



**PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE RESINA EN LA
EMPRESA NOVASUIN S.A.S. HACIENDO USO DE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN.**

LAURA ZARATE ROA

KATTIA ANDREA MORALES V.

UNIVERSIDAD DEL SINÚ

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2018



**PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE RESINA EN LA
EMPRESA NOVASUIN S.A.S. HACIENDO USO DE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN.**

LAURA ZARATE ROA

KATTIA ANDREA MORALES V.

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Asesor disciplinar

GERMAN HERRERA VIDAL

Asesor metodológico

YUNELLIS BURGOS PEREIRA

UNIVERSIDAD DEL SINÚ

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2018

ACTA DE CALIFICACION Y APROBACION

Nota de aceptación:

Director de Escuela

Director de Investigaciones

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias, 21 de Mayo de 2018

Director

Oscar Andres Angel Alvarez

Director de la Escuela de Ingenieria Industrial

Universidad del Sinú

Cordial saludo.

La presente comunicación con el fin de manifestar mi conocimiento y aprobación del trabajo de grado titulado “PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE RESINA EN LA EMPRESA NOVASUIN S.A.S. HACIENDO USO DE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN.”, elaborada por los estudiantes Laura Zarate Roa con cedula de ciudadanía 1.128.051.980 de Cartagena, Kattia Morales Villegas con cedula de ciudadanía 1.052.982.574 de Magangue, presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Industrial.

Cordialmente,

Asesor del trabajo de grado

Cartagena de Indias, 21 de Mayo de 2018

Director

Oscar Andres Angel Alvarez

Director de la Escuela de Ingenieria Industrial

Universidad del Sinú

Cordial saludo.

Por medio de la presente se hace entrega oficial del trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial titulado “PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE RESINA EN LA EMPRESA NOVASUIN S.A.S. HACIENDO USO DE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN.”, elaborada por los estudiantes Laura Zarate Roa con cedula de ciudadanía 1.128.051.980 de Cartagena, Kattia Morales Villegas con cedula de ciudadanía 1.052.982.574 de Magangue,

Nombre del investigador

Nombre del investigador

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

Le damos gracias a nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos han inculcado, y por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de la vida y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida.

A la UNIVERSIDAD DEL SINU por darnos la oportunidad de estudiar y ser unas profesionales.

A nuestro asesor de tesis, Ing. German Herrera por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado la finalización de la tesis con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Le damos gracias a nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos han inculcado, y por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de la vida y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Casos de aplicación de planeación agregada.	23
Tabla 2: Lista de proveedores.....	47
Tabla 3: Stock en cada sucursal	51
Tabla 4: Datos históricos de la demanda de resinas tixotrópicas	55
Tabla 5: Datos históricos de la demanda de resinas aceleradas.....	57
Tabla 6: Pronósticos de la demanda resina tixotrópicas en Excel.....	61
Tabla 7: Pronósticos de la demanda resina aceleradas en Excel.....	61
Tabla 8:Capacidad de tanques	62
Tabla 9: Capacidad diseñada	62
Tabla 10: Capacidad real.....	63
Tabla 11: Porcentaje de eficiencia	64
Tabla 12: Cantidad de unidades a producir.....	66
Tabla 13: Costo de producir.....	66
Tabla 14: Número de trabajadores disponibles	67
Tabla 15: Número de trabajadores contratados.	67
Tabla 16: Número de trabajadores despedidos.....	68
Tabla 17: Número de unidades en inventario.....	68
Tabla 18: Número de unidades faltantes.....	68
Tabla 19: Cantidad de kilogramos fabricados	69
Tabla 20: Cantidad de unidades a producir.....	74
Tabla 21: Número de trabajadores disponibles	75

Tabla 22: Número de trabajadores contratados	75
Tabla 23: Número de trabajadores despedidos.....	76
Tabla 24: Número de unidades en inventario.....	76
Tabla 25: Número de unidades faltantes.....	77

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1: Diagrama causa-efecto	- 17 -
Ilustración 2: Ubicación de la empresa (imagen satelital).....	42
Ilustración 3: Diagrama de proceso de resina poliéster.....	49
Ilustración 4: Mapa de proceso	50
Ilustración 5: Demanda resinas tixotrópicas en un horizonte de tiempo de 36 meses ..	53
Ilustración 6: Demanda resinas aceleradas en un horizonte de tiempo de 36 meses...	53
Ilustración 7: Componentes de la demanda	54
Ilustración 8: Análisis del componente de tendencia resinas tixotrópicas.....	57
Ilustración 9: Análisis del componente de tendencia resinas aceleradas.	58
Ilustración 10: Solución de la función objetivo.....	74

CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 14 -
1.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	- 14 -
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.3.	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
2.	JUSTIFICACIÓN	20
3.	OBJETIVOS	22
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	22
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
4.	MARCO REFERENCIAL	23
4.1.	ANTECEDENTES.....	23
4.2.	MARCO TEÓRICO	26
4.2.1.	Pronóstico.....	26
4.2.2.	Capacidad.....	28
4.2.4.	Planeación agregada.....	31
4.2.3.	Programación lineal.....	35
4.3.	MARCO CONCEPTUAL	38
5.	DISEÑO METODOLOGICO	40
5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
5.2.	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	41
5.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41
6.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	42
6.1.	UBICACIÓN DE LA EMPRESA	42
6.1.1.	Reseña histórica.....	42
6.1.2.	Misión.....	43
6.1.3.	Visión.....	43
6.1.4.	Productos y servicios.....	43
6.1.5.	Clientes.....	44
6.1.6.	Materia prima.....	46
6.1.7.	Proveedores.....	47

7. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	48
8. ANÁLISIS DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.....	52
8.1. PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.....	52
8.1.1. Datos históricos.....	52
8.1.2. Componente de la demanda.....	53
8.1.3. Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia (modelo de Holt)	59
9. ANALISIS DE CAPACIDAD.....	62
10. MODELO DE PLANEACIÓN AGREGADA DE PRODUCCIÓN.....	65
11. CONCLUSIONES	78
12. BIBLIOGRAFÍAS.....	79
13. ANEXOS.....	81

INTRODUCCIÓN

Una de las principales preocupaciones de las empresas es la efectiva planificación de la producción como un determinante de su competitividad ya que si se hace de forma adecuada puede significarle disminución de costos y mejoras en los procesos de ventas. En cambio, una planificación de producción incorrecta puede generar entrega tardía de pedidos, que ocasiona insatisfacción en el cliente y deserción de los mismos, ineficiente administración de recursos y problemas logísticos, que al final influyen negativamente en las utilidades de la empresa, sin contar que los procesos productivos se tornan complejos y lentos. Por todo lo anterior se hace necesario aplicar herramientas de ingeniería orientadas a mantener competitivas las organizaciones.

Esta concepción ha llevado a la formulación de modelos innovadores que representen los distintos escenarios que puede enfrentar una organización, con aras de efectuar el proceso de toma de decisiones con menor incertidumbre, para buscar estrategias que impacten positivamente en las utilidades. Para esto la organización debe contar con información de todos sus procesos y con datos a la mano del mercado y de su demanda, de esta forma puede anticipar sus procesos y estar un paso adelante de las fluctuaciones de la oferta y demanda. Por el lado de la demanda de sus productos en el mercado en aras a satisfacer a sus clientes en tiempo y cantidades y por el lado de la oferta manejar stocks de inventarios acordes a su producción en aras a conseguir menores costos en bodegaje o aprovechar conseguir precios competitivos para sus insumos.

NOVASUIN S.A.S es una empresa del sector industrial cuya actividad productiva consiste en la producción de resina poliéster para la fabricación de plástico reforzado con fibra de vidrio, ubicada en la zona industrial del Bosque Dig 21 # 48-98, cuenta con 156 trabajadores donde todo su capital es de origen colombiano; sus materias primas son de origen nacional e internacional y la mano de obra está compuesta por personal técnico, tecnólogo y empírico.

Actualmente la empresa en su proceso de producción de resina poliéster en la familia de aceleradas y tixotrópicas presenta retrasos en los tiempos de entrega al momento de la fabricación. Incumpliendo el plan de producción semanal y mensual, así mismo la entrega oportuna de pedidos a los clientes. Las causas de incumplimientos de los pedidos se deben a factores asociados con la materia prima, la mano de obra, y las deficiencias en el manejo de los inventarios y el control del presupuesto.

El objetivo de este proyecto, es analizar y buscar proponer estrategias para mejorar la planificación de la producción de una empresa del sector industrial según el contexto, las limitaciones y las condiciones actuales de la organización, aplicando herramientas de la planeación agregada con el objetivo de mejorar sus procesos, conseguir ventajas competitivas y en últimas maximizar sus utilidades.

Para conseguir una adecuada planeación agregada y estrategias a la hora de tomar decisiones, metodológicamente se realizará un diagnóstico del sistema productivo de la empresa, seguido de un pronóstico de la demanda que refleje su comportamiento en el tiempo, mediante la gestión de la misma y el conocimiento de sus componentes y por ultimo una planeación agregada que permita fijar niveles de producción adecuados con la fuerza de trabajo oportuna, conociendo los distintos tipos de estrategias y los diferentes métodos de solución.

Con la aplicación de esta planeación se busca que la empresa pueda lograr fijar los niveles de producción, mano de obra propia, subcontratada y el inventario para un período de tiempo futuro, pero de forma agregada. Con la obtención de estos resultados la empresa podrá tomar decisiones acertadas en materia de mejorar sus índices de cumplimiento de la demanda y producir adecuadamente bajo niveles establecidos de tal manera que con el tiempo aumente su reconocimiento dentro del mercado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con los actuales retos competitivos que afrontan las diferentes empresas manufactureras y las debilidades evidentes de las pequeñas y medianas empresas colombianas el trabajo en la profesionalización de los procesos productivos se convierte en una poderosa alternativa para agregar valor, desarrollo y crecimiento. La planificación y control de la producción dentro de una compañía suele hacer referencia a técnicas y herramientas de ingeniería como plan agregado de la producción, just in time, que permitan disponer de la materia prima y demás elementos para la fabricación del producto en el tiempo y lugar oportuno, reducir los tiempos muertos de maquinaria y mano de obra.

La crisis estructural de la manufactura colombiana suena a lugar común, los diagnósticos insisten en que la base industrial es baja en productividad, escasa en innovación y lejana en competitividad. Pero existe en Colombia numerosas plantas industriales que desafían esa sabiduría convencional, son operaciones de gran envergadura, modernas, con un alto nivel de eficiencia las cuales son comparable con las mejores compañías del mundo(Dinero, 2014). Es necesario que las organizaciones conozcan todos los procesos que lo conforman y la demanda que actualmente tienen en el mercado, de esta forma puede predecir sus procesos y mantenerse siempre adelante en las oscilaciones de la oferta y la demanda. Por el lado de la demanda de sus productos satisfaciendo las necesidades y expectativas de sus clientes en los tiempo y cantidades establecidos, manteniendo los inventarios necesarios para la fabricación de los productos al menor costo con el propósito de ser competitivos en el mercado.

NOVASUIN S.A.S es una empresa del sector industrial cuya actividad productiva consiste en la fabricación y comercialización de resina poliéster, gel coat, y productos

complementarios, se encuentra ubicada en el Bosque Dg 21 # 48-98, actualmente cuenta con seis sucursales ubicadas en las siguientes ciudades, Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla, Pereira y Tumaco, tiene una disponibilidad de 156 empleados distribuidos en todas las sucursales y planta principal Cartagena; sus materia primas representativas son importadas y la mano de obra está compuesta por ingenieros, técnico, tecnólogos y empíricos con más de 5 años de experiencia. La oferta productiva de NOVASUIN S.A.S está dirigida a empresas manufactureras de autopartes, envases, empaques, juguetería, calzado, producción de accesorios de sanitarios y artículos de uso doméstico, así mismo también está orientada a sectores estratégicos como la construcción y la agricultura.

La complejidad de los sistemas de producción se ha ido acrecentando en la medida en la que el mercado se ha vuelto más exigente como consecuencia de la evolución de la fabricación en masa a la fabricación basada en la variedad. En estas circunstancias aspectos como flexibilidad, adaptabilidad y rapidez de respuesta han pasado de ser aspectos deseables, a convertirse en la clave del éxito en muchas empresas. La resina poliéster tiene una gran importancia en las industrias manufactureras ya que se ha convertido en una pieza clave al momento de realiza un proyecto, se puede utilizar en multitud de aplicaciones en todo tipo de industrias desde en lo vinculado con la industria náutica hasta la ferroviaria e incluso en la de decoración esto debía a la gran flexibilidad que poseen, excelentes propiedades mecánicas, y sobre todo no se corroe a la intemperie esto ha permitido una excelente aceptación en las industrias manufactureras.

El coordinador de producción es el encargado de todo el proceso productivo de la empresa NOVASUIN S.A.S, a continuación, se relaciona problemática presentada en la organización de acuerdo a vista periódica y lista de chequeo realizada en la cual se observó que la empresa está presentando problemas en la programación y control de la producción.

La empresa cuenta con un plan de producción este se realiza mensual y semanalmente según requerimiento enviado por las sucursales. En el plan de producción cada sucursal

solicitas las referencias que se fabrican según las necesidades y el stock de inventario que deben tener, pero este no se cumple realmente ya que siempre es interrumpido por nuevos pedidos de clientes que por necesidad se tienen que realizar de manera urgente dándole prioridad e incumpliendo de esta forma la programación planteada según las necesidades enviadas con anticipación. Según el hallazgo obtenido se evidencia retraso en las sucursales ya que no realizan una buena planeación de los productos que tienen en inventario y la cantidad que deben solicitar para cumplir pedidos extraordinarios recibidos por los clientes, no se preparan a los pedidos de clientes nuevos.

La materia prima no es solicitada en las fechas establecidos, el capital humano es muy mínimo, no se cuenta con un plan de despacho para solicitar a la transportadora que nos brinda el servicio este es realizado a diario según las necesidades de despachos a las sucursales y en muchas ocasiones el plan de mantenimiento de los equipos no se realiza y estos quedan inactivos.

Dado lo anterior se puede evidenciar que la empresa NOVASUIN S.A.S. en su proceso de producción de resina presenta retraso en los tiempos de entrega al momento de la fabricación. Incumpliendo el plan de producción semanal y mensual, así mismo la entrega oportuna de los pedidos a los clientes.

En el siguiente gráfico 1, después de aplicar la lista de chequeo se describen las causas y efectos de la problemática enfocada en el incumplimiento en la entrega a tiempo del producto resina.

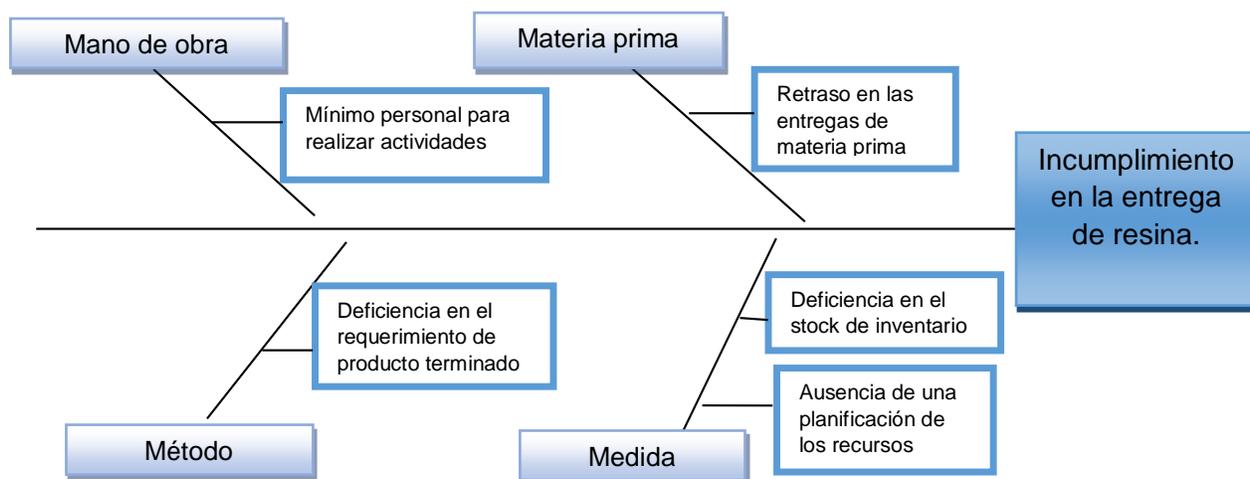


Ilustración 1: Diagrama causa-efecto

Fuente: Kattia Morales & Laura Zarate

De acuerdo a la información suministrada por la empresa, la causa de incumplimientos de los pedidos se debe en primera medida a:

- **Retrasos en la materia prima:** Este retraso se debe a dos razones la primera por el mala utilización de los cupos financieros estos son utilizados en la compra de insumos a nivel nacional los cuales mantienen un sobre stock y cuando se necesita la materia prima no se cuenta con el cupo suficiente para la compra, esto evidencia que el plan de requerimiento de insumos comerciales no es real y la segunda el fechas de recepción de materias primas (resina) programadas con el proveedor no se cumplen en su totalidad.
- **Mínimo capital humano:** Debido a la baja producción de resina los turnos de trabajo pasaron de tres a uno, anteriormente la empresa contaba con tres turnos de trabajo con 8 horas de jornada laboral y cada uno con tres personas, hoy solo se tiene un turno de trabajo de 9 horas de jornada laboral y tres personas, acumulando las actividades a diario.

- **Falta de control en los inventarios:** no se tiene un adecuado control de inventarios y las políticas son incumplidas en todas las sucursales, las muestras entregadas a los clientes no son legalizadas a tiempo y los reclamos y devoluciones presentados por los clientes son entregados en reposición de productos por el director comercial sin realizar las debidas notas créditos afectando así los inventarios. En cuanto a materia prima e insumo son solicitados en el plan de producción y estos son comprados sin tener en cuenta las cantidades reales que muestra el programa CSI el cual no es confiable en su totalidad por que las cantidades son totalmente diferentes según el peso físico.
- **Deficiencia en la planificación de los recursos:** No se tienen prioridades al momento de la utilización de los cupos disponibles en la parte financiera.

Esta problemática presentada en la empresa NOVASUIN S.A.S ha generado consecuencias las cuales se describen a continuación:

- **Compras en exceso de insumos:** Se realizan compras exageradas de insumos sin tener en cuenta las cantidades reales de cada sucursal.
- **Perdidas de clientes:** Esto se debe por los incumplimientos en las fechas de entrega de los productos y por el aumento del costo de los mismos.
- **Personal fatigado:** Se tienen que realizar horas extras para finalizar los trabajos que deben ser entregados con urgencias a las sucursales.
- **Reproceso de productos:** Las sucursales al momento de realizar las entregas de productos a los clientes no tienen en cuentas la existencia con varios meses de vencimiento, si no que entregan la existencia que les llega recientemente.

- **Retraso en los procesos de producción:** La materia prima no es recibida a tiempo y esto hace que se realicen retrasos en la ejecución de las referencias programadas para cada semana de producción.

A partir de esto la empresa NOVASUIN S.A.S. necesita analizar y diseñar un plan agregado para la fabricación de resina debido a que es el producto que presenta falencia en cuanto a su proceso de planeación y fabricación, lo que directamente provoca pérdida a la empresa, así mismo una mala percepción de la compañía.

Desarrollar esta planeación agregada permitirá poder tomar decisiones eficientes en la compañía en materia de costos y estrategias necesarias al momento de llevar a cabo una producción a futuro de tal forma que se establezcan los niveles necesarios de producción, mano de obra e inventario.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se lleva a cabo un plan de mejoramiento al proceso productivo de la empresa NOVASUIN S.A.S usando la metodología de planeación agregada?

1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El siguiente proyecto está delimitado a la empresa NOVASUIN S.A.S. dedicada a la fabricación y comercialización de resina poliéster, la cual se encuentra ubicada en el AV. EL BOSQUE Dig. 21 # 48-98

2. JUSTIFICACIÓN

En actualidad el mercado de la fabricación y comercialización de resina poliéster en Colombia cada vez es más competitivo, esto ha llevado a que la empresa NOVASUIN S.A.S realice mejoras en la programación y distribución de sus productos, las condiciones actuales reflejan que la empresa presenta problemas de incumplimientos en la programación de sus productos y estos incurre en el destinatario final que son los clientes quienes se ven afectados en sus procesos por las demoras en los tiempos de entrega. Con el fin de minimizar los costos directos se realizará el siguiente proyecto el cual tendrá como finalidad el desarrollo e implementación de un sistema de planeación, programación y control de la producción es primordial el uso completo y correcto de las herramientas y elementos que maneja la ingeniería industrial.

La correspondiente utilización y optimización de estos permitirá a nivel académico encaminar el trabajo hacia un excelente resultado que permita responder a las necesidades de la empresa y del mercado. De esta manera, las diferentes áreas y enfoques que ofrece la carrera serán determinantes en cada uno de los pasos a seguir para la elaboración del proyecto por medio de asignaturas como producción, logística, gestión de calidad, análisis de operaciones, estudio de trabajo, optimización de operaciones, sistemas de costeo, entre otros, que permitan solucionar los problemas actuales de la empresa y genere un proyecto óptimo que cumpla efectivamente con los objetivos establecidos.

Para la justificación académica de este proyecto se encaminarán las áreas de producción y logística con el fin de seguir el plan de estudio para la carrera de ingeniería industrial. En el área de logística la base de estudio será el manejo y control de inventarios, establecimiento y determinación de los pronósticos, aprovechamiento óptimo de la planta y costos logísticos, entre otros. Igualmente, en el área de producción la base de estudio será el aprovechamiento de todas las herramientas complementarias para el correcto

análisis, estudio y aplicación para el mejoramiento de la producción dentro de la empresa, en el contexto de planeación, programación y control de la misma.

A nivel personal se podrá enfatizar en habilidades como trabajo en equipo, investigación, creatividad, solución de problemas, cumplimiento de objetivos, responsabilidad y practicidad, que serán fundamentales durante el desarrollo de todas las tareas y que sin importar el asunto en que se utilicen van a ser una herramienta clave durante toda la vida, además aplicar las herramientas aprendidas durante la carrera en un contexto real. En cuanto al sentido social se pretende dar un modelo de adopción para las empresas del sector, que permitan mejorar su productividad, y de esta manera contribuir al desarrollo y crecimiento del mismo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer una mejora en la planificación agregada para la fabricación de resina en la empresa NOVASUIN S.A.S haciendo uso de técnicas de optimización, que contribuya a la minimización de sus costos de producción.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pronosticar la demanda de resina mediante la utilización de modelos de pronósticos que permitan el ajuste del proceso productivo.
- Determinar la capacidad de la línea de producción a través de un análisis de capacidad que evidencie si es acorde a la demanda estimada
- Resolver un modelo matemático mediante la herramienta Gams que permita optimizar el proceso de producción de resina.
- Presentar una propuesta de implementación que conlleve a la puesta en marcha del plan agregado de producción de resina para la mejora de sus costos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

La planeación agregada se establece en el eslabón entre las decisiones sobre las instalaciones y la programación. La decisión de la planeación agregada establece niveles de producción generales a mediano plazo, es por ello que se hace necesario que en la empresa se implemente dichos procesos, tomando decisiones y políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontrataciones y niveles de inventario. El conocimiento de estos factores permitirá determinar los niveles de producción que se plantean y la mezcla de los recursos a utilizar. (Figeroa, 2013)

Los antecedentes relacionados a continuación son investigaciones realizadas anteriormente por estudiantes con diferentes carreras a nivel internacional, aplicando en su investigación la planeación agregada, dándonos así una visualización donde este tema puede dar solución a distintos tipos de problemas presentados en la industria.

Tabla 1: Casos de aplicación de planeación agregada.

Autor-Año	Título	Problema	Método utilizado
(Castillo.A, 2016)	Propuesta de un plan de mejora en los procesos de producción, almacenamiento y de generación de valor agregado, para incrementar la rentabilidad de una empresa agroindustrial de quinua	Cuál es el impacto de una empresa agroindustrial de quinua con la propuesta de un plan de mejora en los procesos de producción, almacenamiento y de generación de valor agregado	Método de las 5 S, método de aproximación de vogel, balance de masa, balance de línea, método de muther

(Diaz.R, 2014)	Mejoramiento del sistema de planeación de la producción en la empresa icomallas s.a.	la deficiente planeación de la producción,	Sistema para pronosticar la demanda, sistema de control de inventario, planeación agregada, MPS y programación de piso.
(Molina & Germanico , 2013)	Plan agregado de producción para el mejoramiento de la productividad de la Empresa Ecuatoriana de Curtidos S.A.	Como incide plan agregado de la producción en la productividad.	Encuestas realizadas a los operarios, encuestas sobre la administración de la producción, medición de la productividad, guía de observación.
(Cañas.J, 2013)	Planeación de la producción aplicando modelos de programación lineal y teoría de restricciones para una industria del sector metalmecánico.	inconvenientes en la entrega a tiempo de los pedidos	Modelos de programación lineal multietapa, multipremiado y multiproducto; y una heurística basada en los principios de la teoría de restricciones
(Salguero & Ramirez, 2012)	Sistema de planeación y control de la producción de la	Avanzar en la consecución de mejorar el proceso productivo y	plan maestro de producción, plan agregado y plan de

	empresaiberoamericana de plásticos de calidad Ltda.	ofrecer un producto con calidad y entrega oportuna.	requerimiento de materiales, indicadores de gestión y software ProModel
(Durango & Aristizabal, 2014)	Plan de mejoramiento del proceso productivo para una empresa de helados. caso: helados Tonny	Falta de un plan estratégico capaz de formular, implantar y evaluar las decisiones.	sistema de planeación y programación de operaciones
(Campos & Itati, 2011)	Planeación agregada para mejorar la productividad en la empresa Gandules S.A.C.	Llevar sus actividades a un mejor uso de recursos e incrementar su productividad.	Diagramas de Operaciones y los Diagramas de análisis de proceso
(Pocop.J, 2010)	Planeación agregada de la producción para una empresa productora de artículos plásticos y de celulos.	No existe una planificación agregada con la cual se realice un ordenamiento sistemático de la producción.	Planeación agregada implementando pronóstico y capacidad.
(Meneses. S, 2009)	Propuesta para la planeación táctica y operativa del departamento de producción de urbano express	No existe una planificación adecuada de los niveles de capacidad de la planta que se necesitan para satisfacer la demanda	Tiempo de procesamiento de los productos, pronóstico de los productos, programación lineal
	Diseño de una metodología de planeación de la	No cuenta con una planificación adecuada de los niveles de	Herramientas de planeación MRP, plan agregado de

(Florez & Ruiz, 2016)	producción para el sistema productivo de un servicio de alimentación de la compañía compassgroup Colombia	capacidad de la planta y de inventarios que se necesitan para satisfacer la demanda	producción, diagrama de operaciones
-----------------------	---	---	-------------------------------------

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Pronóstico.

Según(Heizer & Render, 2009)pronóstico es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva; o puede ser una combinación de estas, es decir, un modelo matemático ajustado mediante el buen juicio del administrador.

- **Métodos cualitativos de pronósticos.**

Según (Montemayor, 2012) los métodos de pronósticos cualitativos se utilizan cuando no se cuenta con datos históricos a la mano y para realizar generalmente pronósticos de largo plazo. Estos métodos parten de las opiniones de expertos y los más recurrentes son:

- ✓ **Pronostico visionario:** Todas las personas pueden realizar este tipo de pronóstico, sean expertas o no en el tema de interés; parte de la información que se tiene a la mano o de la experiencia, y con ello se realiza una conjetura de lo que va a suceder en el futuro.
- ✓ **Analogía histórica:** Es posible aprovechar la experiencia que se tiene en un mercado para incursionar en uno nuevo, por ejemplo, si una empresa introdujo en

una ciudad una marca de panecillos de fresa y quiere lanzarlos a un nuevo público con características similares, es posible realizar una analogía con la historia que se tiene del primer mercado, para predecir las ventas en el nuevo.

- ✓ **Consenso de un panel:** Este método aprovecha la experiencia e información de un grupo de expertos para realizar pronósticos; para aplicarlo basta con seleccionar y juntar a un grupo de expertos para analizar la situación y en consenso llegar a un acuerdo sobre los valores futuros de las variables a predecir.
- ✓ **Método Delphi:** Es una alternativa al método de consenso de un panel, se busca a un grupo de expertos para realizar pronósticos de forma anónima (no debe de existir contacto entre los participantes) en una serie de etapas iterativas. El objetivo de las etapas es retroalimentar a los expertos para disminuir la variabilidad en los pronósticos y llegar a un consenso

- **Modelos Cuantitativos De Pronósticos.**

Según (Gaither & Frazier) son modelos matemáticos que se basa en datos históricos. Estos modelos suponen que los datos históricos son relevantes para el futuro. Casi siempre pueden obtenerse información pertinente al respecto. Estos modelos son una útil introducción a los pronósticos en a la administración de la producción y en las operaciones, todos estos modelos se pueden utilizar con series de tiempo. Una serie de tiempo es un conjunto de valores observados medidos durante periodos sucesivos.

- ✓ **Regresión Lineal:** Modelo que utiliza el método de los mínimos cuadrados para identificar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes, presente en un conjunto de observaciones históricas. En la regresión simple, solo hay una variable independiente; en la regresión múltiple, hay más de una variable independiente. Por lo general, la regresión lineal se utiliza el pronóstico al largo plazo, pero si se tiene cuidado al seleccionar la cantidad de periodos incluidos en los datos históricos, y este conjunto de datos se proyectan solo unos cuantos periodos en el futuro, la regresión también puede utilizarse

apropiadamente en pronósticos a corto plazo. La regresión supone una casi normalidad. Lo que quiere decir que los valores observados de la variable dependiente (y) se suponen estarán distribuidos normalmente a ambos lados de la media y el error estándar del pronóstico es constante conforme nos movamos a lo largo de la línea de tendencia.

- ✓ **Promedios móviles:** modelo de pronóstico del tipo de series de tiempo a corto plazo que pronostica las ventas para el siguiente periodo. En este modelo, el promedio aritmético de las ventas reales para un determinado número de los periodos pasados más recientes es el pronóstico para el siguiente periodo.
- ✓ **Promedio móvil ponderado:** modelo parecido al modelo promedio móvil, excepto que el pronóstico para el siguiente periodo es un promedio ponderado de las ventas pasadas, en lugar del promedio aritmético.
- ✓ **Suavización exponencial:** modelo también de pronóstico de serie de tiempo a corto plazo que pronostica las ventas para el siguiente periodo. En este método, las ventas pronosticadas para el último periodo se modifican utilizando la información correspondiente al error de pronóstico del último periodo. Esta modificación del pronóstico del último periodo se utiliza como pronóstico para el siguiente periodo.
- ✓ **Suavización exponencial con tendencia:** el modelo de suavización exponencial arriba descrito, pero modificado para tomar en consideración datos con un patrón de tendencia. Estos patrones pueden estar presentes en datos a mediano plazo. También se conoce como suavización exponencial doble, ya que se suavizan tanto la estimación del promedio como la estimación de la tendencia utilizando dos constantes de suavización.

4.2.2. Capacidad.

(Heizer & Render, 2009) Dicen que la capacidad es el “volumen de producción” (throughput) o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico de tiempo. A menudo, la capacidad

determina los requerimientos de capital y, por consiguiente, una gran parte del costo fijo. La capacidad también determina si se cumplirá la demanda o si las instalaciones estarán desocupadas. Si la instalación es demasiado grande, algunas de sus partes estarán ociosas y agregarán costos a la producción existente. Si la instalación es demasiado pequeña, se perderán clientes y quizá mercados completos. Por lo tanto, la determinación del tamaño de las instalaciones, con el objetivo de alcanzar altos niveles de utilización y un elevado rendimiento sobre la inversión, resulta crítica.

La planeación de la capacidad puede verse en tres horizontes de tiempo. la capacidad a largo plazo (mayor a 1 año) es una función de agregar instalaciones y equipos que tienen un tiempo de entrega largo. En el plazo intermedio (3 a 18 meses) podemos agregar equipo, personal y turnos; podemos subcontratar, y almacenar o utilizar el inventario. Ésta es la tarea de la planeación agregada. En el corto plazo (por lo general hasta 3 meses), la mayor preocupación consiste en programar los trabajos y las personas, así como asignar maquinaria. En el corto plazo es difícil modificar la capacidad; se usa la capacidad que ya existe.

- **Consideraciones para aumentar la capacidad**

(Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006) Dicen que cuando se proyecta añadir capacidad es preciso considerar muchas cuestiones. Tres muy importantes son: conservar el equilibrio del sistema, la frecuencia de los aumentos de capacidad y el uso de capacidad externa.

- ✓ **Conservar el equilibrio del sistema**

En una planta en equilibrio perfecto, el producto de la etapa 1 es la cantidad exacta del insumo que requiere la etapa 2. El producto de la etapa 2 es la cantidad exacta del insumo que requiere la etapa 3, y así de manera sucesiva. Sin embargo, en la práctica, llegar a un diseño tan “perfecto” es prácticamente imposible y no es deseable. Una razón que explica lo anterior es que los mejores niveles para operar correspondientes a cada etapa suelen ser diferentes.

Hay varios caminos para atacar el desequilibrio. Uno consiste en sumar capacidad a las etapas que son cuellos de botella. Lo anterior se puede hacer tomando medidas temporales, como programando horas extra, arrendando equipo o adquiriendo capacidad adicional por medio de subcontrataciones. Otro camino es emplear inventarios que sirvan de amortiguador ante la etapa que es un cuello de botella y así garantizar que siempre haya material para trabajar. Un tercer enfoque implica duplicar las instalaciones del departamento del que depende otro departamento.

✓ **Frecuencia de los aumentos de capacidad**

Cuando se suma capacidad se deben considerar dos tipos de costos: el costo de escalar la capacidad con demasiada frecuencia y el costo de hacerlo con demasiada poca frecuencia. Escalar la capacidad con demasiada frecuencia es muy costoso.

✓ **Fuentes externas de capacidad**

En algunos casos tal vez resulte más barato no aumentar la capacidad en absoluto, sino recurrir a alguna fuente externa de capacidad ya existente. Dos estrategias que suelen utilizar las organizaciones son la subcontratación y la capacidad compartida.

• **Cómo determinar la capacidad que se requerirá**

Según (Heizer & Render, 2009) para determinar la capacidad que se requerirá, se deben abordar las demandas de líneas de productos individuales, capacidades de plantas individuales y asignación de la producción a lo largo y ancho de la red de la planta. Por lo general, esto se hace con los pasos siguientes: (i) Usar técnicas de pronóstico para prever las ventas de los productos individuales dentro de cada línea de productos. (ii). Calcular el equipamiento y la mano de obra que se requerirá para cumplir los pronósticos de las líneas de productos. (iii) Proyectar el equipamiento y la mano de obra que estará disponible durante el horizonte del plan.

Muchas veces, la empresa decide tener un colchón de capacidad que se mantendrá entre los requerimientos proyectados y la capacidad real. Un colchón de capacidad se refiere a la cantidad de capacidad que excede a la demanda esperada.

4.2.4. Planeación agregada.

Tal como sugiere el término agregado, un plan agregado significa agrupar los recursos correspondientes en términos generales o globales. Dada la previsión de la demanda, la capacidad de la instalación, los niveles de inventario, la plantilla y los inputs relacionados, el planificador tiene que seleccionar la tasa (volumen) de producción de la instalación durante los próximos 3 a 18 meses. El plan puede desarrollarse para empresas manufactureras como Anheuser-Busch o Whirlpool, para hospitales, colegios, etc.

- **Estrategias de planificación agregada**

Existen varias preguntas que el director de operaciones debe responder cuando hace un plan agregado:

- ✓ ¿Se deben utilizar los inventarios para absorber los cambios en la demanda durante el periodo de planificación?
- ✓ ¿Debe la empresa ajustarse a los cambios variando el tamaño de la plantilla?
- ✓ ¿Debe utilizar empleados a tiempo parcial o utilizar las horas extras y el tiempo de inactividad para absorber las fluctuaciones?
- ✓ ¿Debe utilizarse la subcontratación durante la fluctuación de pedidos para mantener una plantilla estable?
- ✓ ¿Deben modificarse los precios u otros factores para influir sobre la demanda?

Todas las anteriores son estrategias legítimas de planificación. Suponen la variación del inventario, de las tasas de producción, de los niveles de mano de obra, de la capacidad y de otras variables controlables.

A continuación, examinaremos más detalladamente ocho opciones. Las cinco primeras se denominan opciones de capacidad porque no tratan de modificar la demanda, sino que intentan absorber sus fluctuaciones. Las tres últimas son opciones de demanda, a través de las cuales las empresas intentan alisar los cambios en el patrón de demanda durante el periodo de planificación

✓ **Opciones de capacidad**

Las opciones básicas sobre capacidad (producción) que puede tomar una empresa son las siguientes: **(i)Cambiar los niveles de inventario:** Los directores pueden aumentar el inventario durante los periodos de baja demanda para hacer frente a una demanda alta en periodos futuros. Esta estrategia incrementa los costes asociados con el almacenamiento, seguros, manutención, obsolescencia, robos y capital invertido **(ii)Variar el tamaño de la plantilla contratando o despidiendo personal:** Una forma de hacer frente a la demanda es contratar o despedir a empleados de producción para ajustar las tasas de producción **(iii)Variar los volúmenes de producción mediante horas extras o aprovechando las horas de inactividad:** A veces es posible mantener constante la mano de obra variando las horas de trabajo, reduciendo el número de horas de trabajo cuando la demanda es baja e incrementándolo cuando la demanda aumenta. No obstante, cuando la demanda experimenta un gran crecimiento hay un límite en la cantidad de horas extras que se pueden realizar razonablemente. **(iv)Subcontratar:** Una empresa puede adquirir capacidad temporal subcontratando trabajos en periodos de picos de demanda. **(v)Utilizar empleados a tiempo parcial:** Especialmente en el sector servicios, los empleados a tiempo parciales pueden cubrir necesidades de mano de obra poco cualificada. Esta práctica es común en restaurantes, tiendas detallistas y supermercados

✓ **Opciones de demanda**

Las opciones básicas sobre la demanda son las siguientes. **(i) Influir sobre la demanda.** Cuando la demanda es baja, una empresa puede intentar aumentarla mediante publicidad, promociones, venta directa y rebajando los precios. No obstante, las acciones en publicidad, en promociones, en ventas y en precios no son siempre capaces de ajustar la demanda a la capacidad de producción. **(ii) Retención de pedidos** (back ordering) durante los periodos de alta demanda. Los pedidos retenidos son pedidos de bienes o servicios que una empresa acepta, pero que es incapaz de satisfacer en el momento (a propósito, o por casualidad). Esta estrategia únicamente es viable si los clientes están dispuestos a esperar, pero a menudo la consecuencia es la pérdida de ventas. **(iii) Combinación de productos y servicios con ciclos de demanda complementarios.** Una técnica utilizada por muchas empresas manufactureras para suavizar las variaciones de la demanda consiste en desarrollar una combinación de productos cuya demanda varía de forma opuesta en las distintas épocas del año.

- **Métodos de planificación agregada**

Para la mayoría de las empresas no es probable que la estrategia de seguimiento ni la estrategia de nivelación sean ideales, por lo que habrá que estudiar la posibilidad de crear una combinación de las ocho opciones (lo que se denomina una estrategia mixta) para conseguir el mínimo coste. Sin embargo, porque hay un gran número de posibles estrategias mixtas, los directores creen que la definición de ese plan agregado puede constituir un gran reto. No siempre es posible encontrar el plan “óptimo”. De hecho, algunas empresas no tienen un proceso formal de planificación agregada: Utilizan el mismo plan año tras año, haciendo ajustes arriba y abajo únicamente para adecuarse a la nueva demanda anual. Este método ciertamente no proporciona mucha flexibilidad, y si el plan original no fuese óptimo, todo el proceso de producción quedaría atrapado en un rendimiento subóptimo.

En esta sección presentamos varias técnicas que utilizan los directores de operaciones para desarrollar planes agregados más útiles y apropiados. Van desde el muy utilizado

método de las tablas (o gráfico) hasta una serie de enfoques matemáticos más formales, entre los que se incluye el método del transporte de la programación lineal.

- **Métodos de tablas y gráficos**

Las técnicas de tablas y gráficos son muy populares, ya que son fáciles de entender y de utilizar. Básicamente estos planes funcionan con unas pocas variables al mismo tiempo para permitir a los planificadores comparar la demanda estimada con la capacidad existente. Son métodos de prueba y error que no garantizan un plan de producción óptimo, pero requieren sólo unos pocos cálculos sencillos y pueden ser realizados por el personal de oficina. Los métodos gráficos siguen estos cinco pasos:

- ✓ Determinar la demanda en cada periodo.
- ✓ Determinar la capacidad con el horario del trabajo regular, en las horas extras y la subcontratación de cada periodo.
- ✓ Hallar los costes de la mano de obra, los de contratación, de despido y los costes de almacenamiento.
- ✓ Considerar la política de la empresa que debe aplicarse a los trabajadores o a los niveles de existencias.
- ✓ Desarrollar planes alternativos y examinar sus costes totales.

- **Métodos matemáticos para la planificación.**

(Heizer & Render, 2008) Nos describen brevemente algunos de los enfoques matemáticos que se han desarrollado durante los últimos 50 años para la planificación agregada.

- ✓ **El método del transporte de la programación lineal** Cuando un problema de planificación agregada es visto como un problema de cómo asignar capacidad operativa para igualar la demanda prevista, entonces se puede formular como un problema de programación lineal. El método del transporte de la programación

lineal no es un método de prueba y error como los métodos de tablas y gráficos, sino que proporciona un plan óptimo para minimizar los costes.

Es también flexible en tanto que puede especificar la producción a efectuar en horario normal o en horas extras para cada periodo de tiempo, el número de unidades que deben ser subcontratadas, los turnos de trabajo extras y el inventario transferido de un periodo al siguiente.

- ✓ **Modelo de los coeficientes de gestión** El modelo de los coeficientes de gestión de Bowman 1 constituye un modelo de decisión formal basado en las experiencias y en la eficacia de un directivo. La hipótesis es que, si la actuación pasada de un director ha sido bastante buena, entonces puede ser utilizada como base para futuras decisiones.

Este modelo utiliza un análisis de regresión de las decisiones de producción pasadas tomadas por los directivos. La línea de regresión proporciona la relación entre las variables (tales como demanda y mano de obra) para decisiones futuras. Según Bowman, las deficiencias de los directivos son la mayoría de las veces inconsistencias en la toma de decisiones.

- ✓ **Otros modelos** Otros dos modelos de planificación agregada son la regla de decisión lineal y la simulación. La regla de decisión lineal (LDR: Linear Decision Rule) trata de especificar una tasa de producción y un nivel de mano de obra óptimos durante un periodo específico. Minimiza los costes totales de nómina, contratación, despidos, horas extras e inventarios mediante series de curvas de coste cuadráticas². Un modelo informático denominado planificación mediante simulación utiliza un procedimiento de búsqueda para hallar la combinación de valores de mano de obra y tasa de producción que proporcione un coste mínimo.

4.2.3. Programación lineal.

Según (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006) La programación lineal (o PL) se refiere a varias técnicas matemáticas utilizadas para asignar, en forma óptima, los recursos

limitados a distintas demandas que compiten por ellos. La PL es el más popular de los enfoques que caben dentro del título general de técnicas matemáticas para la optimización y se ha aplicado a muchos problemas de la administración de operaciones. Para que una situación plantee un problema de programación lineal debe cumplir con cinco condiciones básicas. En primer término, debe tener recursos limitados (como una cantidad limitada de trabajadores, equipamiento, dinero y materiales), porque de lo contrario no habría problema. En segundo, debe tener un objetivo explícito (como maximizar la utilidad o minimizar el costo). En tercero, debe existir linealidad (dos es el doble de uno; es decir, si se necesitan tres horas para hacer una pieza, entonces dos piezas tomarían seis horas y tres piezas, nueve). En cuarto, debe existir homogeneidad (los productos fabricados en una máquina son idénticos o todas las horas que trabaja un obrero son igual de productivas). En quinto, debe existir divisibilidad: la programación lineal normal presupone que los productos y los recursos se pueden subdividir en fracciones. Si la subdivisión no es posible (como un vuelo con medio avión o la contratación de un cuarto de persona) se puede utilizar una modificación de la programación lineal llamada programación entera.

- **Requisitos de un problema de programación lineal**

(Heizer & Render, 2008) Nos dicen que todos los problemas de programación lineal tienen cuatro propiedades en común:

- ✓ Los problemas de programación lineal buscan maximizar o minimizar alguna cantidad (normalmente beneficios o costes). Se denomina función objetivo (o función económica) de un problema de programación lineal. El objetivo prioritario de una empresa tipo es maximizar los beneficios a largo plazo. En el caso de sistemas de distribución terrestre o aérea, el objetivo puede ser minimizar los costes de envío.
- ✓ La presencia de restricciones limita el nivel que podemos alcanzar en nuestro objetivo. Por ejemplo, la decisión sobre cuántas unidades se debe producir para una línea de productos de una empresa está condicionada por la disponibilidad

de horas de mano de obra y maquinaria. Por lo tanto, queremos maximizar o minimizar una cantidad (la función objetivo) sujeta a las limitaciones de recursos existentes (restricciones).

- ✓ Deben existir diferentes alternativas de acción donde poder elegir. Por ejemplo, si una empresa fabrica tres productos, los directivos pueden utilizar la programación lineal para decidir cómo asignar entre ellos sus limitados recursos de producción (trabajo, máquinas y demás). Si no hubiera alternativas entre las cuales realizar la selección, no necesitaríamos la programación lineal.
- ✓ La función objetivo y las restricciones de un problema de programación lineal deben expresarse por medio de ecuaciones lineales o desigualdades.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

4.3.1. Planeación agregada:

Es un proceso por medio del cual la compañía determina los niveles ideales de capacidad, producción, subcontratación, inventarios, desabasto e incluso precio en un horizonte específico de tiempo, la meta de la planificación agregada es satisfacer la demanda y al mismo tiempo minimizar las utilidades. (Chopra & Meindl, 2008)

4.3.2. Programación lineal.

Es una técnica matemática ampliamente utilizada y diseñada para ayudar a los directores de operaciones a planificar y a tomar las decisiones necesarias para asignar los recursos. (JHeizer & Render, 2008)

Para Weber (1984: 718), el problema de programación lineal trata acerca de la maximización o minimización de una función lineal de varias variables primarias, llamada función objetivo, con sujeción a un conjunto de igualdades o desigualdades lineales llamadas restricciones, con la condición adicional de que ninguna de las variables puede ser negativa. (Alvarado, 2010)

4.3.3. Pronóstico.

Es una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo -o un conjunto de estimados- acerca de la probabilidad de eventos futuros que se elaboran en base en la información de interés en su dimensión pasada y actual (Pindyck y Rubinfeld, 2001); (Heizer & Render, 2009) Es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva; o puede ser una combinación de éstas —es decir, un modelo matemático ajustado mediante el buen juicio del administrador.

4.3.4. Capacidad.

“Volumen de producción (throughput)” o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico de tiempo (Heizer & Render, 2009)

(Gaither & Frazier) Es la tasa máxima de producción de una organización.

4.3.5. Inventario

Una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante algún tiempo para satisfacer una demanda futura. (Sipper & Bulfin, 1998)

(Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006) Son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos. Por convención, el término inventario de manufactura se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa. El inventario de manufactura casi siempre se clasifica en materia prima, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso. En los servicios, el término inventario por lo regular se refiere a los bienes tangibles a vender y los suministros necesarios para administrar el servicio.

4.3.6. Optimización.

Es la acción de buscar la mejor forma de hacer algo, esto quiere decir que es buscar mejores resultados, mayor eficiencia o mejor eficacia en el desempeño de algún trabajo u objetivo a lograr, en este caso del recurso de una empresa, llamándose optimización de recursos. (Guerra, 2015)

4. DISEÑO METODOLOGICO

(Bernal, 2006) Se considera la metodología como un procedimiento general para lograr de una manera precisa los objetivos de la investigación. De lo anterior se deduce que la metodología de la investigación presenta los métodos y técnicas para realizar la investigación. A través de la metodología, se garantiza que los resultados obtenidos tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad.

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Existen varios tipos de investigación y de acuerdo a la actividad del proyecto se escoge el método, con el fin de profundizar la investigación y desarrollar los objetivos planteados de acuerdo a la realidad de la empresa. En relación a esto el presente trabajo aplicará varios tipos de investigación.

- **Descriptiva:** por lo que se busca poner en conocimiento todo lo relacionado en cuanto a características y diagnóstico de la empresa en relación a gestión de planeación y control de la producción.
- **Cuantitativa:** debido a los datos que serán procesados y analizados principalmente en la etapa de análisis de datos de entrada y de salida.
- **Propositiva:** dado que la investigación permitirá el desarrollo de la propuesta para la gestión de planeación y control de la producción. con visión de ser convertida en una herramienta de aplicación para la organización.

5.2. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas de recolección de información utilizadas en el estudio del proyecto fueron inicialmente visita de campo, encuestas, entrevista y lista de chequeo realizada a la empresa en estudio y al jefe de área, con el fin de recopilar toda la información necesaria y poder completar la investigación. Se utilizó la modalidad magnética donde están todos los registros suministrados por la empresa del presupuesto de ventas y la programación de producción.

5.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el desarrollo del presente, se tiene acceso a toda la población y unidades que lo integran parte administrativa y operativa es decir el 100% así mismo la población está conformada por los pronosticas y capacidad desarrollados en Novasuin S.A.S de acuerdo a sus procedimientos y manuales de funciones establecido según la certificación otorgada en el año 2017 a la fecha.

Para tamaño de la muestra no se utilizaron criterios de muestreo debido al acceso que se tiene al abarcar todos los elementos que integran la investigación, y se aplican los instrumentos de recolección de la información a toda la población y dependencias de la empresa.

Así mismo es considerada del tipo no probabilístico por cuanto no depende de la probabilidad sino de las causas, tales como las decisiones y los criterios que de entrada los autores toman para la recolección de información, tales como procesos de gestión, control de la producción, procedimientos, registros, etc.

6. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

6.1. UBICACIÓN DE LA EMPRESA

NOVASUIN S.A.S se encuentra ubicada en la ciudad de Cartagena de Indias en la localidad 1 histórica y del caribe, unidad comunera 10, domicilio zona comercial Bosque Diag. 21 # 48-98 cuya razón social es fabricación y comercialización de resina poliéster, gel coat y productos complementarios en plástico reforzados con fibra de vidrio.



Ilustración 2: Ubicación de la empresa (imagen satelital)

Fuente: Google maps – 20mts

Elaborado: Laura Zarate – Kattia Morales

6.1.1. Reseña histórica.

Fue creada en 1970 con el nombre de SUIN S.A. y se dedicó principalmente a la fabricación y comercialización de resina poliéster, gel coat y catalizadores. La planta

principal se encontraba ubicada en la ciudad de Medellín, con una capacidad de producción de 8.000 toneladas anuales, contaba con más de 60 referencias de productos que atienden la industria automotriz, construcción marina, tanques, tuberías entre otras. Para el año 2009 está proyectada hacia el futuro, para ello busca solidificar la organización en el mercado nacional e incursionar y permanecer en el mercado internacional, aprovechando los acuerdos comerciales entre países, y realiza alianza estratégica con la empresa mexicana POLIFORMAS PLASTICAS de C.V. operando esta alianza bajo el nombre de POLISUIN S.A buscando así el crecimiento y al mismo tiempo abrir otras oportunidades de negocio adjunto al existente. En el año 2014 nace NOVASUIN con el objetivo de fortalecer el desarrollo de mercados de resina poliéster y diversificación de sus líneas.

6.1.2. Misión.

Generar mejoramiento y bienestar a todo el grupo humano y medio ambiente que rodea nuestra actividad económica. Mediante la producción y comercialización de resinas poliéster y complementos que cumplan las expectativas y necesidades del mercado de los plásticos reforzados en Colombia y sus países vecinos.(Novasuin, 2017)

6.1.3. Visión.

Ser reconocida por nuestras partes interesadas en el mercado de los plásticos reforzados, por la calidad e innovación de nuestros productos y servicios.(Novasuin, 2017)

6.1.4. Productos y servicios.

La resina poliéster es un líquido viscoso, compuesto por una cadena lineal larga (polímeros), un solvente que participa en la reacción de curado o endurecimiento y agentes inhibidores que retardan la reacción hasta cuando la resina va a ser aplicada. El

proceso de fabricación de la resina poliéster en la empresa NOVASUIN S.A.S, inicia desde la recepción de la materia prima su análisis y estado de aprobación, una vez emitida la aprobación por calidad esta es llevada a línea de producción de acuerdo a la cantidad a fabricar bajo una orden de producción donde especifica la referencia, cantidad y el tanque donde se realizará el producto. Identificado estos aspectos el operador inicia adicionando resina estireno y demás aditivos al tanque mezclador, una vez lograda la homogenización de los productos se toma muestra para ser evaluada en laboratorio e identificar su estado de inspección. Se deben tener en cuenta las propiedades que la empresa considera críticas para la liberación del producto las cuales son: viscosidad, tixotropía, solidos, tiempo de gel y gel a pico, considerando que la referencia a fabricar se encuentra dentro de especificaciones se procede con el proceso de filtrado en tambores metálicos por una cantidad de 230kg o en IBC´S por una cantidad de 1. 000ks.g según requerimiento y necesidades de los clientes o las sucursales. En Novasuin S.A.S existen tres tipos de resinas según la referencia a fabricar estas son: resinas poliéster aceleradas se llaman así porque necesitan de un catalizador para iniciar su proceso de endurecimiento ya que el aditivo principal para que ocurra este efecto es adicionado durante su proceso, con esta resina solo se pueden realizar aplicaciones verticales y la resina aceleradas-tixotrópicas estas aparte de llevar el aditivo para iniciar proceso de polimerización se le adiciona agente reológico para evitar escurrimiento al momento de la aplicación, con esta resina se pueden realizar aplicaciones horizontales y verticales de acuerdo a la necesidad del cliente y las resinas puras las cuales no se les adiciona agente reológico y acelerante, estos son adicionados por los clientes según las necesidades de aplicación

6.1.5. Clientes.

La industria del plástico reforzado permite suplir las necesidades de diversos sectores a continuación se resaltan los sectores que presentan un impacto positivo en las aplicaciones de resina:

- **La industria automotriz:** La relación peso - desempeño mecánico de las piezas fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio supera los sistemas constructivos tradicionales metálicos. Lo anterior ubica al poliéster reforzado con fibra de vidrio como material preferido para la fabricación de carrocerías y autopartes. Así mismo la versatilidad del material permite obtener formas y diseños, que difícilmente se logran con otros materiales.
- **La industria náutica:** La relación peso - desempeño mecánico de las piezas fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio supera los sistemas constructivos tradicionales metálicos. Lo anterior ubica al poliéster reforzado con fibra de vidrio como material preferido para la fabricación de botes y embarcaciones y a su vez presentan buena resistencia al agua y excelentes propiedades mecánicas.
- **La industria construcción e infraestructuras:** Las tendencias y requerimientos del mercado de la construcción se dirigen hacia el diseño de materiales con mejores prestaciones y menores impactos ambientales, orientando la industria hacia la construcción sostenible. Por esto, la función de los aditivos y químicos para construcción se ha convertido en parte vital de la cadena, dado por su importante aporte a la funcionalidad de los materiales especialmente en: **(i) Eficiencia:** Hacer más económica la construcción. **(ii) Resistencia:** Mejorar la funcionalidad y estabilidad de los materiales tradicionales. **(iii) Seguridad:** Estructuras más seguras que mejoran la calidad de vida de sus ocupantes. **(iv) Protección:** Incrementar la durabilidad de las edificaciones. **(v) Conservar la energía:** Construcciones funcionales que protegen el medio ambiente.

Del mismo modo NOVASUIN S.A.S presenta un amplio portafolio de productos para la fabricación de Materiales Compuestos que se aplican en diversos productos y segmentos industriales para Construcción e Infraestructura, tales como: sistemas eléctricos,

tanques, tuberías, pisos poliméricos, postes eléctricos y funcionales, tejas, paneles, baños y bañeras, lavamanos, mármol sintético y superficies sólidas

6.1.6. Materia prima.

Las materias primas fundamentales para la realización de la resina poliéster son las siguientes:

- **Resinas Tereftálicas:** Esta familia de resina posee respecto a las resinas ortoftálicas, superior resistencia química, excelente aceptación de cargas minerales, baja absorción de agua y superior resistencia a altas temperaturas.
- **ResinasOrtoftálicas:** Resinas de uso general ampliamente conocido y empleado para fabricar artículos sometidos a un bajo ataque químico o ambiental. Tiene buena resistencia mecánica y cuando se requiere una mayor resistencia química, se usa en combinación con otros poliésteres más resistentes.
- **Resinas isoftálicas:** Resina de mayor resistencia química que las anteriores, generalmente usada en la fabricación de artículos sometidos a la intemperie en contacto con agua y/o con ataque químico.
- **Resinas flexibles:** Generalmente se utiliza para modificar otras resinas donde se requiera mayor flexibilidad. Se puede adicionar un máximo de 20% ya que, con porcentajes mayores, se puede deteriorar las propiedades de la resina resultante debido a que la resina flexible tiene baja resistencia mecánica, química y al agua.
- **Estireno monómero:** Es el solvente más apropiado para la resina, cumple dos funciones; baja la viscosidad y reacciona con el poliéster formando parte del sólido. Es necesario para el buen manejo de la resina, alta admisión de cargas, etc., pero su uso en exceso es perjudicial; aumenta la contracción volumétrica de

la resina, sube la exotermia, da fragilidad, baja las propiedades mecánicas del producto final.

6.1.7. Proveedores.

El abastecimiento estratégico es una de las actividades primordiales dentro de la cadena de suministro y este sucede entre el conjunto de proveedores, por lo anterior el director de logística y Compras elabora una lista de proveedores de materia prima, la cual podrá ser actualizada en cualquier momento a lo largo del proyecto según el criterio de los mismos, teniendo en cuenta aquellos proveedores que están evaluados y aprobados por la empresa y se consideran confiables.

Los proveedores de materia prima que afectan la calidad de los trabajos deben ser seleccionados y evaluados, para determinar si éstos se mantienen dentro del estándar de cumplimiento requeridos por NOVASUIN S.A.S; los principales proveedores se relacionan en la tabla 02.

Tabla 2: Lista de proveedores.

Proveedor	Materia prima
Andercol	Resina tereftálicas, resinas isoftálica, resina ortoftálica, resina flexible y estireno monómero
Americas Styrenics	Estireno monómero
Reichhold	Resina ortoftálica y resina isoftálica
Invesa	Resina flexible

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

7. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

El proceso de fabricación de resina poliéster inicia en un reactor con la adición de glicoles, ácidos y gases inerte a cierta temperatura y revoluciones según la necesidad de agitación, una vez obtenida esta mezcla pasa al proceso de esterificación donde empieza a sintetizar el éster por medio de la reacción química del ácido y el alcohol, pasando a la fase de separación de glicoles/agua este es separado por condensación y el agua es retirado del proceso y los glicoles obtenidos son recuperados en el reactor. Una vez estabilizada inicia el proceso de enfriamiento, se le adiciona monómeros para diluir su viscosidad de acuerdo a la referencia a fabricar y a su inhibición para evitar polimerización durante su enfriamiento. En la ilustración 03, se describe el proceso de fabricación de resina poliéster desde la adición de glicoles hasta obtener el producto final.

Actualmente Novasuin se encuentra trabajando para mantener la certificación otorgada por la entidad Icontec en la norma ISO 9001 versión 2001 donde se encuentra estipulado el mapa de proceso (ver Ilustración 04) y la interrelación de un proceso a otro al igual que los canales de comunicación. En la realización de este proyecto se relacionará el proceso de producción desde el requerimiento de la materia prima hasta obtención del producto final.

El requerimiento de materia prima se realiza con base a la programación enviada por los directores comerciales según las necesidades de ventas, y de acuerdo a esta información se realiza orden de compra con las cantidades y las fechas de entrega.

Cuando el producto solicitado llega a la planta se verifica orden de compra factura y se cuenta o pesa el producto para verificar las cantidades entregadas por el proveedor una vez realizada esta operación se procede a darle el estado de inspección ya sea aprobado o condicionado según el análisis realizado en laboratorio.

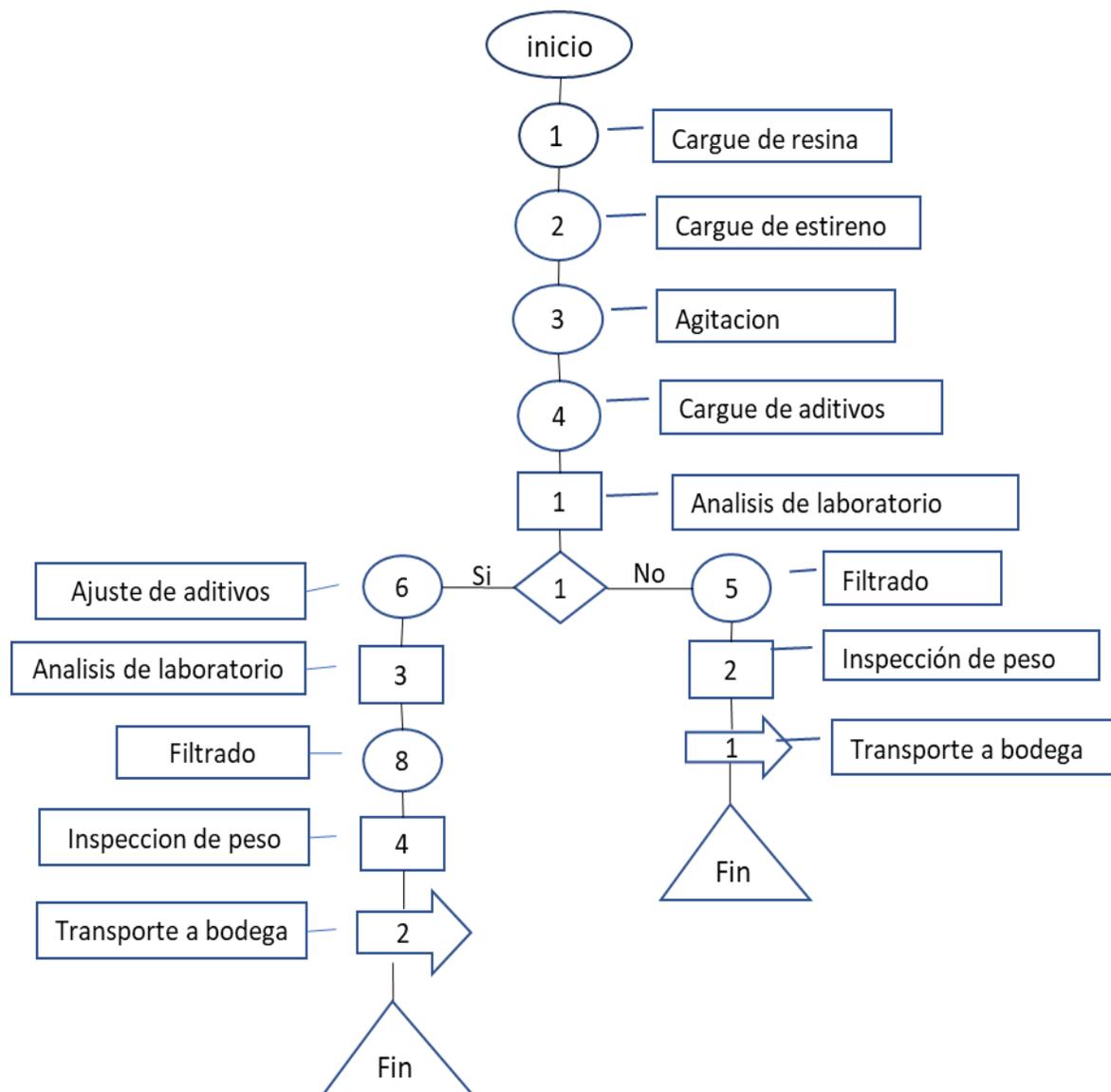


Ilustración 3: Diagrama de proceso de resina poliéster.

Elaborado por: Laura Zarate; Kattia Morales.

Una vez obtenido el estado de inspección se inicia proceso de cargue en los tanques mezcladores según la cantidad estipulada en la orden de producción y de esa forma inicia el proceso de adición de materia prima y aditivos. Obtenida la mezcla el operador saca muestra la cual es llevada a laboratorio para verificar sus especificaciones, si la resina se encuentra en las especificaciones según formato interno de Novasuin se procederá con el proceso de filtrado del producto de acuerdo a las condiciones o

referencia del producto se empaqueta en las siguientes presentaciones IBC por 1000kg y tambores metálicos de 55 gal por 230kg.

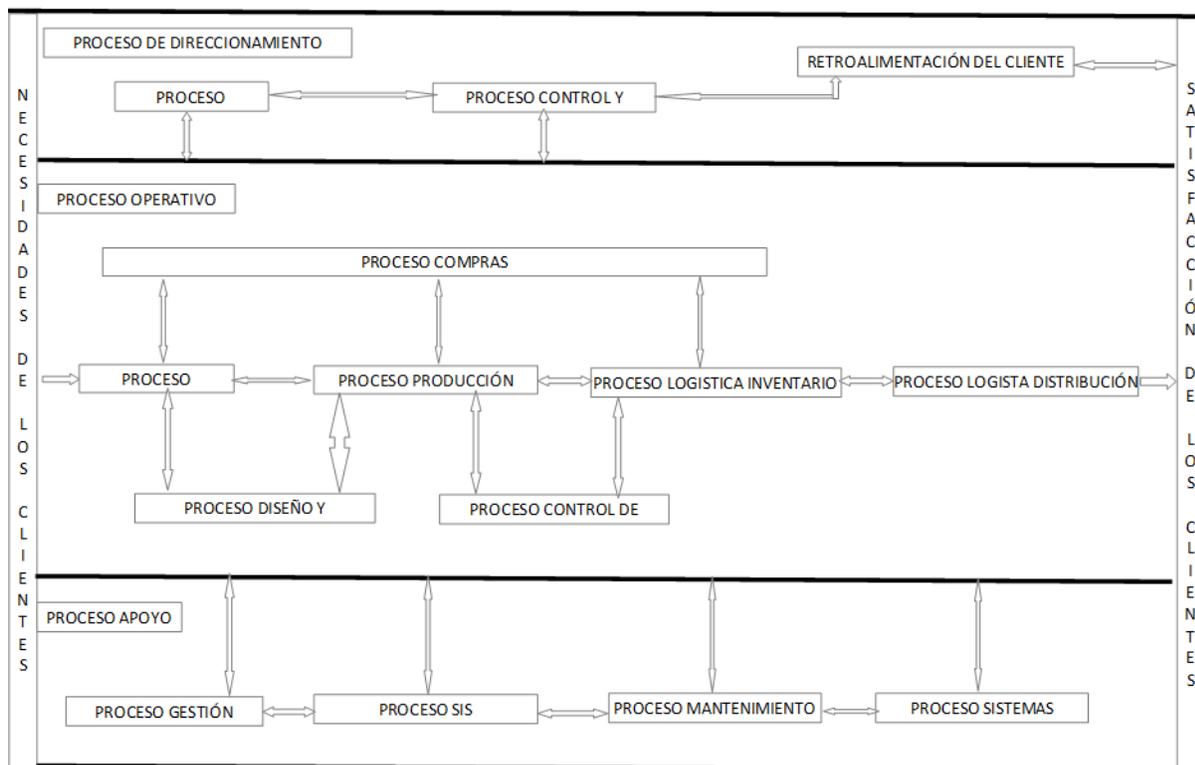


Ilustración 4: Mapa de proceso

Fuente: Sistema de gestión Novasuin

De acuerdo a las necesidades de producto terminado enviada por las sucursales lo obtenido en los tanques es distribuido para darle cumplimiento al programa de producción de acuerdo a las cantidades de almacenamiento y políticas de inventario estipuladas para cada sucursal.

En la tabla 03; se encuentra estipulado el inventario mínimo que debe manejar cada sucursal de todas las referencias de resina fabricada por NOVASUIN, y cuando el nivel de inventario se encuentre por debajo es necesaria y urgente abastecer la sucursal para evitar multas por incumplimiento de entrega de producto, las cuales tienen que ser modificadas ya que en muchas ocasiones y por la urgencia de pedidos es necesario el cambio de referencia en los tanques por la mala programación y planeación que presenta tanto en producción como en el área de logística.

Tabla 3: Stock en cada sucursal

Sucursal	Stock inventario
Barranquilla	25000
Cartagena	120000
Bogotá	60000
Cali	45000
Medellín	55000
Pereira	15000
Tumaco	10000

Elaborado por: Laura Zarate; Kattia Morales.

8. ANÁLISIS DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

8.1. PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

Un pronóstico son las proyecciones de la demanda o servicio de una compañía, orientados a la producción, capacidad y los sistemas de programación de la empresa y sirven como entrada en la planeación financiera, marketing y de personal. Según(Heizer & Render, 2009) el pronóstico es el inicio de una buena planificación de la producción en una compañía, a través de él se determina la oscilación de la demanda. Para que una empresa presente un buen pronóstico es necesario obtener los datos históricos de su demanda y fijar el método cuantitativo a emplear.

8.1.1. Datos históricos

La empresa ofrece un portafolio amplio de referencias los cuales son fabricados bajo especificaciones técnicas establecidas por laboratorio y requerimiento de los clientes cuando son desarrollos de productos, estas referencias se desprenden de tres principales familias que son las tixotrópicas, aceleradas y puras. Se llevará cabo solo el análisis de dos familias de resinas (tixotrópicas y aceleradas) ya que las puras son resinas con especificaciones especial por ende su demanda no es muy fuerte. El análisis del comportamiento de la demanda en los últimos 36 meses de las resinas tixotrópicas y aceleradas (ver tabla04 y 05).

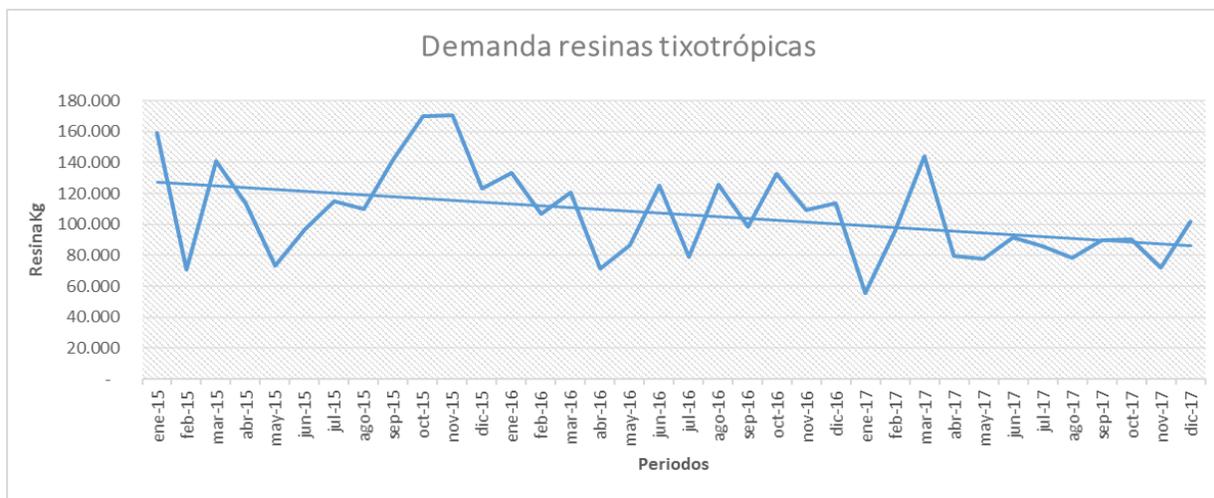


Ilustración 5: Demanda resinas tixotrópicas en un horizonte de tiempo de 36 meses
Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

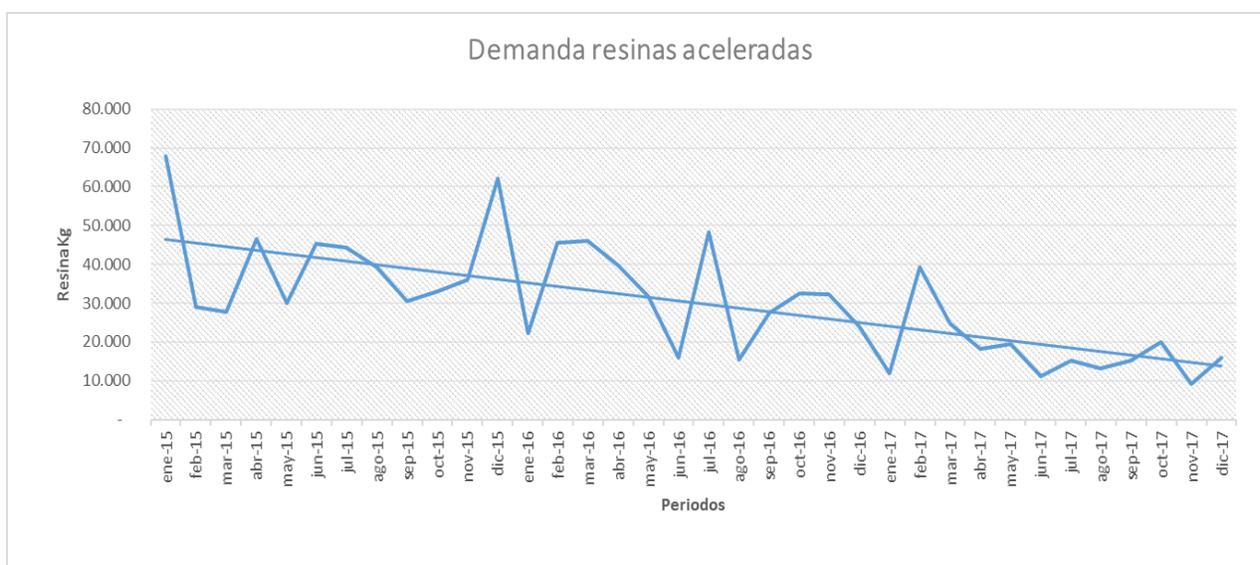


Ilustración 6: Demanda resinas aceleradas en un horizonte de tiempo de 36 meses
Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

8.1.2. Componente de la demanda

La demanda de cada producto según (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006) es particular, pero se pueden identificar ciertos comportamientos básicos que facilitan su estudio. Además, dependiendo de los elementos que forman la demanda, se aplicarán diferentes

técnicas. En ocasiones la demanda ofrece cierta evolución a largo plazo. Esta evolución puede ser positiva o negativa.

En la mayor parte de los casos, la demanda de productos o servicios se puede dividir en seis componentes: demanda promedio para el periodo, una tendencia, elementos estacionales, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación. (La ilustración 2) muestra cada uno de los componentes de la demanda promedio en un periodo, la tendencia, elementos estacionales y variación aleatoria. Los factores críticos son más difíciles de determinar porque quizá el tiempo se desconoce o no se toma en cuenta la causa del ciclo. La influencia cíclica sobre la demanda puede provenir de eventos. Las variaciones aleatorias son provocadas por los eventos fortuitos, si no se puede identificar la causa de este se supone que es aleatoria. La autocorrelación indica la persistencia de la ocurrencia. De manera más específica, el valor esperado en un momento dado tiene una correlación muy alta con sus propios valores anteriores. Es decir, si una línea es relativamente larga en un momento determinado, poco después de ese tiempo, podría esperarse que la línea siguiera siendo larga.

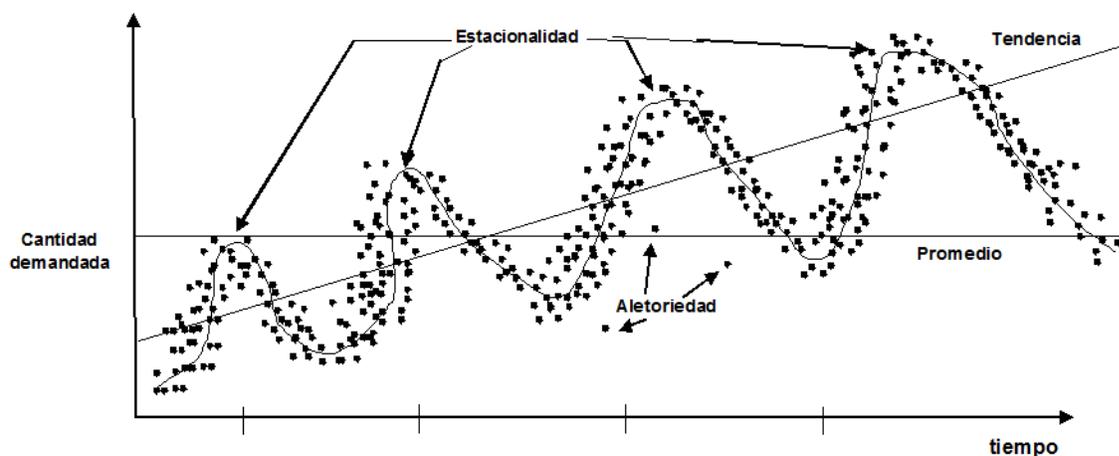


Ilustración 7: Componentes de la demanda

Fuente: Libro//Administración de operaciones, producción y cadena de suministro

De acuerdo al comportamiento gráfico de los datos históricos de las familias de resina tixotrópicas y aceleradas (Ver ilustración 05 y 06) de la demanda en un horizonte de

tiempo de 36 meses es evidenciable que existe un componente de tendencia de Tipo negativa, sin embargo, para soportar esta decisión se realizan los cálculos cuantitativos, teniendo en cuenta el método de mínimos cuadrados, que permita encontrar la recta que mejor se ajuste a los datos históricos. La recta de mínimos cuadrados se describe en términos de su ordenada o intersección con el eje “y” y su pendiente, tal como se describe a continuación.

$$Y=a+bx$$

Donde:

y = variable dependiente asociada a la demanda

a = ordenada

b = pendiente de la recta de regresión

X = variable independiente asociada al tiempo

Los profesionales de estadísticas han desarrollado ecuaciones que se utilizan para encontrar los valores de **a** y **b** para cualquier recta de regresión. La pendiente **b** se encuentra mediante:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Y la ordenada **a** se calcula de la siguiente forma:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Aplicando el método de mínimos cuadrados a los datos de la demanda a la familia de resinas tixotrópicas se obtienen.

Tabla 4: Datos históricos de la demanda de resinas tixotrópicas

PERIODO	DEMANDA	PERIODO	DEMANDA	PERIODO	DEMANDA
1	159000	13	103715	25	55575

2	70500	14	94786	26	95610
3	141000	15	115235	27	143716
4	113800	16	25953	28	79310
5	73000	17	86803	29	77800
6	96500	18	109619	30	91500
7	115000	19	73817	31	86100
8	110000	20	110400	32	78100
9	142000	21	82633	33	89400
10	169800	22	122248	34	90270
11	170380	23	100000	35	72200
12	123200	24	104000	36	102000

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

A continuación, se lleva a cabo el cálculo de la pendiente “b” y de la ordenada “a” para las resinas tixotrópicas luego establecer la ecuación de la línea recta, para esto se hacen unos primeros cálculos preliminares método de mínimos cuadrados, tal como muestra en el anexo 02.

$$b = \frac{66630876 - (36 \cdot 18,50 \cdot 106877)}{16206 - (36 \cdot 18,50^2)} = -1171$$

$$a = 106877 - (-1171 \cdot 18,50) = 128541$$

$$y = -1171X + 128541$$

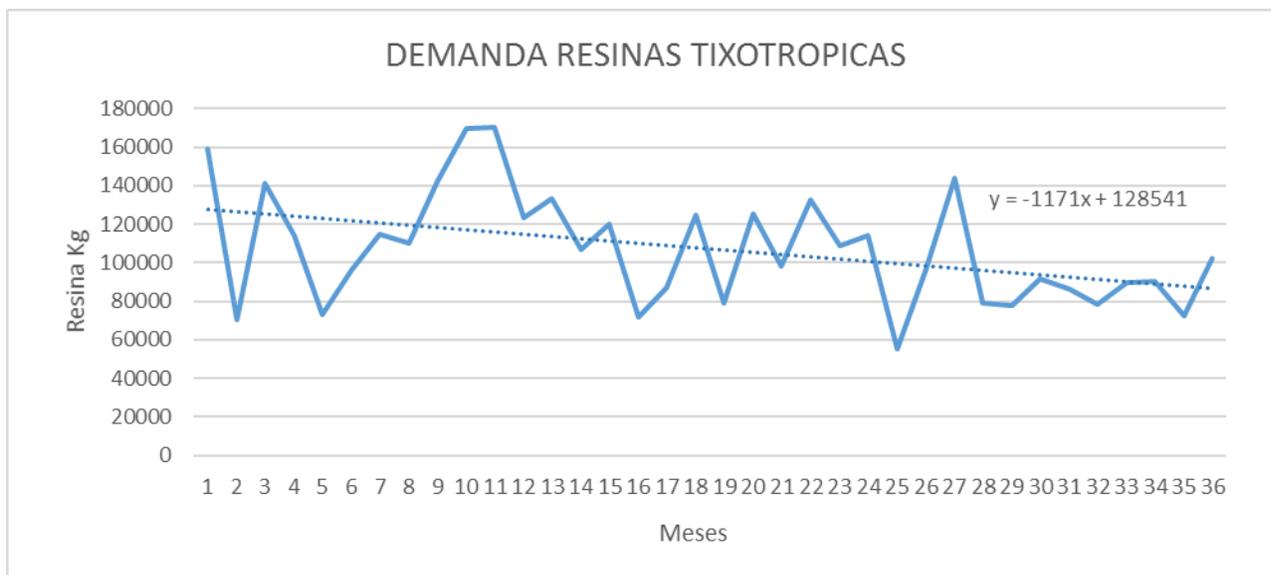


Ilustración 8: Análisis del componente de tendencia resinas tixotrópicas.

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

De acuerdo a los datos históricos de los productos de la resina tixotrópica se presenta una tendencia negativa de tipo descendente en el tiempo y sin estacionalidad. Como se puede observar en la ilustración 08, la ecuación lineal denota una pendiente negativa de -1171, por tanto, soporta que los datos a través del tiempo tienden a descender.

Aplicando el método de mínimos cuadrados a los datos de la demanda a la familia de resinas aceleradas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5: Datos históricos de la demanda de resinas aceleradas

PERIODO	DEMANDA	PERIODO	DEMANDA	PERIODO	DEMANDA
1	67780	13	22152	25	12000
2	29000	14	45459	26	39400
3	27840	15	46000	27	24810
4	46500	16	39859	28	18100
5	30000	17	31695	29	19570
6	45300	18	15996	30	11140
7	44180	19	48212	31	15150

8	39380	20	15530	32	13070
9	30500	21	27527	33	15120
10	33000	22	32443	34	19920
11	36000	23	32200	35	9200
12	62000	24	24000	36	15870

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

A continuación, se lleva a cabo el cálculo de la pendiente “b” y de la ordenada “a” para la resina aceleradas luego establecer la ecuación de la línea recta, para esto se hacen unos primeros cálculos preliminares (ver anexos 03).

$$b = \frac{16460077 - (36 * 18,50 * 30164)}{16206 - (36 * 18,50^2)} = -934$$

$$a = 30164 - (-934 * 18,50) = 47446$$

$$y = -934X + 47446$$

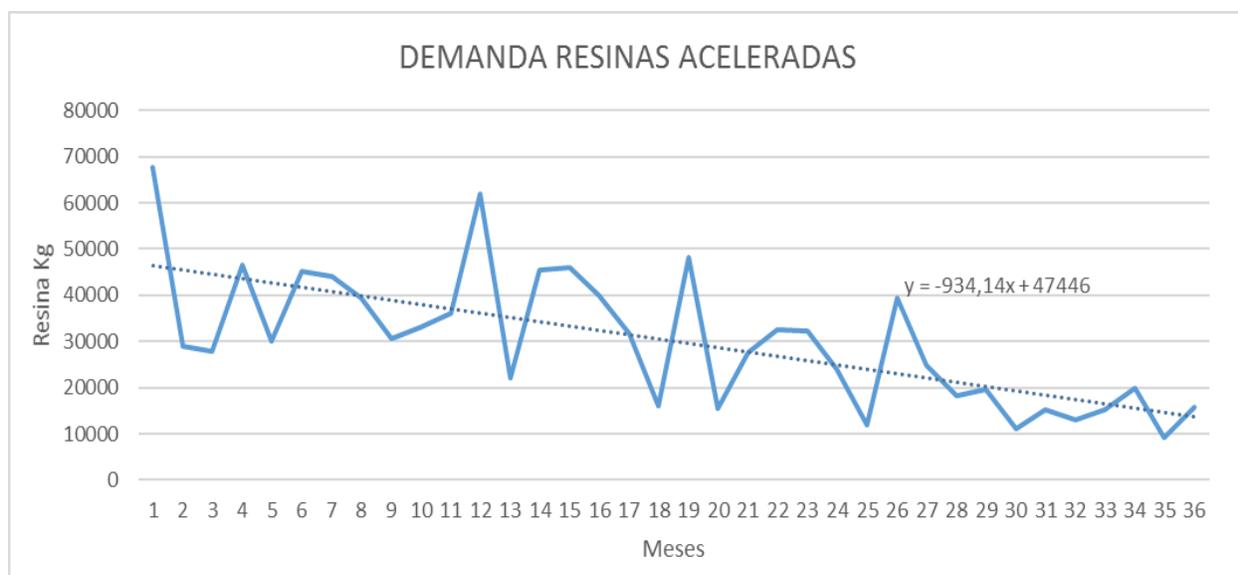


Ilustración 9: Análisis del componente de tendencia resinas aceleradas.

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales

De acuerdo a los datos históricos de las resinas aceleradas presenta una tendencia negativa de tipo descendente en el tiempo y sin estacionalidad (ver ilustración 09). La ecuación lineal denota una pendiente negativa de -934.14, por tanto, soporta que los datos a través del tiempo tienden a descender.

8.1.3. Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia (modelo de Holt)

(Chopra & Meindl, 2008) Dicen que el suavizamiento exponencial con corrección por tendencia (modelo de Holt) es adecuado cuando se supone que la demanda tiene un nivel y una tendencia en el componente sistemático, pero no estacionalidad. En este caso tenemos

Componente sistemático de la demanda = nivel + tendencia

Obtenemos la estimada inicial del nivel y la tendencia al calcular la regresión lineal entre la demanda D_t y el periodo t de la forma.

$$D_t = at + b$$

En este caso, realizar una regresión lineal entre la demanda y los periodos es adecuado, ya que supusimos que la demanda tiene tendencia, pero no estacionalidad. La relación subyacente entre la demanda y el tiempo es lineal. La constante b mide el estimado de la demanda en el periodo $t = 0$ y es nuestro estimado del nivel inicial L_0 . La pendiente a mide la tasa de cambio en la demanda por periodo y es nuestra estimación inicial de la tendencia T_0 .

En el periodo t dados los estimados del nivel L_t y la tendencia T_t el pronóstico para los periodos futuras se expresa como

$$F_{t+1} = L_t + T_t \quad \text{y} \quad F_{t+n} = L_t + nT_t$$

Después de observar la demanda para el periodo t , revisamos los estimandos para el nivel y la tendencia de la siguiente manera:

- Ecuación de estimación de nivel u ordenada

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1-\alpha)(L_t + T_t)$$

- Ecuación de estimación de la tendencia

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

Donde:

α : es la constante de suavizamiento de para la ordenada ($0 < \alpha < 1$)

β : es la constante de suavizamiento de la tendencia ($0 < \beta < 1$)

T : son los valores de la tendencia en un tiempo t

L : son los valores del nivel en un tiempo t

F : es el pronóstico de la demanda en un tiempo t

Antes de aplicar el método de holt es necesario determinar los valores de las constantes de suavizamiento tanto para la ordenada o nivel como para la tendencial, tal como se muestra a continuación:

$$\alpha = \frac{2}{n+1} \quad \alpha = \frac{2}{36+1} = \mathbf{0.054}$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

para hallar alfa se utiliza la formula general, pero para hallar beta utilizamos la herramienta solver de Excel el cual permite obtener el mínimo error de pronóstico considerando los errores cuadrados medios (MSE) y el error porcentual absolutos medio (MAPE), así obtenemos un beta en 0.010 y un alfa en 0.054.

A continuación, se muestra los pronósticos de los 6 periodos de enero a junio del 2018 utilizando la herramienta Excel.

Tabla 6: Pronósticos de la demanda resina tixotrópicas en Excel

1	Pronosticos periodos siguiente	84931
2		83757
3		82582
4		81408
5		80233
6		79059

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Tabla 7: Pronósticos de la demanda resina aceleradas en Excel

1	Pronosticos periodos siguiente	12749
2		11814
3		10878
4		9942
5		9006
6		8070

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Después de haber desarrollado los cálculos necesarios para pronosticar los dos tipos de resinas en los periodos comprendidos de enero a junio de 2018 es notable que la demanda sigue la misma tendencia demostrada en las gráficas anteriores (Ver ilustración 05 e ilustración 06).

9. ANALISIS DE CAPACIDAD

La capacidad en un proceso permite conocer la cantidad de producto a fabricar por una empresa y a partir de este determinar los planes de producción de acuerdo a la demanda establecida en el anexo 04 y anexo 05 se evidencia el tiempo total de producción empleado en la empresa Novasuin S.A.S en el proceso de fabricación de resina poliéster para la familia aceleradas y tixotrópicas y a partir de esta información se calculará tanto la capacidad teórica como la diseñada para el proceso de fabricación de estas dos familias de resina de acuerdo a la capacidad de los tanques. (Ver tabla 08).

Tabla 8: Capacidad de tanques

Tanque	Capacidad (Kg)	Capacidad del motor (hp)
Tanque mezclador 1	25000	25
Tanque mezclador 2	5000	15
Tanque mezclador 3	1000	10
Tanque mezclador 4	1000	10

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Actualmente la planta cuenta con un turno el cual labora de lunes a viernes por 10 horas y sábados por 3 horas, con un tiempo inactivo programado de 2132 minutos mensuales y un tiempo inactivo no programado de 1597 minutos mensuales aproximadamente. Con base a esta información de determinó la capacidad diseñada de cada una de las referencias. En la tabla 09, se relaciona la capacidad diseñada para cada referencia.

Tabla 9: Capacidad diseñada

Referencias	Tiempo de ciclo	# Veces que se carga mensual	Tiempo de producción mensual	Capacidad diseñada
Tixotrópicas	5145	4	16200	66108
Aceleradas	5145	6	16200	18888

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Para el cálculo de la capacidad diseñada se toma el tiempo total de producción de la resina acelerada y tixotrópica para cada tanque y los tiempos de ciclos establecidos en las dos referencias. En los anexos 04 y 05 se puede observar la capacidad diseñada por referencia y la capacidad por cada tanque mezclador.

Para el cálculo de la capacidad real se tomarán los tiempos de producción planificados para cada referencia y a este se le descontarán el tiempo inactivo programado como los mantenimientos preventivos e inventarios y los tiempos inactivos no programados como las fallas mecánicas y los retrasos en materia prima entre otros como se muestra en el anexo 06. Análisis de tiempos inactivos programados y no programados, el cual se realizó con un histórico de doce meses del año 2017 y se promedió para un mes.

Finalmente, se halló la capacidad real agregada, luego de realizar la diferencia del tiempo de producción planificado mensual menos los tiempos inactivos programados y no programados como se muestra en la tabla 10. Capacidad real.

Tabla 10: Capacidad real

Referencia de resina	Tiempo de producción planificado mensual	Tiempo inactivo planeado mensual	Tiempo inactivo no planeado mensual	Tiempo de ciclo	# veces que se carga mensual	Capacidad real
Acelerada	16200	2132	1597	5145	6	14538
Tixotrópica	16200	2132	1597	5145	21	50883

Elaborado por: Laura Zarate; Kattia Morales.

Una vez obtenida la capacidad diseñada y la capacidad real se realiza porcentaje de eficiencia para cada referencia, (ver tabla 11). El cual nos muestra que el proceso para las resinas tixotrópicas es 77% efectivo de acuerdo a la capacidad de producción y respuesta a la demanda y para las resinas aceleradas en el 77% se encuentra por debajo del límite mínimo permitido. De acuerdo a la capacidad hallada junto con la demanda establecida se construirá un modelo matemático que se ajuste a las condiciones de la

empresa y nos permita mostrar la situación real de la empresa por medio de datos veraces y aplicables.

Tabla 11: Porcentaje de eficiencia

Referencia de resina	Capacidad real	Capacidad diseñada	% Eficiencia
Acelerada	14538	18888	77
Tixotrópica	50883	66108	77

Elaborado por: Laura Zarate; Kattia Morales.

10. MODELO DE PLANEACIÓN AGREGADA DE PRODUCCIÓN

Según Heizer y Render (2001), la planificación agregada es un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo a mediano plazo. Se refiere a la determinación de la fuerza laboral, a la cantidad de producción y niveles de inventario en orden de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a mediano plazo, y el término agregada, hace referencia a que la planificación no desglosa la cantidad de producción por detalles de productos, sino que los considera en varias familias, sin importar sus diferentes variantes de diseño o modelo (Dante, 2007). Los modelos de programación lineal son los más importantes para resolver el problema de la planificación agregada por la versatilidad y calidad de los resultados que ofrecen (Singhal y Singhal, 2006). Esta afirmación puede corroborarse al revisar las publicaciones científicas de los últimos años en las que se ha hecho un uso extendido de estas metodologías, seguido de los métodos de la regla de decisión lineal (LDR).

10.1 ALCANCE

El modelo de planeación agregada va a estar delimitado para la familia de resinas aceleradas y tixotrópicas, adicional a esto se llevará a cabo una planeación con un horizonte de tiempo de seis meses comprendidos los periodos de enero a junio de 2018.

10.2 OBJETIVO

Con este modelo se pretende encontrar la mejor solución que permita minimizar los costos de producción total de resinas aceleradas y tixotrópicas, a su vez encontrar el resultado de las variables de respuestas asociadas las cuales son: cantidad de unidades a producir, número de trabajadores disponibles, número de trabajadores contratados, número de trabajadores despedidos, número de unidades en inventario y número de unidades faltantes.

10.3 PARAMETROS

A continuación, se describen los parámetros necesarios para llevar a cabo la solución del modelo, los cuales están asociados con información de la demanda.

Tabla 12: Cantidad de unidades a producir

Demanda de productos i en el tiempo $t\{d(t,i)\}$		
	Aceleradas	Tixotrópicas
Enero	12749	84931
Febrero	11814	83757
Marzo	10878	82582
Abril	9942	81408
Mayo	9006	80233
Junio	8070	79059

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Los datos relacionados en la (tabla 12) fueron tomados con un horizonte de tiempo de seis meses comprendidos de enero a junio de 2018 de acuerdo al análisis de pronóstico de la demanda.

Tabla 13: Costo de producir

Costo de producir en el tiempo $t\{cp(t,i)\}$		
	Aceleradas	Tixotrópicas
Enero	8440	7600
Febrero	8440	7600
Marzo	8440	7600
Abril	8440	7600
Mayo	8440	7600
Junio	8440	7600

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

El costo tomado para la realización del modelo fue promediado con los costos variables de todas las referencias tixotrópicas y los costos fijos al igual que el promedio de todos los costos de las referencias aceleradas más los costos fijos (ver tabla 13)

Tabla 14: Número de trabajadores disponibles

Costo de cada operario en el tiempo t $\{cw(t)\}$	
Enero	870857
Febrero	870857
Marzo	870857
Abril	870857
Mayo	870857
Junio	870857

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

El costo de cada operario se toma de acuerdo al salario mínimo legal vigente para el año 2018 más una bonificación. (Ver tabla 14)

Tabla 15: Número de trabajadores contratados.

Costo de contratar un operario en el tiempo t $\{ch(t)\}$	
Enero	1015847
Febrero	1015847
Marzo	1015847
Abril	1015847
Mayo	1015847
Junio	1015847

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales

Para el costo de contratar a un operador se toma el salario mínimo legal vigente 2018 más la bonificación y los gastos generados por dotación de uniformes y exámenes médicos. (Ver tabla 15)

Tabla 16: Número de trabajadores despedidos

Costo de despedir un operario en el tiempo t {ci(t)}	
Enero	1640857
Febrero	1640857
Marzo	1640857
Abril	1640857
Mayo	1640857
Junio	1640857

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Este costo (ver tabla 16) se realiza con base al tiempo laborado por cada operador y se realiza una indemnización, pago de primas, vacaciones y cesantías.

Tabla 17: Número de unidades en inventario

Costo de mantener el inventario en el tiempo t{ci(t,i)}		
	Aceleradas	Tixotrópicas
Enero	1036857	1036857
Febrero	1036857	1036857
Marzo	1036857	1036857
Abril	1036857	1036857
Mayo	1036857	1036857
Junio	1036857	1036857

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Para el costo de mantener y faltante de inventario (ver tabla 17) se tomó el salario devengado por la persona responsable del año 2018.

Tabla 18: Número de unidades faltantes.

Costo de faltantes de inventario en el tiempo t{cb(t,i)}		
	Aceleradas	Tixotrópicas
Enero	1036857	1036857

Febrero	1036857	1036857
Marzo	1036857	1036857
Abril	1036857	1036857
Mayo	1036857	1036857
Junio	1036857	1036857

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Para el costo de mantener y faltante de inventario se tomó el salario devengado por la persona responsable del año 2018. (ver tabla 18)

Tabla 19: Cantidad de kilogramos fabricados

Cantidad de kilogramos fabricadas por trabajador en el tiempo $t_{\{n(t)\}}$	
Enero	106243
Febrero	106243
Marzo	106243
Abril	106243
Mayo	106243
Junio	106243

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Para los datos de la tabla 19 se realizaron los promedios de la cantidad de resina acelerada y tixotrópica fabricada por cada operador y se realiza promedio.

10.4 VARIABLES

A continuación, se presentan las variables que se necesitan para el modelo de planeación agregada.

- Cantidad de unidades a producir en el tiempo t - $p(t,i)$
- Número de trabajadores disponibles en el tiempo t - $w(t)$

- Número de trabajadores contratados en el tiempo t - h(t)
- Número de trabajadores despedidos en el tiempo t - l(t)
- Número de unidades en inventario al final del tiempo t - inv(i,t)
- Número de unidades faltantes en el tiempo t - b(t,i)

10.5 CONSTRUCCION DEL MODELO

El modelo está construido por una función objetivo y unas restricciones. La función objetivo está conformada por la sumatoria de los costos de producción tales como; costo de producir, costo de cada operario, costo de contratar un operario, costo de despedir un operario, costo de mantener el inventario, costo de faltante de inventario.

$$\begin{aligned}
 Z_{min} = & Cp(Enero, Acel) * p(Enero, Acel) + Cp(Enero, Tixo) * p(Enero, Tixo) \\
 & + Cp(Febrero, Acel) * p(Febrero, Acel) + Cp(Febrero, Tixo) \\
 & * p(Febrero, Tixo) + Cp(Marzo, Acel) * p(Marzo, Acel) + Cp(Marzo, Tixo) \\
 & * p(Marzo, Tixo) + Cp(Abril, Acel) * p(Abril, Acel) + Cp(Abril, Tixo) \\
 & * p(Abril, Tixo) + Cp(Mayo, Acel) * p(Mayo, Acel) + Cp(Mayo, Tixo) \\
 & * p(Mayo, Tixo) + Cp(Junio, Acel) * p(Junio, Acel) + Cp(Junio, Tixo) \\
 & * p(Junio, Tixo) + cw(Enero) * w(Enero) + cw(Febrero) * w(Febrero) \\
 & + cw(Marzo) * w(Marzo) + cw(Abril) * w(Abril) + cw(Mayo) * w(Mayo) \\
 & + cw(Junio) * w(Junio) + ch(Enero) * h(Enero) + ch(Febrero) \\
 & * h(Febrero) + ch(Marzo) * h(Marzo) + ch(Abril) * h(Abril) + ch(Mayo) \\
 & * h(Mayo) + ch(Junio) * h(Junio) + cl(Enero) * l(Enero) + cl(Febrero) \\
 & * l(Febrero) + cl(Marzo) * l(Marzo) + cl(Abril) * l(Abril) + cl(Mayo) \\
 & * l(Mayo) + cl(Junio) * l(Junio) + ci(Enero, Acel) * inv(Acel, Enero) \\
 & + ci(Enero, Tixo) * inv(Tixo, Enero) + ci(Febrero, Acel) \\
 & * inv(Acel, Febrero) + ci(Febrero, Tixo) * inv(Tixo, Febrero) \\
 & + ci(Marzo, Acel) * inv(Acel, Marzo) + ci(Marzo, Tixo) * inv(Tixo, Marzo) \\
 & + ci(Abril, Acel) * inv(Acel, Abril) + ci(Abril, Tixo) * inv(Tixo, Abril) \\
 & + ci(Mayo, Acel) * inv(Acel, Mayo) + ci(Mayo, Tixo) * inv(Tixo, Mayo) ...
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \dots + ci(\text{Junio}, \text{Acel}) * inv(\text{Acel}, \text{Junio}) + ci(\text{Junio}, \text{Tixo}) * inv(\text{Tixo}, \text{Junio}) \\
& \quad + cb(\text{Enero}, \text{Acel}) * b(\text{Enero}, \text{Acel}) + cb(\text{Enero}, \text{Tixo}) * b(\text{Enero}, \text{Tixo}) \\
& \quad + cb(\text{Febrero}, \text{Acel}) * b(\text{Febrero}, \text{Acel}) + cb(\text{Febrero}, \text{Tixo}) \\
& \quad * b(\text{Febrero}, \text{Tixo}) + cb(\text{Marzo}, \text{Acel}) * b(\text{Marzo}, \text{Acel}) + cb(\text{Marzo}, \text{Tixo}) \\
& \quad * b(\text{Marzo}, \text{Tixo}) + cb(\text{Abril}, \text{Acel}) * b(\text{Abril}, \text{Acel}) + cb(\text{Abril}, \text{Tixo}) \\
& \quad * b(\text{Abril}, \text{Tixo}) + cb(\text{Mayo}, \text{Acel}) * b(\text{Mayo}, \text{Acel}) + cb(\text{Mayo}, \text{Tixo}) \\
& \quad * b(\text{Mayo}, \text{Tixo}) + cb(\text{Junio}, \text{Acel}) * b(\text{Junio}, \text{Acel}) + cb(\text{Junio}, \text{Tixo}) \\
& \quad * b(\text{Junio}, \text{Tixo})
\end{aligned}$$

Restriccion1.

Alusión a la fuerza de trabajo, todo lo que se vaya a producir en un periodo determinado de familia en reina aceleradas y tixotrópicas debe ser menor igual a lo que mi fuerza de trabajo pueda realizar en ese periodo.

$$\begin{aligned}
p(\text{Enero}, \text{Acel}) + p(\text{Enero}, \text{Tixo}) &\leq n(\text{Enero}) * w(\text{Enero}) \\
p(\text{Febrero}, \text{Acel}) + p(\text{Febrero}, \text{Tixo}) &\leq n(\text{Febrero}) * w(\text{Febrero}) \\
p(\text{Marzo}, \text{Acel}) + p(\text{Marzo}, \text{Tixo}) &\leq n(\text{Marzo}) * w(\text{Marzo}) \\
p(\text{Abril}, \text{Acel}) + p(\text{Abril}, \text{Tixo}) &\leq n(\text{Abril}) * w(\text{Abril}) \\
p(\text{Mayo}, \text{Acel}) + p(\text{Mayo}, \text{Tixo}) &\leq n(\text{Mayo}) * w(\text{Mayo}) \\
p(\text{Junio}, \text{Acel}) + p(\text{Junio}, \text{Tixo}) &\leq n(\text{Junio}) * w(\text{Junio})
\end{aligned}$$

Restriccion2.

Alusiva con el nivel de inventario y la fuerza de trabajo, teniendo en cuenta el número de contrataciones y despidos en el periodo de trabajo.

$$\begin{aligned}
w(\text{Enero}) &= w(\text{Enero} - 1) + h(\text{Enero}) - l(\text{Enero}) \\
w(\text{Febrero}) &= w(\text{Febrero} - 1) + h(\text{Febrero}) - l(\text{Febrero}) \\
w(\text{Marzo}) &= w(\text{Marzo} - 1) + h(\text{Marzo}) - l(\text{Marzo}) \\
w(\text{Abril}) &= w(\text{Abril} - 1) + h(\text{Abril}) - l(\text{Abril}) \\
w(\text{Mayo}) &= w(\text{Mayo} - 1) + h(\text{Mayo}) - l(\text{Mayo})
\end{aligned}$$

$$w(\text{Junio}) = w(\text{Junio} - 1) + h(\text{Junio}) - l(\text{Junio})$$

Restriccion3.

Alusiva al inventario de productos tanto para las resinas aceleradas como para las tixotrópicas.

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Enero}) - b(\text{enero}, \text{Acel}) \\ &= \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Enero} - 1) - b(\text{Enero} - 1, \text{Acel}) + p(\text{Enero}, \text{Acel}) \\ & \quad - d(\text{Enero}, \text{Acel}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Febrero}) - b(\text{Febrero}, \text{Acel}) \\ &= \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Febrero} - 1) - b(\text{Febrero} - 1, \text{Acel}) + p(\text{Febrero}, \text{Acel}) \\ & \quad - d(\text{Febrero}, \text{Acel}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Marzo}) - b(\text{Marzo}, \text{Acel}) \\ &= \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Marzo} - 1) - b(\text{Marzo} - 1, \text{Acel}) + p(\text{Marzo}, \text{Acel}) \\ & \quad - d(\text{Enero}, \text{Acel}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Abril}) - b(\text{Abril}, \text{Acel}) \\ &= \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Abril} - 1) - b(\text{Abril} - 1, \text{Acel}) + p(\text{Abril}, \text{Acel}) \\ & \quad - d(\text{Abril}, \text{Acel}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Mayo}) - b(\text{Mayo}, \text{Acel}) \\ &= \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Mayo} - 1) - b(\text{Mayo} - 1, \text{Acel}) + p(\text{Mayo}, \text{Acel}) \\ & \quad - d(\text{Mayo}, \text{Acel}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Junio}) - b(\text{Junio}, \text{Acel}) \\ &= \text{Inv}(\text{Acel}, \text{Junio} - 1) - b(\text{Junio} - 1, \text{Acel}) + p(\text{Junio}, \text{Acel}) \\ & \quad - d(\text{Junio}, \text{Acel}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Tixo}, \text{Enero}) - b(\text{enero}, \text{Tixo}) \\ &= \text{Inv}(\text{Tixo}, \text{Enero} - 1) - b(\text{Enero} - 1, \text{Tixo}) + p(\text{Enero}, \text{Tixo}) \\ & \quad - d(\text{Enero}, \text{Tixo}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Inv}(\text{Tixo}, \text{Febrero}) - b(\text{Febrero}, \text{Tixo}) \\ &= \text{Inv}(\text{Tixo}, \text{Febrero} - 1) - b(\text{Febrero} - 1, \text{Tixo}) + p(\text{Febrero}, \text{Tixo}) \\ & \quad - d(\text{Febrero}, \text{Tixo}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Inv}(Tixo, \text{Marzo}) - b(\text{Marzo}, Tixo) \\
& = \text{Inv}(Tixo, \text{Marzo} - 1) - b(\text{Marzo} - 1, Tixo) + p(\text{Marzo}, Tixo) \\
& \quad - d(\text{Enero}, Tixo) \\
& \text{Inv}(Tixo, \text{Abril}) - b(\text{Abril}, Tixo) \\
& = \text{Inv}(Tixo, \text{Abril} - 1) - b(\text{Abril} - 1, Tixo) + p(\text{Abril}, Tixo) \\
& \quad - d(\text{Abril}, Tixo) \\
& \text{Inv}(Tixo, \text{Mayo}) - b(\text{Mayo}, Tixo) \\
& = \text{Inv}(Tixo, \text{Mayo} - 1) - b(\text{Mayo} - 1, Tixo) + p(\text{Mayo}, Tixo) \\
& \quad - d(\text{Mayo}, Tixo) \\
& \text{Inv}(Tixo, \text{Junio}) - b(\text{Junio}, Tixo) \\
& = \text{Inv}(Tixo, \text{Junio} - 1) - b(\text{Junio} - 1, Tixo) + p(\text{Junio}, Tixo) \\
& \quad - d(\text{Junio}, Tixo)
\end{aligned}$$

10.6 SOLUCION DEL MODELO

El modelo fue implementado con la ayuda del software GAMS (General Algebraic Modeling System), como su nombre lo indica es un lenguaje de modelización, más que un programa para resolver problemas de optimización. La ventaja que presenta este programa GAMS, es que junto al módulo de modelización (base) incorpora diferentes solver (algoritmos de resolución de problemas) tanto de programación no lineal, como lineal y entera. El modelo se corrió en un equipo con características de 4.00 GB de memoria RAM y un sistema operativo de 32 bits con Windows 7.

A continuación, en la ilustración 10, se evidencia la solución de la función objetivo, cuyo resultado representa la minimización de los costos representado en \$4.278.607.958

S O L V E S U M M A R Y

MODEL	MODELO	OBJECTIVE	z
TYPE	MIP	DIRECTION	MINIMIZE
SOLVER	CPLEX	FROM LINE	120

**** SOLVER STATUS	1 Normal Completion
**** MODEL STATUS	8 Integer Solution
**** OBJECTIVE VALUE	4278607958.0000

Ilustración 10: Solución de la función objetivo.

Fuente: Programa Gams

Tabla 20: Cantidad de unidades a producir

Cantidad de unidades a producir		
Periodo	Tipo de resina	Resultado
Enero	Aceleradas	12749
Enero	Tixotrópicas	84031
Febrero	Aceleradas	11814
Febrero	Tixotrópicas	83757
Marzo	Aceleradas	10878
Marzo	Tixotrópicas	82582
Abril	Aceleradas	9942
Abril	Tixotrópicas	81408
Mayo	Aceleradas	9006
Mayo	Tixotrópicas	80233
Junio	Aceleradas	8070
Junio	Tixotrópicas	79059

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

La cantidad de unidades a producir calculado de acuerdo al modelo muestra que las cantidades de resina a producir de la familia acelerada y tixotrópica es la misma proyectada en el pronóstico de la demanda antes demostrado. (ver tabla 20)

Tabla 21: Número de trabajadores disponibles

Número de trabajadores disponibles	
Periodos	Resultados
Enero	1
Febrero	1
Marzo	1
Abril	1
Mayo	1
Junio	1

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

De Acuerdo al variable número de trabajadores disponible el modelo nos muestra que para realizar esta producción es necesaria una capacidad humana. (ver tabla 21)

Tabla 22: Número de trabajadores contratados

Número de trabajadores contratados	
Periodos	Resultados
Enero	1
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Al analizar la variable número de trabajadores contratados en el modelo utilizado nos arrojó que para realizar la demanda pronosticada se deberá utilizar una capacidad humana, alcanzando esta para satisfacer toda la demanda. (Ver tabla 22)

Tabla 23: Número de trabajadores despedidos

Número de trabajadores despedidos	
Periodos	Resultados
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

La variable número de trabajadores despedidos utilizada en modelo nos arrojó que para los periodos pronosticados no se deben realiza despido de la capacidad humana. (Ver tabla 23)

Tabla 24: Número de unidades en inventario

Número de unidades en inventario		
Periodo	Tipo de resina	Resultado
Enero	Aceleradas	0
Enero	Tixotrópicas	0
Febrero	Aceleradas	0
Febrero	Tixotrópicas	0
Marzo	Aceleradas	0
Marzo	Tixotrópicas	0
Abril	Aceleradas	0
Abril	Tixotrópicas	0
Mayo	Aceleradas	0
Mayo	Tixotrópicas	0
Junio	Aceleradas	0
Junio	Tixotrópicas	0

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Con la utilización del modelo la variable unidades en inventario se mantiene en cero debido a que so se debe fabricar las mismas cantidades que fueron pronosticadas. (Ver tabla 24)

Tabla 25: Número de unidades faltantes

Número de unidades faltantes		
Periodo	Tipo de resina	Resultado
Enero	Aceleradas	0
Enero	Tixotrópicas	0
Febrero	Aceleradas	0
Febrero	Tixotrópicas	0
Marzo	Aceleradas	0
Marzo	Tixotrópicas	0
Abril	Aceleradas	0
Abril	Tixotrópicas	0
Mayo	Aceleradas	0
Mayo	Tixotrópicas	0
Junio	Aceleradas	0
Junio	Tixotrópicas	0

Elaborado por: Laura Zarate;Kattia Morales.

Según el modelo la variable unidades faltantes se mantendrá en cero, ya que los tiempos de producción, la capacidad humana y los meses pronosticados son conforme a las necesidades que tiene la empresa. (Ver tabla 25)

11. CONCLUSIONES

Por medio del desarrollo de este proyecto, se diseñó un análisis de gestión de la demanda y de planeación agregada de producción para la fabricación de resina poliéster de la familia aceleradas y tixotrópicas en la empresa NOVASUIN S.A.S mediante la utilización de los software Excel y GAMS, con el fin de poder ayudar a tomar decisiones que permitan disminuir los incumplimiento de la entrega del producto hacia los clientes y lograr así la optimización del proceso de producción a un menor costo.

Con la realización de este análisis la empresa va a estar preparada y podrá cumplir con la demanda establecida mensualmente durante los próximos 6 periodos, dado que inicialmente se hizo un estudio de los datos históricos proporcionados tanto de la capacidad de producción como del pronóstico de la demanda, para lo cual según los componentes existentes se evidencio que el método apropiado es el de suavización exponencial con tendencia (Holt).

Lo anterior sirvió de insumo para poder llevar a cabo una planeación agregada mediante el análisis de la demanda el cual nos arroja que para los meses proyectado se deben producir la misma cantidad pronosticada de resinas para las familias aceleradas y tixotrópicas, con base a esta información se pudo concluir que no es necesaria la contratación de la capacidad humana y que se debe reducir la que se tiene actualmente, permitiendo minimizar los costos de producción en \$4.278.607.958

Cabe concluir que la empresa al aplicar esta planificación de producción reduciría su capacidad de fuerza de trabajo en un 50% y seguirá trabajando con 1 turnos de 9 horas, por lo que resulta beneficioso comprar materia prima a un menor costo para aumentar su inventario dependiendo de la variabilidad de los precios y de esta forma genera un impacto directo en la rentabilidad y un gran auge dentro del mercado competitivo.

12. BIBLIOGRAFÍAS

- Administración de operaciones, producción y cadena de suministro.* (s.f.). McGrawHill Educación.
- Alvarado, J. (2010). *ElAnálisisPostoptimalEnProgramaciónLinealAplicadaA-4796070.pdf*.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de Investigación*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Campos, S., & Itati, N. (2011). <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/1678>.
- Cañas.J. (2013). <https://repository.javeriana.edu.co:8443/handle/10554/10284>.
- Castillo.A. (2016). <http://refi.upnorte.edu.pe/handle/11537/11104>.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2006). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministro*. McGrawHill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro (estrategia, planeación y operación)*. México: Pearson educación.
- Díaz.R. (2014). *web* <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/7754/1/T05802.pdf>.
- Dinero, r. (2014). Las 35 mas (empresa industriales). *Dinero*, : <http://www.dinero.com/edicion-impresa/informe-especial/articulo/plantas-industriales-alto-desempeno-colombia/198889>.
- Durango, L., & Aristizabal, J. (2014). *web* <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/363/1/ADMO0784.pdf>.
- Figueroa, R. (06 de FEBRERO de 2013). *cribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/124222033/aplicaciones-de-la-planeacion-agregada-docx>
- Florez, D., & Ruiz, F. (2016). <http://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/871>.
- Gaither, N., & Frazier, G. (s.f.). En *Administración de producción y operaciones*. Internacional thomson editores.
- Guerra, J. (24 de Junio de 2015). *Gestiopolis.com*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/concepto-de-optimizacion-de-recursos/>
- Heizer, J., & Render, B. (2008). *Dirrección de la producción y de operaciones*. Madrid: Pearson educación.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Abministración de operaciones*. México: PEARSON EDUCACION.
- JHeizer, J., & Render, B. (2008). *DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE OPERACIONES*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Meneses.S. (2009). <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/643>.
- Molina, V., & Germanico, C. (2013). <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/5841>.
- Montemayor, E. (2012). *Metodo de pronostico para negocios*. México: Digital tecnologico de monterrey.

Novasuin. (2017). *Sistema de gestion*. Cartagena.

Pocop.J. (2010). http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3649.pdf.

Salguero, O., & Ramirez, F. (2012). <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9288>.

Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeacion y control de la produccion*. Mexico: The McGraw-Hill.

13. ANEXOS

Anexo 02: Método de mínimos cuadrados resinas tixotrópicas

Periodos	X	Y	X ²	Y ²	XY
ene-15	1	159000	1	25281000000	159000
feb-15	2	70500	4	4970250000	141000
mar-15	3	141000	9	19881000000	423000
abr-15	4	113800	16	12950440000	455200
may-15	5	73000	25	5329000000	365000
jun-15	6	96500	36	9312250000	579000
jul-15	7	115000	49	13225000000	805000
ago-15	8	110000	64	12100000000	880000
sep-15	9	142000	81	20164000000	1278000
oct-15	10	169800	100	28832040000	1698000
nov-15	11	170380	121	29029344400	1874180
dic-15	12	123200	144	15178240000	1478400
ene-16	13	133324	169	17775288976	1733212
feb-16	14	106929	196	11433811041	1497006
mar-16	15	120332	225	14479790224	1804980
abr-16	16	71548	256	5119116304	1144768
may-16	17	86803	289	7534760809	1475651
jun-16	18	124862	324	15590519044	2247516
jul-16	19	78860	361	6218899600	1498340
ago-16	20	125407	400	15726915649	2508140
sep-16	21	98320	441	9666822400	2064720
oct-16	22	132438	484	17539823844	2913636
nov-16	23	109000	529	11881000000	2507000
dic-16	24	114000	576	12996000000	2736000
ene-17	25	55575	625	3088580625	1389375
feb-17	26	95610	676	9141272100	2485860
mar-17	27	143716	729	20654288656	3880332
abr-17	28	79310	784	6290076100	2220680
may-17	29	77800	841	6052840000	2256200
jun-17	30	91500	900	8372250000	2745000
jul-17	31	86100	961	7413210000	2669100
ago-17	32	78100	1024	6099610000	2499200
sep-17	33	89400	1089	7992360000	2950200
oct-17	34	90270	1156	8148672900	3069180
nov-17	35	72200	1225	5212840000	2527000
dic-17	36	102000	1296	10404000000	3672000
Suma	666	3847584	16206	441085312672	66630876

Fuente: Elaboración propia, con información obtenida de la empresa.

Anexo 03: Método de mínimos cuadrados resinas aceleradas

Periodos	X	Y	X ²	Y ²	XY
ene-15	1	67780	1	4594128400	67780
feb-15	2	29000	4	841000000	58000
mar-15	3	27840	9	775065600	83520
abr-15	4	46500	16	2162250000	186000
may-15	5	30000	25	900000000	150000
jun-15	6	45300	36	2052090000	271800
jul-15	7	44180	49	1951872400	309260
ago-15	8	39380	64	1550784400	315040
sep-15	9	30500	81	930250000	274500
oct-15	10	33000	100	1089000000	330000
nov-15	11	36000	121	1296000000	396000
dic-15	12	62000	144	3844000000	744000
ene-16	13	22152	169	490711104	287976
feb-16	14	45459	196	2066502497	636423
mar-16	15	46000	225	2116000000	690000
abr-16	16	39859	256	1588739881	637744
may-16	17	31695	289	1004573025	538815
jun-16	18	15996	324	255872016	287928
jul-16	19	48212	361	2324396944	916028
ago-16	20	15530	400	241180900	310600
sep-16	21	27527	441	757735729	578067
oct-16	22	32443	484	1052548249	713746
nov-16	23	32200	529	1036840000	740600
dic-16	24	24000	576	576000000	576000
ene-17	25	12000	625	144000000	300000
feb-17	26	39400	676	1552360000	1024400
mar-17	27	24810	729	615536100	669870
abr-17	28	18100	784	327610000	506800
may-17	29	19570	841	382984900	567530
jun-17	30	11140	900	124099600	334200
jul-17	31	15150	961	229522500	469650
ago-17	32	13070	1024	170824900	418240
sep-17	33	15120	1089	228614400	498960
oct-17	34	19920	1156	396806400	677280
nov-17	35	9200	1225	84640000	322000
dic-17	36	15870	1296	251856900	571320
Suma	666	1085903	16206	40006396845	16460077

Fuente: Elaboración propia, con información obtenida de la empresa.

Anexo 04: Capacidad de los tanques para las resinas aceleradas.

MZ1	
TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN
Cargue de resina	11horas 30min
cargue de estireno	40 min
aditivos	1 hora
homogenizacion	1hora 30min
análisis laboratorio	1hora 30min
ajustes de propiedades	2 horas
empaque	12 horas
total horas	29horas 40min
MZ2	
TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN
Cargue de resina	7horas 10min
cargue de estireno	30min
aditivos	45min
homogenización	3horas
análisis laboratorio	1hora 30min
ajustes de propiedades	1hora 20min
empaque	6 horas
total horas	20horas 15min
MZ3/MZ4	
TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN
Cargue de resina	3horas
cargue de estireno	20min
aditivos	30min
homogenización	1hora
análisis laboratorio	1hora 30min
ajustes de propiedades	1hora
empaque	4 horas
total horas	11horas 20min

Anexo 05: Capacidad de los tanques para las resinas tixotrópicas.

MZ1				
TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN			
Cargue de resina	16 horas			
cargue de pasta pangel	5horas 20min	se realizan 4 lotes de pasta pangel para 25,000kg de resina, estos son realizados y adiconados a medida que se carga la resina al tanque, los tiempos son los siguientes:		
		TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN	
		cargue de estireno	10min	tiempo total para realiza un lote de pasta pangel
		cargue de pangel	15min	
		homogenización	45 min	
total horas	1 hora 10min			
cargue de estireno	40min			
cargue de aditivos	1hora 30min			
homogenización - recirculación	2horas			
análisis laboratorio	1hora 30min			
ajuste de propiedades	2horas			
empaque de producto terminado	18 horas			
TOTAL HORAS	48horas			

MZ2				
TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN			
Cargue de resina	6 horas			
cargue de pasta pangel	1 hora 20min	TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN	
		cargue de estireno	10min	tiempo total para realiza un lote de pasta pangel
		cargue de pangel	15min	
		homogenización	45 min	
		total horas	1 hora 10min	
cargue de estireno	20min			
mezcla- homogenización	1hora			
cargue de aditivos	40 min			
homogenización	1hora 20min			
análisis laboratorio	1hora 30min			
ajuste de propiedades	45min			
empaque de producto terminado	5 horas			
TOTAL HORAS	17horas 55min			

MZ3/MZ4				
TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN			
Cargue de resina	2horas			
cargue de pasta pangel	45min	se realizan 1 lotes de pasta pangel para 1,000kg de resina, estos son realizados y adiconados a medida que se carga la resina al tanque, los tiempos son los siguientes:		
		TAREA ASIGNADA	HORAS/MIN	
		cargue de estireno	10min	tiempo total para realiza un lote de pasta pangel
		cargue de pangel	15min	
		homogenización	45 min	
total horas	1 hora 10min			
cargue de estireno	10min			
mezcla- homogenización	30min			
cargue de aditivos	30min			
homogenización	1hora			
análisis laboratorio	1hora 30min			
ajuste de propiedades	30min			
empaque de producto terminado	3 horas			
TOTAL HORAS	9horas 55min			

Anexo 06: Tiempos inactivos programados y no programados.

Meses	horas inactivas e improductivas programadas
Enero	2040:00:00
Febrero	1500:00:00
Marzo	3000:00:00
Abril	1320:00:00
Mayo	1440:00:00
Junio	4200:00:00
Julio	1320:00:00
Agosto	1380:00:00
Septiembre	1410:00:00
Octubre	1380:00:00
Noviembre	1380:00:00
Diciembre	5220:00:00
Total	25590:00:00

2132:30:00
71:05:00

Meses	horas inactivas e improductivas no programadas
Enero	3660:00:00
Febrero	2160:00:00
Marzo	1110:00:00
Abril	930:00:00
Mayo	560:00:00
Junio	390:00:00
Julio	1360:00:00
Agosto	1035:00:00
Septiembre	550:00:00
Octubre	630:00:00
Noviembre	1400:00:00
Diciembre	5390:00:00
Total	19175:00:00

1597:55:00
53:15:50

13:18:58

Total horas inactivas e improductivas		
minutos improductivos anual	Horas improductivas mensual	Horas improductivas dia
25590:00:00	71:05:00	2:22

hoas improductivas semanales
17:46:15