18	89,2%	17921	15991	19713	16129	138
jun-18	88,5%	10037	8883	11041	9033	150
jul-18	116,5%	7654	8915	8419	6889	496
ago-18	111,4%	10936	12182	12030	9842	152
sep-18	86,5%	16370	14162	18007	14733	571
oct-18	97,5%	8570	8354	9427	7713	0
nov-18	124,1%	11380	14127	12518	10242	1609
Totales		289018	271246			28592

Nota: Gabriela López

La familia M presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 11 de los 17 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 28592 de 271246 representando un 10.54% de producto en incumplimiento.

En la familia M sucede el mismo efecto que las dos pasadas familias, en el 2017 el indicador MPS Stability sale por el límite inferior, pero en el 2018 los puntos se encuentran por encima del límite superior. La media de los datos se encuentra dentro de especificación y muestra una tendencia a la baja con 94.1%, esto se puede comprobar en el gráfico de la Figura 32. Serie de tiempo Familia M. Existe un dato bajo en enero del 2017 que se justifica con los comentarios del analista del plan maestro de producción con falta de ingredientes para producir.

Tabla 17. MPS Stability Familia N

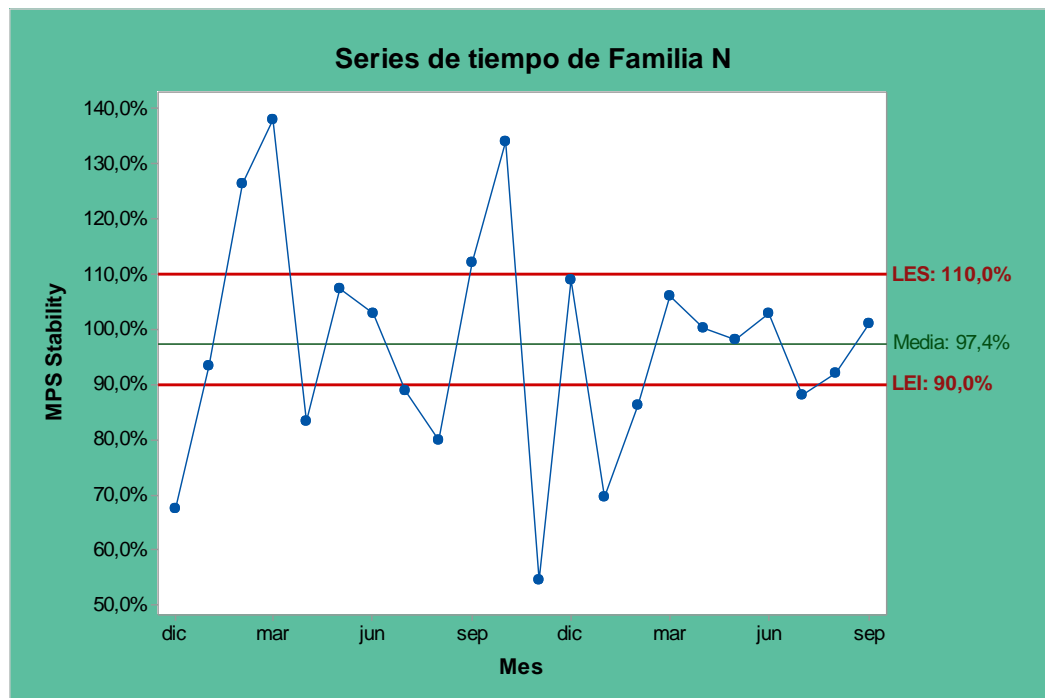
Familia N						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	67,7%	12722	8607	13994	11450	2842
ene-17	93,3%	22420	20917	24662	20178	0
feb-17	126,5%	13287	16804	14616	11959	2188
mar-17	138,0%	10618	14648	11679	9556	2969
abr-17	83,3%	13062	10885	14368	11756	870
may-17	107,4%	17396	18680	19136	15656	0
jun-17	102,9%	22437	23089	24681	20194	0
jul-17	88,9%	12841	11415	14125	11557	142
ago-17	79,9%	20386	16283	22425	18348	2065
sep-17	112,2%	15492	17382	17041	13943	341
oct-17	133,9%	15553	20831	17108	13998	3722
nov-17	54,7%	13382	7314	14720	12044	4729
dic-17	109,0%	15380	16757	16918	13842	0
ene-18	69,7%	16978	11839	18675	15280	3441
feb-18	86,4%	21504	18581	23655	19354	773
mar-18	106,0%	24014	25459	26416	21613	0
abr-18	100,3%	13190	13228	14510	11871	0
may-18	98,2%	16362	16063	17998	14726	0
jun-18	102,9%	24505	25216	26956	22055	0
jul-18	88,0%	21727	19130	23899	19554	424
ago-18	92,2%	9280	8558	10208	8352	0
sep-18	101,1%	24054	24325	26459	21649	0
oct-18	82,5%	23863	19682	26249	21477	1795
nov-18	109,4%	17563	19218	19319	15807	0
Totales		418016	404912			26301

Nota: Gabriela López

La familia N presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 9 de los 13 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 26301 de 404912 representando un 6.50% de producto en incumplimiento.

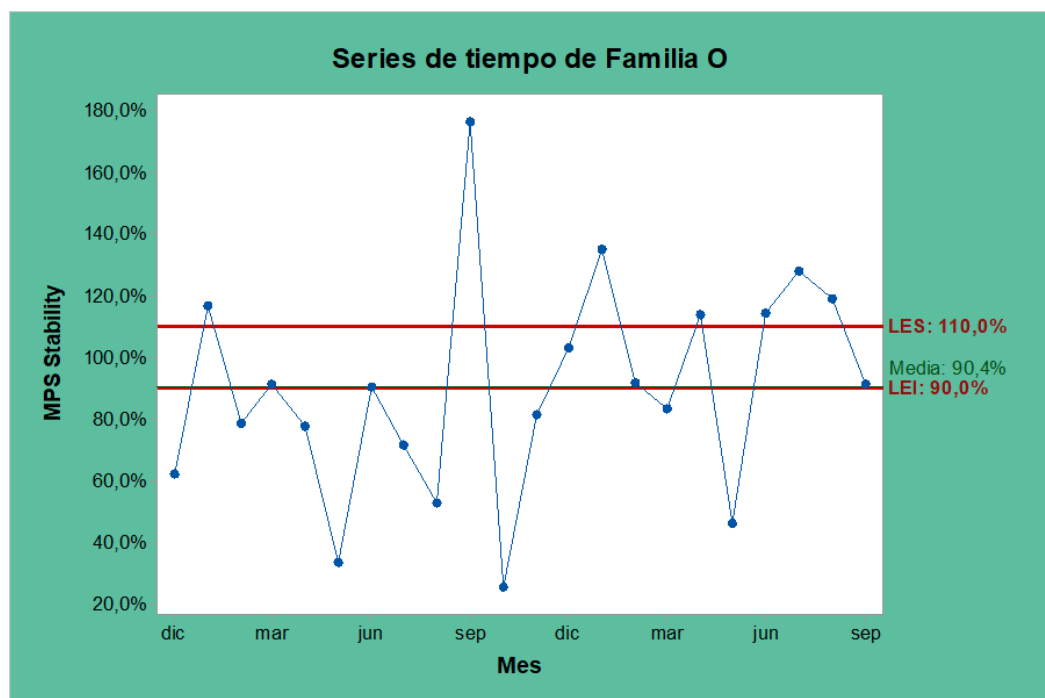
En el gráfico de la Figura 33. Serie de tiempo Familia N se puede notar que la familia ha mejorado su cumplimiento en los últimos meses, ya que el indicador se encuentra controlado dentro de límites de especificación. Asimismo, la media de los datos se encuentra cercana al valor objetivo del 100%. El punto bajo del noviembre del 2017 se investiga y se encuentra que no ha sido posible producir por falta de ingrediente.

Figura 33. Serie de tiempo Familia N



Nota: Gabriela López

Figura 34. Serie de tiempo Familia O



Nota: Gabriela López

Tabla 18. MPS Stability Familia O

Familia O						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	62,7%	20403	12794	22443	18363	5569
ene-17	116,9%	16115	18846	17727	14504	1120
feb-17	78,8%	17777	14005	19555	15999	1994
mar-17	91,8%	57132	52471	62845	51419	0
abr-17	78,0%	33096	25810	36406	29786	3976
may-17	33,6%	17770	5976	19547	15993	10017
jun-17	90,9%	62076	56404	68284	55868	0
jul-17	71,9%	33550	24120	36905	30195	6075
ago-17	52,9%	44980	23816	49478	40482	16666
sep-17	176,5%	54676	96484	60144	49208	36340
oct-17	26,0%	40748	10575	44823	36673	26099
nov-17	81,7%	29817	24355	32798	26835	2480
dic-17	103,1%	44603	45988	49063	40142	0
ene-18	135,4%	14508	19648	15958	13057	3690
feb-18	91,9%	36763	33791	40439	33087	0
mar-18	83,4%	58286	48626	64114	52457	3831
abr-18	114,0%	32848	37449	36133	29563	1316
may-18	46,3%	32345	14972	35579	29110	14138
jun-18	114,7%	49306	56546	54237	44375	2309
jul-18	128,2%	30716	39364	33788	27644	5576
ago-18	119,5%	28336	33860	31170	25502	2690
sep-18	91,6%	51319	46984	56450	46187	0
oct-18	94,9%	32153	30508	35368	28938	0
nov-18	71,2%	33792	24060	37171	30413	6353
Totales		873112	797449			150239

Nota: Gabriela López

La familia O presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 11 de los 18 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 150239 de 797449 representando un 18.84% de producto en incumplimiento.

En la gráfica de la Figura 34. Serie de tiempo Familia O se encuentra un dato atípico en setiembre del 2017 justificada por el analista del plan maestro de producción con falta de ingredientes. Se puede observar que la mayoría de los puntos fuera de especificación se encuentran por debajo del 90% y que la media de los datos del MPS Stability se encuentra justo en el límite inferior. Este comportamiento se evidencia mejor en el año 2017, ya que en el 2018 se notan puntos de sobreproducción.

Tabla 19. MPS Stability Familia P

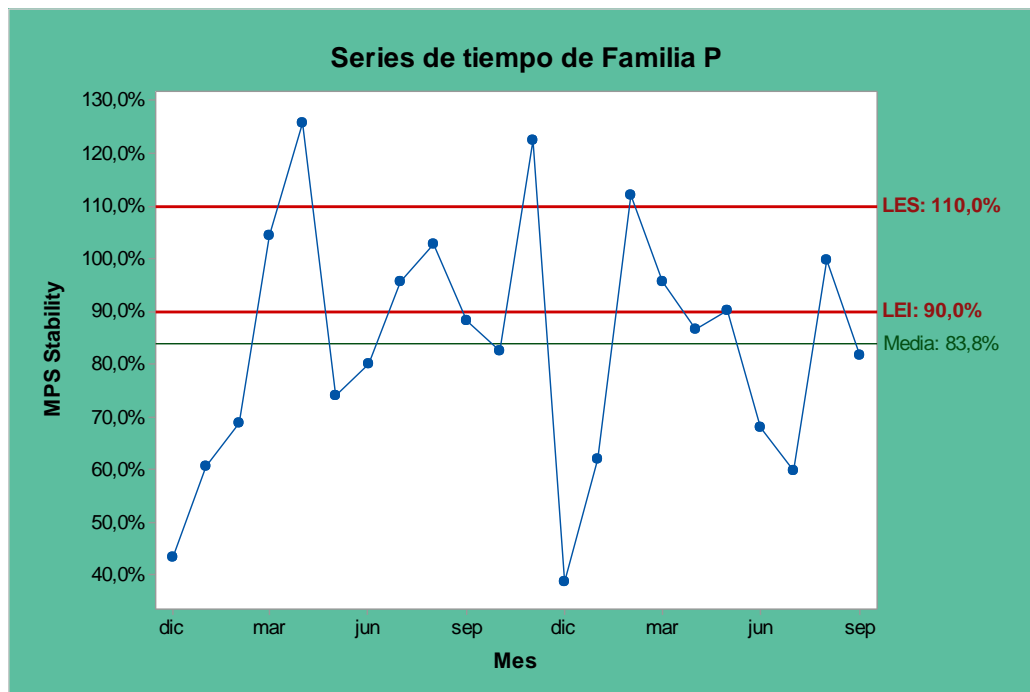
Familia P						
Mes	MPS Stability	Cantidad Planeada	Cantidad Real	LES	LEI	Cantidad Fuera
dic-16	43,4%	11042	4790	12146	9938	5148
ene-17	60,7%	12732	7724	14005	11459	3735
feb-17	68,8%	10172	6998	11189	9155	2157
mar-17	104,4%	11960	12492	13156	10764	0
abr-17	125,7%	3614	4544	3975	3253	569
may-17	74,1%	8064	5978	8870	7258	1280
jun-17	80,1%	12298	9856	13528	11068	1212
jul-17	95,7%	9260	8860	10186	8334	0
ago-17	102,7%	5128	5268	5641	4615	0
sep-17	88,3%	15748	13900	17323	14173	273
oct-17	82,5%	10680	8816	11748	9612	796
nov-17	122,6%	8682	10642	9550	7814	1092
dic-17	38,8%	9786	3800	10765	8807	5007
ene-18	62,2%	17470	10858	19217	15723	4865
feb-18	111,9%	11040	12358	12144	9936	214
mar-18	95,8%	11920	11416	13112	10728	0
abr-18	86,5%	17784	15388	19562	16006	618
may-18	90,2%	11668	10530	12835	10501	0
jun-18	68,1%	25202	17156	27722	22682	5526
jul-18	59,8%	31742	18984	34916	28568	9584
ago-18	99,8%	41936	41872	46130	37742	0
sep-18	81,8%	33806	27660	37187	30425	2765
oct-18	94,6%	10460	9894	11506	9414	0
nov-18	110,0%	19094	21000	21003	17185	-3
Totales		361288	300784			44836

Nota: Gabriela López

La familia P presenta una tendencia a producir menor cantidad que lo planeado ya que 13 de los 17 meses que el indicador no cumple es por el límite de especificación inferior. El total de unidades que están fuera de especificación es de 44836 de 300784 representando un 14.91% de producto en incumplimiento.

Los puntos fuera de la familia P se encuentran por debajo del 90%, resultando en una media de 83.8% fuera de los límites de especificación, esto sucede a lo largo de toda la serie de tiempo estudiada. El comportamiento descrito se encuentra en el gráfico de la Figura 35. Serie de tiempo Familia P.

Figura 35. Serie de tiempo Familia P



Nota: Gabriela López

Tabla 20. Resumen incumplimiento de familia

Familia	% Incump
D	21,83%
O	18,84%
K	16,99%
P	14,91%
E	14,06%
L	11,57%
H	11,06%
M	10,54%
G	9,13%
F	8,95%
C	8,53%
J	7,86%
N	6,50%
I	6,03%
B	4,78%
A	3,66%

Nota: Gabriela López

La tabla de resultados se presenta en la Tabla 20. Resumen incumplimiento de familia, en la cual se ordenan las familias de menor cumplimiento a mayor cumplimiento. Se observa que el menor porcentaje de incumplimiento lo obtiene la familia A con 3.66% y el mayor lo tiene la familia D con un 21.83%. Esto evidencia el problema que existe con la diferencia entre las cantidades planeadas de producto con las cantidades producidas de todas las familias de producto.

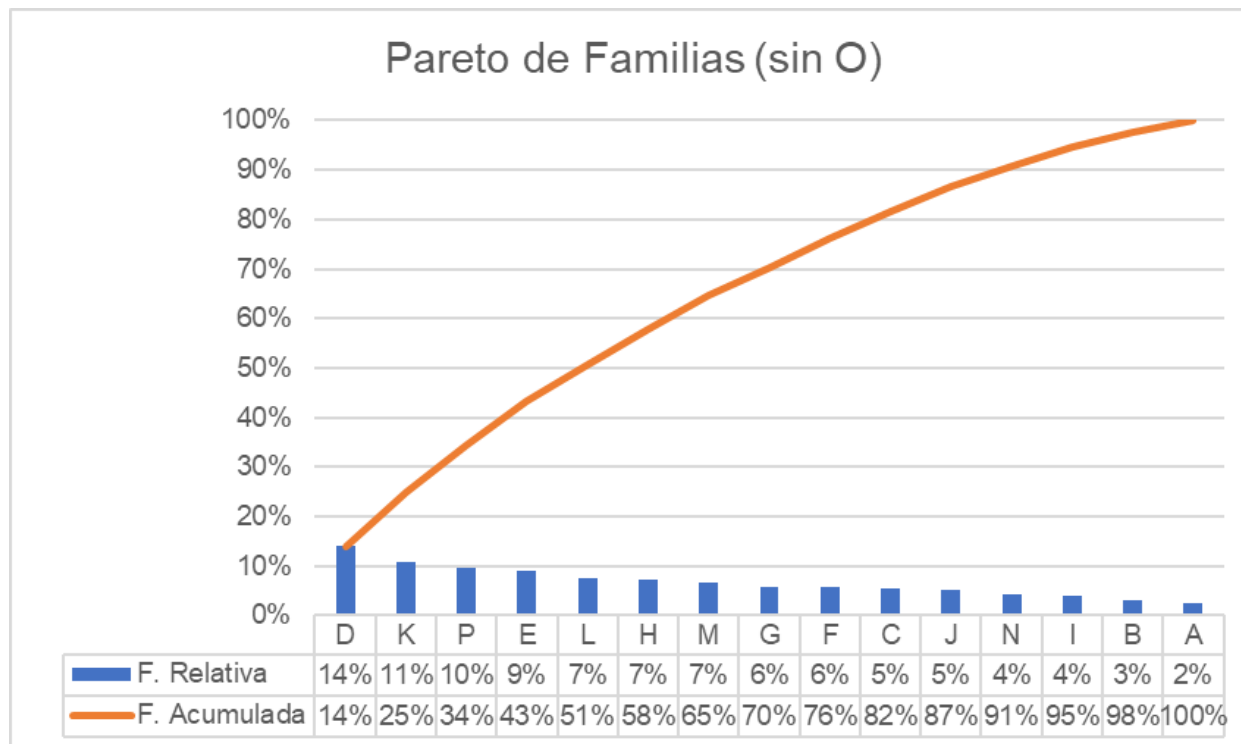
La familia O ha sufrido reformulaciones que han provocado que no se cumpla con el plan maestro de producción, por lo tanto, se saca del estudio para evitar ‘ruido’ en los datos. Con la información de la Tabla 21. Frecuencias Incumplimiento se crea el diagrama de Pareto de la Figura 36. Pareto de Familias, en el cual se observa que el 20% lo conforman las familias D y K siendo las de menor cumplimiento con los límites de especificación.

Tabla 21. Frecuencias Incumplimiento

Familia	% Incump	F. Relativa	F. Acumulada
D	21,83%	13,96%	13,96%
K	16,99%	10,86%	24,82%
P	14,91%	9,53%	34,35%
E	14,06%	8,99%	43,34%
L	11,57%	7,40%	50,74%
H	11,06%	7,07%	57,82%
M	10,54%	6,74%	64,56%
G	9,13%	5,84%	70,39%
F	8,95%	5,72%	76,12%
C	8,53%	5,45%	81,57%
J	7,86%	5,03%	86,60%
N	6,50%	4,15%	90,75%
I	6,03%	3,85%	94,60%
B	4,78%	3,06%	97,66%
A	3,66%	2,34%	100,00%

Nota: Gabriela López

Figura 36. Pareto de Familias



Nota: Gabriela López

Clasificación de causas

Los registros del indicador MPS Stability incluyen notas del analista del plan maestro de producción cuando una familia se ha salido de los límites de especificación, por lo tanto, esos comentarios se clasificaron en causas y se presentan a continuación, junto con una explicación de cada una:

- Pronóstico incorrecto

El pronóstico incorrecto sucede cuando el embotellador no solicita las cantidades exactas pronosticadas por él mismo en el mes, es posible que un embotellador solicite mayor o menor cantidad de producto, de acuerdo con sus necesidades y capacidades de planta.

- Falta de ingredientes

La falta de ingredientes se da cuando no se puede producir un volumen porque hace falta alguno de los ingredientes, los MRP se crean según la demanda pronosticada en SAP, por lo tanto, si varía, no hay los ingredientes correctos para producir una fórmula de concentrado.

- Error de proceso

El error de proceso se refiere a reprocesos en la planta que crean retrasos en otras producciones que están dentro del plan maestro de producción. Los reprocesos pueden ser por lotes rechazados por calidad, por ejemplo, que no tengan la densidad correcta, por lo tanto, se debe realizar de nuevo, empaques y etiquetas incorrectas o dañadas o procesos de extensión de vida útil.

- Adelanto de manufactura

Los adelantos de manufactura se realizan por decisiones de gerencia por productividad de planta, con el objetivo de crear volumen para el siguiente mes y aprovechar la disponibilidad de máquinas.

- Capacidad

Los problemas de capacidad se refieren a situaciones donde la orden de venta es de pequeñas cantidades y producción decide realizar un lote completo por tema de productividad, por lo tanto, se realiza más producto del que se necesita. Asimismo, sucede que no se realizan ciertos volúmenes que están dentro del plan maestro porque no hay suficiente capacidad en la planta.

- Información tardía

La información de los volúmenes de producción se carga al sistema después del corte del mes, por lo tanto, representa una sobreproducción en el mes siguiente y una subproducción en el presente mes.

- Cambio de fórmula

Las familias de producto pueden sufrir cambios de fórmula provenientes de calidad, o de investigación y desarrollo. Al realizar un cambio de fórmula se deben modificar la demanda para que Compras adquiera los ingredientes correctos para la nueva formulación y que el inventario actual se utilice o se destruya.

- Cambio de prioridades

Son decisiones de gerencia para cambiar las prioridades del plan maestro de producción para cumplir con una orden de venta de un embotellador que sea urgente.

- “Backlog”

Los “backlog” son producciones que no se realizaron en el mes anterior, por lo tanto se deben producir en el mes siguiente. Se crean por falta de capacidad y retrasos en producción.

- Reconfiguración de “kit”

Similar al cambio de fórmula; los “kits” pueden cambiar su presentación y modificar sus partes, lo cual modifica la demanda y consecuentemente, el plan maestro de producción.

- Error de sistema

Los errores de sistema suceden cuando SAP solicita realizar un volumen de producción que en realidad no es necesario, por lo tanto, no se realiza y afecta el MPS Stability.

- Error de planeación

Los errores en el departamento de planeación suceden cuando se comete un error en la carga de información para crear el plan maestro de producción.

- Recálculo MPS

El recálculo del plan maestro de producción se realiza cuando el analista considera que la variación entre lo planeado y lo producido durante el mes es muy alta y es necesario reestructurarlo desde el inicio.

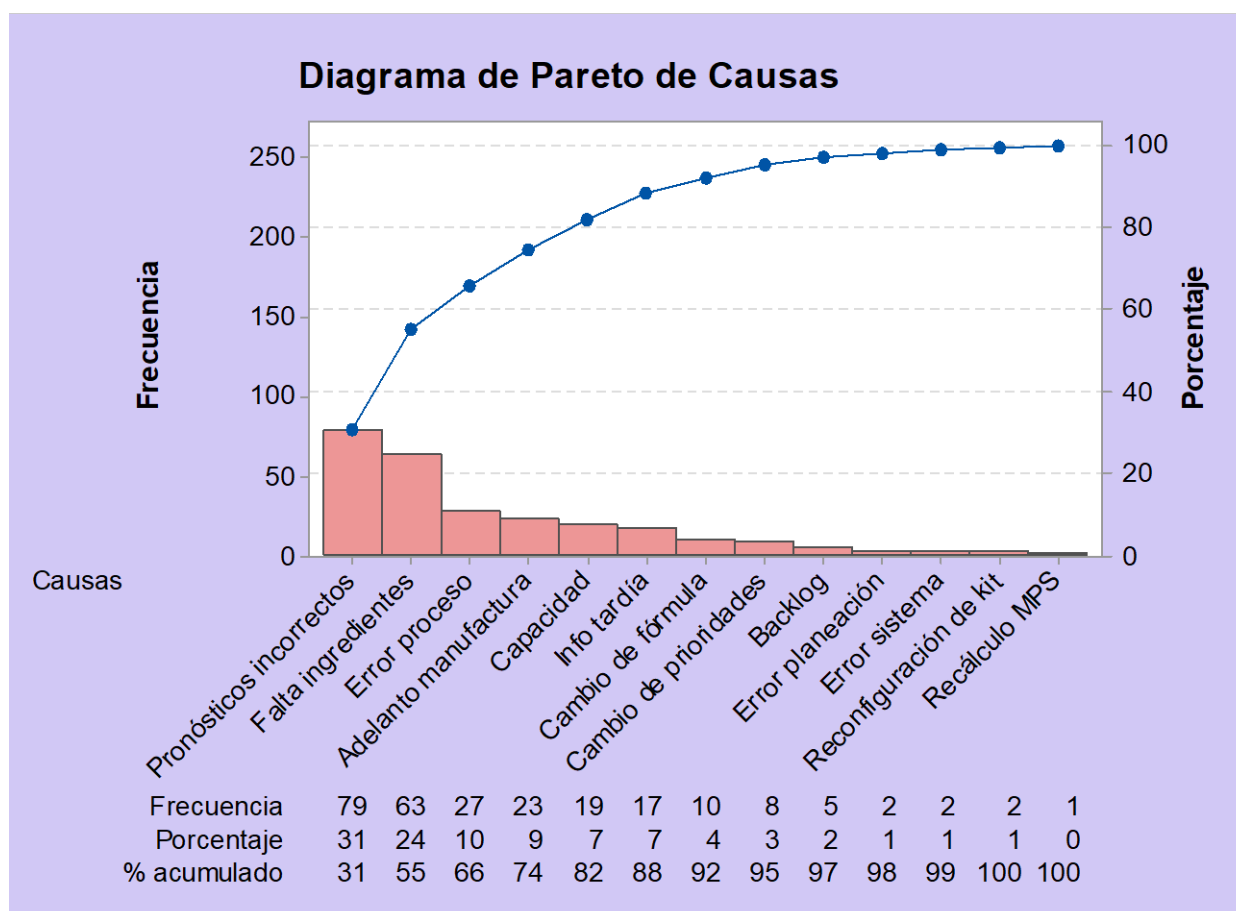
Tabla 22. Frecuencia de causas

Causa	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
Pronostico incorrecto	79	31%	31%
Falta ingredientes	63	24%	55%
Error proceso	27	10%	66%
Adelanto manufactura	23	9%	74%
Capacidad	19	7%	82%
Info tardía	17	7%	88%
Cambio de fórmula	10	4%	92%
Cambio de prioridades	8	3%	95%
Backlog	5	2%	97%
Reconfiguración de kit	2	1%	98%
Error sistema	2	1%	99%
Error planeación	2	1%	100%
Recálculo MPS	1	0%	100%

Nota: Gabriela López

Se realizó una distribución de frecuencias para cada una de las causas en la Tabla 22. Frecuencia de causas de acuerdo con los registros del MPS Stability de Diciembre 2016 a Noviembre 2018. Con esta tabla, se crea el diagrama de Pareto de la Figura 37. Pareto de causas, en el cual se muestra que la causa de los pronósticos incorrectos representa el 31% de las causas totales.

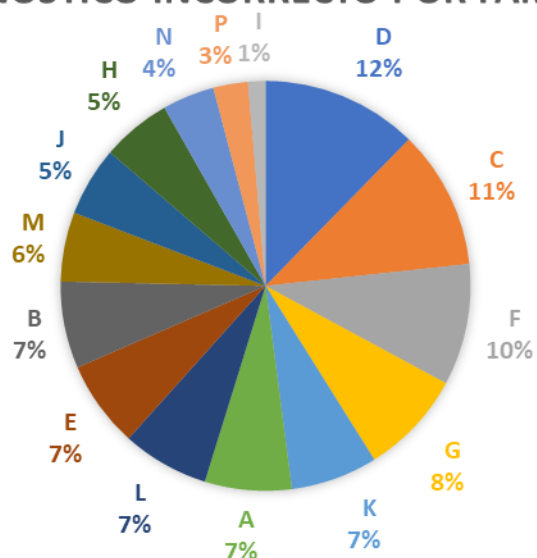
Figura 37. Pareto de causas



Nota: Gabriela López

Se crea el gráfico Figura 38. Pronóstico incorrecto por familia con el objetivo de visualizar las familias afectadas por los pronósticos incorrectos y el porcentaje correspondiente. Se determina que la familia D, siendo la que menor cumple con el plan maestro de producción, es también la que menor cumple con los pronósticos enviados por el embotellador, con un 12%, seguida de la familia C con un 11%. De acuerdo con esta información, se concluye que la exactitud de los pronósticos de la familia D es la variable crítica que se debe estudiar en la etapa de Medir.

Figura 38. Pronóstico incorrecto por familia

PRONÓSTICO INCORRECTO POR FAMILIA

Nota: Gabriela López

Magnitud del problema

En la Tabla 23. Magnitud del problema se muestra el costo promedio semanal de mantener el inventario extra (más del requerido por la demanda real) y el costo del inventario que ha tenido que ser destruido durante el 2018. Por razones de confidencialidad de la empresa, los costos han sido convertidos.

Tabla 23. Magnitud del problema

Producto	Costo Inventario	Destrucción
D1	20,83	19,58
D2	18,93	16,85
D3	19,92	0,00
D4	20,88	0,00
D5	20,34	0,00
D6	20,18	0,00
Total:	121,08	36,42

Nota: Gabriela López

Medir

Como se mencionó en el marco teórico; en la segunda etapa del proyecto se realiza la recolección de datos que se presentará por medio de diagramas de flujo para describir el proceso de planeación desde la obtención de los pronósticos del embotellador hasta la programación de la producción. Asimismo, se analizarán las ventas contra pronósticos de cada uno de los productos dentro de la familia D y se realizará un cálculo de los errores de pronóstico. Las ventas de cada producto D se presentarán en gráficos de series de tiempo para identificar el comportamiento de cada uno.

Se utilizará un cuadro de comparación de los datos del MPS Stability por mes de la familia D contra los errores de pronóstico por producto para identificar el efecto que tienen los pronósticos incorrectos en el indicador del estudio.

Proceso creación de demanda

El proceso inicia en la Unidad de Negocios de Coca Cola Industrias con la creación del plan de negocios (BP). Este plan de ventas es realizado anualmente por el departamento comercial, y se pronostica a 3 años. El BP se alinea con los embotelladores para verificar capacidades de planta y en el caso de que no haya capacidad suficiente para cumplir con el plan de ventas; se debe crear una estrategia para aumentar la capacidad del embotellador.

El embotellador crea los pronósticos de corto plazo (3 meses) y los envía al departamento de servicio al cliente, quienes deben revisarlos. En el caso de que exista un dato atípico se deben devolver al embotellador para que los modifique, y si están correctos, se cargan al sistema (APO: Advanced Planning and Operations), donde el coordinador de demanda debe realizar un análisis de variación de acuerdo con los pronósticos de corto plazo enviados el mes anterior.

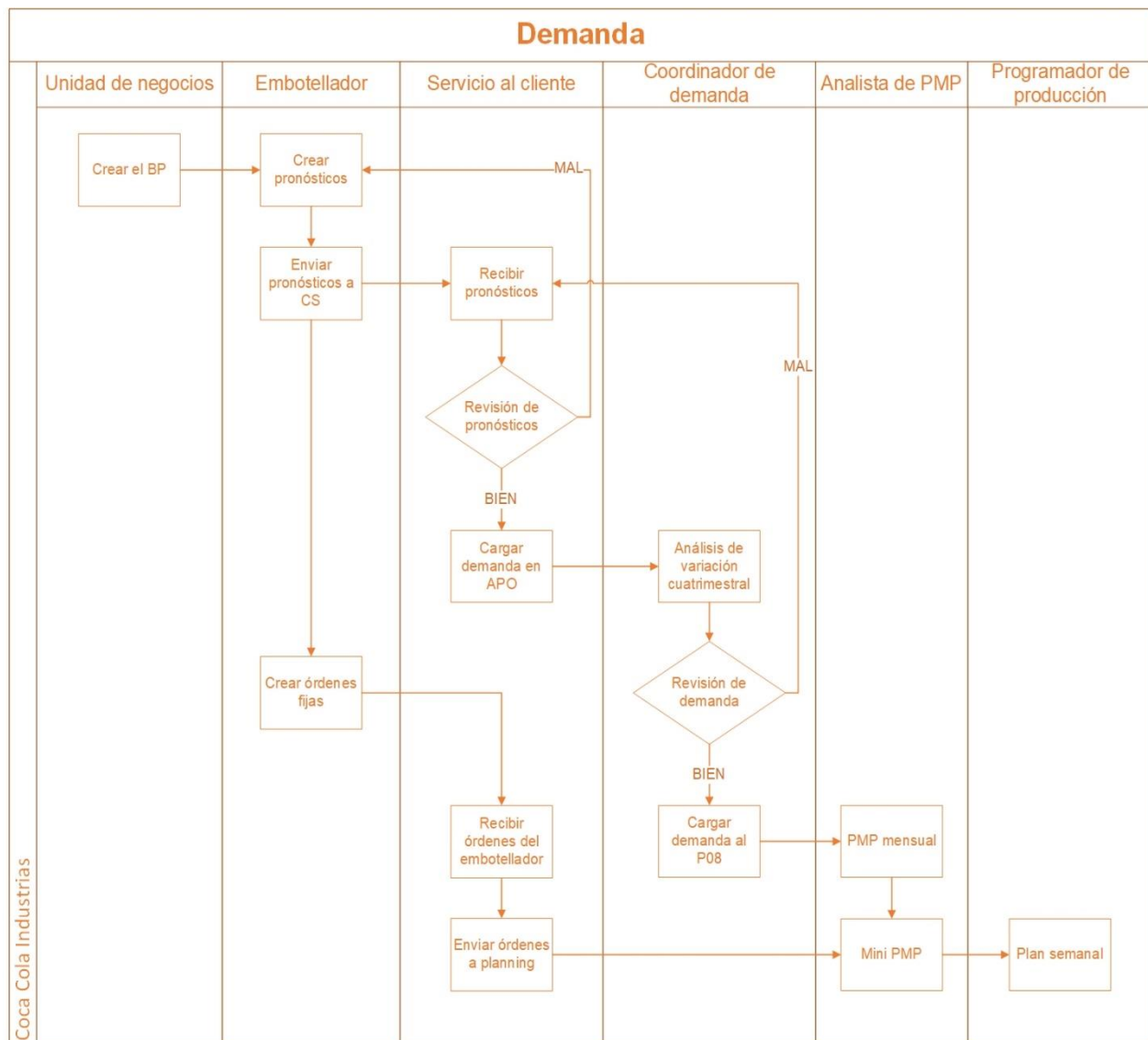
Una vez que se ha realizado este análisis y está correcto, se pasa la información al nivel P08 del sistema (General Production Box), donde los demás departamentos y el analista del plan maestro de producción descargan la información. Si la demanda no está correcta, se debe devolver a servicio al cliente para que sea modificada.

La variación ocurre cuando el embotellador envía las órdenes de volumen en fijo y son diferentes a la información pronosticada enviada a principio de mes. Estas órdenes en fijo se coordinan con servicio al cliente y son enviadas semanalmente al analista del plan maestro de producción. Las

órdenes en fijo se convierten en el mini plan maestro de producción (semanal), el cual puede variar al realizado mensualmente.

El mini PMP es enviado semanalmente al programador de producción para asignar producciones a cada día de la semana de acuerdo con los equipos de trabajo y cuartos de producción. Asimismo, se programan los saneamientos necesarios para producir. Este plan se envía a producción en formato de Excel y se crean las órdenes en fijo en SAP.

Figura 39. Diagrama de flujo de demanda



Nota: Gabriela López

En este proceso se observa que la información no se presenta a tiempo, por lo tanto, las revisiones de pronósticos y de demanda no se realizan con tal de pasar la información rápidamente hacia el siguiente departamento y lograr crear el plan maestro de producción. Debido a que no se realizan las revisiones; ocurren modificaciones luego de que se ha creado el plan maestro de producción.

El BP es enviado al embotellador, sin embargo, estos pueden pronosticar su producción a gusto, solamente con el objetivo de cumplir con las ventas planeadas por la unidad de negocios. Los pronósticos de los embotelladores pueden estar incorrectos por diferentes razones; por ejemplo; que no se haya realizado el cálculo correcto del rendimiento del concentrado o de su vida útil, asimismo, que la planta del embotellador no tenga suficiente capacidad de almacenamiento de materia prima. Existen problemas de calidad de producto terminado que afectan la demanda, ya que se desecha y el embotellador debe solicitar mayor cantidad de concentrado que el planeado.

El diagrama de flujo de este proceso se presenta en la Figura 39. Diagrama de flujo de demanda.

Parámetros de planificación

La familia D cuenta con 6 diferentes productos maduros los cuales tienen ciertos parámetros de planificación de acuerdo con inventarios de seguridad, cantidad de semanas de cobertura y los lotes mínimos y máximos. Esta información es de uso del analista del plan maestro de producción. En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos para cada uno de los productos.

Tabla 24. Parámetros de planificación

Producto	Inventario de seguridad	Cobertura	Tamaño de lote
D1	n/a	2.5 - 3 semanas	8 semanas
D2	n/a	n/a	8 semanas
D3	n/a	n/a	8 semanas
D4	n/a	n/a	8 semanas
D5	n/a	2 – 2.5 semanas	8 semanas
D6	n/a	2.5 - 3 semanas	8 semanas

Nota: Gabriela López

Ninguno de los productos tiene establecido un inventario de seguridad por lo que no hay contingencia para los errores de pronóstico del embotellador. Las semanas de cobertura sirven para saber cuánto tiempo antes se debe producir cierta cantidad de producto según lo pronosticado, para estos productos es entre dos y tres semanas, por lo tanto, se utilizan los pronósticos del mes siguiente para planear la producción. El tamaño de lote se realiza con lo pronosticado a 8 semanas adelante para cada uno de los productos.

Estos horizontes de planificación se deben tomar en cuenta al analizar los errores de pronóstico del embotellador, ya que se considera los pronósticos de 3 meses al futuro.

Pronósticos vs. Ventas por producto

Con el fin de analizar la variación que existe entre lo que el embotellador pronostica a principio de mes y lo que de verdad compra al final de mes, se toman los datos pronosticados y las ventas realizadas por producto de la familia D. Se calcula el error de pronóstico para cada uno de los meses, junto con la desviación absoluta media (DAM), el error cuadrado medio (ECM) y el porcentaje absoluto medio del error (PAME).

El pronóstico M es el que el embotellador envía para el mes actual, el pronóstico M-1 es el que el embotellador envió hace un mes para el mes actual y el pronóstico M-2 es el que se envía dos meses antes para el mes actual. Es importante analizar los tres errores de pronóstico ya que la planta de concentrados planifica y compra ingredientes con al menos dos meses de anticipación.

En la Tabla 25. Ventas vs Pronóstico D1 se muestran los tres errores de pronóstico para el producto D1. En los pronósticos M, M-1 y M-2 se puede observar que la suma del error se aleja de 0 negativamente indicando que los pronósticos tienen un sesgo alto, o sea que son mayores que lo real. Esto provoca que la planta de concentrados produzca mayor producto del necesario y el remanente permanezca en inventario.

Producto D1

Tabla 25. Ventas vs Pronóstico D1

Producto D1																							
Mes	Ventas	Pronóstico M	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 1	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 2	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME				
sep-16	72	70	2	2	2,00	4,00	2,78	72	0	0	0,00	0,00	0,00	70	2	2	2,00	4,00	2,78				
oct-16	36	40	-4	-2	3,00	10,00	6,94	40	-4	-4	2,00	8,00	5,56	80	-44	-42	23,00	970,00	62,50				
nov-16	40	40	0	-2	2,00	6,67	4,63	40	0	-4	1,33	5,33	3,70	80	-40	-82	28,67	1180,00	75,00				
dic-16	60	60	0	-2	1,50	5,00	3,47	60	0	-4	1,00	4,00	2,78	60	0	-82	21,50	885,00	56,25				
ene-17	40	40	0	-2	1,20	4,00	2,78	40	0	-4	0,80	3,20	2,22	40	0	-82	17,20	708,00	45,00				
feb-17	52	40	12	10	3,00	27,33	6,16	56	-4	-8	1,33	5,33	3,13	56	-4	-86	15,00	592,67	38,78				
mar-17	20	20	0	10	2,57	23,43	5,28	56	-36	-44	6,29	189,71	28,40	56	-36	-122	18,00	693,14	58,96				
abr-17	40	40	0	10	2,25	20,50	4,62	56	-16	-60	7,50	198,00	29,85	56	-16	-138	17,75	638,50	56,59				
may-17	20	20	0	10	2,00	18,22	4,11	56	-36	-96	10,67	320,00	46,53	56	-36	-174	19,78	711,56	70,30				
jun-17	32	32	0	10	1,80	16,40	3,70	40	-8	-104	10,40	294,40	44,38	56	-24	-198	20,20	698,00	70,77				
jul-17	80	80	0	10	1,64	14,91	3,36	44	36	-68	12,73	385,45	44,44	56	24	-174	20,55	686,91	67,06				
ago-17	60	60	0	10	1,50	13,67	3,08	45	15	-53	12,92	372,08	42,82	44	16	-158	20,17	651,00	63,70				
sep-17	100	100	0	10	1,38	12,62	2,84	46	54	1	16,08	567,77	43,68	45	55	-103	22,85	833,62	63,03				
oct-17	40	60	-20	-10	2,71	40,29	6,21	45	-5	-4	15,29	529,00	41,45	45	-5	-108	21,57	775,86	59,42				
nov-17	44	44	0	-10	2,53	37,60	5,80	60	-16	-20	15,33	510,80	41,11	45	-1	-109	20,20	724,20	55,61				
dic-17	0	0	0	-10	2,38	35,25	5,44	60	-60	-80	18,13	703,88	38,54	60	-60	-169	22,69	903,94	52,13				
ene-18	40	60	-20	-30	3,41	56,71	8,06	60	-20	-100	18,24	686,00	39,22	60	-20	-189	22,53	874,29	52,01				
feb-18	40	40	0	-30	3,22	53,56	7,61	60	-20	-120	18,33	670,11	39,81	60	-20	-209	22,39	847,94	51,90				
mar-18	40	40	0	-30	3,05	50,74	7,21	0	40	-80	19,47	719,05	42,98	41	-1	-210	21,26	803,37	49,30				
abr-18	0	0	0	-30	2,90	48,20	6,85	40	-40	-120	20,50	763,10	40,83	40	-40	-250	22,20	843,20	46,83				
may-18	40	40	0	-30	2,76	45,90	6,52	40	0	-120	19,52	726,76	38,89	40	0	-250	21,14	803,05	44,60				
jun-18	56	56	0	-30	2,64	43,82	6,23	40	16	-104	19,36	705,36	38,42	40	16	-234	20,91	778,18	43,87				
jul-18	56	56	0	-30	2,52	41,91	5,96	40	16	-88	19,22	685,83	37,99	40	16	-218	20,70	755,48	43,21				
ago-18	16	32	-16	-46	3,08	50,83	9,87	40	-24	-112	19,42	681,25	42,66	40	-24	-242	20,83	748,00	47,66				
sep-18	32	32	0	-46	2,96	48,80	9,48	32	0	-112	18,64	654,00	40,95	40	-8	-250	20,32	720,64	46,75				
oct-18	0	0	0	-46	2,85	46,92	9,11	32	-32	-144	19,15	668,23	39,38	32	-32	-282	20,77	732,31	44,95				
nov-18	32	32	0	-46	2,74	45,19	8,78	32	0	-144	18,44	643,48	37,92	32	0	-282	20,00	705,19	43,29				
dic-18	48	48	0	-46	2,64	43,57	8,46	32	16	-128	18,36	629,64	37,76	32	16	-266	19,86	689,14	42,93				
Suma de errores				-46	68,24	866,02	165,33	Suma errores				-128	360,44	12329,78	895,40	Suma errores				-266	564,02	20957,17	1455,16
Promedio de errores					2,44	30,93	5,90	Promedio errores					12,87	440,35	31,98	Promedio errores					20,14	748,47	51,97

Nota: Gabriela López

El DAM promedio es de 2.44, el ECM promedio es de 30.93 y el promedio de PAME es de 5.90, o sea los pronósticos se alejan en promedio un 5.9% de lo real. Este pronóstico se considera bueno y ajustado para los requerimientos de la planta. El pronóstico M-1 tiene un sesgo más alto que el M e igualmente se aleja negativamente de 0. Los promedios de DAM, ECM y PAME aumentan considerablemente, alejándose en promedio un 31.98% de la venta real. El pronóstico M-2 muestra un sesgo alto ya que también se aleja de 0 negativamente y el promedio de los errores aumenta aún más, se aleja en promedio un 51.97% de lo real.

Con esta tabla se demuestra que los pronósticos del embotellador se encuentran correctos al plazo de un mes, sin embargo, a un plazo mayor de 2-3 meses no son aptos para el uso de la planta de concentrados.

Se procede a realizar un análisis del comportamiento de las ventas del producto D1 desde setiembre del 2016 a diciembre del 2018. Según la Figura 40. Ventas D1, los datos tienen una tendencia negativa descrita por la Ecuación 36. Tendencia D1, por lo tanto, los datos no son estacionarios. Se crean los gráficos para verificar estacionalidad anual, semestral y trimestral (Figura 41. Estacionalidad anual D1, Figura 42. Estacionalidad Semestral D1, Figura 43. Estacionalidad trimestral D1) y es posible identificar una estacionalidad semestral en los datos de Enero a Diciembre del 2018.

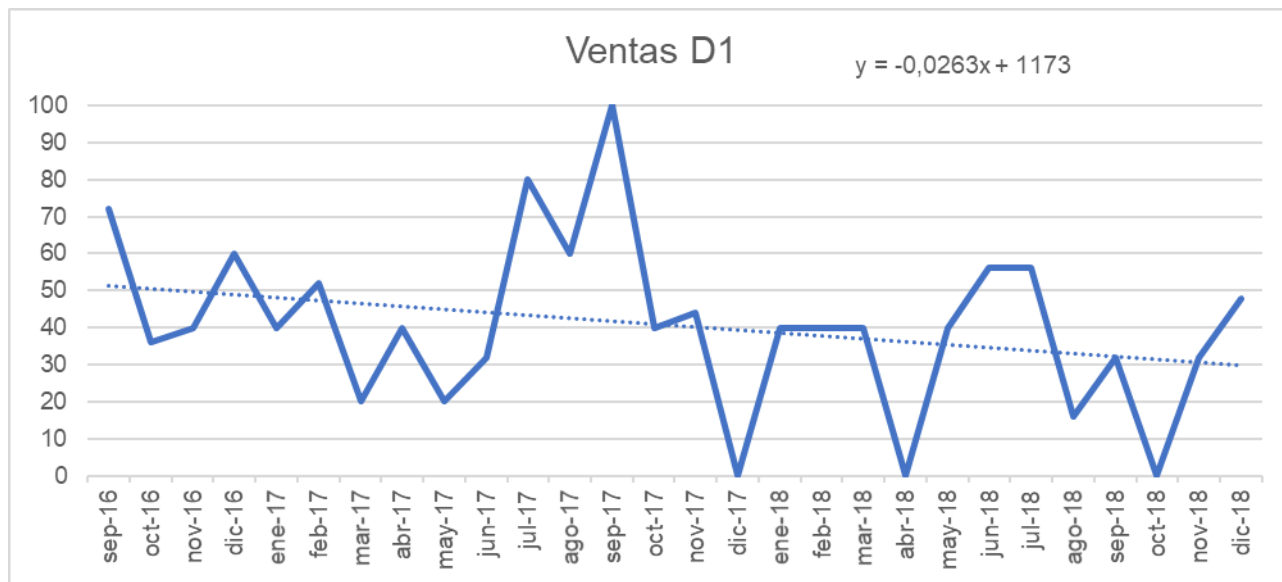
Ecuación 36. Tendencia D1

$$y = -0.0263x + 1173$$

Nota: Gabriela López

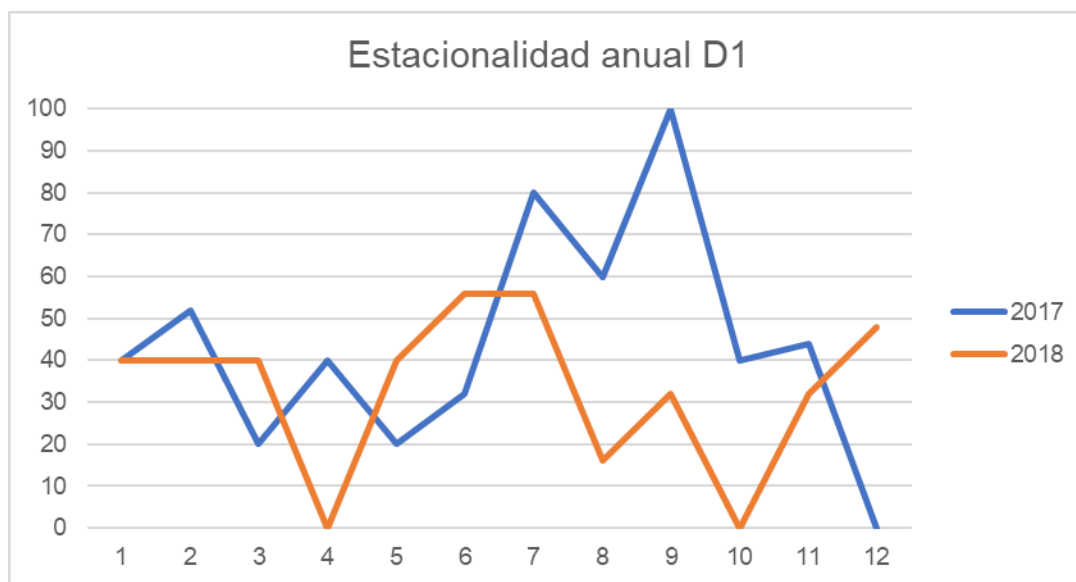
Los modelos de pronósticos recomendados para el tipo de datos con tendencia según Hanke & Wichern, 2010 son los modelos de promedios móviles, de suavizamiento exponencial lineal de Holt, de regresión simple, de curvas de crecimiento, los modelos exponenciales y los modelos autorregresivos integrados de promedio móvil (ARIMA). Los pronósticos recomendados para datos estacionales son modelos de descomposición clásica, suavizamiento exponencial de Winter y regresión múltiple.

Figura 40. Ventas D1



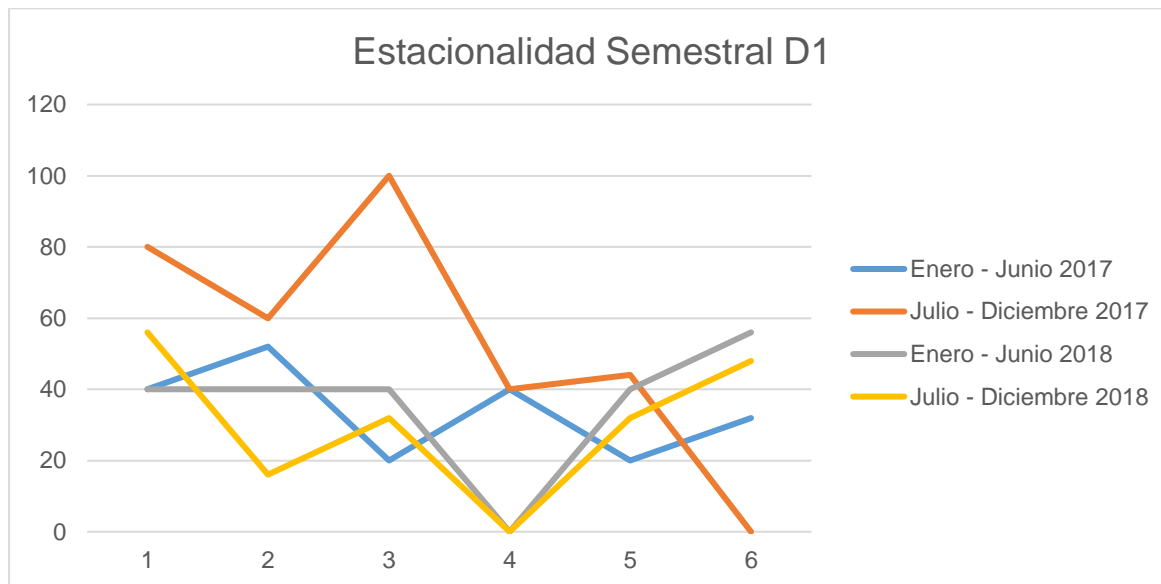
Nota: Gabriela López

Figura 41. Estacionalidad anual D1



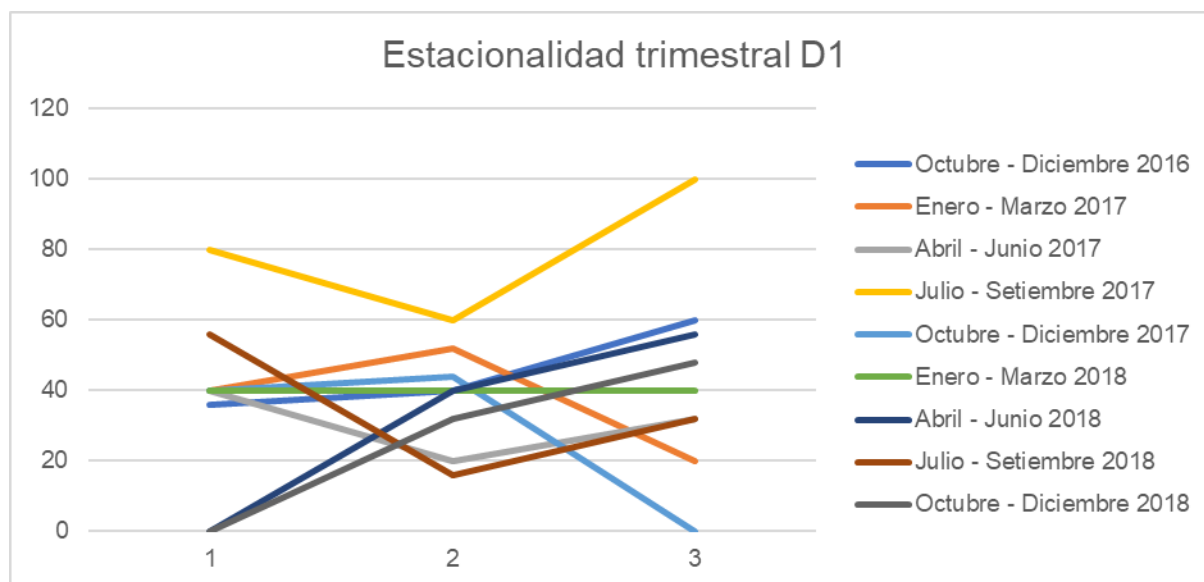
Nota: Gabriela López

Figura 42. Estacionalidad Semestral D1



Nota: Gabriela López

Figura 43. Estacionalidad trimestral D1



Nota: Gabriela López

Producto D2

Tabla 26. Pronóstico vs. Ventas D2

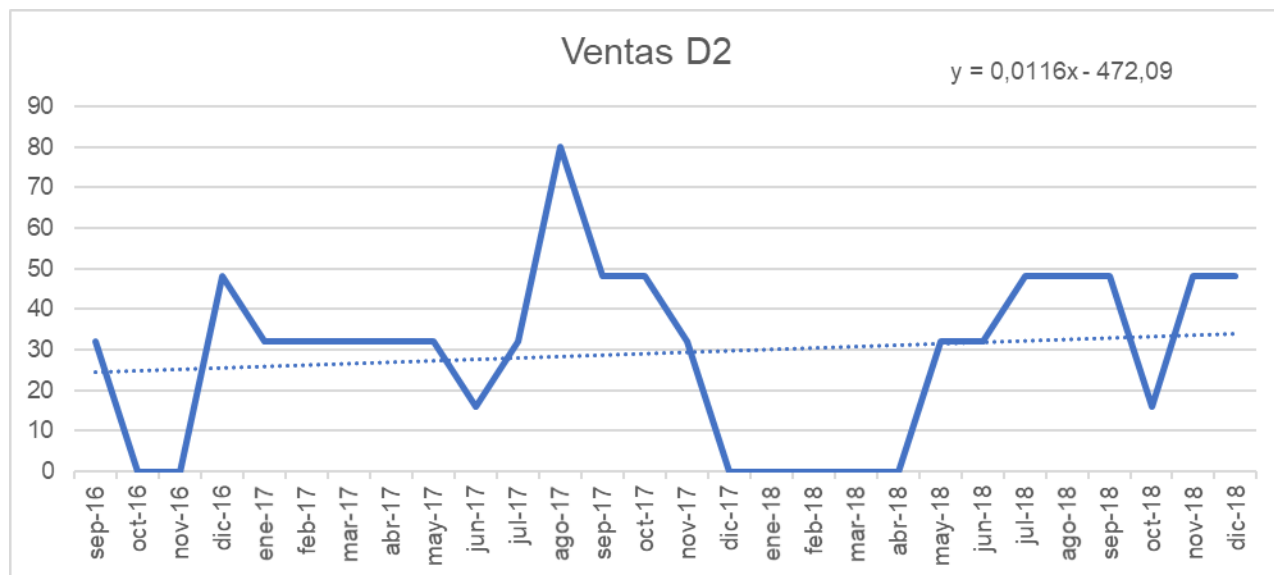
Producto D2																							
Mes	Ventas	Pronóstico M	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 1	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 2	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME				
sep-16	32	24	8	8	8,00	64,00	25,00	32	0	0	0,00	0,00	0,00	32	0	0	0,00	0,00	0,00				
oct-16	0	0	0	8	4,00	32,00	12,50	24	-24	-24	12,00	288,00	0,00	32	-32	-32	16,00	512,00	0,00				
nov-16	0	0	0	8	2,67	21,33	8,33	0	0	-24	8,00	192,00	0,00	32	-32	-64	21,33	682,67	0,00				
dic-16	48	48	0	8	2,00	16,00	6,25	40	8	-16	8,00	160,00	4,17	40	8	-56	18,00	528,00	4,17				
ene-17	32	36	-4	4	2,40	16,00	7,50	36	-4	-20	7,20	131,20	5,83	36	-4	-60	15,20	425,60	5,83				
feb-17	32	36	-4	0	2,67	16,00	8,33	36	-4	-24	6,67	112,00	6,94	36	-4	-64	13,33	357,33	6,94				
mar-17	32	24	8	8	3,43	22,86	10,71	36	-4	-28	6,29	98,29	7,74	24	8	-56	12,57	315,43	9,52				
abr-17	32	20	12	20	4,50	38,00	14,06	24	8	-20	6,50	94,00	9,90	24	8	-48	12,00	284,00	11,46				
may-17	32	20	12	32	5,33	49,78	16,67	36	-4	-24	6,22	85,33	10,19	36	-4	-52	11,11	254,22	11,57				
jun-17	16	16	0	32	4,80	44,80	15,00	20	-4	-28	6,00	78,40	11,67	36	-20	-72	12,00	268,80	22,92				
jul-17	32	50	-18	14	6,00	70,18	18,75	48	-16	-44	6,91	94,55	15,15	32	0	-72	10,91	244,36	20,83				
ago-17	80	40	40	54	8,83	197,67	21,35	40	40	-4	9,67	220,00	18,06	32	48	-24	14,00	416,00	24,10				
sep-17	48	50	-2	52	8,31	182,77	20,03	40	8	4	9,54	208,00	17,95	40	8	-16	13,54	388,92	23,53				
oct-17	48	50	-2	50	7,86	170,00	18,90	40	8	12	9,43	197,71	17,86	40	8	-8	13,14	365,71	23,04				
nov-17	32	32	0	50	7,33	158,67	17,64	40	-8	4	9,33	188,80	18,33	40	-8	-16	12,80	345,60	23,17				
dic-17	0	0	0	50	6,88	148,75	16,54	40	-40	-36	11,25	277,00	17,19	40	-40	-56	14,50	424,00	21,72				
ene-18	0	40	-40	10	8,82	234,12	15,56	40	-40	-76	12,94	354,82	16,18	40	-40	-96	16,00	493,18	20,44				
feb-18	0	0	0	10	8,33	221,11	14,70	0	0	-76	12,22	335,11	15,28	40	-40	-136	17,33	554,67	19,31				
mar-18	0	0	0	10	7,89	209,47	13,93	0	0	-76	11,58	317,47	14,47	32	-32	-168	18,11	579,37	18,29				
abr-18	0	0	0	10	7,50	199,00	13,23	0	0	-76	11,00	301,60	13,75	32	-32	-200	18,80	601,60	17,38				
may-18	32	24	8	18	7,52	192,57	13,79	32	0	-76	10,48	287,24	13,10	32	0	-200	17,90	572,95	16,55				
jun-18	32	40	-8	10	7,55	186,73	14,30	0	32	-44	11,45	320,73	17,05	32	0	-200	17,09	546,91	15,80				
jul-18	48	48	0	10	7,22	178,61	13,68	40	8	-36	11,30	309,57	17,03	0	48	-152	18,43	623,30	19,46				
ago-18	48	40	8	18	7,25	173,83	13,80	40	8	-28	11,17	299,33	17,01	40	8	-144	18,00	600,00	19,34				
sep-18	48	48	0	18	6,96	166,88	13,25	40	8	-20	11,04	289,92	17,00	40	8	-136	17,60	578,56	19,23				
oct-18	16	48	-32	-14	7,92	199,85	20,43	40	-24	-44	11,54	300,92	22,12	40	-24	-160	17,85	578,46	24,26				
nov-18	48	48	0	-14	7,63	192,44	19,68	48	0	-44	11,11	289,78	21,30	40	8	-152	17,48	559,41	23,98				
dic-18	48	48	0	-14	7,36	185,57	18,97	48	0	-44	10,71	279,43	20,54	48	0	-152	16,86	539,43	23,13				
Suma de errores				-14	176,96	3588,99	422,89	Suma errores				-44	259,55	6111,20	365,77	Suma errores				-152	421,89	12640,49	445,95
Promedio de errores					6,32	128,18	15,10	Promedio errores					9,27	218,26	13,06	Promedio errores					15,07	451,45	15,93

Nota: Gabriela López

La Tabla 26. Pronóstico vs. Ventas D2 presenta los errores de pronóstico de M, M-1 y M-2, el DAM y ECM aumenta a como se aleja el pronóstico en el tiempo, sin embargo, el PAME se mantiene prácticamente igual entre M y M-2, con una baja a 13.06 en el M-1. La suma del error en los tres pronósticos se aleja negativamente de 0 indicando que existe un sesgo alto, o sea que se pronostica más que la demanda real. Estos errores de pronóstico se consideran bajos y aptos para uso de la compañía.

El comportamiento de las ventas del producto D2 presentado en la Figura 44. Ventas D2 tiene una tendencia positiva descrita por la Ecuación 37. Tendencia D2, no son datos estacionarios ni estacionales de acuerdo con la Figura 45. Estacionalidad anual D2.

Figura 44. Ventas D2



Nota: Gabriela López

Ecuación 37. Tendencia D2

$$y = 0.0116x - 472.09$$

Nota: Gabriela López

Figura 45. Estacionalidad anual D2



Nota: Gabriela López

Producto D3

El promedio de los errores de la Tabla 27. Pronóstico vs. Ventas D3 aumenta en el M-1, sin embargo, se considera que son errores bajos y aptos para la planta. El sesgo es bajo en el pronóstico M; se pronostica menos producto que la venta real, pero en los pronósticos de M-1 y M-2 el sesgo es alto, se pronostica más de la demanda real.

Si la planta de concentrados realiza la producción un mes antes, se realiza con el pronóstico de M-1, y al tener un sesgo alto provoca que los inventarios de producto terminado aumenten, ya que los embotelladores no se llevaron todas las unidades de concentrado que pronosticaron el mes anterior. Por ejemplo, el embotellador pronosticó en marzo del 2018 que en junio del 2018 requeriría 100 unidades, la planta produce las 100 unidades en marzo, sin embargo, la venta real de junio 2018 es de solamente 24 unidades, dejando 76 unidades en inventario.

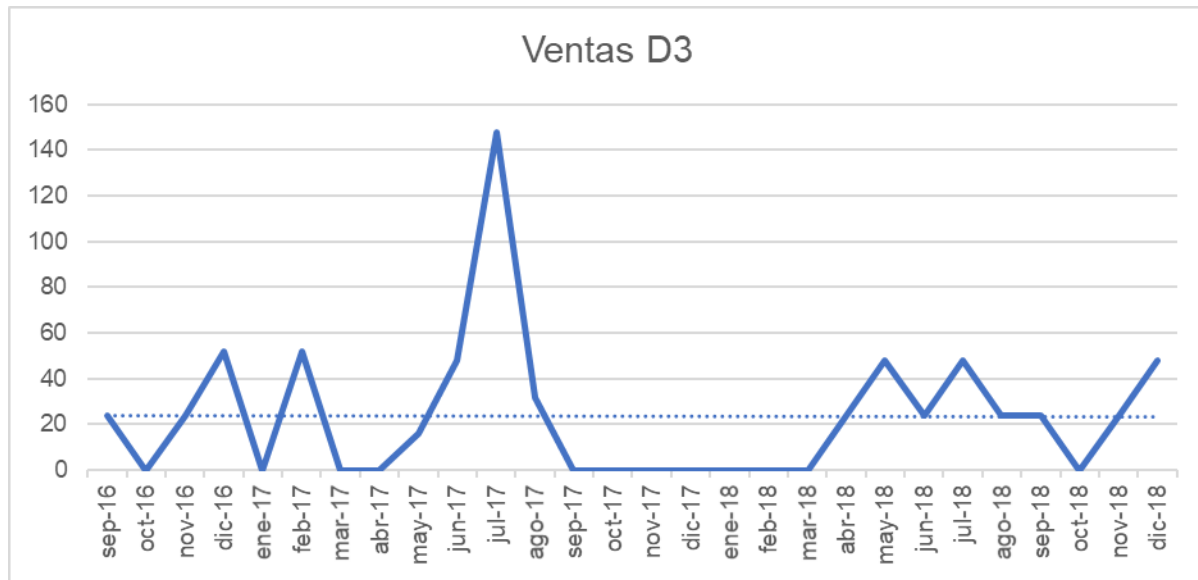
El comportamiento de las ventas se visualiza en la Figura 46. Ventas D3 donde se identifica que no hay tendencia y el gráfico de la Figura 47. Ventas por año D3 indica que no hay estacionalidad. Se procede a probar si los datos son estacionarios verificando la media y la varianza de los datos en el tiempo con los gráficos de la Figura 48. Media en el tiempo D3 y la Figura 49. Varianza en el tiempo D3.

Tabla 27. Pronóstico vs. Ventas D3

Producto D3																							
Mes	Ventas	Pronóstico M	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 1	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 2	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME				
sep-16	24	24	0	0	0,00	0,00	0,00	24	0	0	0,00	0,00	0,00	24	0	0	0,00	0,00	0,00				
oct-16	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	24	-24	-24	12,00	288,00	0,00	24	-24	-24	12,00	288,00	0,00				
nov-16	24	24	0	0	0,00	0,00	0,00	24	0	-24	8,00	192,00	0,00	24	0	-24	8,00	192,00	0,00				
dic-16	52	52	0	0	0,00	0,00	0,00	50	2	-22	6,50	145,00	0,96	50	2	-22	6,50	145,00	0,96				
ene-17	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	-22	5,20	116,00	0,77	0	0	-22	5,20	116,00	0,77				
feb-17	52	0	52	52	8,67	450,67	16,67	50	2	-20	4,67	97,33	1,28	50	2	-20	4,67	97,33	1,28				
mar-17	0	0	0	52	7,43	386,29	14,29	50	-50	-70	11,14	440,57	1,10	24	-24	-44	7,43	165,71	1,10				
abr-17	0	0	0	52	6,50	338,00	12,50	24	-24	-94	12,75	457,50	0,96	24	-24	-68	9,50	217,00	0,96				
may-17	16	16	0	52	5,78	300,44	11,11	30	-14	-108	12,89	428,44	10,58	12	4	-64	8,89	194,67	3,63				
jun-17	48	48	0	52	5,20	270,40	10,00	20	28	-80	14,40	464,00	15,35	50	-2	-66	8,20	175,60	3,69				
jul-17	148	150	-2	50	4,91	246,18	9,21	28	120	40	24,00	1730,91	21,33	36	112	46	17,64	1300,00	10,23				
ago-17	32	30	2	52	4,67	226,00	8,97	60	-28	12	24,33	1652,00	26,84	32	0	46	16,17	1191,67	9,38				
sep-17	0	0	0	52	4,31	208,62	8,28	30	-30	-18	24,77	1594,15	24,78	60	-60	-14	19,54	1376,92	8,66				
oct-17	0	0	0	52	4,00	193,71	7,69	30	-30	-48	25,14	1544,57	23,01	30	-30	-44	20,29	1342,86	8,04				
nov-17	0	0	0	52	3,73	180,80	7,17	30	-30	-78	25,47	1501,60	21,47	30	-30	-74	20,93	1313,33	7,50				
dic-17	0	0	0	52	3,50	169,50	6,73	0	0	-78	23,88	1407,75	20,13	30	-30	-104	21,50	1287,50	7,03				
ene-18	0	30	-30	22	5,06	212,47	6,33	30	-30	-108	24,24	1377,88	18,95	0	0	-104	20,24	1211,76	6,62				
feb-18	0	0	0	22	4,78	200,67	5,98	30	-30	-138	24,56	1351,33	17,89	30	-30	-134	20,78	1194,44	6,25				
mar-18	0	0	0	22	4,53	190,11	5,66	0	0	-138	23,26	1280,21	16,95	24	-24	-158	20,95	1161,89	5,92				
abr-18	24	24	0	22	4,30	180,60	5,38	0	24	-114	23,30	1245,00	21,11	0	24	-134	21,10	1132,60	10,63				
may-18	48	48	0	22	4,10	172,00	5,12	0	48	-66	24,48	1295,43	24,86	0	48	-86	22,38	1188,38	14,88				
jun-18	24	24	0	22	3,91	164,18	4,89	100	-76	-142	26,82	1499,09	38,13	0	24	-62	22,45	1160,55	18,75				
jul-18	48	48	0	22	3,74	157,04	4,68	24	24	-118	26,70	1458,96	38,64	100	-52	-114	23,74	1227,65	22,65				
ago-18	24	24	0	22	3,58	150,50	4,48	24	0	-118	25,58	1398,17	37,03	24	0	-114	22,75	1176,50	21,70				
sep-18	24	24	0	22	3,44	144,48	4,30	24	0	-118	24,56	1342,24	35,55	24	0	-114	21,84	1129,44	20,83				
oct-18	0	0	0	22	3,31	138,92	4,14	24	-24	-142	24,54	1312,77	34,18	24	-24	-138	21,92	1108,15	20,03				
nov-18	24	24	0	22	3,19	133,78	3,99	24	0	-142	23,63	1264,15	32,92	24	0	-138	21,11	1067,11	19,29				
dic-18	48	24	24	46	3,93	149,57	5,63	24	24	-118	23,64	1239,57	33,53	24	24	-114	21,21	1049,57	20,39				
Suma de errores				46	106,54	4964,93	173,19	Suma errores				-118	530,43	28124,63	518,31	Suma errores				-114	446,92	23211,65	251,18
Promedio de errores					3,81	177,32	6,19	Promedio errores					18,94	1004,45	18,51	Promedio errores					15,96	828,99	8,97

Nota: Gabriela López

Figura 46. Ventas D3



Nota: Gabriela López

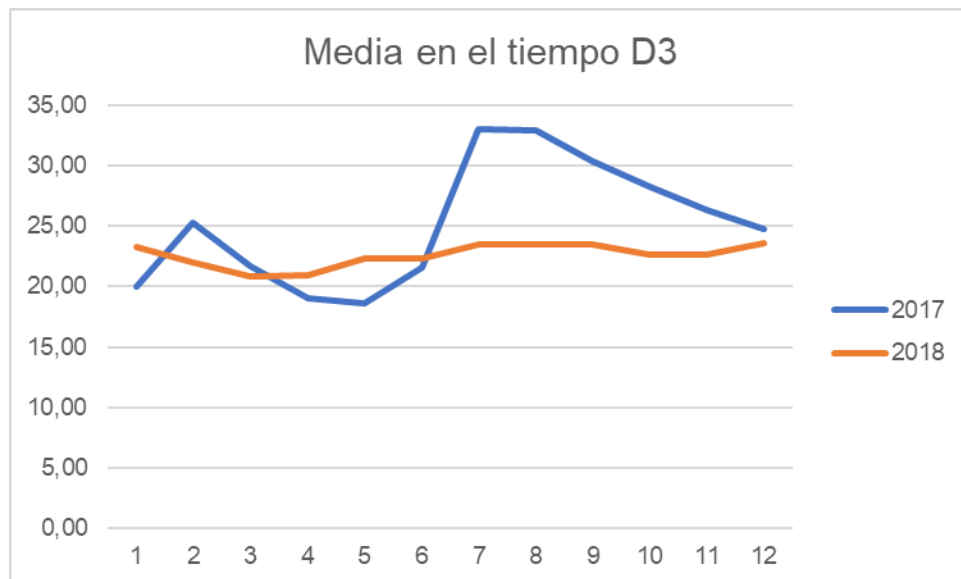
Figura 47. Ventas por año D3



Nota: Gabriela López

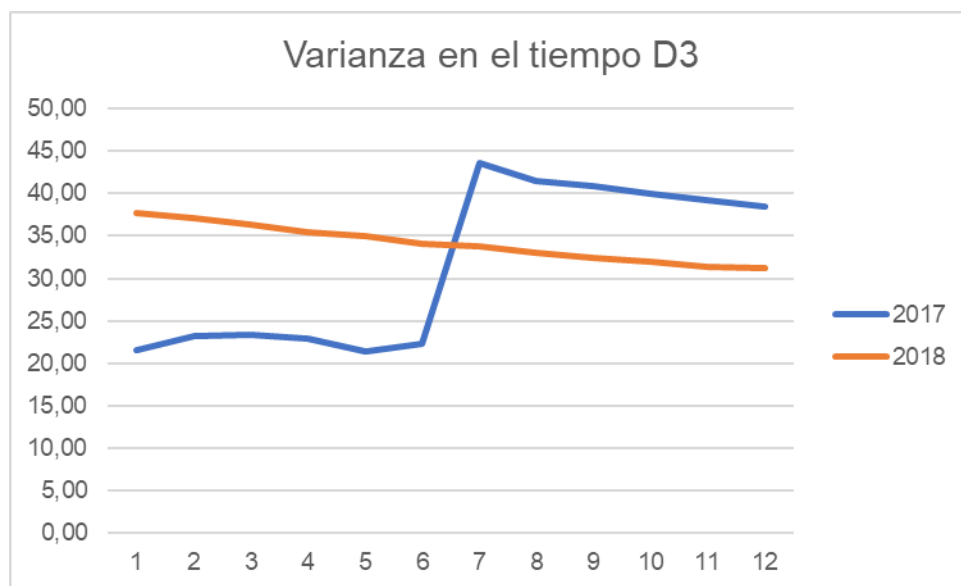
La media en el tiempo varía en el año 2017 sin embargo en el 2018 si muestra un comportamiento constante, igualmente sucede con la varianza en el tiempo. Se concluye que los datos del producto D3 son estacionarios desde el año 2018.

Figura 48. Media en el tiempo D3



Nota: Gabriela López

Figura 49. Varianza en el tiempo D3



Nota: Gabriela López

Producto D4

Tabla 28. Pronóstico vs Venta D4

Producto D4																							
Mes	Venta	Pronóstico M	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 1	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 2	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME				
sep-16	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00				
oct-16	144	140	4	4	4,00	16,00	2,78	0	144	144	72,00	10368,00	50,00	0	144	144	72,00	10368,00	50,00				
nov-16	0	0	0	4	2,00	8,00	1,39	0	0	144	48,00	6912,00	33,33	0	0	144	48,00	6912,00	33,33				
dic-16	320	336	-16	-12	6,67	90,67	2,59	170	150	294	73,50	10809,00	36,72	170	150	294	73,50	10809,00	36,72				
ene-17	0	120	-120	-132	35,00	3668,00	1,94	120	-120	174	82,80	11527,20	29,38	120	-120	174	82,80	11527,20	29,38				
feb-17	136	240	-104	-236	48,80	5097,60	16,85	140	-4	170	69,67	9608,67	24,97	140	-4	170	69,67	9608,67	24,97				
mar-17	144	140	4	-232	41,33	4250,67	14,50	140	4	174	60,29	8238,29	21,80	120	24	194	63,14	8318,29	23,78				
abr-17	80	80	0	-232	35,43	3643,43	12,43	120	-40	134	57,75	7408,50	25,32	120	-40	154	60,25	7478,50	27,06				
may-17	80	80	0	-232	31,00	3188,00	10,88	80	0	134	51,33	6585,33	22,51	140	-60	94	60,22	7047,56	32,39				
jun-17	248	256	-8	-240	28,44	2840,89	10,03	80	168	302	63,00	8749,20	27,03	80	168	262	71,00	9165,20	35,92				
jul-17	160	150	10	-230	26,60	2566,80	9,65	136	24	326	59,45	8006,18	25,94	80	80	342	71,82	8913,82	37,20				
ago-17	176	160	16	-214	25,64	2356,73	9,60	140	36	362	57,50	7447,00	25,48	144	32	374	68,50	8256,33	35,62				
sep-17	200	200	0	-214	23,50	2160,33	8,80	140	60	422	57,69	7151,08	25,83	140	60	434	67,85	7898,15	35,19				
oct-17	104	100	4	-210	22,00	1995,38	8,42	140	-36	386	56,14	6732,86	26,46	140	-36	398	65,57	7426,57	35,14				
nov-17	128	120	8	-202	21,00	1857,43	8,26	160	-32	354	54,53	6352,27	26,36	140	-12	386	62,00	6941,07	33,43				
dic-17	64	60	4	-198	19,87	1734,67	8,13	160	-96	258	57,13	6531,25	34,09	160	-96	290	64,13	7083,25	40,71				
ene-18	96	100	-4	-202	18,88	1627,25	7,88	100	-4	254	54,00	6148,00	32,33	160	-64	226	64,12	6907,53	42,24				
feb-18	104	100	4	-198	18,00	1532,47	7,64	160	-56	198	54,11	5980,67	33,52	160	-56	170	63,67	6698,00	42,88				
mar-18	152	152	0	-198	17,00	1447,33	7,22	100	52	250	54,00	5808,21	33,56	128	24	194	61,58	6375,79	41,46				
abr-18	0	0	0	-198	16,11	1371,16	6,84	100	-100	150	56,30	6017,80	31,88	100	-100	94	63,50	6557,00	39,38				
may-18	144	140	4	-194	15,50	1303,40	6,64	100	44	194	55,71	5823,43	31,82	100	44	138	62,57	6336,95	38,96				
jun-18	200	200	0	-194	14,76	1241,33	6,32	100	100	294	57,73	6013,27	32,64	100	100	238	64,27	6503,45	39,47				
jul-18	192	200	-8	-202	14,45	1187,82	6,22	0	192	486	63,57	7354,61	35,57	0	192	430	69,83	7823,48	42,10				
ago-18	144	144	0	-202	13,83	1136,17	5,95	0	144	630	66,92	7912,17	38,26	0	144	574	72,92	8361,50	44,51				
sep-18	144	144	0	-202	13,25	1088,83	5,70	0	144	774	70,00	8425,12	40,73	0	144	718	75,76	8856,48	46,73				
oct-18	168	120	48	-154	14,64	1137,44	6,62	0	168	942	73,77	9186,62	43,01	0	168	886	79,31	9601,38	48,78				
nov-18	72	72	0	-154	14,08	1093,69	6,36	0	72	1014	73,70	9038,37	45,12	0	72	958	79,04	9437,78	50,68				
dic-18	128	128	0	-154	13,56	1053,19	6,13	0	128	1142	75,64	9300,71	47,08	0	128	1086	80,79	9685,86	52,44				
Suma de errores				-154	555,32	50694,68	205,79	Suma errores				1142	1676,23	209435,79	880,74	Suma errores				1086	1837,78	220898,81	1040,47
Promedio de errores					19,83	1810,52	7,35	Promedio errores					59,87	7479,85	31,45	Promedio errores					65,64	7889,24	37,16

Nota: Gabriela López

Los datos de la Tabla 28. Pronóstico vs Venta D4 indican que el sesgo de los pronósticos M es alto, sin embargo, en el M-1 y M-2 es bajo, esto significa que el embotellador termina solicitando más producto en el mes actual de lo que pronosticó los dos meses anteriores. Los promedios de los errores aumentan de M a M-2 hasta un PAME de 37.16. El embotellador pronostica correctamente el mes actual, pero tiene un error más alto con un horizonte de 3 meses, lo que afecta la compra de ingredientes y las capacidades de planta.

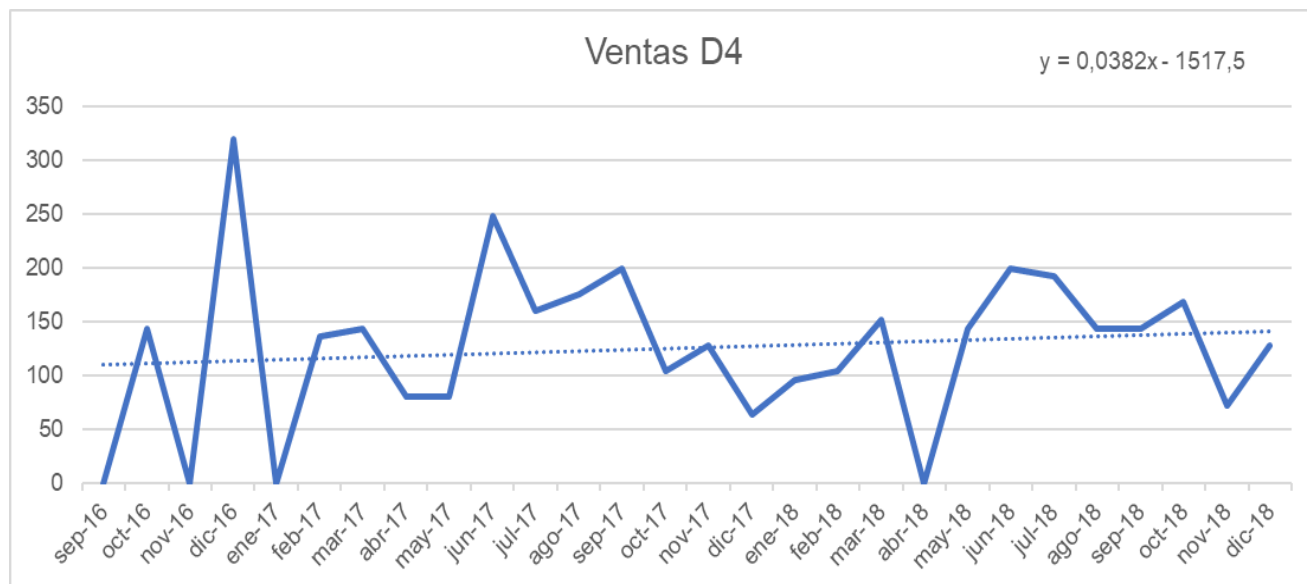
El comportamiento de las ventas del producto D4 se presenta en la Figura 50. Ventas D4 donde se identifica una tendencia positiva descrita por la Ecuación 38. Tendencia D4, por lo que los datos se consideran no estacionarios. La estacionalidad se prueba en la Figura 51. Estacionalidad anual D4, sin embargo, parece presentar un desfase de 1 mes entre el 2017 y 2018. La recomendación de modelos de pronósticos es igual que el producto D1 ya que ambos presentan tendencia y estacionalidad.

Ecuación 38. Tendencia D4

$$y = 0.0382x - 1517.5$$

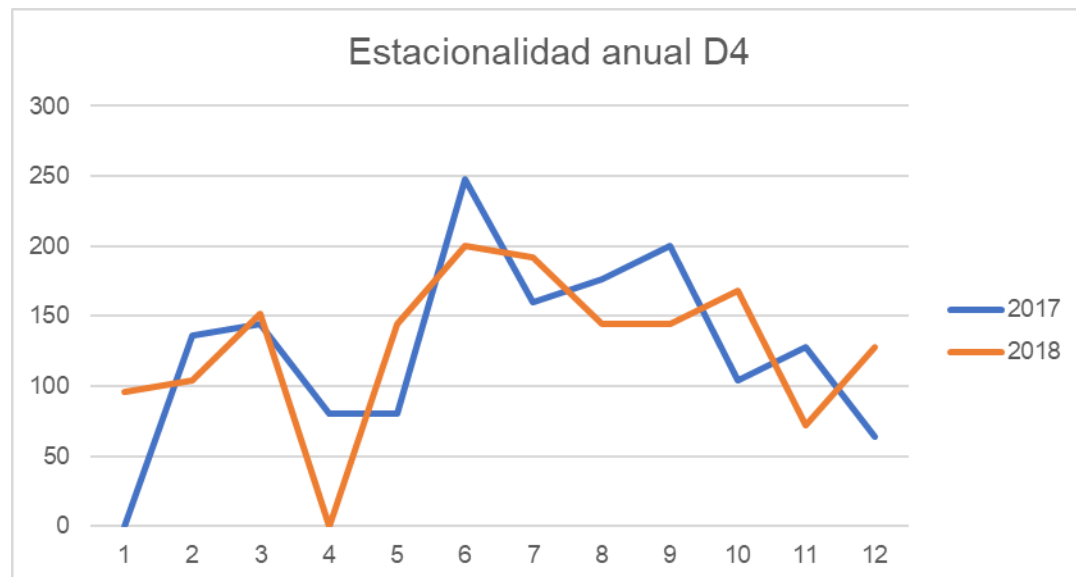
Nota: Gabriela López

Figura 50. Ventas D4



Nota: Gabriela López

Figura 51. Estacionalidad anual D4



Nota: Gabriela López

Producto D5

El pronóstico M tiene un error bajo y la suma de los errores se aleja positivamente de 0 por lo tanto, existe un sesgo bajo, se pronostica menor cantidad que la venta real. Los pronósticos M-1 y M-2 presentan un error considerablemente alto con un sesgo alto, creando el mismo efecto que en el producto D3. El embotellador pronostica correctamente el mes actual sin embargo los pronósticos para un segundo o tercer periodo no son aptos para uso de la planta de concentrados. Los datos completos se presentan en la Tabla 29. Pronóstico vs. Venta D5.

El comportamiento de las ventas mostrado en la Figura 52. Ventas D5 indica que los datos no son estacionarios ya que tienen una tendencia negativa descrita por la Ecuación 39. Tendencia D5. Se prueba la estacionalidad anual, semestral, trimestral y cuatrimestral.

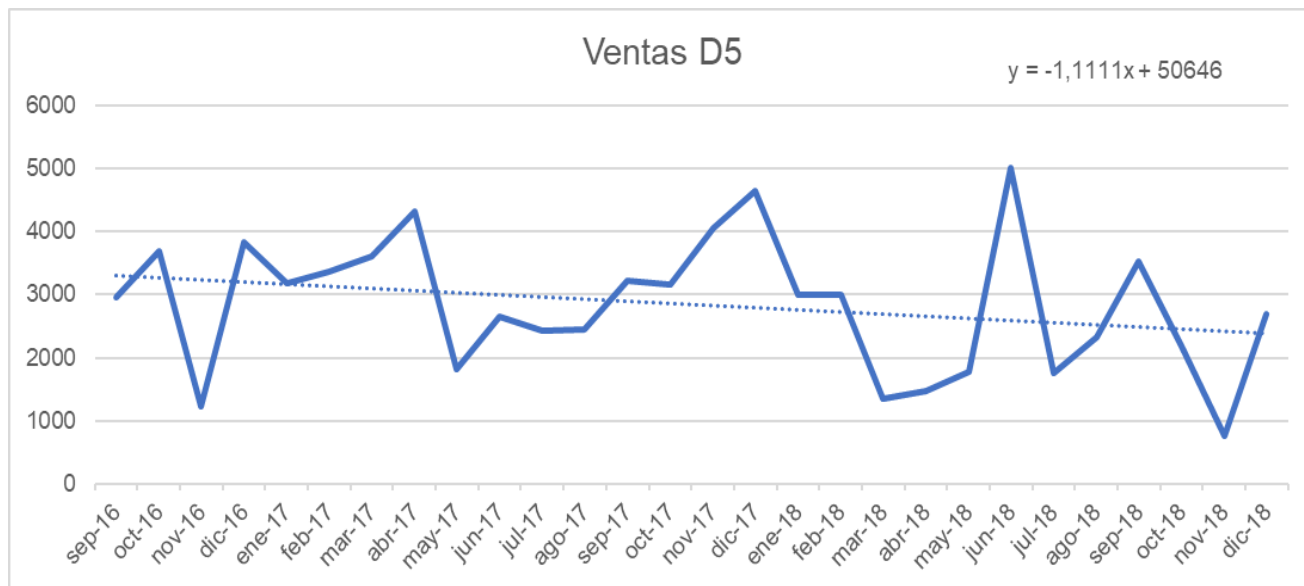
No hay estacionalidad anual ni semestral, en la Figura 55. Estacionalidad trimestral D5 se nota una estacionalidad en el trimestre de Julio a Setiembre del 2017 y 2018, y otra estacionalidad del trimestre de Octubre a Diciembre de los años 2016 y 2018. Se realiza el gráfico de la Figura 56. Estacionalidad cuatrimestral D5 y se observa que en el 2018 existe una estacionalidad cuatrimestral que coincide con el último cuatrimestre del 2016. Sin embargo, no coincide con la estacionalidad del 2017.

Tabla 29. Pronóstico vs. Venta D5

Producto D5																							
Mes	Venta	Pronóstico M	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 1	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 2	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME				
sep-16	2960	2880	80	80	80,00	6400,00	2,70	3776	-816	-816	816,00	665856,00	27,57	4353	-1393	-1393	1393,00	1940449,00	47,06				
oct-16	3696	3392	304	384	192,00	49408,00	5,46	4768	-1072	-1888	944,00	907520,00	28,29	5344	-1648	-3041	1520,50	2328176,50	45,82				
nov-16	1232	912	320	704	234,67	67072,00	12,30	3686	-2454	-4342	1447,33	2612385,33	85,25	3872	-2640	-5681	1893,67	3875317,67	101,98				
dic-16	3840	3312	528	1232	308,00	120000,00	12,66	3696	144	-4198	1121,50	1964473,00	64,88	3917	-77	-5758	1439,50	2907970,50	76,99				
ene-17	3184	3376	-192	1040	284,80	103372,80	11,34	3850	-666	-4864	1030,40	1660289,60	56,09	2850	-425	-6183	1236,60	2362501,40	64,26				
feb-17	3360	3888	-528	512	325,33	132608,00	12,07	4208	-848	-5712	1000,00	1503425,33	50,94	3609	-1328	-7511	1251,83	2262681,83	60,14				
mar-17	3600	4020	-420	92	338,86	138864,00	12,01	5200	-1600	-7312	1085,71	1654364,57	50,02	4688	56	-7455	1081,00	1939889,57	51,77				
abr-17	4320	4728	-408	-316	347,50	142314,00	11,69	3544	776	-6536	1047,00	1522841,00	46,01	3544	1300	-6155	1108,38	1908653,38	49,06				
may-17	1808	1604	204	-112	331,56	131125,33	11,64	1524	284	-6252	962,22	1362598,22	42,64	3020	-3252	-9407	1346,56	2871636,78	63,59				
jun-17	2656	2720	-64	-176	304,80	118422,40	10,72	2868	-212	-6464	887,20	1230832,80	39,18	5060	-976	-10383	1309,50	2679730,70	60,91				
jul-17	2432	2064	368	192	310,55	119968,00	11,12	2832	-400	-6864	842,91	1133484,36	37,11	3632	-1040	-11423	1285,00	2534446,09	59,26				
ago-17	2448	2768	-320	-128	311,33	118504,00	11,28	3264	-816	-7680	840,67	1094515,33	36,80	3472	-2064	-13487	1349,92	2678250,25	61,35				
sep-17	3216	2616	600	472	333,54	137080,62	11,85	4808	-1592	-9272	898,46	1205280,62	37,77	4512	-1336	-14823	1348,85	2609530,69	59,82				
oct-17	3152	2820	332	804	333,43	135162,29	11,76	2788	364	-8908	860,29	1128653,14	35,90	4552	-40	-14863	1255,36	2423249,93	55,64				
nov-17	4064	2792	1272	2076	396,00	234017,07	13,06	3124	940	-7968	865,60	1112316,27	35,05	3192	1285	-13578	1257,33	2371781,60	54,04				
dic-17	4640	4324	316	2392	391,00	225632,00	12,67	3556	1084	-6884	879,25	1116237,50	34,32	2779	1996	-11582	1303,50	2472546,25	53,35				
ene-18	3008	3716	-708	1684	409,65	241845,65	13,31	4868	-1860	-8744	936,94	1254082,35	35,94	2644	-1876	-13458	1337,18	2534124,47	53,88				
feb-18	3008	2488	520	2204	415,78	243432,00	13,53	3096	-88	-8832	889,78	1184841,33	34,10	4884	-1742	-15200	1359,67	2561926,67	54,10				
mar-18	1344	1456	-112	2092	399,79	231280,00	13,26	3096	-1752	-10584	935,16	1284034,11	39,17	4750	-1417	-16617	1362,68	2532766,79	56,81				
abr-18	1472	1604	-132	1960	386,40	220587,20	13,04	1476	-4	-10588	888,60	1219833,20	37,22	2761	-2440	-19057	1416,55	2703808,45	62,25				
may-18	1776	1784	-8	1952	368,38	210086,10	12,44	1856	-80	-10668	850,10	1162050,67	35,67	3912	-2499	-21556	1468,10	2872436,67	65,99				
jun-18	5024	4472	552	2504	376,73	214386,91	12,38	3752	1272	-9396	869,27	1182774,91	35,20	4275	2027	-19529	1493,50	2928631,77	64,82				
jul-18	1760	1480	280	2784	372,52	208474,43	12,53	1704	56	-9340	833,91	1131486,26	33,80	2997	-1000	-20529	1472,04	2844778,22	64,48				
ago-18	2336	2824	-488	2296	377,33	209710,67	12,88	2984	-648	-9988	826,17	1101837,00	33,55	2760	-904	-21433	1448,38	2760296,46	63,40				
sep-18	3520	3432	88	2384	365,76	201632,00	12,46	3285	235	-9753	802,52	1059972,52	32,48	3240	401	-21032	1406,48	2656316,64	61,32				
oct-18	2192	1612	580	2964	374,00	206815,38	13,00	1802	390	-9363	786,65	1025054,35	31,91	3119	-956	-21988	1389,15	2589302,00	60,64				
nov-18	768	1600	-832	2132	390,96	224793,48	16,53	1500	-732	-10095	784,63	1006934,70	34,26	3148	-2380	-24368	1425,85	2703194,52	69,87				
dic-18	2688	3012	-324	1808	388,57	220514,29	16,37	2288	400	-9695	770,89	976687,04	33,57	2372	316	-24052	1386,21	2610218,14	67,80				
Suma de errores				1808	9449,23	4613508,61	336,06	Suma errores				-9695	25703,16	35464661,52	1124,66	Suma errores				-24052	38346,27	72464612,93	1710,39
Promedio de errores					337,47	164768,16	12,00	Promedio errores					917,97	1266595,05	40,17	Promedio errores					1369,51	2588021,89	61,09

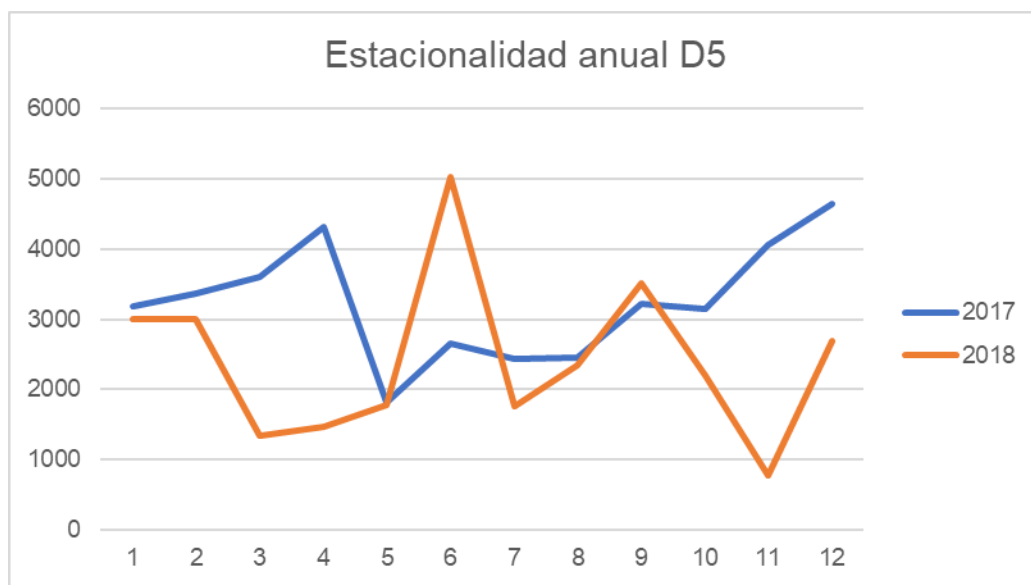
Nota: Gabriela López

Figura 52. Ventas D5



Nota: Gabriela López

Figura 53. Estacionalidad anual D5



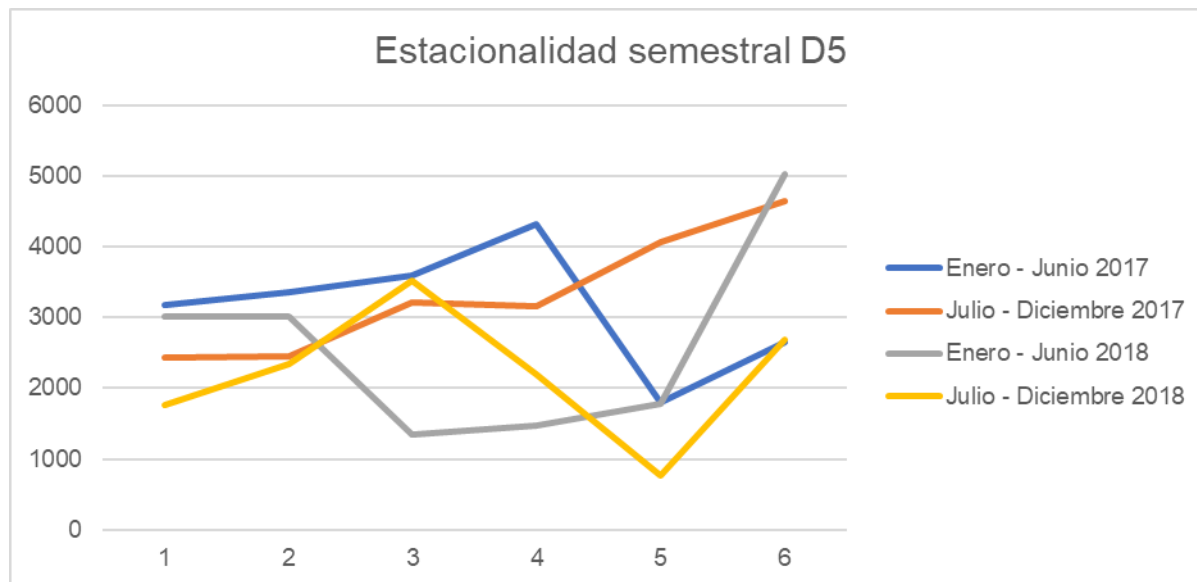
Nota: Gabriela López

Ecuación 39. Tendencia D5

$$y = -1.1111x + 50646$$

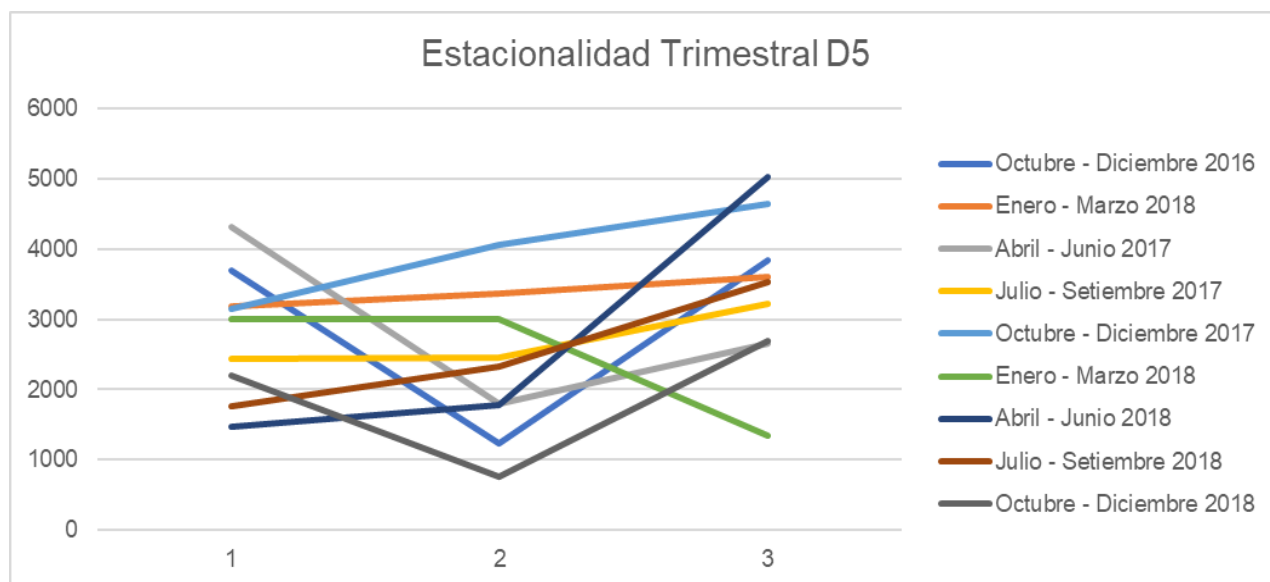
Nota: Gabriela López

Figura 54. Estacionalidad semestral D5



Nota: Gabriela López

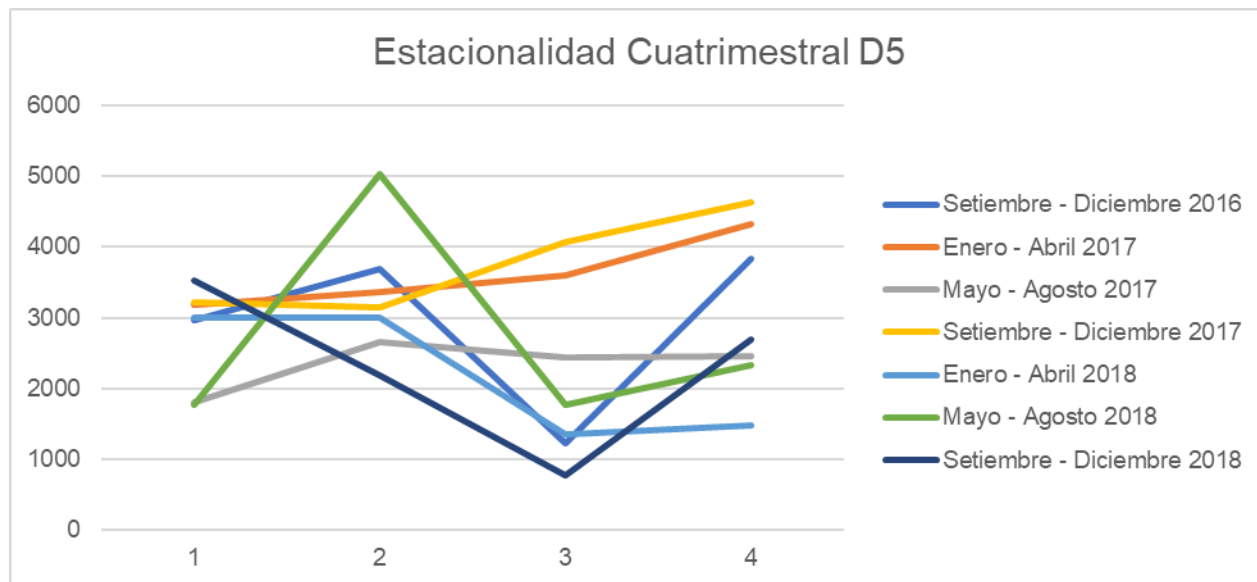
Figura 55. Estacionalidad trimestral D5



Nota: Gabriela López

La recomendación de modelo de pronóstico es la misma de los productos anteriores ya que presenta tendencia y la estacionalidad cuatrimestral; promedios móviles, de suavizamiento exponencial lineal de Holt, de regresión simple, de curvas de crecimiento, los modelos exponenciales, ARIMA, descomposición clásica, suavizamiento exponencial de Winter y regresión múltiple.

Figura 56. Estacionalidad cuatrimestral D5



Nota: Gabriela López

Producto D6

El error de pronóstico M presentado en la Tabla 30. Pronóstico vs. Venta D6 es muy bajo, no obstante, aumenta en el pronóstico M-1 y M-2 hasta un PAME de 49.21. El sesgo de la suma del error es bajo, se pronostica menos cantidad que la demanda real, lo cual provoca que la planta deba realizar producciones extra para cumplir con el volumen solicitado.

Al igual que los otros productos, el embotellador tiene gran capacidad de pronosticar el mes actual, pero los siguientes periodos no son tan exactos. Los pronósticos para el segundo y tercer periodo no son información correcta que se pueda utilizar para crear el plan maestro de producción.

El comportamiento de las ventas demuestra una leve tendencia a la baja descrita por la Ecuación 40. Tendencia D6, y según el gráfico de la Figura 58. Estacionalidad anual D6 existe una estacionalidad de julio a diciembre en los años 2017 y 2018. Al igual que los otros productos, los pronósticos recomendados son los modelos de promedios móviles, de suavizamiento exponencial lineal de Holt, de regresión simple, de curvas de crecimiento, los modelos exponenciales, los modelos autorregresivos integrados de promedio móvil (ARIMA), de descomposición clásica, suavizamiento exponencial de Winter y regresión múltiple.

Tabla 30. Pronóstico vs. Venta D6

Producto D6																							
Mes	Venta	Pronóstico M	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 1	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 2	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME				
nov-16	0	1575	-1575	-1575	1575,00	2480625,00	0,00	1050	-1050	-1050	1050,00	1102500,00	0,00	1050	-1050	-1050	1050,00	1102500,00	0,00				
dic-16	7560	7560	0	-1575	787,50	1240312,50	0,00	2835	4725	3675	2887,50	11714062,50	31,25	0	7560	6510	4305,00	29128050,00	50,00				
ene-17	2520	2415	105	-1470	560,00	830550,00	1,39	2415	105	3780	1960,00	7813050,00	22,22	0	2520	9030	3710,00	21535500,00	66,67				
feb-17	2415	2415	0	-1470	420,00	622912,50	1,04	2205	210	3990	1522,50	5870812,50	18,84	2100	315	9345	2861,25	16176431,25	53,26				
mar-17	1050	1050	0	-1470	336,00	498330,00	0,83	2205	-1155	2835	1449,00	4963455,00	37,07	2205	-1155	8190	2520,00	13207950,00	64,61				
abr-17	2100	2100	0	-1470	280,00	415275,00	0,69	2205	-105	2730	1225,00	4138050,00	31,73	2205	-105	8085	2117,50	11008462,50	54,67				
may-17	840	840	0	-1470	240,00	355950,00	0,60	2100	-1260	1470	1230,00	3773700,00	48,62	1470	-630	7455	1905,00	9492525,00	57,58				
jun-17	0	0	0	-1470	210,00	311456,25	0,52	1200	-1200	270	1226,25	3481987,50	42,55	2100	-2100	5355	1929,38	8857209,38	50,38				
jul-17	2100	2100	0	-1470	186,67	276850,00	0,46	630	1470	1740	1253,33	3335200,00	45,60	1155	945	6300	1820,00	7972300,00	49,78				
ago-17	3045	2940	105	-1365	178,50	250267,50	0,76	1200	1845	3585	1312,50	3342082,50	47,10	1155	1890	8190	1827,00	7532280,00	51,01				
sep-17	2100	2000	100	-1265	171,36	228425,00	1,13	1800	300	3885	1220,45	3046438,64	44,11	1200	900	9090	1742,73	6921163,64	50,27				
oct-17	1050	1050	0	-1265	157,08	209389,58	1,03	1800	-750	3135	1181,25	2839443,75	46,39	1800	-750	8340	1660,00	6391275,00	52,03				
nov-17	1050	1050	0	-1265	145,00	193282,69	0,95	1200	-150	2985	1101,92	2622755,77	43,92	1800	-750	7590	1590,00	5942907,69	53,53				
dic-17	4200	2100	2100	835	284,64	494476,79	4,46	1200	3000	5985	1237,50	3078273,21	45,88	1200	3000	10590	1690,71	6161271,43	54,80				
ene-18	0	0	0	835	265,67	461511,67	4,16	0	0	5985	1155,00	2873055,00	42,83	1200	-1200	9390	1658,00	5846520,00	51,15				
feb-18	0	0	0	835	249,06	432667,19	3,90	1050	-1050	4935	1148,44	2762395,31	40,15	1050	-1050	8340	1620,00	5550018,75	47,95				
mar-18	1050	1050	0	835	234,41	407216,18	3,67	2100	-1050	3885	1142,65	2664754,41	43,67	2100	-1050	7290	1586,47	5288400,00	51,02				
abr-18	0	0	0	835	221,39	384593,06	3,47	1050	-1050	2835	1137,50	2577962,50	41,24	2100	-2100	5190	1615,00	5239600,00	48,18				
may-18	2100	2050	50	885	212,37	364482,89	3,41	2100	0	2835	1077,63	2442280,26	39,07	2100	0	5190	1530,00	4963831,58	45,65				
jun-18	3150	3150	0	885	201,75	346258,75	3,24	2050	1100	3935	1078,75	2380666,25	38,87	1050	2100	7290	1558,50	4936140,00	46,70				
jul-18	4200	4200	0	885	192,14	329770,24	3,08	2050	2150	6085	1129,76	2487420,24	39,45	2050	2150	9440	1586,67	4921204,76	46,91				
ago-18	3150	3151	-1	884	183,45	314780,73	2,94	3150	0	6085	1078,41	2374355,68	37,66	2050	1100	10540	1564,55	4752513,64	46,37				
sep-18	2100	2100	0	884	175,48	301094,61	2,82	2100	0	6085	1031,52	2271122,83	36,02	3150	-1050	9490	1542,17	4593817,39	46,52				
oct-18	1050	1050	0	884	168,17	288549,00	2,70	2100	-1050	5035	1032,29	2222430,21	38,69	2100	-1050	8440	1521,67	4448345,83	48,75				
nov-18	525	525	0	884	161,44	277007,04	2,59	2100	-1575	3460	1054,00	2232758,00	37,14	2100	-1575	6865	1523,80	4369637,00	46,80				
dic-18	4095	525	3570	4454	292,54	756541,38	5,84	525	3570	7030	1150,77	2637071,15	35,71	2100	1995	8860	1541,92	4354651,92	45,00				
Suma de errores				4454	8089,63	13072575,54	55,68	Suma errores				7030	33073,93	91048083,22	975,77	Suma errores				8860	49577,31	210694506,76	1279,59
Promedio de errores					311,14	502791,37	2,14	Promedio errores					1272,07	3501849,35	37,53	Promedio errores					1906,82	8103634,88	49,21

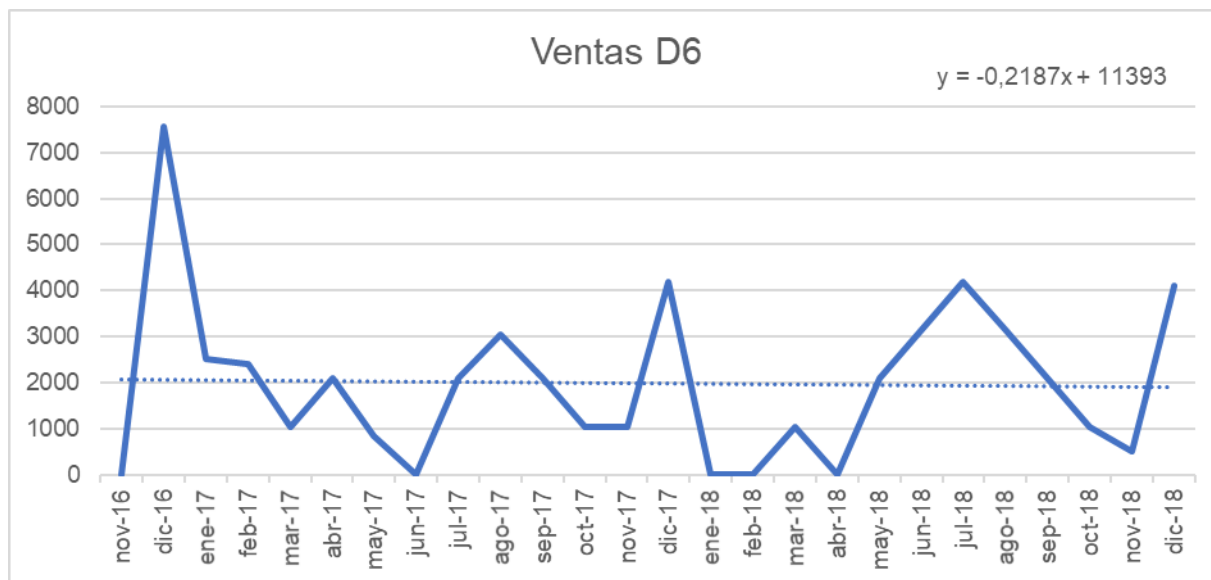
Nota: Gabriela López

Ecuación 40. Tendencia D6

$$y = -0.2187x + 11393$$

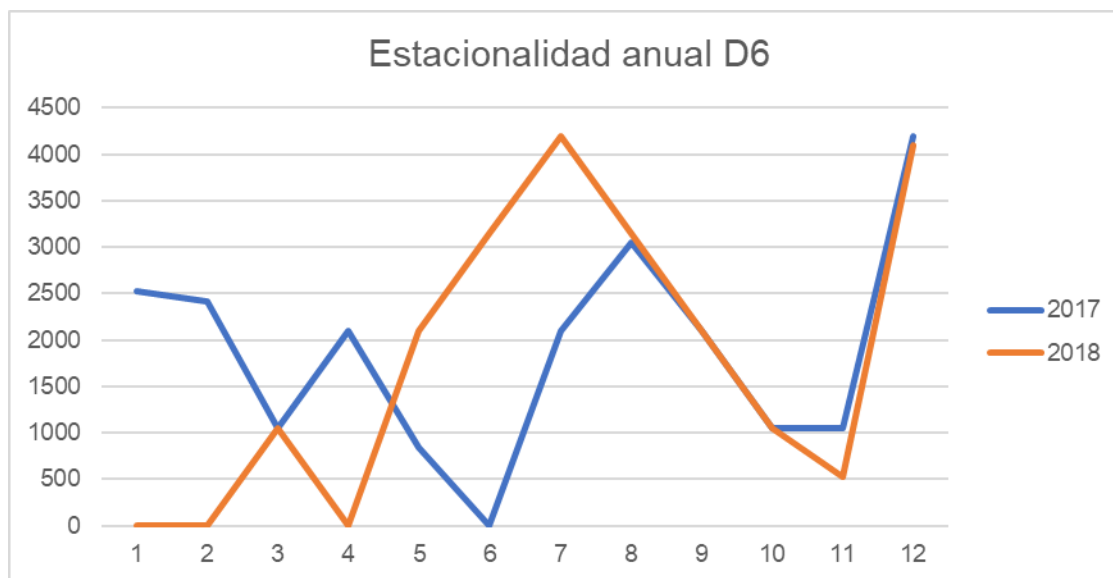
Nota: Gabriela López

Figura 57. Ventas D6



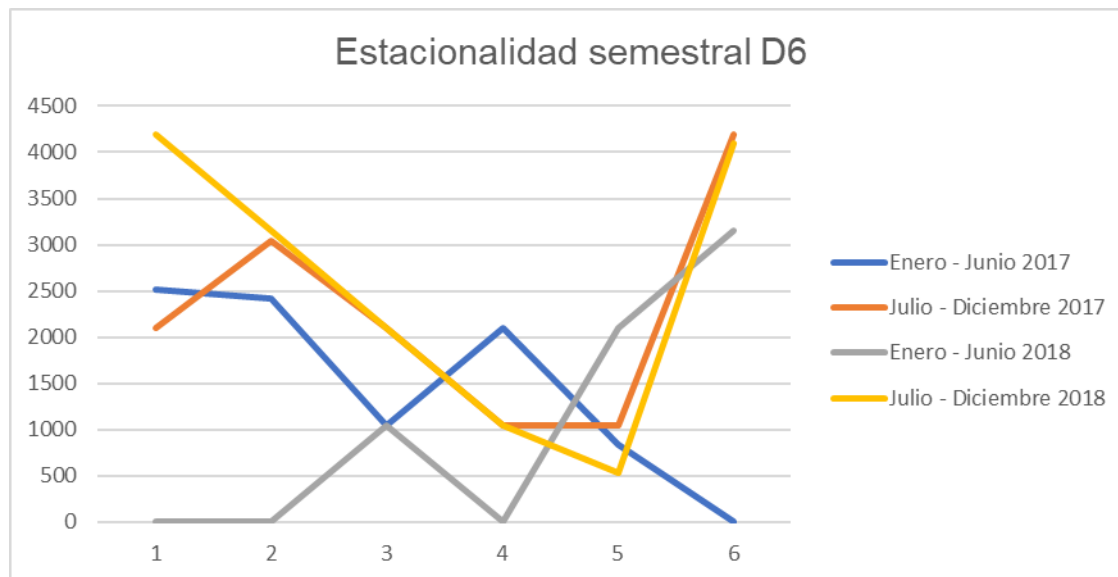
Nota: Gabriela López

Figura 58. Estacionalidad anual D6



Nota: Gabriela López

Figura 59. Estacionalidad semestral D6



Nota: Gabriela López

MPS Stability vs. Error de pronóstico

Se utiliza una tabla para comparar el indicador MPS Stability y el error de pronóstico por producto, y analizar cada uno de los meses. En la Tabla 31. MPS Stability vs. Error de pronóstico se determina que el 53% de los meses que están fuera de especificación han sido afectados por el error de pronóstico M del embotellador, el 23.5% ha sido afectado por error de pronóstico M-1 y el 23.5% restante por otros como falta de ingredientes y errores de producción y planificación.

Los productos con mayor error de pronóstico que afectan el MPS Stability son el D5 y el D6 por cantidades. El producto D6 se encuentra en el primer lugar por el error del mes de diciembre del 2017, el cual fue de 220500 partes, sin embargo, el producto D5 tiene errores de pronóstico en todos los meses que el MPS Stability estuvo fuera de especificación.

Es necesario controlar el error de pronóstico M y M-1 de los productos y establecer inventarios de seguridad de acuerdo con este error, como contingencia de la planta de concentrados.

Tabla 31. MPS Stability vs. Error de pronóstico

Mes	MPS Stability	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Comentario
dic-16	109,7%							
ene-17	98,3%							
feb-17	82,7%	240	-384	1040	-4160	-8448		Afectado por M de D2 - D4 - D5
mar-17	114,3%		768		160	-6720		Afectado por M-1 de D1 - D2 - D3 - D5 - D6
abr-17	171,5%		1152			-6528		Afectado por M-1 de D1 - D3 - D5 - D6
may-17	191,9%		1152			3264		Afectado por M de D2 - D5
jun-17	113,2%				-320	-1024		Afectado por M-1 de D1 - D2 - D5 - D6
jul-17	479,9%		-1728	-40	400	5888		Afectado por M de D4 - D5
ago-17	108,5%							
sep-17	74,3%		-192			9600	10500	Falta ingrediente
oct-17	69,2%	-400	-192		160	5312		Atraso producción
nov-17	190,8%				320	20352		Afectado por M de D4 - D5
dic-17	204,5%				160	5056	220500	Afectado por M de D4 - D5 - D6
ene-18	102,7%							
feb-18	105,2%							
mar-18	102,0%							
abr-18	106,0%							
may-18	21,2%		768		160	-128	5250	n/a
jun-18	115,6%		-768			8832		Afectado por M de D5
jul-18	195,5%				-320	4480		Afectado por M de D5
ago-18	112,9%	-320	768			-7808	-105	Afectado por M-1 de D1 - D5
sep-18	85,8%					1408		Error carga demanda
oct-18	182,4%		-3072		1920	9280		Afectado por M de D4 - D5
nov-18	31,0%					-13312		Afectado por M de D5
Suma ABS		960	10944	1080	8080	117440	236355	

Nota: Gabriela López

Analizar

La fase analizar consiste en la identificación de las causas de la variación del indicador MPS Stability. Con el fin de desarrollar esta etapa del proyecto se utilizarán herramientas de análisis como el Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA) y los 5 porqués. Las causas que se determinen por medio de estas herramientas se clasificarán en controlables y no controlables con el objetivo de establecer los puntos críticos del proceso por modificar en la fase de Mejorar.

FMEA Diagnóstico

La herramienta FMEA se utiliza para analizar cada uno de los pasos del proceso de la demanda para el plan maestro de producción y calcular el nivel de riesgo de cada una de las actividades. En esta etapa del proyecto se presenta solamente la parte de diagnóstico, ya que el diseño se realizará en la fase de Mejorar.

El FMEA de la Tabla 32. FMEA Diagnóstico muestra el fallo potencial de cada una de las actividades del proceso, el efecto que provoca el fallo y la causa de este. Asimismo, se identifica si existe un sistema de control o detección del fallo en cada uno de los pasos. Se califica cada uno por severidad, ocurrencia y detección, como explicado en el capítulo 2 de este proyecto.

El proceso de la demanda es una cadena de información, por lo tanto, cuando hay un fallo en uno de los pasos, se arrastra hacia las demás actividades. De acuerdo con lo planteado en la herramienta, los efectos y las causas se comparten dentro de las diferentes actividades del proceso, además de que existen actividades repetitivas entre servicio al cliente y el coordinador de demanda, como son las revisiones de la información.

Se observa que los errores de la unidad de negocios y los embotelladores afectan directamente a la planta de concentrados, sin embargo, estas actividades se encuentran fuera del alcance del proyecto y se consideran causas no controlables (demarcadas con fondo gris en la tabla). Las causas controlables son las que pertenecen al proceso dentro de la planta de concentrados.

De acuerdo con el R.P.N se obtiene que las actividades con mayor riesgo son las cargas de volúmenes en APO y P08. Las causas de estos fallos corresponden a la falta de revisiones de la información enviada por el embotellador.

Tabla 32. FMEA Diagnóstico

Proceso	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Severity	Potential Cause	Occurrence	Current Design Control Detection	Detection	R.P.N
Creación de plan de negocios	No está correctamente alineado	Embotelladores utilizan familia D para cumplir porque es lo más fácil de producir	7	Efecto push, vender más. No se exige volumen de venta por producto	5	No existe	8	280
Creación de pronósticos	Pronósticos incorrectos	Planta planea mal. Planta compra mal los ingredientes.	8	Mala planeación del embotellador. No es exigido por la unidad de negocios	7	No existe	8	448
Enviar pronósticos a Planta	Pronósticos se envían tarde o no se envían	Planta no revisa la información	9	Mala planeación del embotellador. No es exigido por la unidad de negocios	10	No existe	5	450
Revisión de pronósticos	Pronósticos no se revisan	Se carga demanda incorrecta	8	No hay tiempo disponible porque se enviaron tarde	6	No existe	1	48
Cargar demanda en APO	Demanda incompleta o incorrecta	El PMP se alimenta de información incorrecta	9	Pronósticos no se revisaron	6	No existe	8	432
Análisis de variación cuatrimestral	Análisis incorrecto	El PMP se alimenta de información incorrecta	5	Proceso manual	2	Forecast Accuracy	4	40
Cargar volumen a P08	Demanda incompleta o incorrecta	El PMP se alimenta de información incorrecta	10	Demanda no se revisa. Se revisa mal.	2	No existe	6	120
Creación de PMP mensual	Se planean volúmenes incorrectos	No hay ingrediente. Falta capacidad de planta. Horas extras. Alto inventario producto terminado	10	Volumen cargado incorrecto	5	MPS Stability. Seguimiento de volumen de producción	1	50
Crear órdenes de venta	Diferentes a lo pronosticado en volumen y fecha	El mini PMP es diferente al PMP mensual. No hay ingredientes	10	Mala planeación del embotellador. No es exigido por la unidad de negocios	8	No existe	5	400
Creación de PMP semanal	Cambia el PMP mensual. Romper rueda de colores	No hay ingrediente. Falta capacidad de planta. Horas extras. Alto inventario producto terminado. Afecta productividad	10	Volumen cargado para PMP mensual incorrecto	5	MPS Stability. Seguimiento de volumen de producción	1	50
Programación semanal de producción	No se producen las cantidades planeadas en PMP mensual	No hay ingrediente. Falta capacidad de planta. Horas extras. Alto inventario producto terminado. Afecta productividad	10	Volumen cargado para PMP mensual incorrecto	5	PTS (Performance to Schedule)	1	50

Nota: Gabriela López

5 porqués

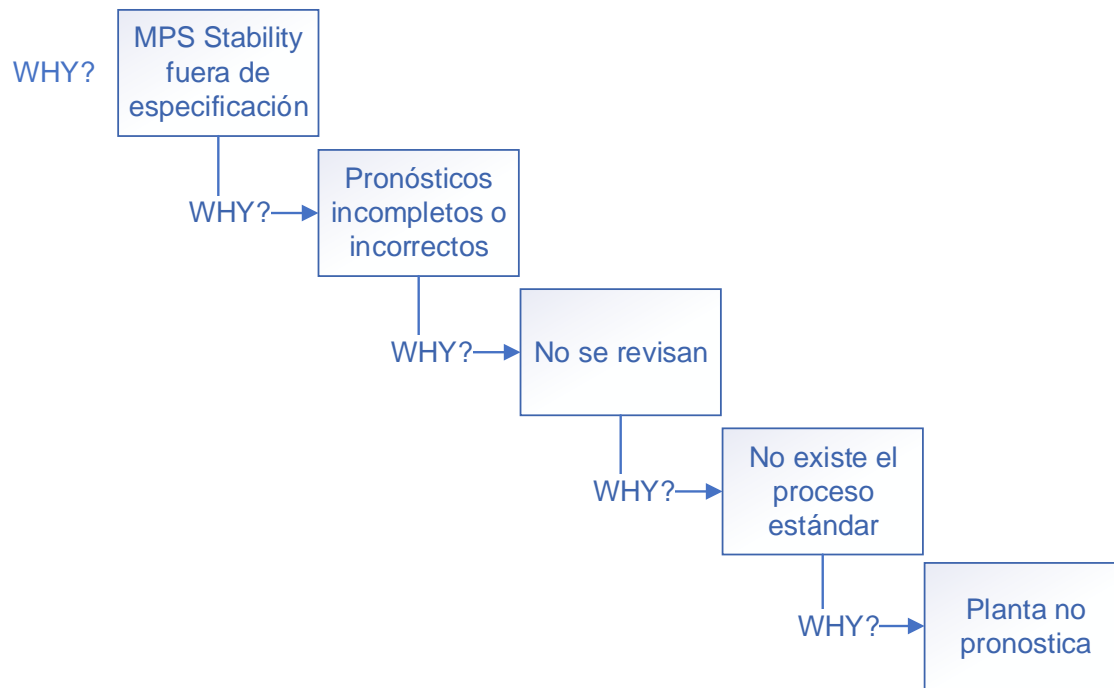
Se toma la información del FMEA para utilizar la herramienta de los 5 porqués del MPS Stability fuera de especificación y se presenta en la Figura 60. 5 porqués. El FMEA indicó que la carga de demanda es el punto crítico en el proceso porque los pronósticos que se cargan están incompletos o incorrectos y el departamento de servicio al cliente de la planta de concentrados no hace una revisión de la información que envía cada uno de los embotelladores.

El embotellador envía los pronósticos al departamento de servicio al cliente mensualmente, y estos se encargan de subir la información a SAP para uso del coordinador de demanda y luego del analista del plan maestro de producción. En este punto del proceso, servicio al cliente debe realizar una revisión de los pronósticos para identificar un dato atípico y consultarlo con el embotellador, sin embargo, estas revisiones son completamente subjetivas y a juicio del personal de servicio al cliente, adicionalmente, el embotellador envía la información tarde y no hay tiempo para realizar modificaciones, por lo tanto, los pronósticos se cargan a cómo los envía el embotellador. Existen casos en los que el embotellador no envía los pronósticos y se carga la demanda en cero pero luego realiza una orden fija de concentrado, por lo tanto, se debe modificar la información en el plan semanal.

El departamento de servicio al cliente no cuenta con un proceso estándar para la revisión de la información ya que no existen parámetros para decidir si un pronóstico es correcto o no. El error de pronóstico no se controla porque la planta no realiza los pronósticos, solamente puede realizar un análisis post-mortem de los datos enviados por el embotellador, sin embargo, no tiene la capacidad de modificar el modelo de pronósticos que utiliza cada uno de los embotelladores, por lo tanto, la causa raíz del problema es que la planta no pronostica su demanda.

La carga de demanda es la principal entrada de información para crear el plan maestro de producción, por lo que, si no es exacta, provoca que se hagan modificaciones con el plan semanal y afecte directamente al MPS Stability. El alto error de pronóstico del embotellador provoca que se compre incorrectamente los ingredientes, que no haya capacidad de planta para producir el volumen de la nueva demanda, el requerimiento de horas extras, la baja productividad de producción y los altos inventarios de producto terminado.

Figura 60. 5 porqués



Nota: Gabriela López

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El MPS Stability se promedia entre todas las familias y este dato no es significativo, ya que unas familias compensan a otras.
- Los pronósticos a 3 meses de los embotelladores de los productos D1, D4, D5 y D6 tienen un error muy alto en el mes 2 y 3, y la planta de concentrados tiene un horizonte de planificación de 3 meses. Por lo tanto, se producen las cantidades incorrectas y el plan maestro de producción se debe modificar durante un mismo mes con el plan semanal.
- Los pronósticos de los embotelladores tienen un sesgo alto en los productos D1, D2, D3 y D5, lo que provoca que la planta de concentrados mantenga altos inventarios de producto terminado y consecuentemente existan problemas con la vida útil del producto.
- Los pronósticos de los embotelladores tienen un sesgo bajo en los productos D4 y D6, lo que provoca problemas con falta de ingredientes y que la planta deba incurrir en horas extras para poder cumplir con la demanda real.
- El error de pronóstico para los productos D2 y D3 es bajo, sin embargo, requiere un control de parte de la planta de concentrados.
- El indicador MPS Stability se ve afectado por los pronósticos incorrectos principalmente de los productos D5 y D6.
- No existen inventarios de seguridad ya que la planta no pronostica.
- La planta de concentrados depende de los embotelladores, por lo tanto, se arrastran los problemas de planeación, producción y capacidades de cada uno de estos hasta la planta de concentrados, la cual no tiene ningún filtro de información y no tiene injerencia para modificar procesos en los embotelladores.
- El puesto del coordinador de demanda no añade valor al proceso de la carga de demanda, por lo tanto, debe ser modificado de manera que prevenga las variaciones y exista un plan de contingencia.

Recomendaciones

Planta de concentrados:

- Evaluar tamaños de lote (productividad / costo inventario) y crear el PMP según los tamaños.
- Controlar MPS Stability por familia, no por promedio.
- Seguimiento de indicadores con tendencias y capacidad de cumplimiento.

Unidad de negocios:

- Crear el plan de ventas por producto de acuerdo con la demanda de cada embotellador.
- Crear modelos de pronósticos para los embotelladores en conjunto con indicadores de control de planificación para los embotelladores.
- Modificar modelo de negocios hacia un sistema jalar, en lugar de empuje.

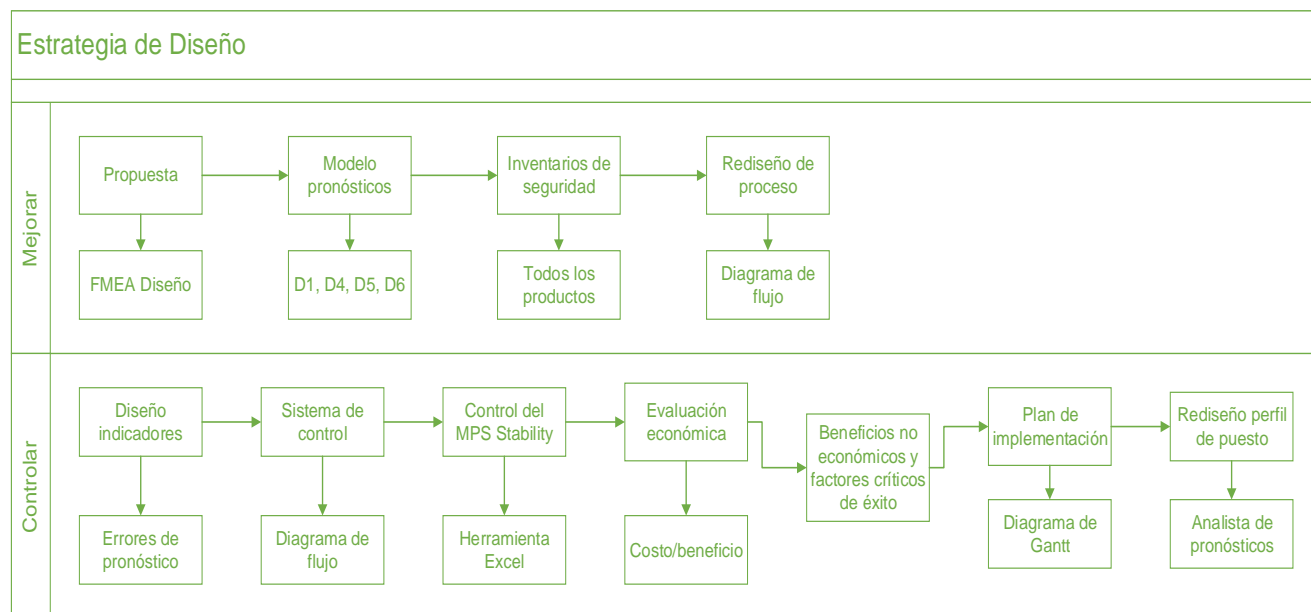
Embotelladores:

- Utilizar un modelo que se ajuste al comportamiento de ventas en la zona a la que proveen producto y controlarlo con indicadores de error de pronóstico.
- Enviar órdenes de venta a la planta de concentrados según planeación de modelo de pronósticos.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

El sexto y último capítulo del proyecto consiste en las fases de mejorar y controlar de la metodología DMAMC. Se desarrollará el diseño de la propuesta de mejora para el departamento de planificación de Coca Cola Industrias de acuerdo con el análisis realizado en la fase de diagnóstico. En la Figura 61. Estrategia de diseño se muestra la estructura que tendrá este capítulo y las herramientas a utilizar.

Figura 61. Estrategia de diseño



Nota: Gabriela López

Mejorar

Según lo explicado en el marco teórico; esta fase de Mejorar consiste en la propuesta de solución a las causas presentadas en el capítulo anterior. Se hará la recomendación del mejor pronóstico para cada uno de los productos, se establecerán los inventarios de seguridad y se hará el rediseño del proceso de la creación de la demanda para la planta de concentrados. El plan de implementación se presentará con un diagrama de Gantt y la evaluación económica se hará con un análisis costo – beneficio. Por último, se detallarán los requerimientos que conllevan la propuesta de solución y sus factores críticos de éxito.

FMEA Diseño

Se utiliza la segunda parte de la herramienta FMEA para el capítulo de diseño, en la cual se hacen las recomendaciones para cada parte del proceso, se asigna el responsable y se anotan las acciones a tomar. Luego se reevalúan la severidad, ocurrencia y detección de cada una de las actividades del proceso para calcular un nuevo R.P.N.

Las acciones por tomar en este proyecto corresponden a la creación de los pronósticos, inventarios de seguridad y los indicadores de error de pronóstico para la planta de concentrados. Así como la modificación del proceso de creación de demanda y la propuesta de proceso para analizar el comportamiento de la demanda a través del tiempo de cada producto. Para las actividades que se encuentran fuera de la planta de concentrados que no son controlables, se hacen recomendaciones para la unidad correspondiente.

La severidad de las actividades que está fuera de la planta de concentrados baja ya que con la propuesta de que la planta empiece a pronosticar; se coloca un filtro de información y provoca que no sea tan afectada por la mala planeación de los embotelladores y la unidad de negocios. Sin embargo, la ocurrencia y detección se mantienen iguales en esas partes del proceso ya que no es posible tomar acciones para modificarlas.

La detección baja ya que los fallos en los nuevos pasos del proceso se convierten más detectables por el indicador de error de pronóstico y es más fácil corregirlo si la planta de concentrados es la que realiza los pronósticos, ya que tiene la posibilidad de ajustar el modelo de acuerdo con el comportamiento de la demanda. La herramienta completa se presenta en la Tabla 33. FMEA Diseño.

Tabla 33. FMEA Diseño

Proceso	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Severity	Potential Cause	Occurrence	Current Design Control	Detection	R.P.N	Recommended Actions	Responsibility & Target Completion Date	Actions Taken	Severity	Occurrence	Detection	R.P.N
Creación de plan de negocios	No está correctamente alineado	Embotelladores utilizan familia D para cumplir porque es lo más fácil de producir	7	Efecto push, vender más. No se exige volumen de venta por producto	5	No existe	8	280	Crear plan de negocios por producto según demanda de cada embotellador y alinearlo según capacidades	Unidad de negocios	Recomendación para Unidad de Negocios	6	5	8	240
Creación de pronósticos	Pronósticos incorrectos	Planta planea mal. Planta compra mal los ingredientes.	8	Mala planeación del embotellador. No es exigido por la unidad de negocios	7	No existe	8	448	Utilizar un modelo que se ajuste al comportamiento de ventas en la zona y controlarlo con indicadores de error de pronóstico	Embotellador	Recomendación para Embotellador	3	7	8	168
Enviar pronósticos a Planta	Pronósticos se envían tarde o no se envían	Planta no revisa la información	9	Mala planeación del embotellador. No es exigido por la unidad de negocios	10	No existe	5	450	Eliminar paso del proceso. Los pronósticos del embotellador son para planeación de ellos mismos	Embotellador	Recomendación para Embotellador	3	10	5	150
Revisión de pronósticos	Pronósticos no se revisan	Se carga demanda incorrecta	8	No hay tiempo disponible porque se enviaron tarde	6	No existe	1	48	Reemplazar paso por creación de pronósticos de la planta de concentrados	Servicio al cliente	Creación pronósticos para productos de familia D	3	4	1	12
Cargar demanda en APO	Demanda incompleta o incorrecta	El PMP se alimenta de información incorrecta	9	Pronósticos no se revisaron	6	No existe	8	432	Cargar el volumen pronosticado por planta de concentrados	Servicio al cliente	Modificación del proceso de creación de demanda	3	4	1	12
Análisis de variación cuatrimestral	Análisis incorrecto	El PMP se alimenta de información incorrecta	5	Proceso manual	2	Forecast Accuracy	4	40	Controlar error de pronóstico de cada producto. Si es alto, reevaluar comportamiento de ventas	Coordinador de demanda	Indicadores de error de pronóstico y proceso de reevaluación	2	2	1	4
Cargar volumen a P08	Demanda incompleta o incorrecta	El PMP se alimenta de información incorrecta	10	Demanda no se revisa. Se revisa mal.	2	No existe	6	120	Cargar el volumen pronosticado por planta de concentrados	Coordinador de demanda	Modificación del proceso de creación de demanda	3	4	1	12
Creación de PMP mensual	Se planean volúmenes incorrectos	No hay ingrediente. Falta capacidad de planta. Horas extras. Alto inventario producto terminado	10	Volumen cargado incorrecto	5	MPS Stability. Seguimiento de volumen de producción	1	50	Planear según tamaños de lote. Controlar MPS Stability por familia	Analista de PMP	Recomendación para planta de concentrados	5	2	1	10
Crear órdenes de venta	Diferentes a lo pronosticado en volumen y fecha	El mini PMP es diferente al PMP mensual. No hay ingredientes	10	Mala planeación del embotellador. No es exigido por la unidad de negocios	8	No existe	5	400	Enviar órdenes de venta a la planta de concentrados según planeación con modelo de pronósticos del embotellador	Embotellador	Recomendación para Embotellador	3	8	5	120
Creación de PMP semanal	Cambia el PMP mensual. Romper rueda de colores	No hay ingrediente. Falta capacidad de planta. Horas extras. Alto inventario producto terminado. Afecta productividad	10	Volumen cargado para PMP mensual incorrecto	5	MPS Stability. Seguimiento de volumen de producción	1	50	Evitar modificaciones del PMP mensual, utilizar stock de seguridad	Analista de PMP	Cálculo stock de seguridad para productos familia D	5	2	1	10
Programación semanal de producción	No se producen las cantidades planeadas en PMP mensual	No hay ingrediente. Falta capacidad de planta. Horas extras. Alto inventario producto terminado. Afecta productividad	10	Volumen cargado para PMP mensual incorrecto	5	PTS (Performance to Schedule)	1	50	Evaluar tamaños de lote (productividad / costo inventario)	Programador de producción	Recomendación para planta de concentrados	5	2	1	10

Nota: Gabriela López

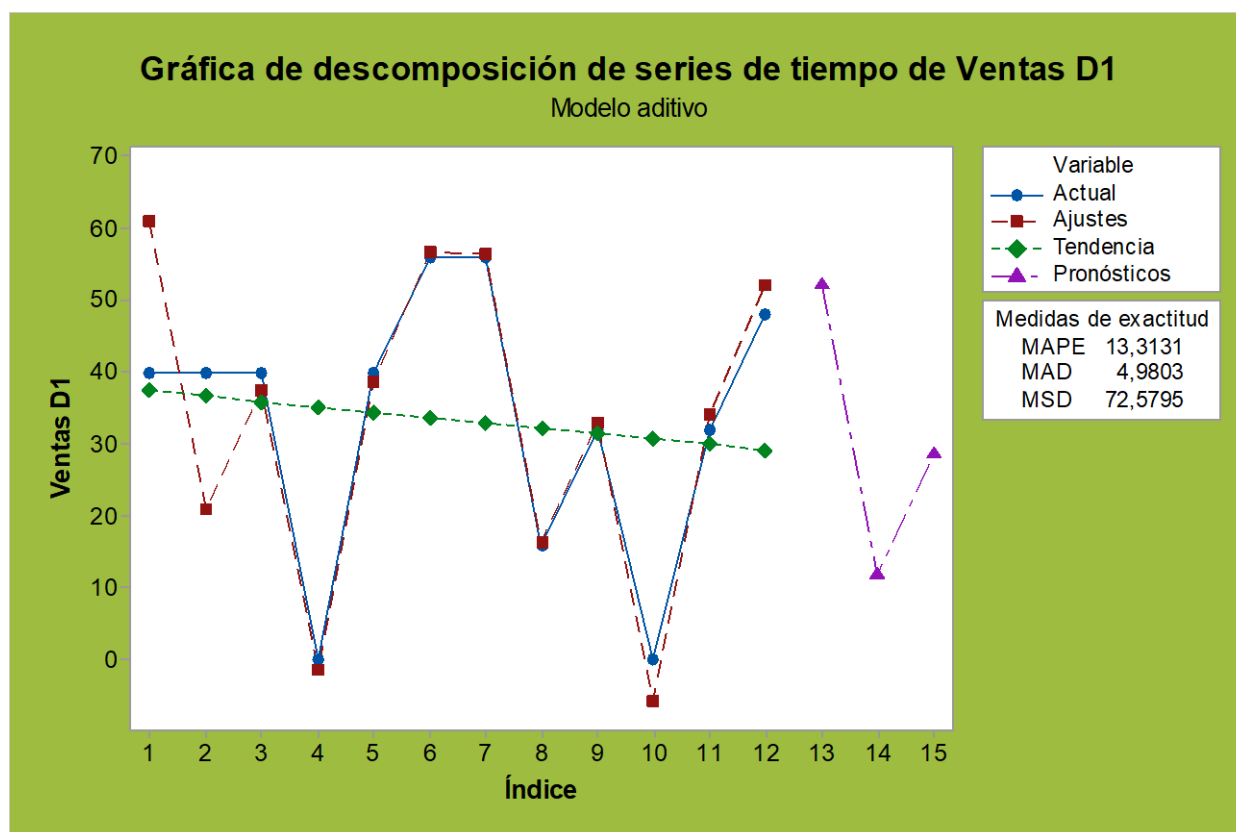
Modelo de pronósticos

El modelo de pronósticos se realizará para los productos más críticos (D1 – D4 – D5 – D6) con el fin de disminuir el error de pronóstico analizado en la fase de Medir. Se procederá a recomendar un modelo de pronósticos de acuerdo con el comportamiento de ventas de cada uno de estos productos.

Producto D1

Según el análisis de comportamiento realizado en la fase de medir, se considera que los datos de ventas tienen una tendencia negativa y una estacionalidad semestral en el año pasado 2018, por lo tanto, se prueban varios modelos de pronósticos de tendencia y estacionalidad con la utilización del “software” Minitab y se obtiene que el modelo con el menor error de pronóstico es la descomposición aditiva con una estacionalidad semestral. El modelo se muestra en la Figura 62. Pronóstico D1 con el pronóstico de 3 meses y el cálculo de DAM, ECM y PAME.

Figura 62. Pronóstico D1



Nota: Gabriela López

Ecuación 41. Tendencia ajustada pronóstico D1

$$Y_t = 38,18 - 0,746 \times t$$

Nota: Gabriela López

La ecuación de tendencia ajustada que utiliza el modelo se muestra en Ecuación 41. Tendencia ajustada pronóstico D1 y los índices estacionales en la Tabla 34. Índices estacionales D1. El modelo pronostica 52 unidades para el periodo 13 (enero 2019), 12 unidades para el 14 (febrero 2019) y 29 unidades para el 15 (marzo 2019). Los errores de pronóstico (DAM, ECM y PAME) son considerablemente más bajos que los del embotellador y se deben utilizar para controlar el ajuste del modelo a los datos.

Tabla 34. Índices estacionales D1

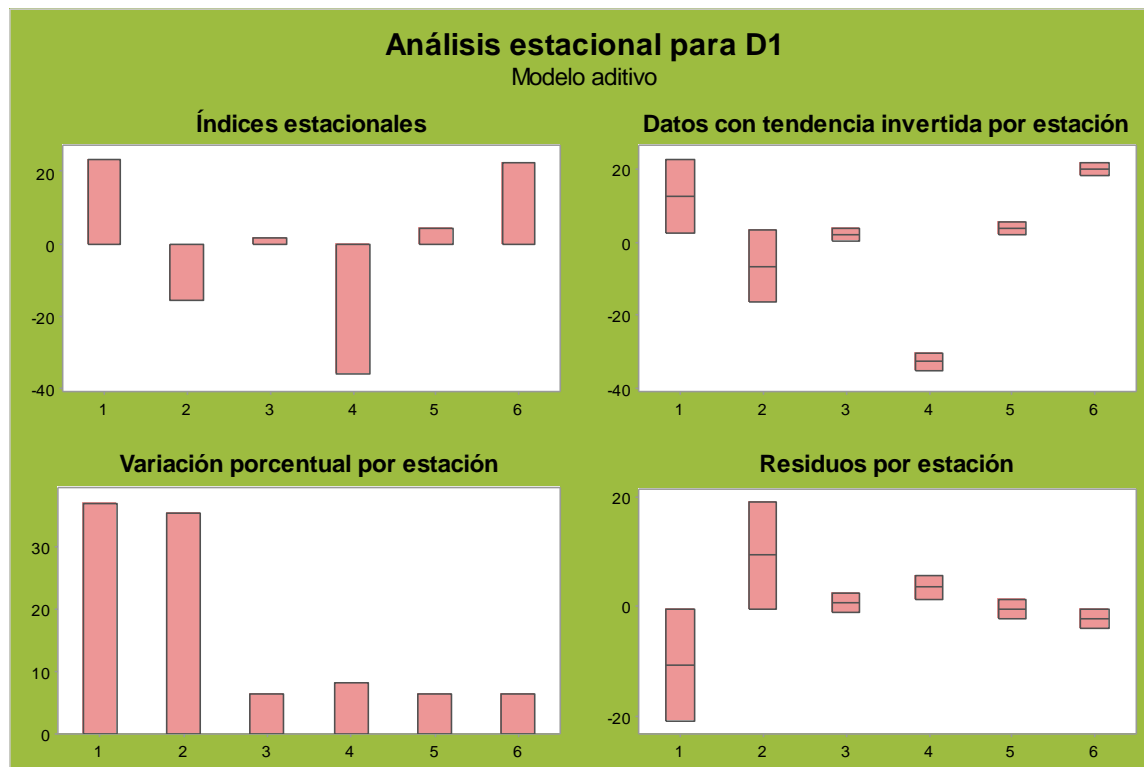
Periodo	Índice
1	23.5556
2	-15.7778
3	1.5556
4	-36.4444
5	4.2222
6	22.8889

Nota: Gabriela López

En la Figura 63. Análisis estacional D1 se muestra la variación de los índices estacionales, siendo la mayor en el periodo 1 y 2. Al verificar los datos se encuentra que la fuente de la variación se localiza en enero y febrero del 2018, ya que la venta real fue de 40 unidades en cada mes y el modelo pronostica 61 unidades para enero y 21 unidades para febrero, sin embargo, los meses de julio y agosto si se ajustan correctamente.

Los residuos por estación se encuentran entre ± 20 unidades por la variación de los primeros periodos, sin embargo, en los periodos 3, 4, 5 y 6 se disminuyen los residuos rondando las 0 unidades, esto permite que los pronósticos sean más exactos y se reduzca el error.

Figura 63. Análisis estacional D1



Nota: Gabriela López

Producto D4

El comportamiento de ventas del producto D4 presenta una tendencia positiva y una estacionalidad anual, por lo tanto, el modelo con mejor ajuste a los datos es la descomposición aditiva con estacionalidad anual que se presenta en la Figura 64. Pronóstico D4. Los errores de pronóstico del embotellador se reducen al utilizar este modelo, pronosticando 104 unidades para el periodo 25 (enero 2019), 112 unidades para el periodo 26 (febrero 2019) y 164 unidades para el 27 (marzo 2019). La ecuación de la tendencia ajustada se muestra en la Ecuación 42. Tendencia ajustada pronóstico D4 y los índices de estacionalidad en la Tabla 35. Índices estacionales D4.

Ecuación 42. Tendencia ajustada pronóstico D4

$$Y_t = 120,3 + 0,59 \times t$$

Nota: Gabriela López

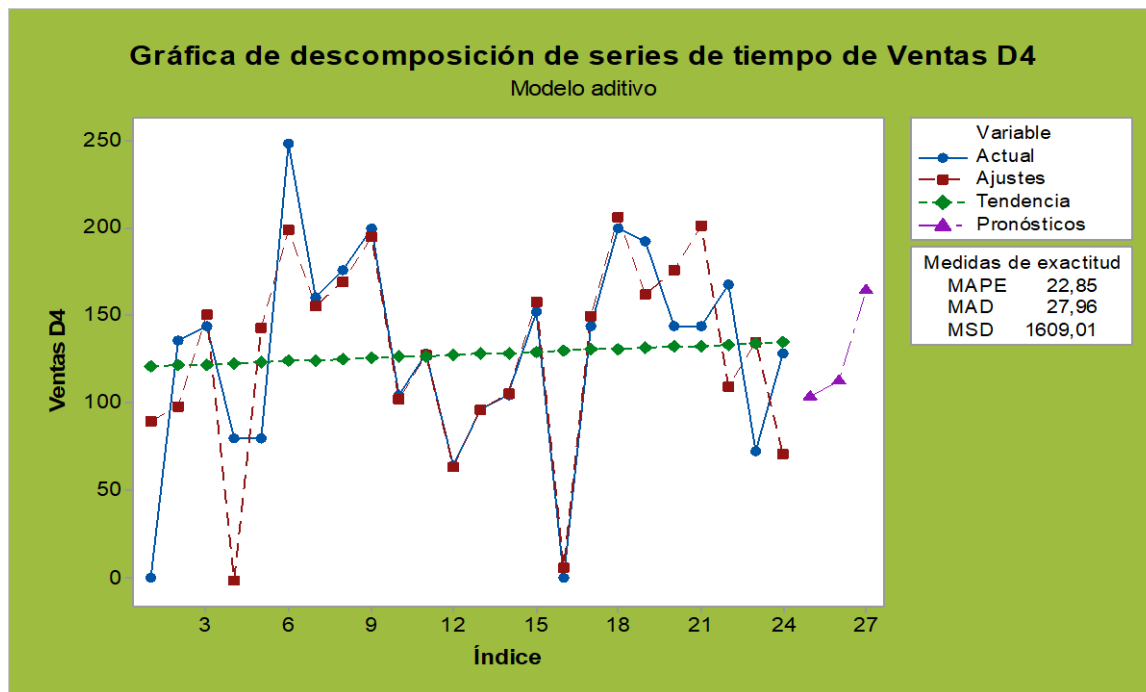
Tabla 35. Índices estacionales D4

Periodo	Índice
1	-31.417
2	-23.417
3	28.250
4	-124.083
5	19.583
6	75.250
7	30.583
8	43.917
9	68.917
10	-24.083
11	0.583
12	-64.083

Nota: Gabriela López

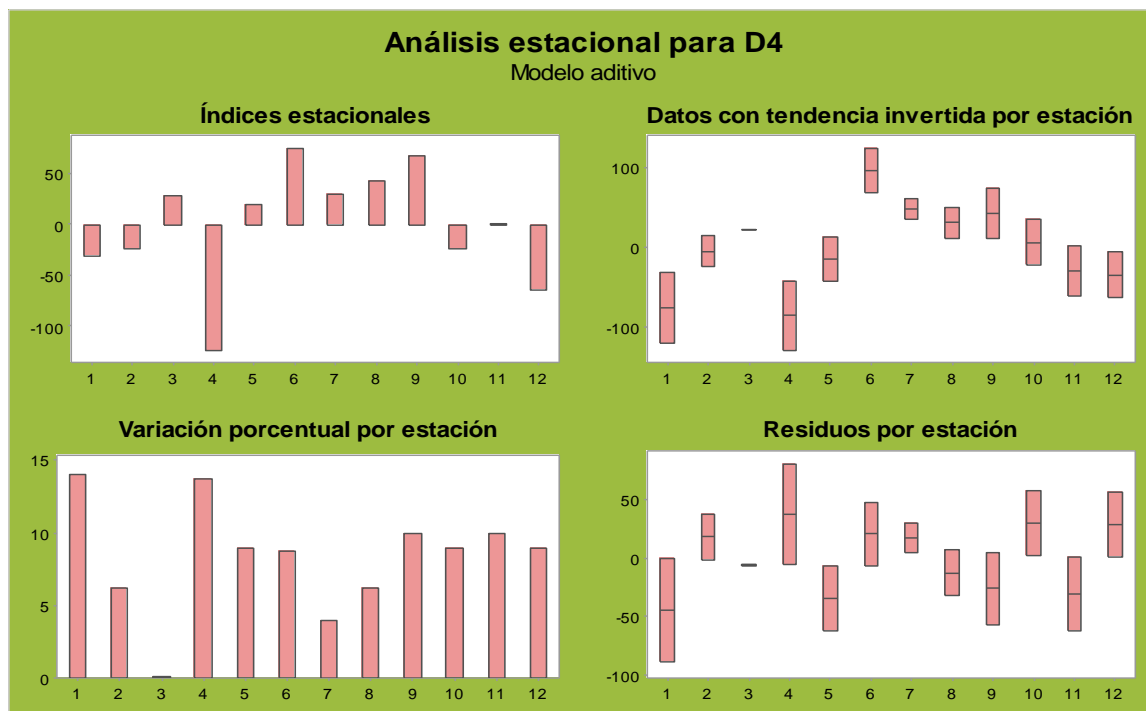
La variación de los índices estacionales se muestra constante y menor al 15%; los periodos con mayor variación son el 1 y 4 (enero y abril) ya que en un año la venta de enero fue de 0 y en el siguiente año fue de 96 unidades, lo mismo sucede con abril, un año la venta fue de 80 unidades pero el siguiente año fue 0. Esto ocasiona que el error de pronóstico del modelo aumente en estos meses; los residuos por estación se encuentran entre 81 unidades y -89 unidades en los periodos mencionados 1 y 4. Los residuos de los demás periodos oscilan alrededor de 0 y sus rangos son menores. En la Figura 65. Análisis estacional D4 se muestra el análisis estacional para el producto D4.

Figura 64. Pronóstico D4



Nota: Gabriela López

Figura 65. Análisis estacional D4



Nota: Gabriela López

Producto D5

El comportamiento de las ventas del producto D5 muestra una tendencia negativa y una estacionalidad cuatrimestral en el 2018, por lo tanto, se utilizan estos datos para pronosticar y el modelo que mejor se ajusta es el de descomposición multiplicativa. Este modelo se presenta en la Figura 66. Pronósticos D5 y tiene una mejor exactitud que los pronósticos del embotellador.

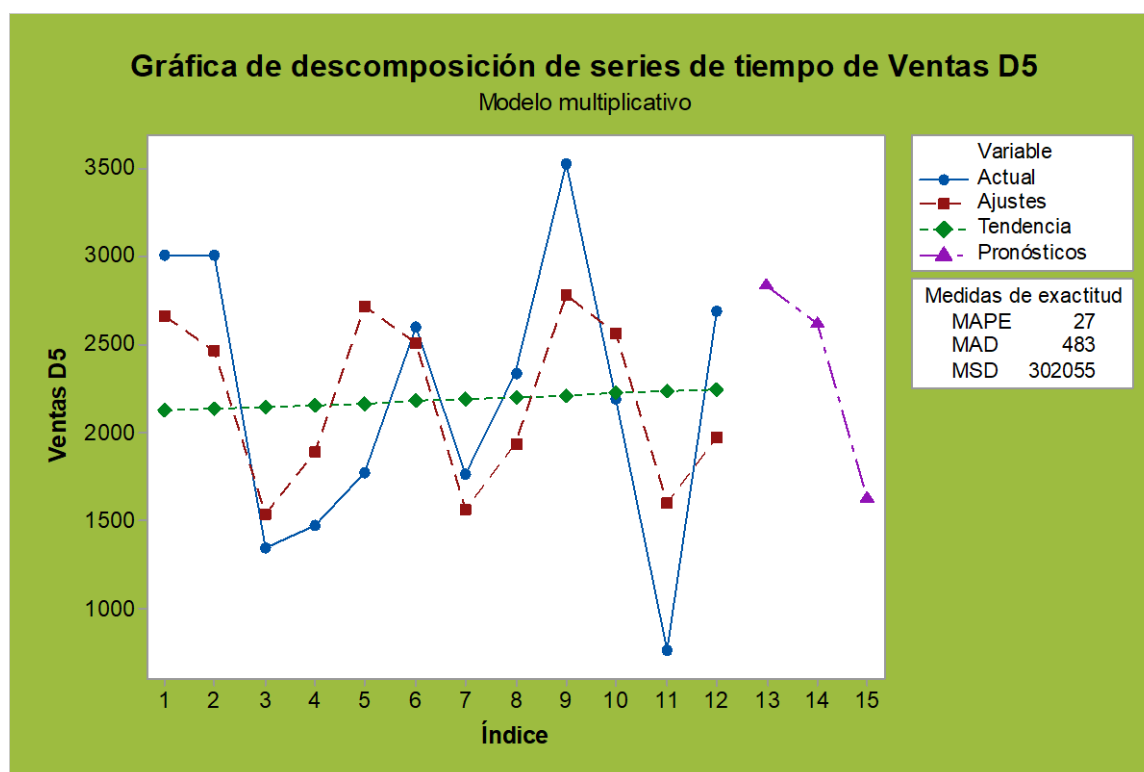
El modelo se define por la tendencia ajustada de la Ecuación 43. Tendencia ajustara Pronósticos D5 y los índices estacionales de la Tabla 36. Índices estacionales D5. La descomposición multiplicativa pronostica que para el periodo 13 (enero 2019) se venderán 2832 unidades, para el 14 (febrero 2019) 2612 unidades y 1629 unidades para el periodo 15 (marzo 2019).

Ecuación 43. Tendencia ajustara Pronósticos D5

$$Y_t = 2110 + 11,3 \times t$$

Nota: Gabriela López

Figura 66. Pronósticos D5



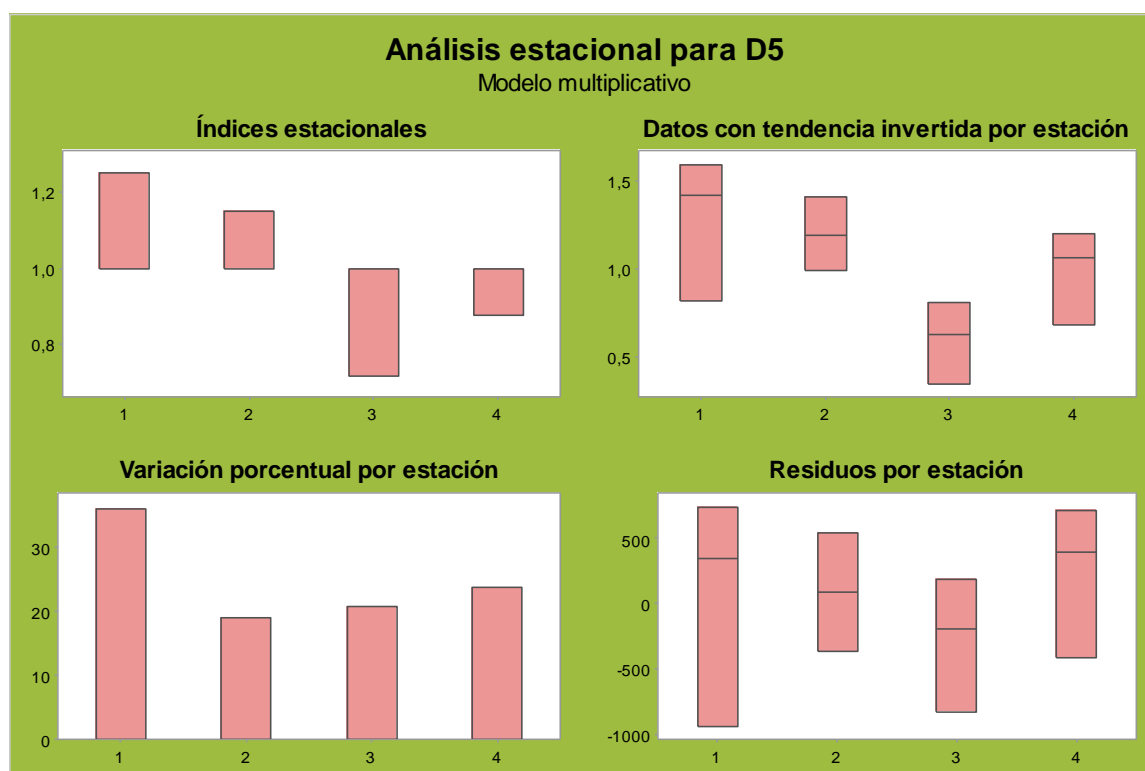
Nota: Gabriela López

Tabla 36. Índices estacionales D5

Periodo	Índice
1	1.25519
2	1.15191
3	0.71480
4	0.87811

Nota: Gabriela López

Figura 67. Análisis estacional D5



Nota: Gabriela López

En la Figura 67. Análisis estacional D5 se puede observar que los residuos por estación se encuentran entre 744 unidades y – 943 unidades por el primer periodo ya que representa sesgos bajos; el modelo pronostica menor cantidad que lo real en enero y setiembre. La variación por estación se mantiene constante para los periodos 2, 3 y 4 por debajo del 24%, sin embargo, el periodo 1 tiene una variación del 36%. Estos aspectos se toman en cuenta para el ajuste del modelo,

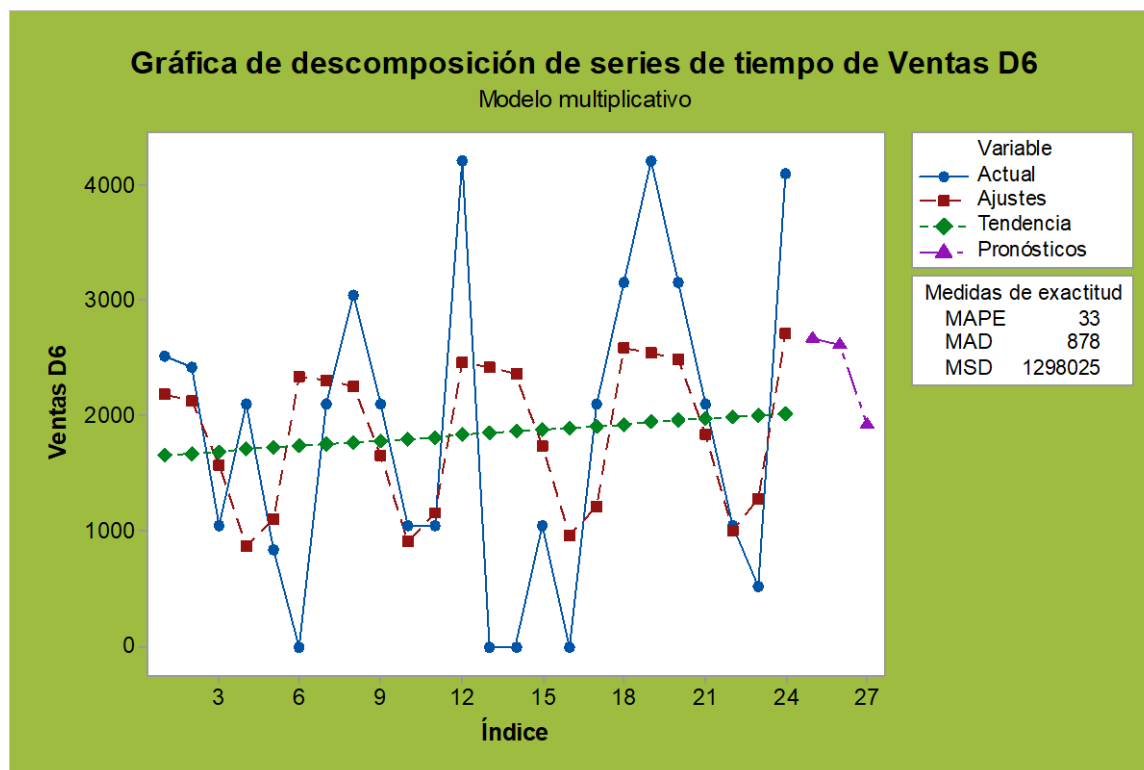
ya que, si se identifican situaciones atípicas en los datos, es posible normalizar el dato para obtener un modelo con mejor exactitud.

Producto D6

El producto D6 muestra un comportamiento de tendencia con estacionalidad de julio a diciembre, por lo tanto, se prueban diferentes modelos de pronósticos y se elige la descomposición multiplicativa, al presentar el menor error. El PAME es de 33, o sea se aleja de la demanda real un 33% en promedio, este error es más bajo que el del embotellador, sin embargo, se considera alto debido a la falta de estacionalidad en los meses de enero a junio. Este producto cuenta solamente con 2 años de datos por lo tanto no es posible comprobar otro tipo de comportamiento.

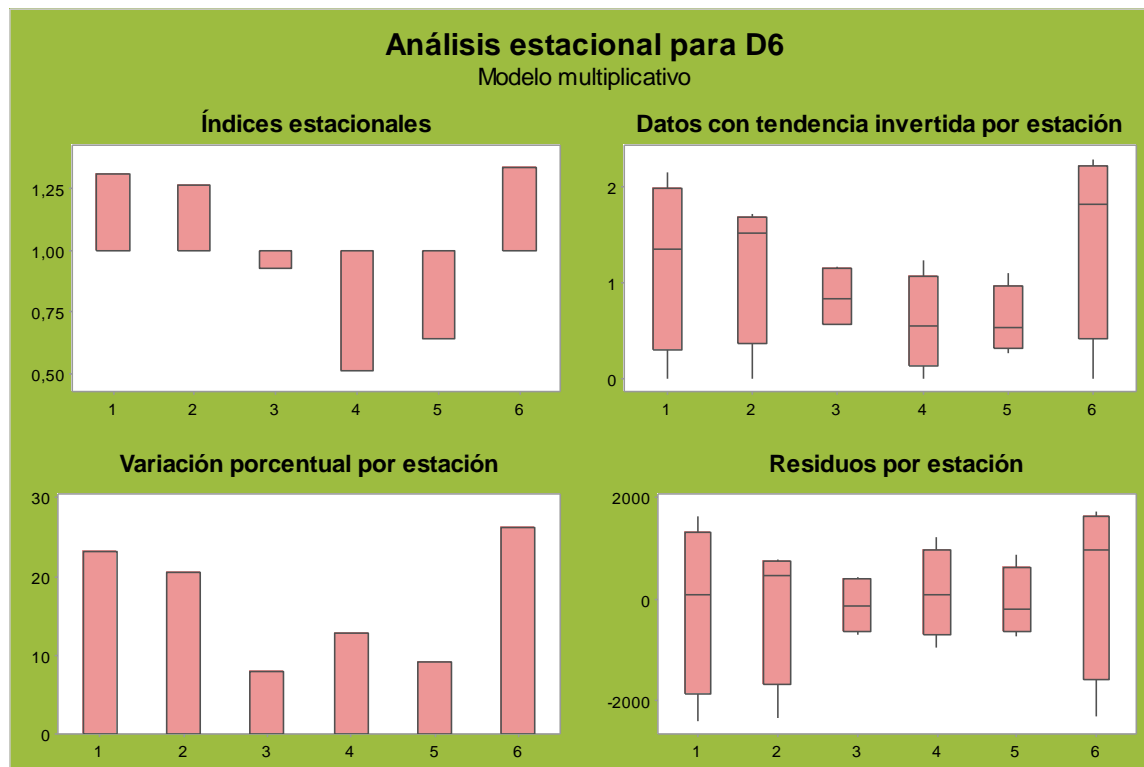
El modelo presentado en la Figura 68. Pronóstico D6 provee pronósticos para 3 periodos; 2672 unidades para el periodo 25 (enero), 2607 unidades para el 26 (febrero) y 1920 unidades para el 27 (marzo). Se utiliza la Ecuación 44. Tendencia ajustada pronóstico D6 y la Tabla 37. Índices estacionales D6 para crear los pronósticos.

Figura 68. Pronóstico D6



Nota: Gabriela López

Figura 69. Análisis estacional D6



Nota: Gabriela López

En la Figura 69. Análisis estacional D6 se observa que la variación por estación es más alta en el periodo 6 con 26% y según los residuos; el sesgo es alto ya que se pronostica menor cantidad en los meses de diciembre de cada año. Los periodos con menor variación son el 3, 4 y 5 con un máximo de 13% de variación y los residuos se comportan alrededor de 0. El periodo 2 presenta un sesgo bajo, o sea el modelo ajusta menor cantidad de la real. Es importante notar que el periodo 1 y 6 son lo que mayor rango de residuos tienen, por lo tanto, los pronósticos de estos periodos no serán exactos.

Ecuación 44. Tendencia ajustada pronóstico D6

$$Y_t = 1644 + 15.7 \times t$$

Nota: Gabriela López

Tabla 37. Índices estacionales D6

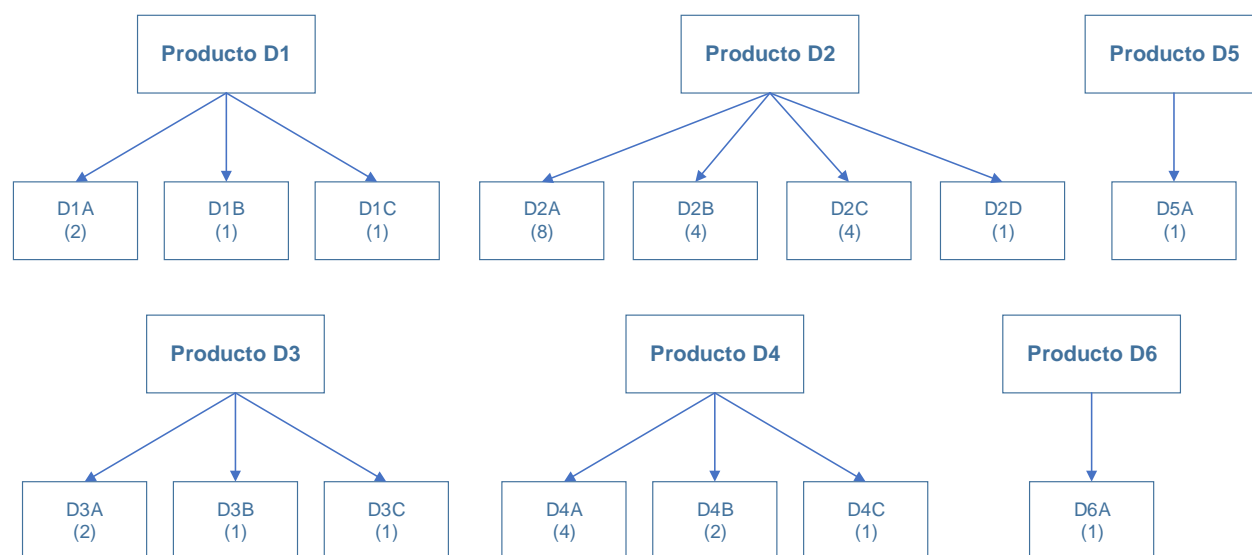
Periodo	Índice
1	1.31243
2	1.27099
3	0.92880
4	0.50733
5	0.63886
6	1.34160

Nota: Gabriela López

BOM

Se crean los BOM para cada uno de los productos de la familia D ya que las ventas se encuentran en unidades, sin embargo, el plan maestro de producción se realiza en “partes”. Por lo tanto, las unidades pronosticadas se deben convertir a “partes” de cada uno de los materiales correspondientes. A continuación, se presentan los BOM de los 6 productos a estudiar.

Figura 70. BOMs



Nota: Gabriela López

Inventarios de seguridad

Los inventarios de seguridad se calculan para cada producto como un plan de contingencia de la variación de la demanda. Se utilizan los datos de la demanda mensual de cada producto desde setiembre del 2016 hasta diciembre del 2018 para calcular la desviación estándar y utilizar el dato como la cantidad de producto que se debe mantener como inventario de seguridad.

En la Tabla 38. Inventarios de seguridad se muestran las cantidades en unidades, el costo de mantener el inventario en almacenes por mes y la vida de cada uno de los productos. El costo de mantener el inventario de seguridad se calcula de acuerdo con los BOMs de cada producto como se muestra en la Tabla 39. Costo almacenar inventario seguridad. Los costos han sido convertidos por confidencialidad de la empresa, sin embargo, es importante calcularlos para la evaluación económica del proyecto. El tipo de cambio utilizado es de 605.23 según el Banco Central de Costa Rica.

Tabla 38. Inventarios de seguridad

Producto	Inventario de seguridad	Costo almacenaje / mes	Vida (días)
D1	20 unidades	17.09	183
D2	21 unidades	19.31	360
D3	20 unidades	17.15	365
D4	75 unidades	19.86	274
D5	975 unidades	20.76	365
D6	1340 unidades	21.21	365

Nota: Gabriela López

La vida del producto se toma en cuenta por el riesgo que representa mantener esas unidades fijas en inventario; los productos D2, D3, D5 y D6 no representan problema ya que su vida es de un año, sin embargo, los productos D1 y D4 contienen una parte con una vida menor. En este caso, la

recomendación es producir las partes del producto con vida de 1 año y no mantener un inventario de seguridad para las partes que tienen una vida menor, con el fin de eliminar el riesgo de perder el inventario.

Tabla 39. Costo almacenar inventario seguridad

Producto D1				Producto D2			
Parte	Cantidad	Costo almacenar	Costo total	Parte	Cantidad	Costo almacenar	Costo total
D1A	2	1,58	2,58	D2A	8	1,58	4,58
D1B	1	1,58	1,58	D2B	4	1,58	3,58
D1C	1	1,32	1,32	D2C	4	1,58	3,58
Costo de almacenar / mes:			3,52	D2D	1	1,58	1,58
Producto D3				Costo de almacenar / mes:			5,67
Parte	Cantidad	Costo almacenar	Costo total	Producto D4			
D3A	2	1,58	2,58	Parte	Cantidad	Costo almacenar	Costo total
D3B	1	1,58	1,58	D4A	4	1,58	3,58
D3C	1	1,58	1,58	D4B	2	1,58	2,58
Costo de almacenar / mes:			3,58	D4C	1	1,58	1,58
Producto D5				Costo de almacenar / mes:			4,39
Parte	Cantidad	Costo almacenar	Costo total	Producto D6			
D5A	1	1,58	1,58	Parte	Cantidad	Costo almacenar	Costo total
Costo de almacenar / mes:			1,58	D6A	1	1,58	1,58
				Costo de almacenar / mes:			1,58

Nota: Gabriela López

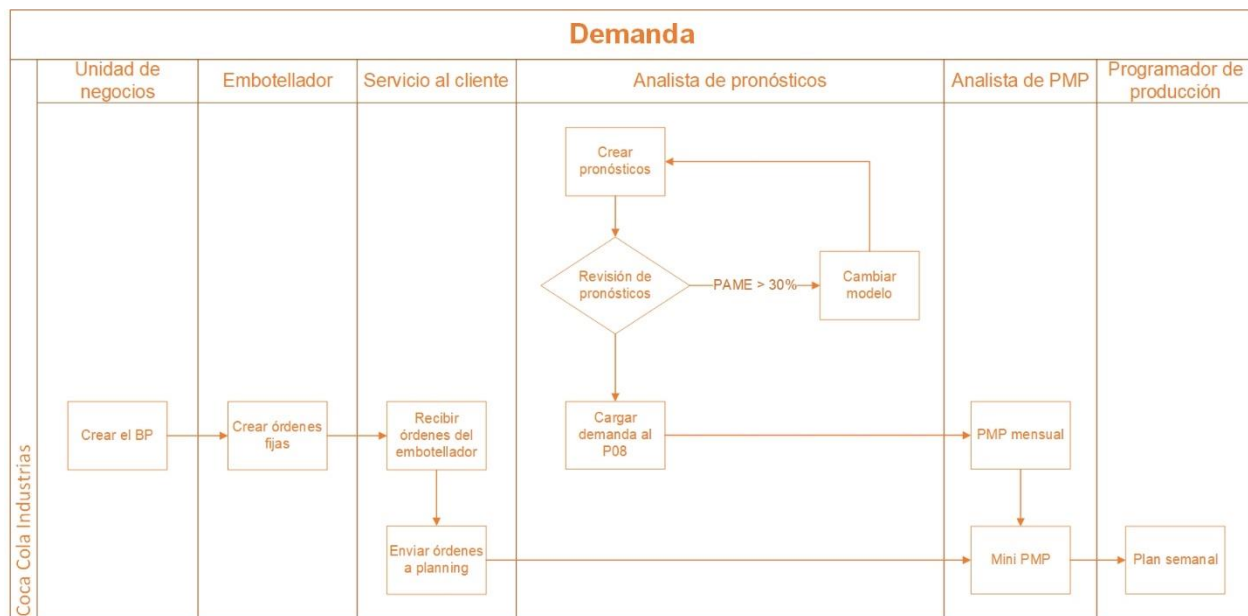
Rediseño proceso de demanda

El proceso de la creación de la demanda se modifica de acuerdo con la propuesta de iniciar con los pronósticos dentro de la planta de concentrados. El nuevo diagrama de flujo se presenta en la Figura 71. Diseño Demanda. Los principales cambios se encuentran en el papel del coordinador de demanda y en el papel del embotellador; se elimina el envío de los pronósticos del embotellador y la revisión de estos por parte de servicio al cliente.

El coordinador de demanda pasa a ser un analista de pronósticos que se dedicará a crear los pronósticos para la planta de concentrados y controlarlos de acuerdo con el error de pronóstico PAME, el cual no debe ser mayor a 30%. En el caso de que el error sea mayor, será necesario reevaluar el comportamiento de la demanda del producto y seleccionar un nuevo modelo que tenga un mejor ajuste, este proceso se detallará más adelante.

Los pronósticos creados por el coordinador de demanda serán la entrada de información principal para crear el plan maestro de producción. El departamento de servicio al cliente se mantiene recibiendo las órdenes del embotellador y enviándolas al analista de PMP para la creación del plan semanal. La variación entre las cantidades planeadas y producidas se disminuye al crear pronósticos más exactos, con menor error, y al tener un mejor control de detección cuando la información no es correcta.

Figura 71. Diseño Demanda



Nota: Gabriela López

El analista de pronósticos, al crearlos, debe tomar en cuenta variables que pueden afectar la demanda, no solo confiar en el modelo estadístico. Estas variables se reconocen manteniendo una relación fuerte con los clientes (embotelladores) y estando al tanto de su situación actual. En este proyecto se identificaron las siguientes variables:

- Temporada de huracanes
- Situaciones políticas del país
- Finales de trimestre (Q)
- Problemas de producción del embotellador
- Capacidades de plata y almacenamiento de cada embotellador
- Plan de ventas anual de la unidad de negocios

Controlar

En la última etapa del proyecto, Controlar, se presenta el sistema de control propuesto para la creación de los pronósticos para la planta de concentrados, el indicador del error de pronóstico y la propuesta del rediseño del puesto del coordinador de demanda. Como explicado en el marco teórico, esta fase da cierre al proyecto.

Indicadores de error de pronóstico

“La experiencia muestra que el tamaño del error depende mucho de la etapa en el ciclo de vida en que se encuentra el producto. En la etapa de introducción, la tasa de error puede oscilar entre 25% y 30%. Para los productos maduros, las tasas de error se encuentran alrededor de 10%. Los productos con ventas decrecientes tienen tasa de error de alrededor de 20%.” (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 192)

El indicador de los errores de pronóstico para cada uno de los productos debe ser el menor posible, para los productos de la familia D analizados en este proyecto se establece un límite superior de 30% en el PAME, ya que son productos que se encuentran en etapa introducción - madura.

Se crea una plantilla en Excel para uso del analista de pronósticos con el fin de llevar el control del error de pronóstico para el mes actual, M-1 y M-2, se utilizará una plantilla para cada producto. El analista solamente debe digitar las ventas y el pronóstico calculado por el modelo. En la Tabla 40. Plantilla para error de pronóstico se muestra el cuadro por utilizar.

Tabla 40. Plantilla para error de pronóstico

Mes	Ventas	Pronóstico M	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 1	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME	Pronóstico M - 2	Error	Suma Error	DAM	ECM	PAME				
ene-19			0	0	0,00	0,00	0,00		0	0	0,00	0,00	0,00		0	0	0,00	0,00	0,00				
feb-19			0	0	0,00	0,00	0,00		0	0	0,00	0,00	0,00		0	0	0,00	0,00	0,00				
mar-19			0	0	0,00	0,00	0,00		0	0	0,00	0,00	0,00		0	0	0,00	0,00	0,00				
Suma errores				0	0,00	0,00	0,00	Suma errores				0,00	0,00	0,00	Suma errores				0,00	0,00	0,00		
Promedio errores					0,00	0,00	0,00	Promedio errores					0,00	0,00	0,00	Promedio errores					0,00	0,00	0,00

Nota: Gabriela López

Proceso de control

El proceso de control consiste en la verificación del error de pronóstico de cada uno de los productos para controlar que el modelo utilizado sea correcto. En el caso de que el indicador de error de pronóstico sea mayor a 30%, será necesario reevaluar el modelo utilizado para la serie de

tiempo (ventas), por lo tanto, es necesario identificar si los datos históricos han cambiado de comportamiento y tienen un mejor ajuste con un modelo de pronósticos diferente. En la Figura 72. Sistema de control Error de pronóstico se muestra el mapa de los pasos a seguir por el analista de pronósticos.

Si es necesario cambiar de modelo de pronósticos para el producto, se debe analizar el histórico de ventas con un gráfico de series de tiempo. El gráfico puede mostrar puntos muy altos o bajos que pueden ser atípicos, por lo tanto, se debe investigar si alguna situación particular sucedió en este punto y si es así, el dato se puede modificar para que sea acorde a la serie de tiempo.

El paso siguiente es determinar patrones de comportamiento en la serie de tiempo; para esto se realizan gráficos de serie de tiempo con tendencia lineal, cuadrática y exponencial y se pueden probar los modelos de pronóstico recomendados para datos con tendencia.

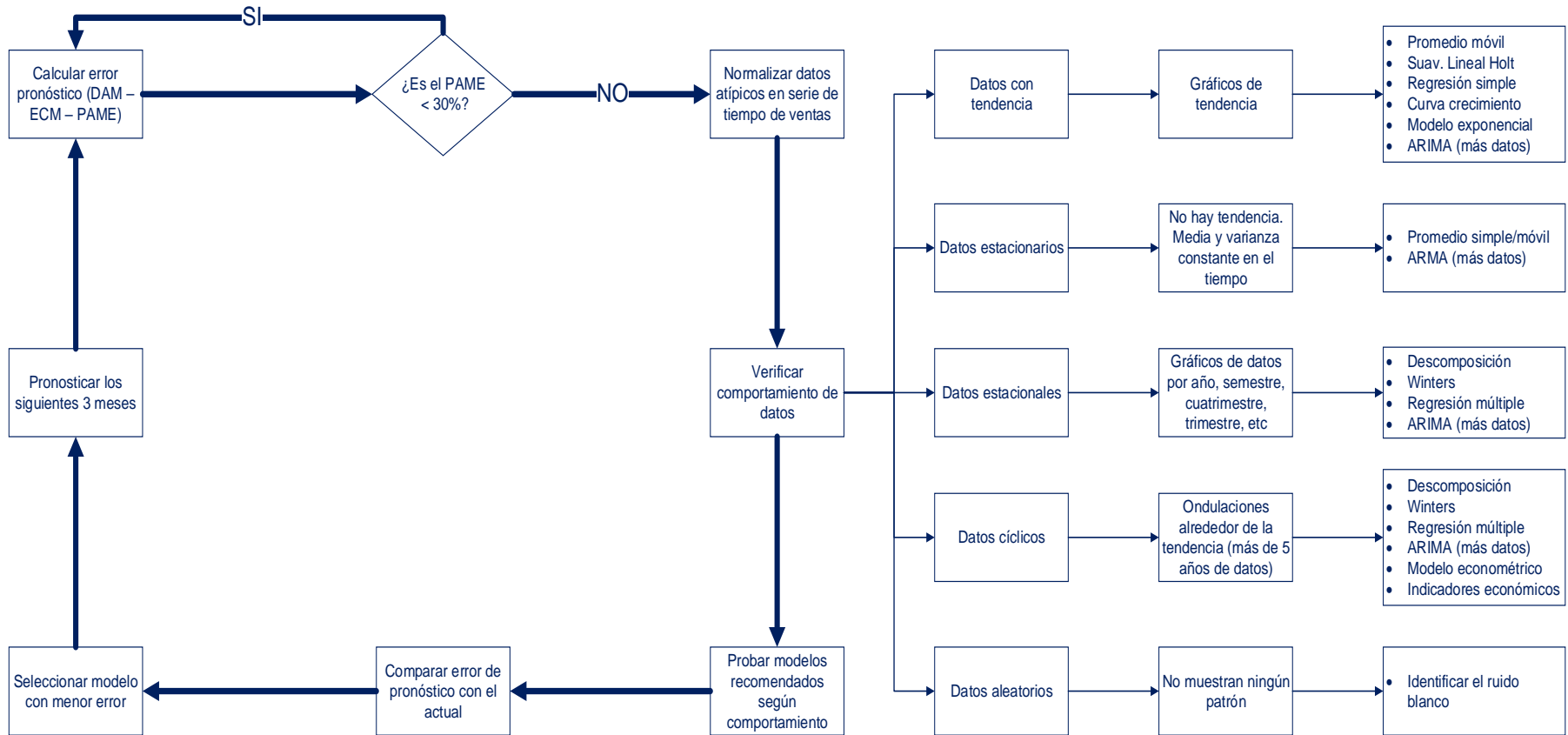
En el caso de que los datos no tengan tendencia, es posible que sean estacionarios. Para comprobar la estacionariedad se debe calcular la media y la varianza en el tiempo y representarlo en gráficos, si estas variables son constantes en el tiempo significa que los datos son estacionarios y se deben probar los modelos recomendados.

Independientemente de si los datos son estacionarios o de tendencia, se puede comprobar si son datos estacionales con gráficos de serie de tiempo. La estacionalidad puede ser anual, semestral, cuatrimestral o trimestral, por lo tanto, se deben realizar los gráficos para comprobar cada una de estas. Los datos estacionales muestran el mismo comportamiento en un periodo de tiempo específico. A continuación, se prueban los modelos de pronóstico recomendados de acuerdo con la estacionalidad para obtener un mejor ajuste.

Los datos cíclicos se observan como ondulaciones alrededor de la tendencia en un gráfico de series de tiempo, sin embargo, para identificar este comportamiento; la serie de tiempo debe tener al menos 5 años de datos. Es posible pronosticar datos cíclicos con modelos econométricos o indicadores económicos.

En el caso de que los datos no muestren ningún patrón de comportamiento significa que son datos aleatorios ya que tienen un factor de “ruido blanco”. Es importante analizar el proceso e identificar el “ruido blanco” antes de aplicar un modelo de pronósticos.

Figura 72. Sistema de control Error de pronóstico



Nota: Gabriela López

Luego de identificar el patrón de comportamiento y probar los modelos de pronóstico recomendados, se procede a comparar los errores de pronóstico de cada modelo para seleccionar el que mejor se ajuste a los datos históricos de las ventas. Con el nuevo modelo se procede a pronosticar a corto plazo y controlar el PAME.

Es importante recalcar que este es el procedimiento que se llevó a cabo en este proyecto para identificar el modelo con mejor ajuste para los productos de la familia D, sin embargo, este sistema de control puede ser aplicado a todas las familias de producto de la compañía.

Control MPS Stability

Se crea una herramienta en Excel para el control del indicador MPS Stability, de manera que se visualice por familia de producto y se determinen tendencias, asimismo, las causas de cuando se sale de especificación con el fin de llevar un mejor control y poder corregir situaciones que afecten el indicador.

Figura 73. Formulario entrada de datos MPS Stability

Mes	Product Family	Planned	Actual	MPS Stability	Reason
ene-00	Familia A			-	
ene-00	Familia B			-	
ene-00	Familia C			-	
ene-00	Familia X			-	
ene-00	Familia D			-	
ene-00	Familia E			-	
ene-00	Familia F			-	
ene-00	Familia G			-	
ene-00	Familia H			-	
ene-00	Familia I			-	
ene-00	Familia J			-	
ene-00	Familia K			-	
ene-00	Familia L			-	
ene-00	Familia M			-	
ene-00	Familia N			-	
ene-00	Familia O			-	
ene-00	Familia P			-	

Guardar

Reasons

- Backlog
- Cambio de fórmula
- Cambio de prioridades
- Error de planificación
- Error de proceso
- Error de pronóstico
- Error de sistema
- Falta de capacidad
- Falta de ingredientes
- Información tarde
- Reconfiguración de kit
- Tamaño de lote

Nota: Gabriela López

En la Figura 73. Formulario entrada de datos MPS Stability se muestra la primera parte de la herramienta que consiste en el ingreso de datos de cada mes: las cantidades planeadas a principio de mes y las cantidades producidas al corte de fin de mes. Se calcula el MPS Stability y se resalta en fondo rojo cuando el indicador se encuentra fuera de especificación (menor a 90% o mayor a 110%). Adicionalmente, el analista del plan maestro de producción debe elegir la razón por la cual la familia no cumplió de una lista desplegable. En caso de duda, al lado derecho de la figura se

encuentran las razones posibles en celdas con comentarios que explican cada una de ellas. Estas razones se clasificaron con el historial de comentarios del analista en los registros del MPS Stability estudiados en la etapa Definir de este proyecto.

Figura 74. Lista desplegable MPS Stability

Stability	Reason
	Backlog
	Cambio de fórmula
	Cambio de prioridades
	Error de planificación
	Error de proceso
	Error de pronóstico
	Error de sistema
	Falta de capacidad

Nota: Gabriela López

Una vez ingresada toda la información, el analista hace “click” en Guardar y los datos se almacenan en una base de datos. En otra pestaña del archivo llamada Cumplimiento Familias, el analista del PMP debe hacer “click” en Ordenar para actualizar la información de la tabla dinámica y ordenar las familias por nivel de cumplimiento de menor a mayor. Esto se muestra en la Figura 75. Cumplimiento Familias MPS Stability.

Figura 75. Cumplimiento Familias MPS Stability

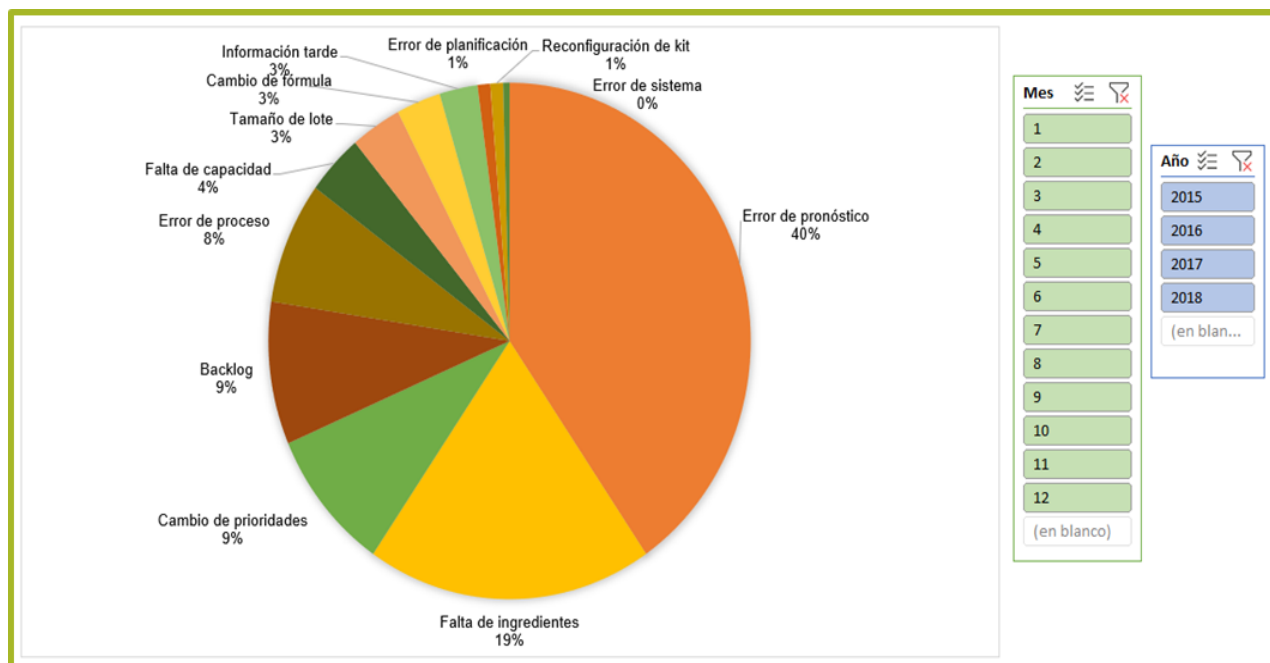
	Familia	Cumplimiento
	Familia A	53,59%
	Familia B	76,38%
	Familia C	80,68%
	Familia X	82,77%
	Familia D	83,13%
	Familia E	85,92%
	Familia F	85,93%
	Familia G	86,91%
	Familia H	87,80%
	Familia I	88,73%
	Familia J	88,91%
	Familia K	89,33%
	Familia L	89,86%
	Familia M	90,78%
	Familia N	93,85%
	Familia O	94,29%
	Familia P	95,34%

[Ordenar](#)

Nota: Gabriela López

La siguiente pestaña llamada “Reasons” muestra un gráfico de queque con los porcentajes correspondientes a cada una de las razones por las cuales el indicador no cumple con las especificaciones, como se muestra en la Figura 76. Gráfico Causas MPS Stability. El analista tiene la opción de filtrar con la segmentación de datos y actualizar el gráfico por familia de producto.

Figura 76. Gráfico Causas MPS Stability

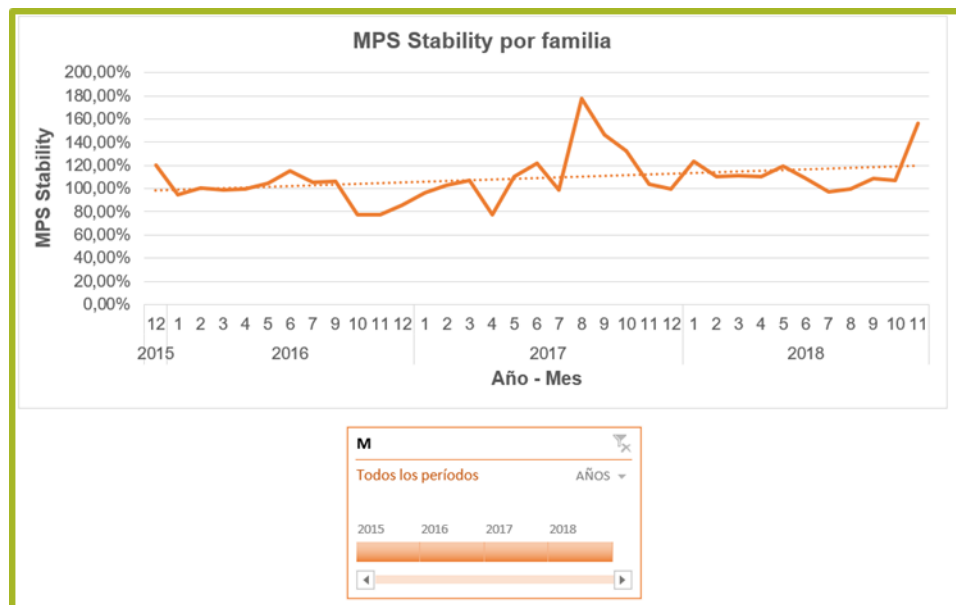


Nota: Gabriela López

En otra pestaña se muestra un gráfico de serie de tiempo del MPS Stability con una línea de tendencia, el cual se puede filtrar por familia y por año, con el fin de visualizar el comportamiento del indicador a través del tiempo de una familia en específico, asimismo, como identificar los puntos que han salido de especificación. Un ejemplo de esta pestaña se encuentra en la Figura 77. Serie de tiempo MPS Stability por familia.

Esta herramienta se crea con el fin de facilitar el análisis del indicador a través del tiempo y obtener información de mayor valor para el futuro. El procedimiento realizado en la etapa Definir de este proyecto se resume en esta herramienta de Excel.

Figura 77. Serie de tiempo MPS Stability por familia



Nota: Gabriela López

Análisis Económico

El análisis económico del proyecto se realizará un Costo / Beneficio tomando en cuenta la magnitud del problema presentada en el primer capítulo para determinar si es factible para la planta de concentrados. Se recomienda el uso de un “software” para pronosticar llamado GMDH Streamline, el cual realiza una evaluación de la serie de tiempo de datos (ventas) y elige el mejor modelo de pronósticos.

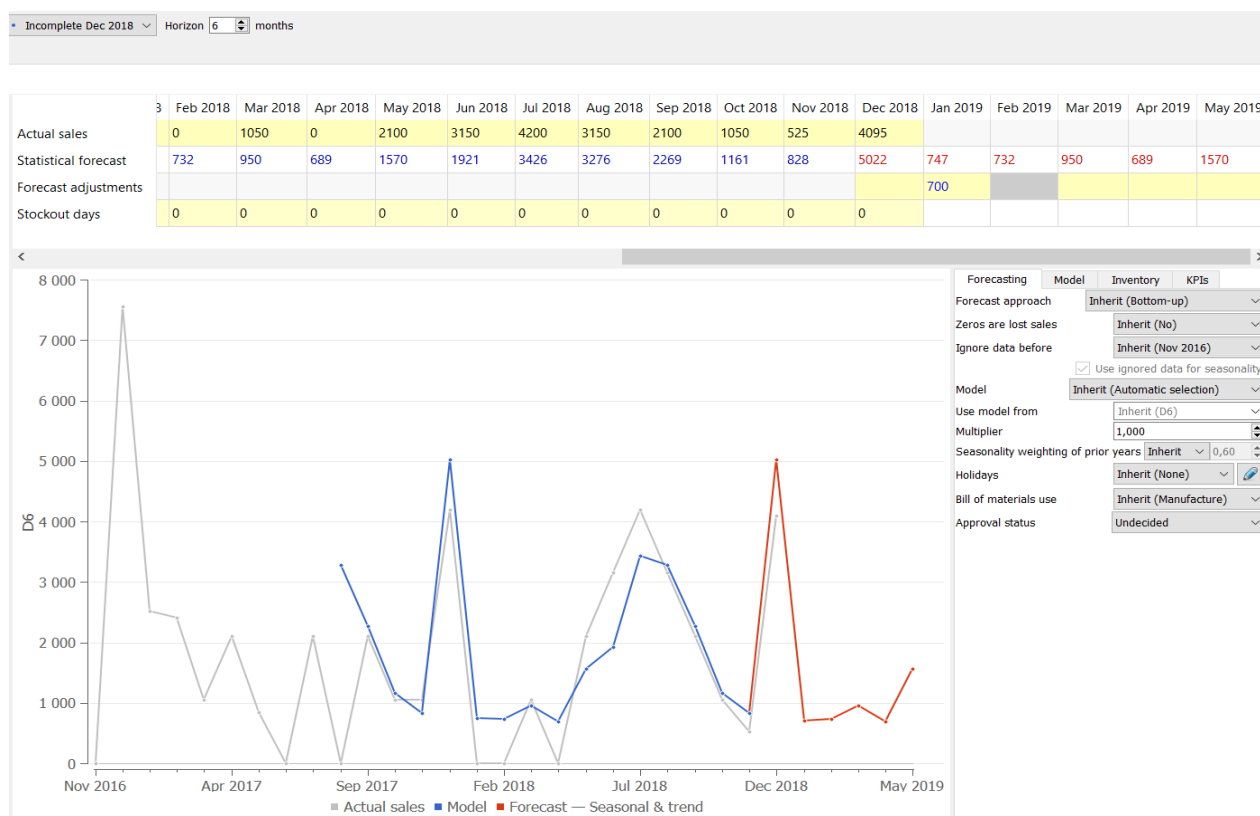
El analista elige el horizonte de planeación y el “software” calcula la cantidad de unidades para los siguientes meses y el inventario de seguridad necesario. Además, tiene la opción de modificar el pronóstico manualmente para tomar en cuenta situaciones especiales, como contingencias de los embotelladores por desastres naturales o inestabilidad política.

Este “software” tiene el costo de \$299 mensuales para planificación de demanda, y es importante resaltar que tiene la opción de exportar los reportes a otros formatos, facilitando la integración con SAP. GMDH Streamline tiene una plataforma de uso amigable para uso del analista de pronósticos, además de que calcula el error de pronóstico PAME de cada mes pronosticado y el total, esto para el control y ajuste de los modelos.

En la Figura 78. GMDH Streamline Pronostico se muestra la pantalla principal del programa donde se carga la información histórica de la demanda y se corren los pronósticos. En la parte superior de la pantalla se coloca el horizonte de planeación y luego se encuentra el cuadro de información con la demanda real, el pronóstico calculado por el software y los ajustes de pronóstico que puede realizar el analista.

En la parte inferior se muestra el gráfico de series de tiempo con la demanda real y el pronóstico calculado en color rojo. Para este ejemplo se utilizó el producto D6 y el “software” realizó el pronóstico tomando en cuenta estacionalidad y tendencia. Los parámetros del pronóstico se pueden ajustar en el formulario del lado derecho, incluyendo datos de inventario e indicadores. Una vez que el pronóstico está listo, el analista debe cambiar el estado a “Aprobado”.

Figura 78. GMDH Streamline Pronostico



Nota: GMDH Streamline

En la siguiente pestaña del software llamada “List View” se puede observar cada uno de los productos con los pronósticos para cada mes; si algún dato ha sido ajustado por el analista se mostrará de color azul, como se puede ver en la Figura 79. GMDH Streamline Pronósticos.

Figura 79. GMDH Streamline Pronósticos

Item code	ABC analysis	Final forecast					
		Dec 2018	Jan 2019	Feb 2019	Mar 2019	Apr 2019	May 2019
1 D6	A 100%	5022	700	732	950	689	1570

Nota: GMDH Streamline

En la misma pestaña es posible cambiar el tipo de reporte para visualizar el error de pronóstico de cada mes y el total. El sistema utiliza el PAME para cada uno de los productos y uno general que se muestra en la parte superior derecha de la pantalla. Este “software” es el que mejor se ajusta a los requerimientos de la planta de concentrados para crear los pronósticos de los productos más críticos con respecto al error de pronóstico del embotellador.

Figura 80. GMDH Streamline error de pronóstico

Item code	ABC analysis	Percentage error						MAPE
		Dec 2018	Jan 2019	Feb 2019	Mar 2019	Apr 2019	May 2019	
1 D6	A 100%	22,6%						22,6%

Nota: GMDH Streamline

El análisis económico se realiza con un costo / beneficio utilizando la magnitud del problema presentada en la primera parte del proyecto y los costos de implementar la propuesta; los cuales involucran el costo del proyecto, el salario mensual del analista de pronósticos, la tarifa mensual del “software” y el costo de mantener los inventarios de seguridad.

El costo del proyecto se asigna en 1200000 colones, el salario del analista de pronósticos es de 850000 colones mensuales y el costo del “software” mensual se convierte a colones utilizando un tipo de cambio de 605.23 según el Banco Central de Costa Rica. El costo de mantener el inventario de seguridad se muestra en unidades convertidas de la misma manera que la magnitud del problema

por cuestión de confidencialidad de la empresa. Los costos se presentan en la Tabla 41. Costos totales proyecto y se calculan por un año.

Tabla 41. Costos totales proyecto

Costos	Costo Total
Costo proyecto	₪ 1 200 000,00
Salario Analista de pronósticos	₪ 10 200 000,00
Software	₪ 2 171 565,24
Costo inventario de seguridad	26,12

Nota: Gabriela López

Tabla 42. Análisis costo / beneficio

Costo total	90,65
Beneficio	157,51
Beneficio/Costo	4,69

Nota: Gabriela López

El cálculo del costo / beneficio se presenta en la Tabla 42. Análisis costo / beneficio y da como resultado 4.69, por lo tanto, se considera que el proyecto es rentable y representa un ahorro para la empresa.

Beneficios no económicos

El proyecto conlleva beneficios no económicos para la planta de concentrados que se enumeran a continuación:

- Control del error de pronóstico y capacidad de mejorarlo.
- Mejor planificación de compra de ingredientes.
- Menor inventario de producto terminado y materia prima.
- Mejor cumplimiento de pedidos.
- Menor requerimiento de horas extra.
- Menor ocurrencia de imprevistos.
- Menos cambios en el plan semanal.

Gestión de cambio

La gestión de cambio para este proyecto se presenta en la Tabla 43. Gestión de cambio, en la cual se define cuál es el cambio, quiénes son los que se verán impactados, el objetivo por cumplir, el plan o estrategia a tomar y la propuesta de cómo se medirá el avance. La parte de medición en gestión de cambio se debe realizar por factor de tiempo con porcentajes de avance y de calidad por medio de encuestas de satisfacción a las personas impactadas por el cambio. El último paso se trata de qué manera se puede mejorar la gestión de cambio utilizando la información de las encuestas de satisfacción como insumo.

Tabla 43. Gestión de cambio

Cambio	Departamento	Objetivo	Plan	Medición
Rediseño proceso de demanda	Embotelladores y Shared Services	Fomentar la aceptación y compromiso del personal para que apoyen la implementación del proyecto.	Comunicación entre la planta de concentrados y los departamentos afectados. Compromiso y apoyo de gerencia.	Porcentaje de avance Encuesta de satisfacción
Rediseño de puesto	Shared Services	Comprender las competencias necesarias para desarrollar las actividades del puesto e integrarlas con la unidad de negocios y los embotelladores.	Coordinación de modificación de puesto entre gerencia y recursos humanos. Capacitación del analista en el proceso de crear los pronósticos y el control que se debe llevar. Capacitación del analista en la utilización del software.	Porcentaje de avance Encuesta de satisfacción
Herramienta control MPS Stability	Planificación	Promover participación individual en la implementación del proyecto.	Capacitación del analista en la utilización de la herramienta de Excel.	Porcentaje de avance Encuesta de satisfacción

Nota: Gabriela López

Plan de Implementación

El plan de implementación de este proyecto inicia con la presentación del proyecto a gerencia y una vez aprobado, se procederá a iniciar la capacitación de la herramienta del MPS Stability para el analista del plan maestro de producción. El rediseño del puesto del coordinador de demanda inicia al mismo tiempo que la capacitación, y se debe coordinar con recursos humanos.

Luego se inicia con la negociación para adquirir el “software” recomendado y la capacitación del analista de pronósticos. La evaluación de resultados consistirá en un periodo de 3 meses en los cuales se pronosticará con los modelos sugeridos los productos de la familia D y se llevará el control del error de pronóstico con la tabla de Excel. En la figura Figura 81. Diagrama de Gantt Implementación se muestran las actividades del plan, la fecha de inicio y fin, y la duración de cada una.

Figura 81. Diagrama de Gantt Implementación

Actividad / Semana	2019																											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37				
Presentación del proyecto	█																											
Capacitación Herramienta		█	█																									
Rediseño de puesto		█	█	█	█																							
Adquisición de software						█																						
Capacitación							█	█	█	█																		
Evaluación de resultados												█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Nota: Gabriela López

La fecha de inicio del plan de implementación es semana 14, 1 de abril y la fecha de fin es semana 37, 12 de agosto.

Rediseño perfil de puesto

El puesto del coordinador de demanda se modifica a la necesidad de al menos un analista de pronósticos que se encargue de realizar el nuevo proceso y llevar el control de los indicadores de error de pronóstico con el sistema expuesto anteriormente.

Analista de pronósticos

Encargado de analizar datos de la compañía para identificar patrones de comportamiento con el fin de predecir la producción y venta futura de la planta.

Nivel académico: Bachillerato en Estadística, Economía, Ingeniería Industrial o Administración.

Habilidades: manejo de Office (Word, Power Point, Excel), manejo de “software” estadísticos (Minitab).

Responsabilidades:

- Reconocer y analizar tendencias en el mercado.
- Investigar datos históricos para mapear tendencias y establecer cómo van a influir en el negocio.
- Preparar y presentar reportes, tablas de datos y gráficos detallando los factores importantes para los cuales se deben tomar decisiones estratégicas.
- Determinar inventarios de producto terminado óptimos.
- Realizar un análisis rutinario de la metodología que se utiliza para analizar comportamiento y pronosticar.

REFERENCIAS

Bibliografía

- Acuña, J. A. (2012). *Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- Álvarez, J. M. (2012). *Configuración y Usos de un mapa de procesos*. Madrid: AENOR.
- Bustamante, E. S. (2009). *La empresa*. Estados Unidos: El Cid Editor.
- Gutierrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México: McGraw Hill.
- Gutiérrez, H. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México D.F: McGraw-Hill.
- Hanke, J., & Wichern, D. (2010). *Pronósticos en los negocios*. México: Pearson.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.
- Lagos, I. J., & Vargas, J. A. (2003). Sistema de familias de distribuciones de Johnson, una alternativa para el manejo de datos no normales en cartas de control. *Revista Colombiana de Estadística*, 25-40.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. Estados Unidos: McGraw Hill.
- Lind, D. A. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México D.F: McGraw-Hill.
- Magretta, J. (2014). *Para entender a Michael Porter: guía esencial hacia la estrategia y la competencia*. México: Grupo Editorial Patria.
- Mentzer, J. (2001). *Supply Chain Management*. Estados Unidos: Sage Publications Inc.
- Montes, E., Calvete, F., & Mantilla, C. (2016). Aplicación de series de tiempo en la realización de pronósticos de producción. *El Reventón Energético*, 79-88.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2004). *Las claves prácticas de seis sigma*. España: McGraw Hill.
- Pande, P., Robert, N., & Roland, C. (2002). *Las claves de seis sigma*. España: McGraw Hill.
- Real Academia Española. (2017). *Diccionario de la lengua española 23 Edición*. España.
- Reyes, P. (2013). *Plan de requerimiento de materiales*. Mexico: Universidad La Salle.
- Schroeder, R. (2005). *Administracion de operaciones*. Mexico D.F: MrGraw-Hill.

Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y Control de la Producción*. Mexico: McGraw Hill.

Sullivan, W. G. (2004). *Ingeniería económica de DeGarmo*. México D.F: Pearson Educación.

Torres, Z., & Martínez, H. (2014). *Planeación y control*. México: Grupo Editorial Patria.

Villarreal, F. (2016). *"Introducción a los Modelos de Pronósticos"*. Argentina: Universidad Nacional del Sur.

Villavicencio, J. (s.f.). *Introducción a Series de Tiempo*. Obtenido de http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=4_BxecUaZmg%3D