



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA  
PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE  
FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**

**Jorge Alberto Zeissig Dávila**

Asesorado por el Ing. Sergio Estuardo López Aguilar

Guatemala, abril de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA  
PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE  
FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**JORGE ALBERTO ZEISSIG DÁVILA**

ASESORADO POR EL ING. SERGIO ESTUARDO LÓPEZ AGUILAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olímpto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Marítza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

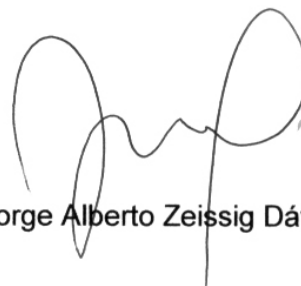
DECANO	Ing. Murphy Olímpto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento de Serrano
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. José Vinicio Monzón
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 20 de febrero de 2008.



Jorge Alberto Zeissig Dávila

Guatemala, 9 de febrero de 2009

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

Director de Escuela Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente.

Por este medio me permito informar que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado: **"MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES"**, elaborado por el estudiante **JORGE ALBERTO ZEISSIG DÁVILA**.

Luego de su revisión y corrección considero que, a mi criterio, cumple con los objetivos trazados por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



Ing. Sergio Estuardo López Aguilar

Colegiado No. 3483

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alberto Zeissig Dávila**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

Y ENSEÑAR A TODOS

*Renaldo Girón Alvarado*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
REGISTRO No. 5977

Ing. *Renaldo Girón Alvarado*  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, Octubre de 2009.

/agrm



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alberto Zeissig Dávila**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

  
**Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas**  
**DIRECTOR**  
**Escuela Mecánica Industrial**



Guatemala, febrero de 2010.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala




Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.101.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alberto Zeissig Dávila**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Inga. Glenda Patricia García Soría  
Decana en Funciones

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, abril de 2010

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **MI SEÑOR JEHOVÁ**

Por darme todo lo que necesito. A tí sea toda la honra y toda la gloria.

### **MIS PADRES**

Jorge y Gloria. Por su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida, para ustedes este logro.

### **MIS HERMANOS**

Anna Marlene y Roberto Antonio. Por ayudarme a ser la persona que soy.

### **MI NOVIA**

Andrea. Por tu ilimitado amor y por darme el impulso necesario para cerrar este ciclo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XIII
<b>OBJETIVOS</b>	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XVII
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	
1.1 Aspectos generales de la empresa	01
1.1.1 Ubicación	01
1.1.2 Historia	02
1.1.3 Planeación estratégica	04
1.1.3.1 Misión	04
1.1.3.2 Visión	04
1.1.3.3 Objetivos	05
1.2 Recubrimientos	05
1.2.1 Definición	06
1.2.2 Tipos	06
1.2.3 Usos y aplicaciones	08
1.3 Pronósticos	10
1.3.1 Introducción	10

1.3.2	Concepto	11
1.3.3	Objetivo	11
1.3.4	Tipos de pronósticos	11
1.3.5	Elaboración de pronósticos	13
1.3.5.1	Análisis primario	14
1.3.5.2	Análisis secundario	19
1.3.5.3	Definición de pronóstico final	30
1.4	Planificación de la producción	31
1.4.1	Introducción	32
1.4.2	Definición	32
1.4.3	Objetivo	32
1.4.4	Tipos de planificaciones	33
1.4.4.1	Planificación continua	33
1.4.4.2	Planificación intermitente	36
1.4.4.3	Otros tipos	38
1.4.4.4	Aplicaciones	39
1.5	Manejo de inventario de materiales	40
1.5.1	Definición	40
1.5.2	Objetivo	41
1.5.3	Explosión de materiales	41
1.5.4	Plan de manejo de materiales	42

## **2. EVALUACIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL**

2.1	Descripción de las instalaciones y proceso actual	45
2.1.1	Distribución de instalaciones	47
2.1.2	Diagrama de instalaciones	48
2.1.3	Diagrama de flujo actual	49
2.1.3.1	Proceso de dispersión	49
2.1.3.2	Proceso de molienda	52
2.1.3.3	Proceso de refinado	54
2.1.3.4	Proceso de envase	57
2.2	Descripción de maquinaria	59
2.2.1	Maquinaria de dispersión	59
2.2.2	Maquinaria de molienda	60
2.2.3	Maquinaria de refinado	61
2.2.4	Maquinaria de envase	62
2.3	Descripción de procedimientos actuales	63
2.3.1	Procedimientos de despacho de materiales	63
2.3.2	Procedimientos de utilización de materiales	67
2.4	Descripción de materia prima	67
2.5	Descripción de productos elaborados y aplicaciones	68

### **3. MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE FÁBRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**

3.1	Pronóstico de producción	72
3.1.1	Recopilación de datos históricos	72
3.1.2	Análisis primario	74
3.1.2.1	Gráfica de producción requerida por períodos	75
3.1.2.2	Determinación de tipo de comportamiento	75
3.1.3	Análisis secundario	77
3.1.3.1	Comprobación de error	77
3.1.3.2	Definición de tipo de pronóstico adecuado	79
3.1.4	Elaboración de modelo de pronóstico para un período determinado	80
3.2	Modelo de planificación de la producción	81
3.2.1	Cálculos preliminares	81
3.2.1.1	Tiempo disponible	82
3.2.1.2	Definición de turnos	82
3.2.1.2.1	Costos y capacidad	84
3.2.2	Matriz de producción	86
3.2.2.1	Cantidad a producir	87
3.2.2.2	Tiempo a utilizar	88
3.2.2.3	Mano de obra requerida	89
3.2.2.4	Costos	92
3.3	Cálculo de requerimientos	94
3.3.1	Explosión de materiales	95
3.3.1.1	Cantidad requerida	95

	3.3.1.2 Fechas de entrega	100
	3.3.1.3 Gráfica de control	105
3.4	Plan de producción	110
	3.4.1 Ordenes de producción	110
<b>4.</b>	<b>IMPLANTACIÓN DEL MODELO</b>	
4.1	Herramientas a utilizar	113
4.2	Procedimiento para la recopilación de datos para el pronóstico de producción	114
	4.2.1 Datos de métodos y procesos de fabricación	115
	4.2.2 Datos de materiales	116
	4.2.3 Registro de información	117
4.3	Procedimiento para la definición de requerimientos para el plan de producción	118
4.4	Procedimiento para la elaboración del plan de producción	119
<b>5.</b>	<b>SEGUIMIENTO</b>	
5.1	Evaluación del modelo de pronóstico de producción	121
	5.1.1 Evaluación de requerimiento	121
5.2	Evaluación del modelo de plan de producción	123
	5.2.1 Evaluación del cumplimiento	124
	5.2.2 Indicadores	125
5.3	Otros seguimientos	127

<b>CONCLUSIONES</b>	129
<b>RECOMENDACIONES</b>	131
<b>REFERENCIAS</b>	133
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	135
<b>APÉNDICE</b>	137

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Mapa ubicación de la fábrica	02
2.	Ejemplo de curva de familia estable	16
3.	Ejemplo de curva de familia ascendente	16
4.	Ejemplo de curva de familia cíclica	17
5.	Ejemplo de curva de familia combinada	18
6.	Gráfica de una línea recta	25
7.	Ejemplo de diagrama de Gantt modificado	38
8.	Gráfica de control de inventario	42
9.	Edificio de almacenamiento de nitrocelulosa	45
10.	Vista área de fábrica de recubrimientos artificiales	46
11.	Diagrama de instalaciones	48
12.	Diagrama de flujo actual de proceso de dispersión	51
13.	Diagrama de flujo de proceso actual de molienda	53
14.	Diagrama de flujo de proceso actual de refinado	56
15.	Diagrama de flujo de proceso actual de envase	58
16.	Máquina dispersora de alta velocidad	59
17.	Molinos verticales de arena	60
18.	Tanque con agitador	61
19.	Línea de envase semiautomático	62
20.	Materia prima en sacos ubicados en estanterías	65
21.	Tanques de almacenamiento de líquidos a granel	66
22.	Producto terminado en bodega listo para despachar	70



23.	Curva de producto A del año 1 al 3	75
24.	Parte fija y móvil de una matriz de producción para el producto A en los meses 37 y 38 con tiempo disponible y cantidad requerida	87
25.	Matriz de producción para el producto A en los meses 37 y 38 con tiempo disponible, cantidad requerida y tiempo a utilizar	89
26.	Matriz de producción para el producto A en los meses 37 y 38	92
27.	Gráfica de control con los primeros trazos para el pigmento A	106
28.	Gráfica de control con primer pedido óptimo para pigmento A	107
29.	Gráfica de control del pigmento a para el mes 37	108
30.	Modelo de plan de solicitudes e ingresos para el pigmento A	109
31.	Modelo de orden de producción para el producto A	112
32.	Modelo de cuadro de evaluación de requerimiento	121
33.	Modelo de cuadro de evaluación del cumplimiento	123
34.	Tanques verticales de almacenamiento de líquidos	135
35.	Dispensador de alta velocidad con tanques fijos para dispersión	135
36.	Tanque de refinado con motor superior	136
37.	Área de molinos de la fábrica	137
38.	Área de refinado de la fábrica	137
39.	Área de producción de resinas	138
40.	Plano por áreas de fábrica	138

## TABLAS

I.	Algunas fórmulas de regresión	26
II.	Ejemplo de tabla inicial para pronóstico de familias de curvas cíclicas	28
III.	Ubicación de disponibilidad de tiempo en matriz de asignación	34
IV.	Ubicación de requerimientos en matriz de asignación	34
V.	Ubicación de costos de producción en matriz de asignación	35
VI.	Ubicación de tiempo planificado en matriz de producción	36
VII.	Distribución de uso por metro cuadrado	47
VIII.	Principales materia primas utilizadas en la producción de recubrimientos superficiales alquídicos	68
IX.	Ventas reales en metros cúbicos del producto A de la línea de alto movimiento	74
X.	Puntos característicos de familias de curvas	76
XI.	Valores corregidos de ventas de producto A, según método de familia combinada	78
XII.	Pronósticos de evaluación mediante método de familia combinada para producto A	79
XIII.	Tiempo disponible para producción en jornada diurna especial de la fábrica de recubrimientos superficiales	82
XIV.	Comparación de horas disponibles para meses 37 y 38, según pronóstico de producto A	84
XV.	Personal requerido por turno en línea de alto movimiento de fábrica de recubrimientos	90
XVI.	Opción de asignación de matriz de producción para los meses 37 y 38, según pronóstico de riesgo del producto A	93
XVII.	Ejemplo de formato y fórmula por metro cúbico para producto A	96

XVIII. Cantidad requerida de materiales para el producto A, en los meses 37 y 38	98
XIX. Modelo de listado de materiales requeridos del producto A, para los meses 37 y 38	99
XX. Historial de entregas del pigmento A en la fábrica	101
XXI. Parámetros para la elaboración de gráficas de control de materiales del producto A, en los meses 37 y 38	104
XXII. Valores para elaboración de gráfica de control de pigmento A	105
XXIII. Parámetros para elaboración de órdenes de producción del producto A, en el mes 37	111
XXIV. Efecto y componente responsable en un recubrimiento	136

## **GLOSARIO**

<b>Aditivos</b>	Son sustancias químicas que se añaden a un acabado en cantidades relativamente pequeñas para impartir o mejorar propiedades deseables
<b>Alquídicó</b>	Es la combinación química de un alcohol, un ácido y un aceite. Es un vehículo muy útil para la pintura.
<b>Cowles</b>	Dispensador de disco dentado de alta velocidad, toma su nombre de una fábrica estadounidense famosa por este tipo de maquinaria.
<b>Barniz</b>	Solución de resina transparente producida por la aplicación de calor a una mezcla de una goma dura y un aceite vegetal y entonces disolviendo el producto formado con un solvente orgánico apropiado.

**Dispersión**

Es el acto de distribuir uniformemente las partículas de un sólido a través de un líquido. Comúnmente la dispersión de un pigmento en un vehículo. No significa la fractura de partículas individuales, sino solamente su distribución.

**Emulsión**

Es una suspensión de partículas finas de polímero en un líquido, generalmente agua. Las partículas dispersadas pueden ser resinas, pigmentos u otros ingredientes.

**Esmalte**

Generalmente es un una pintura pigmentada y con brillo.

**Homogenizar**

Hacer homogéneo, por medios físicos o químicos, un compuesto o mezcla de elementos diversos.

**RPM**

Revoluciones por minuto, cantidad de ciclos que realiza un punto en una trayectoria fija y constante.

## RESUMEN

En el primer capítulo se expondrá información de la empresa: visión, misión y objetivos; además de su historia y ubicación. Se expondrán los temas de pronósticos y planificación de la producción, se desarrollaran estos temas enfocados al ordenamiento de las actividades y operaciones para el cumplimiento de un plan de producción, además se definirán conceptos importantes relacionados con los recubrimientos superficiales y su proceso.

Luego se describe la situación actual de la empresa, mediante la descripción de los procesos, información de las materias primas, maquinaria y los productos que actualmente ofrece en el mercado.

En la parte central del trabajo se utilizará la teoría desarrollada en la primera parte, sobre la información obtenida en la descripción de la fábrica. Se elabora un modelo de pronóstico y de plan de producción que permita la fabricación de la cantidad de producto exacto en el momento requerido. Con este se define también la materia prima y tiempos necesarios para el cumplimiento exacto del plan.

En la implantación se señalan las herramientas utilizadas para realizar el trabajo de graduación y los procedimientos seguidos para la definición del modelo de pronóstico y de planificación.

Por último, se definen las tareas y actividades a realizarse luego de la solución del trabajo de graduación. Se indican los formatos y cuadros de control para la evaluación del modelo de pronóstico y del plan de producción como parte de la mejora continua.

# OBJETIVOS

## GENERAL

Elaborar un modelo de pronóstico y de planificación de la producción y materiales de la línea de alto movimiento de una fábrica de recubrimientos superficiales.

## ESPECÍFICOS:

1. Identificar la planeación estratégica de la fábrica a través de su misión y visión, además de conocer su historia y organización.
2. Desarrollar el marco teórico que englobe y describa los conceptos y pasos necesarios para la elaboración de un pronóstico de producción.
3. Elaborar un modelo de pronóstico de producción para utilizarlo en un período definido basándose en los requerimientos históricos, consolidando la información de las diferentes regiones.
4. Determinar la planificación de la producción, ordenando las tareas y actividades necesarias para el cumplimiento óptimo del mismo.
5. Establecer la capacidad anual de producción de la planta y evaluar la factibilidad de cumplimiento del plan de producción.



6. Brindar una herramienta práctica para el mejor uso de pronósticos de producción y que garanticen la fabricación de los productos requeridos.
7. Permitir una producción ordenada, adecuada y en el tiempo requerido.

# INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de comprender el trabajo de graduación se elaborará un marco teórico, donde se mencionará los antecedentes y se desarrollará los temas que involucren el mismo, entre estos se encuentran los pronósticos y la planificación de la producción y sus materiales, además se presenta una descripción de los recubrimientos superficiales.

Este trabajo consiste en la elaboración de un modelo de pronóstico que consolide las unidades requeridas para la venta de las diferentes regiones que abarca la fábrica y la planificación respectiva de la producción y sus materiales, este modelo debe garantizar la producción en el momento requerido y en la cantidad apropiada.

Además, se presenta las herramientas y procedimientos utilizados para el desarrollo y definición del modelo de pronóstico y de planificación, así como el manejo de los materiales y su ordenamiento para no interrumpir el proceso productivo de la fábrica de recubrimientos.

Como es requerido por cualquier tipo de proyecto, debe de existir un control o seguimiento que permita realizar ajustes necesarios a la planificación, por esta razón, se presenta propuestas para llevar a cabo este fin.

Así mismo, se presenta las conclusiones a las que se llegaron con el trabajo de graduación y determinar si fue posible cumplir los objetivos determinados al principio de este trabajo de graduación.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1 Aspectos generales de la empresa**

La fábrica se dedica a la producción de recubrimientos superficiales desde hace más de 30 años y se compone de 6 departamentos especializados en varias tareas ubicado en diferentes áreas de trabajo. En estas áreas de trabajo laboran alrededor de 200 personas organizadas en personal operativo, administrativo y de apoyo a la producción.

En la fábrica se pueden encontrar diversos tipos de maquinaria, desde calderas hasta máquinas para envasar accionadas por aire. La elaboración de los productos conlleva tanto el trabajo mecánico como el manual y depende en su parte más crítica de la experiencia de los trabajadores.

Para conocer otros aspectos de la misma se mencionará su planeación estratégica compuesta por visión, misión y objetivos, su historia y ubicación.

### **1.1.1 Ubicación**

La fábrica se encuentra ubicada en la zona 1 del municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, lugar en el que se ha encontrado desde el inicio de sus operaciones.

**Figura 1. Mapa de ubicación de la fábrica**



**Fuente:** [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

### **1.1.2 Historia<sup>1</sup>**

Fundada en 1955, la empresa inicia como una tienda de pintura en Guatemala importando una marca internacional.

Años más tarde inicia su expansión a nivel nacional como distribuidor de una reconocida marca internacional que contaba con fábricas en cada país de Centroamérica.

En 1977 abre la fábrica de recubrimientos superficiales en Guatemala y en 1981 adquiere las fábricas del mencionado proveedor internacional en

Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, consolidándolas en una sola en Guatemala.

A partir de ese año adquiere el derecho para distribuir dicha marca en el norte de Centro América e inicia la expansión de sus operaciones para El Salvador y Honduras.

En 1990 desarrolla una marca de recubrimientos superficiales para el canal de distribución independiente, junto con una red de distribución propia que comercializa artículos relacionados con los recubrimientos superficiales y de ferretería.

Entre 1995 y 1999 abre operaciones en Nicaragua, Costa Rica y Panamá; ambas iniciando con un canal de distribución masivo. En el año 2002 deja de ser licenciatarario de la marca internacional y se dedica al desarrollo de sus marcas propias.

Actualmente cuenta con oficinas y operaciones propias en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, incluyendo en cada una: fuerza de ventas, red de distribución, división mayorista, división de ventas business to business y división especializada en la decoración a través de tiendas propias.

Por aparte negocia con tiendas por departamento y cuenta con una división de exportaciones que se encarga de atender a los mercados fuera de Centro América; especialmente Belice, el Caribe y Sur de México.

La empresa abastece a toda la región a través de la fábrica ubicada en Guatemala, la cual se analiza en este proyecto.

### **1.1.3 Planeación estratégica**

La planeación estratégica es el proceso de diagnosticar el entorno externo e interno de una organización, establecer una visión y una misión, idear objetivos globales, crear, elegir y seguir estrategias generales y asignar recursos para alcanzar las metas de la organización.<sup>2</sup>

Se presentará la planeación estratégica de la fábrica a través de su visión, misión y objetivos.

#### **1.1.3.1 Misión**

La misión es el propósito o razón de ser de una empresa.<sup>3</sup> La empresa tiene como misión: Somos un equipo comprometido con el servicio, la calidad y la eficiencia para dar a nuestros clientes pinturas, recubrimientos y resinas que satisfagan y superen sus expectativas.<sup>4</sup>

#### **1.1.3.2 Visión**

La visión expresa las aspiraciones y el propósito fundamentales de una organización y apela por lo común al corazón y la razón de sus integrantes.<sup>3</sup>

La empresa tiene como visión: Ser el equipo líder en Mesoamérica en la producción de pinturas, recubrimientos y resinas con tiempos, calidad y costos inalcanzables por nuestra competencia.<sup>4</sup>

### **1.1.3.3      Objetivos**

Los objetivos son los resultados que gerentes y otros participantes han elegido y que están comprometidos a lograr en función de la supervivencia y crecimiento a largo plazo de la empresa.<sup>3</sup> La empresa tiene los siguientes objetivos<sup>4</sup>:

- Posicionar a la empresa como la primera en participación de mercado.
- Expandir las operaciones a nuevos negocios en nuevas áreas.
- Integrar verticalmente las operaciones de la empresa en ambas direcciones.

## **1.2      Recubrimientos**

Los recubrimientos abarcan una amplia gama de tipos, usos y aplicaciones. Para conocerlos de manera más amplia se presenta su definición, tipos, usos y aplicaciones.



### **1.2.1 Definición**

Un recubrimiento superficial es una mezcla homogénea de varios componentes que se aplica en estado líquido y debido a procesos químicos esta pasa a estado sólido formando una película que cubre una superficie cambiando las propiedades físicas de la misma.

Contienen entre 20 y 30 componentes que se pueden agrupar en dos grupos principales: pigmentos y vehículos.

Los pigmentos son componentes sólidos y secos que se presentan en polvo muy fino y contribuyen en la pintura a dar color, opacidad y características especiales como protección, resistencia a la abrasión, durabilidad, brillo, inhibición de la corrosión, carácter protector y consistencia. Son insolubles en el vehículo.

Los vehículos son la parte líquida de los recubrimientos donde van dispersos los pigmentos, haciendo que éstos se puedan aplicar sobre las superficies.

Los vehículos se clasifican en: resinas, aditivos y solventes.

### **1.2.2 Tipos**

Existen dos tipos de recubrimientos superficiales que son los más comerciales y se utilizan para acabados arquitectónicos e industriales: los recubrimientos látex y los recubrimientos alquídicos.

## **Recubrimientos látex**

Los recubrimientos látex se conocen también como recubrimientos base agua y han incrementado su popularidad en los últimos años, esto debido a la tendencia ecológica y de conservación del medio ambiente.

Constituyen la primera elección para la decoración de interiores y exteriores de las nuevas edificaciones y casas de habitación, por su fácil aplicación, rápido secado, amplitud de colores, facilidad de mantenimiento y duración. Este tipo de recubrimiento presenta las siguientes ventajas:

- Mayor cubrimiento
- Menor costo
- No contaminan el ambiente
- Son fáciles de usar
- Secan rápidamente
- El solvente utilizado es el agua
- No son inflamables
- Se aplican en interiores y exteriores

## **Recubrimientos alquídicos**

Estos recubrimientos superficiales están compuestos de resinas alquídicas. Forman una película lisa, elástica y brillante o mate. Tienen resistencia a la intemperie y al calor seco hasta 80°C.

Dentro de otros productos a base de resina alquídica se encuentran las siguientes pinturas: anticorrosivos, pintura para tráfico, esmalte de horneado, barnices y otros. Este tipo de recubrimiento presenta las siguientes ventajas:

- Adecuadas para el mantenimiento industrial
- Buena retención de color y brillo

- Buena resistencia a la intemperie
- Poseen buen poder de penetración en el sustrato
- Flexibilidad y durabilidad exterior
- Totalmente lavables

### **1.2.3 Usos y aplicaciones**

Los recubrimientos superficiales presentan los siguientes usos:

#### **Decoración**

Los recubrimientos industriales son unos de los productos que más se venden con fines decorativos y estéticos para superficies de paredes, vehículos, artefactos domésticos, imágenes comerciales, publicidad, etc., para hacer más agradables los ambientes o disimular las imperfecciones que puedan presentar las superficies de los mismos, aprovechando la influencia psicológica que ejerce el color.

#### **Protección o Mantenimiento**

Se recubren las superficies con el fin de mantenerlas en buenas condiciones a través del tiempo, protegiéndolas de la corrosión, destrucción y degradación causadas por la exposición al medio ambiente: lluvia, calor, viento, frío, etc.

Se usan para dar mantenimiento correctivo y preventivo a las superficies de casas, edificios, naves industriales, máquinas, etc.

## **Funcional**

Ciertos tipos de recubrimientos se utilizan, no con el fin de decorar o proteger, sino de cumplir una función específica, como la pintura de tráfico que se utiliza para la señalización vial, pintura en fábricas de acuerdo a reglamentaciones, en tiendas por departamentos y colegios, para evitar la fatiga ocular y nerviosa, creando un ambiente agradable de trabajo que incremente la productividad.

Los recubrimientos superficiales presentan las siguientes aplicaciones:

## **Arquitectónicas**

Son los recubrimientos destinados al pintado de edificios o aplicaciones domésticas, donde predomina el aspecto estético.

## **Productos para madera**

Son los recubrimientos destinados para el tratamiento, conservación y decoración de la madera.

## **Repintado automotriz**

Son los recubrimientos destinados al repintado de automóviles. Ofrecen tanto protección como apariencia estética al equipo donde son aplicados.

## **Mantenimiento industrial**

Son los recubrimientos destinados al pintado de equipo, tanques, ductos, instalaciones y/o estructuras que se encuentran en un ambiente industrial pesado y que requieren de protección adicional para preservarlo de la corrosión y desgaste.

## **Industria y manufactura**

Son los recubrimientos destinados al uso de fabricantes de electrodomésticos, electrónicos, etc. En general están destinados a bienes que serán comercializados posteriormente.

## **Especiales**

Son los recubrimientos que tienen una aplicación específica que no cabe dentro los demás grupos descritos.

## **1.3 Pronósticos**

Para conocer los pronósticos de producción se presenta a continuación su concepto, objetivo, tipos y el procedimiento de elaboración.

### **1.3.1 Introducción**

Para una buena administración de la producción es necesario realizar pronósticos o estimaciones de las unidades de productos que se deben de fabricar en la planta de producción.

Esto permite la mejor organización y disposición de los recursos de la empresa y evita faltantes de unidades para la venta y a la vez evita que se produzcan unidades de más, estas unidades de más desperdician recursos de la empresa ya que se invierte en producto y su producción no necesaria.

### **1.3.2 Concepto**

Un pronóstico de producción es una estimación del requerimiento de uno o varios productos para un período determinado. Pronosticar es un proceso que permite estimar un evento futuro analizando datos del pasado.

Los pronósticos se pueden estimar mediante dos criterios: el cuantitativo y el cualitativo. El primero analiza los datos históricos mediante modelos matemáticos y la estadística, y el segundo utilizando el conocimiento de la situación actual de mercado y su entorno. El mejor pronóstico de producción será aquel con la mejor mezcla de información de ambos criterios.

### **1.3.3 Objetivo**

Los pronósticos de producción buscan determinar la necesidad aproximada de productos para un período específico con el menor error posible.

### **1.3.4 Tipos de pronósticos**

Entre los principales tipos de pronósticos se encuentran:

#### **Métodos de serie temporal**

Los métodos de serie temporal utilizan datos históricos como base para estimar resultados futuros. Se asume que la demanda es función del tiempo, y

que además pueden estar involucrados los siguientes componentes: tendencia, ciclos, estacionalidades e irregularidades.

### **Métodos de esquema aditivo o multiplicativo**

Algunos de estos métodos son:

- Método ingenuo: Simplemente se asume que la magnitud de demanda será igual a la última medida.
- Método de medias móviles
- Método de alisado exponencial
- Método de extrapolación
- Método de ajuste lineal de tendencia
- Método de ajuste estacional

### **Métodos causales y econométricos**

Algunos métodos de pronóstico asumen que es posible identificar los factores subyacentes que pueden tener influencia sobre la variable a pronosticar. Si las causas se entienden, se pueden hacer proyecciones de las variables que influyen para utilizarlas en la predicción. Algunos métodos causales son:

- Análisis de regresión
- Medias móviles autorregresivas
- Medias móviles autorregresivas integradas
- Econometría

### **Métodos subjetivos**

Los métodos subjetivos incorporan juicios intuitivos, opiniones y estimaciones. Algunos de ellos son:

- Pronósticos compuestos
- Encuestas
- Método Delphi
- Construcción de escenario
- Pronóstico de tecnología
- Pronóstico por analogía

### **Otros métodos**

Entre otros métodos de tipos de pronóstico es importante también mencionar:

- Simulación
- Pronóstico de mercado
- Pronóstico probabilístico
- Pronóstico de conjunto

### **1.3.5 Elaboración de pronósticos**

La elaboración de un pronóstico en base al análisis de datos históricos, como lo son los pronósticos de método de serie temporal y los de método de esquema aditivo y multiplicativo, tiene tres etapas básicas: análisis primario, secundario y definición de pronóstico final.

Debido al giro del negocio de la fábrica y del fácil acceso a la información de ventas de períodos anteriores, en este marco teórico se mencionará la elaboración de pronósticos de serie temporal y de método de esquema aditivo y multiplicativo.



### **1.3.5.1 Análisis primario**

La finalidad de ese análisis es diferenciar y catalogar el comportamiento de los requerimientos de productos.

Este análisis inicia con la obtención de la serie de datos históricos, que son los requerimientos de producto de períodos iguales y el ordenamiento de esta serie de datos del más antiguo al más reciente.

Estos datos históricos son básicamente las cantidades requeridas o vendidas en períodos iguales, además, de ser posible, deben de incluir las cantidades requeridas no cubiertas que pudiera haber en cierto período. El no incluir estas cantidades requeridas no cubiertas puede ocasionar la obtención de un pronóstico no adecuado o no certero.

Luego se procede a graficar los datos obtenidos en un plano de dos ejes, los requerimientos en el eje vertical y el número o nombre de período en el eje horizontal. Al graficar estos datos, se puede presentar la posibilidad de obtener una gráfica errática sin ningún patrón específico, esto puede suceder por varias razones.

#### **Rangos de eje horizontal muy amplios**

Es común aproximar los datos históricos a unidades de miles, por lo que tener rangos amplios genera que las curvas se alisen.

#### **Serie de datos históricos con alta variación**

Algunas series de datos varían mucho de un dato a otro dato, en este caso es necesario agrupar los datos en serie de dos o tres hasta obtener una gráfica con tendencia estable y no variable de un dato a otro.

## **Datos frontera**

Los datos frontera son aquellos que no corresponden a la lógica de la serie de datos y sobresale por su gran diferencia respecto de los otros datos.

Estos son provocados por causas ajenas al comportamiento normal de los requerimientos; por ejemplo: la escasez de una materia prima para fabricar un producto durante un período de la serie de datos, la promoción u oferta especial del producto durante otro período o el desperfecto prolongado de maquinaria que ocasiona desabastecimiento.

Estos datos deben ser sustituidos para mantener el comportamiento de la gráfica, esto se logra al sustituir por el promedio de los tres datos anteriores o posteriores al dato frontera.

Es importante identificar las condiciones que distorsionen el comportamiento de la gráfica ya que los modelos matemáticos no pueden distinguir entre un dato normal o uno irregular.

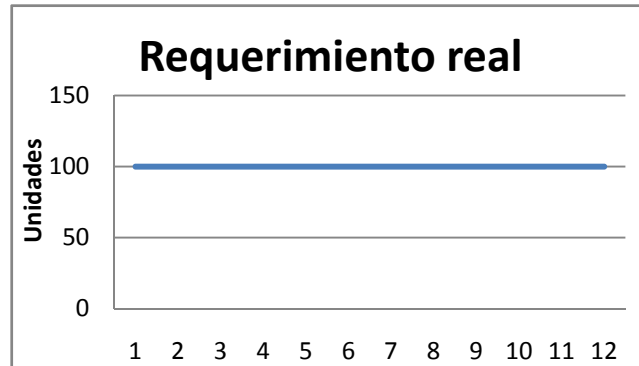
La última parte del análisis primario consiste en identificar a que familia de curvas pertenece la gráfica obtenida de la serie de datos históricos mediante una comparación visual. Una familia de curvas es un modelo de curva o gráfica que obedece cierto patrón específico, estas son:

### **Familia de curvas estables**

Las familias de curvas estables son aquellas curvas que a través del tiempo los requerimientos de producto no varían de gran manera en el rango del mismo, o sea, los requerimientos se mantienen estables, tal como su nombre lo indica. Los cambios entre período y período son muy pequeños.

La representación gráfica de esta familia se puede exponer de la siguiente manera:

Figura 2. **Ejemplo de curva de familia estable**

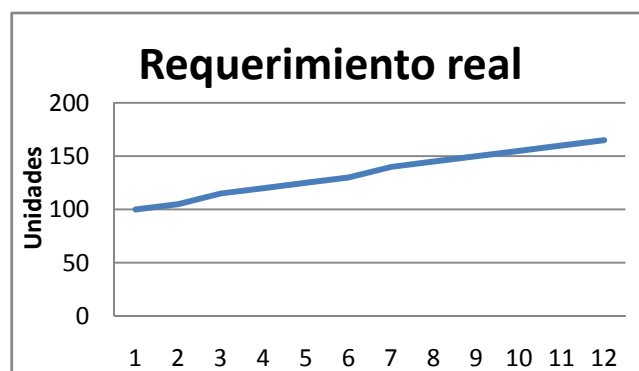


Fuente: Elaboración propia.

### Familia de curvas ascendentes

Son todas aquellas curvas cuyos datos experimentan a través del tiempo cambios que siguen u obedecen una pendiente creciente o decreciente. La representación gráfica para esta familia se puede exponer de la siguiente manera:

Figura 3. **Ejemplo de curva de familia ascendente**



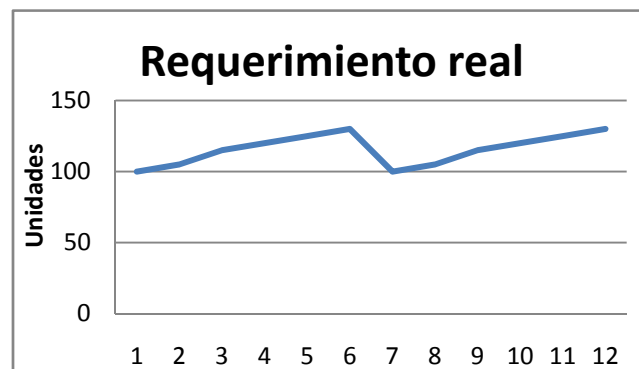
Fuente: Elaboración propia.

### Familia de curvas cíclica

Estas son las curvas que siguen un patrón muy particular dependiendo del conjunto de períodos que se esté observando de una serie de datos. Por ejemplo, el requerimiento de enero de un año es similar al requerimiento de enero de otro año, y así sucesivamente a través de todos los períodos; estos períodos pueden ser semanas, meses, años, etc.

Este tipo de relación de requerimientos es horizontal, esto quiere decir que no importa la relación de enero con febrero del mismo año, la relación se observa con el mismo mes de diferentes años. La representación gráfica para esta familia se puede exponer de la siguiente manera:

Figura 4. **Ejemplo de curva de familia cíclica**



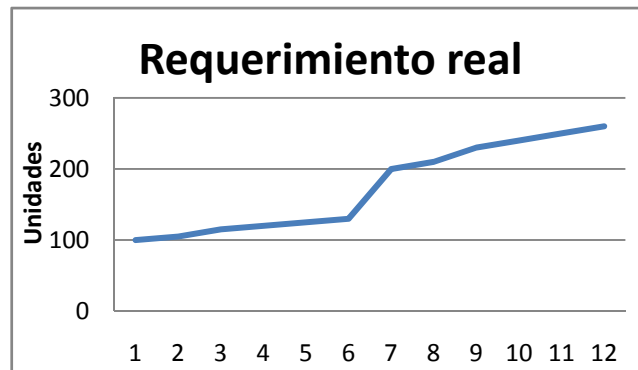
Fuente: Elaboración propia.

### Familia de curvas combinadas

Son todas las curvas cuyos datos experimentan un crecimiento de manera estacional a través del tiempo, o sea, presentan relación horizontal pero a la vez experimentan un crecimiento con respecto al período anterior.

La representación gráfica para esta familia se puede exponer de la siguiente manera:

Figura 5. **Ejemplo de curva de familia combinada**



**Fuente:** Elaboración propia.

### **Método de análisis**

Al comparar la gráfica de la serie de datos históricos de manera visual contra los ejemplos de las demás familias, se identifica a la familia que mejor se ajusta a la tendencia de la gráfica.

El resultado primario puede a veces ser la identificación de dos tipos de familias de curvas, ya que la comparación visual no es suficiente para discernir una sola familia, por lo que ambas familias se utilizarán para un posterior análisis.

### **1.3.5.2 Análisis secundario**

La finalidad de este análisis es determinar el método o modelo matemático que mejor se aplica a la serie de datos históricos según su tendencia.

El análisis parte como un análisis cuantitativo de la familia o familias definidas en el análisis primario y sigue un procedimiento de evaluación.

El procedimiento de evaluación consiste básicamente en regresar cuatro períodos o datos de la serie y tomar como último dato a ese punto.

A partir de este dato, supuesto como último, se empieza a aplicar el método matemático elegido y se elaboran pronósticos para los períodos descartados, a este pronóstico se le llama pronóstico de evaluación.

Luego de obtener el pronóstico de evaluación para los cuatro períodos descartados de cada método matemático, se procede a realizar una diferencia con el dato histórico del período respectivo. A esta diferencia se le conoce como error.

Por último se obtiene el error acumulado el cual es la suma absoluta de los errores de los cuatro períodos analizados. El método matemático que brinde el menor error acumulado es el que mejor se asemeja a la tendencia real del producto, este método matemático será con el cual se proceda a realizar la definición del pronóstico final, también conocido como pronóstico de riesgo.

## **Métodos matemáticos de pronóstico por tipo de familia**

### **Familia de curvas estables**

#### **Método de demanda de último período**

Este método se aplica a aquellos modelos de demanda que con el tiempo son muy estables, o sea, los datos de requerimientos de producto no cambian de gran manera con el tiempo.

En su aplicación se asume que la desviación estándar de los datos históricos será la misma para el futuro, esto quiere decir que el pronóstico para el próximo período será igual al requerimiento del último período que se tenga.

Este método tiene la limitación que solo permite calcular solo un período como pronóstico de riesgo

#### **Procedimiento de uso**

De una serie de datos históricos, se seleccionan los últimos doce y se regresa cuatro períodos hacia atrás, esto ubica al período número 8 como último y se descartan los datos de los períodos del 9 al 12. El pronóstico para el período número 9 no es más que el dato histórico del período anterior, o sea, el número 8; el pronóstico para el período número 10 es el dato histórico del período número 9, el pronóstico para el período número 11 es el dato histórico del período número 10, y así sucesivamente.

Luego se calcula el error acumulado y se compara con los errores acumulados de los diferentes métodos que se estén evaluando. De brindar este método el menor error acumulado se tomará para hacer el pronóstico de riesgo.

### **Método del promedio aritmético**

Este método se utiliza para reflejar el pasado en el futuro, cuando una serie de datos se mantiene estable a menudo obedece cierto patrón el cual es necesario reflejarlo en el pronóstico.

De una serie de datos históricos, se seleccionan los últimos doce y se regresa cuatro períodos atrás, esto ubica al período número 8 como último y descartan los datos de los períodos del 9 al 12. El pronóstico de evaluación para el período 9 es el promedio del resto de datos, o sea, el promedio de los períodos del 1 al 8.

Luego se calcula el pronóstico para el período 10 al calcular el promedio de los datos históricos del 1 al 9, y así sucesivamente hasta obtener todos los pronósticos de evaluación requeridos.

Luego se calcula el error acumulado y se compara con los errores acumulados de los diferentes métodos que se estén evaluando. De brindar este método el menor error acumulado se tomará para hacer el pronóstico de riesgo.

### **Método del promedio móvil**

Este método utiliza un ciclo de análisis, se inicia al regresar 4 períodos hacía atrás en el tiempo de una serie de datos históricos y descartarlos. Al ubicarse en el supuesto último período, que como caso ilustrativo se supone que es el período número 8, se procede a calcular el promedio de los períodos seleccionados hacia atrás incluyendo el supuesto último período, este promedio es el pronóstico de evaluación para el período número 9.

El pronóstico de evaluación para el período número 10 se calcula obteniendo el promedio de la misma cantidad de datos históricos utilizada en el



promedio anterior, así sucesivamente se calculan el resto de pronósticos de evaluación.

Luego se calcula el error acumulado y se compara con los errores acumulados de los diferentes métodos que se estén evaluando. De brindar este método el menor error acumulado se tomará para hacer el pronóstico de riesgo.

### **Método del promedio móvil ponderado**

Este método matemático, al igual que el anterior, permite seleccionar la información que se desea evaluar e incorpora un nuevo valor arbitrario que lo hace más efectivo al momento de encontrar el pronóstico más acertado.

Este valor; también llamado ponderación, permite reflejar en el pronóstico la situación del manejo de los requerimientos reales del pasado.

Para poder aplicar esta ponderación es necesario definir algunos lineamientos:

- La suma de los valores de la ponderación no puede superar el total de períodos a evaluar en el ciclo.
- El valor o ponderación asignado a cada período del ciclo no puede ser menor al valor asignado al período anterior.
- No se puede utilizar una ponderación igual a 0.

Por lo general, se asigna un valor alto al último período del ciclo a evaluar. La evaluación de este método se inicia, como con todos los métodos, al ubicarse 4 períodos atrás del último dato histórico y suponer a este como último.

Luego de asignar cada valor, se multiplica por el dato histórico de cada período del ciclo y se calcula el promedio del ciclo.

Este promedio es el pronóstico de evaluación para el período posterior al último período supuesto. Luego se sustituye el dato histórico más antiguo del ciclo por el más reciente descartado, se vuelve a asignar la misma ponderación y se repite el cálculo del promedio el cual será el pronóstico de evaluación para el siguiente período.

Luego se calcula el error acumulado y se compara con los errores acumulados de los diferentes métodos que se estén evaluando. De brindar este método el menor error acumulado se tomará para hacer el pronóstico de riesgo.

### **Método del promedio móvil ponderado exponencialmente**

Este método permite el manejo de tendencias que no son exclusivamente estables, permite además, regular las causas asignables a fallas que se dan entre los requerimientos reales y los pronósticos calculados.

Esto lo logra al incluir un nuevo valor denominado factor alfa. Las posibles causas en la diferencia del cálculo se pueden clasificar en: causas asignables al azar y causas asignables al modelo.

El valor del factor alfa varía entre un rango de 0 a 1. Cuando se asigna un valor cercano a 0, se debe a que las causas son asignables al azar, y cuando se asigna un valor cercano a 1 se debe a que las causas son asignables al modelo.

Para cada serie de datos es necesario definir el mejor valor posible del factor alfa, esto se logra al hacer pronósticos de evaluación con valores cercanos a 0, valores medios de 0 y 1 y valores cercanos a 1 utilizando la siguiente fórmula:

### **Fórmula de pronóstico del promedio móvil ponderado exponencialmente**

$$P = \text{Pronóstico anterior} + \text{Factor alfa} * \text{Error}$$

Para esta evaluación es necesario definir valores iniciales. Se retrocede 4 períodos hacia atrás del último dato histórico y se supone como último. A diferencia de los demás métodos vistos hasta el momento, se calcula el pronóstico para el supuesto último período, que es el promedio de 4 datos anteriores al mismo.

Este nuevo valor es el pronóstico anterior inicial de la fórmula y el Error inicial es la diferencia de este pronóstico con el dato histórico real para el supuesto último período. Se completa los pronósticos para los demás períodos y luego se calcula el error acumulado de los pronósticos de evaluación; esto para cada valor del factor alfa; el menor error acumulado indica la mejor aproximación para el factor alfa.

Este valor se puede mejorar al seguir valuando con nuevos valores para el factor alfa según como se vaya cerrando el rango de valor.

La aplicación en sí del método es muy complicada debido a que se requiere de un análisis que sea móvil, ponderado y elevado exponencialmente. Además considera la tendencia de un período respecto a otro, definiéndola como la diferencia en los requerimientos reales en un período de tiempo.

Luego se calcula el error acumulado y se compara con los errores acumulados de los diferentes métodos que se estén evaluando. De brindar este método el menor error acumulado se tomará para hacer el pronóstico de riesgo.

### **Familias de curvas ascendentes**

Las curvas ascendentes, o descendentes, se caracterizan por no tener estabilidad de un período a otro. Para encontrar una línea recta en el espacio se necesita solamente conocer dos puntos, los cuales pueden ser el intercepto y la pendiente.

La herramienta que se utiliza en estos tipos de curva para realizar un pronóstico de evaluación o un pronóstico de riesgo son los métodos estadísticos de regresión, ya que para encontrar una línea recta en el espacio se necesita solamente conocer dos puntos, los cuales pueden ser el intercepto y la pendiente.

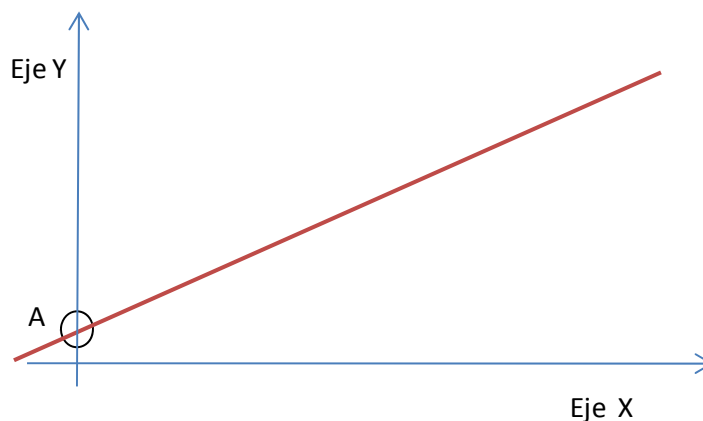
### Fórmula básica de regresión

$$Y = A + BX$$

El valor del pronóstico (Y) se determina al sumar el valor del eje vertical (A) al múltiplo de la pendiente de la curva (B) por un período determinado (X) en el eje vertical.

El procedimiento para obtener un pronóstico de evaluación o de riesgo para una serie de datos de requerimiento con comportamiento ascendente consiste en equiparar en forma lineal las curvas ascendentes y copiar estas al formato general de la línea recta.

Figura 6. Gráfica de una línea recta



**Fuente:** Elaboración propia.

Generalmente las curvas de esta familia son de tipo exponencial, por lo que se debe aplicar la ley de logaritmos para convertir la ecuación exponencial a ecuación lineal, luego se determinan sus valores normales para luego utilizarlos en la fórmula básica de regresión lineal; y valuar la misma para un período determinado, obteniendo así el pronóstico deseado. Estos valores normales se calculan a partir de las ecuaciones normales de la recta.

### Ecuaciones normales de una recta

$$A = \frac{\sum Y * \sum X^2 - \sum X * \sum XY}{N * \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = \frac{N * \sum XY - \sum X * \sum Y}{N * \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

El pronóstico de evaluación para este tipo de curvas se realiza al regresar cuatro períodos hacia atrás del último dato o período de la serie de datos que se tenga y suponer a este como el último, se valúa la fórmula básica de regresión lineal con los datos normales, A y B, obtenidos para cada fórmula de regresión evaluada.

Tabla I. Algunas fórmulas de regresión

Ecuación geométrica	$Y = AX^B$
Ecuación semi-logarítmica	$Y = AX^2$
Ecuación logarítmica	$Y = A - B/X$
Ecuación hiperbólica	$Y = 1/A + BX$
Ecuación logarítmica	$Y = A + B * \ln X$

**Fuente:** Elaboración propia.

Tomando a X como el número de período a pronosticar, se calcula el error acumulado para cada ecuación y luego se compara para determinar la mejor ecuación.

La ecuación que brinde el menor error acumulado será la que se utilizará para realizar el pronóstico de riesgo.

La facilidad con que se puede encontrar cualquier ecuación normal de cualquier curva consiste en conocer la fórmula general de regresión que represente el tipo de curva ascendente.

### **Familias de curvas cíclicas**

Este tipo de curvas presentan una relación horizontal entre sus datos, por ejemplo: se observa la relación de enero de un año con enero del siguiente año.

Para poder realizar un pronóstico de evaluación y de riesgo es necesario contar con ciclos completos de datos, puesto que el procedimiento contempla índices de estacionalidad horizontales.

El pronóstico (P) es igual al último dato de requerimiento para un período con relación horizontal (X) multiplicado por el índice de estacionalidad (I).

### **Fórmula de pronóstico para familias de curvas cíclicas**

$$P = X * i$$

Para poder aplicar el método cíclico de pronósticos es necesario contar con al menos 3 ciclos completos de datos, por ejemplo: los datos de 3 años diferentes continuos.

El procedimiento de realización del pronóstico de evaluación se inicia ordenando los datos en una tabla inicial.

Tabla II. **Ejemplo de tabla inicial para pronóstico de familias de curvas cíclicas**

Período	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio	Índice
1	1,000	1,100	1,050	1,050	0.73
2	1,200	1,250	1,300	1,250	0.87
3	1,400	1,380	1,400	1,393	0.97
4	1,600	1,600	1,650	1,617	1.13
5	1,700	1,750	1,800	1,750	1.22
6	1,800	1,800	1,800	1,800	1.26
7	1,700	1,700	1,700	1,700	1.19
8	1,650	1,600	1,600	1,617	1.13
9	1,500	1,500	1,500	1,500	1.05
10	1,400	1,350	1,275	1,342	0.94
11	1,200	1,150	1,200	1,183	0.83
12	1,050	1,000	1,100	1,050	0.73
	Promedio vertical	1,433			

**Fuente:** Elaboración propia.

Los cálculos preliminares se realizan utilizando solamente las primeras 2 series de datos, puesto que la última se utiliza para calcular el error acumulado. Se calcula el promedio vertical, el cual es el promedio de los primeros 24 datos. Luego se calcula el promedio horizontal de cada par de datos, o sea, el promedio para los meses de enero, el promedio para los meses de febrero, etc.

Ya con estos datos se calculan los índices de estacionalidad para cada conjunto de períodos con relación horizontal al dividir el promedio horizontal del entre el promedio vertical de cada par.

Seguidamente, se valúa la fórmula con los datos obtenidos para los últimos 4 datos de la segunda serie obteniendo así los pronósticos de evaluación para los meses con relación horizontal, por ejemplo: si se utilizan el

índice de estacionalidad de septiembre y el último dato de requerimiento de septiembre, se obtendrá el pronóstico del mes de septiembre del próximo año.

Por último y de ser necesario, se calcula el error acumulado y se compara con los errores acumulados de otros métodos analizados; determinados previamente con el análisis primario, para determinar cuál es el que menor error acumulado brinda y calcular con este el pronóstico de riesgo.

Es importante notar que los índices estacionales no deben exceder de gran manera el de valor de 1, por lo que se debe de revisar el índice y asegurar que el mismo no se excede, ya que lo contrario podría indicar que no se trata de un modelo cíclico.

### **Familias de curvas combinadas**

Este tipo de curvas presenta un comportamiento cíclico acompañado de un ascenso o descenso visible, las recomendaciones que se hacen para los métodos cíclicos son válidas también para las familias de curvas combinadas al calcular pronósticos porque poseen un comportamiento similar.

El procedimiento matemático que se utiliza para obtener los pronósticos de evaluación y de riesgo es similar al de las familias de curvas cíclicas, el único cambio que se presenta es un paso preliminar. Este paso consiste en ajustar la serie de datos históricos y transformarlos a un ciclo lineal.

El ajuste se logra al calcular un dato nuevo (DN) para un período, este se obtiene de la resta dato original del período (DO) y el múltiplo resultante de la pendiente (B) de la serie de datos por el número correspondiente al período (T) en análisis.

### **Fórmula de ajuste para pronóstico de familias de curvas combinadas**

$$DN = DO - B * T$$



El cálculo del pronóstico se inicia al calcular la pendiente y el factor de correlación de la serie de datos utilizando los diferentes métodos de regresión y seleccionar de entre estos la pendiente que corresponda al factor de correlación más cercano a 1.

Al determinar el valor de la pendiente a utilizar, se procede a ajustar la serie de datos mediante la fórmula antes definida.

Luego de obtener la serie de datos ajustados se utiliza el mismo procedimiento para las familias de curvas cíclicas para obtener el pronóstico de evaluación:

- Se calcula los promedios de relación horizontal para dos ciclos de la serie de datos anteriores al último ciclo.
- Se define el promedio de los serie de datos de los ciclos en análisis.
- Se obtienen los índices para los datos de relación horizontal al dividir el promedio horizontal entre el promedio de los ciclos en análisis.
- Se realiza el cálculo de los pronósticos de evaluación para los últimos cuatro períodos del último ciclo de la serie de datos, según la fórmula definida en la sección de las familias de curvas cíclicas.
- De ser necesario, se calcula el error acumulado y se compara con el error acumulado de otro método matemático para el cálculo de un pronóstico de riesgo.

#### **1.3.5.3 Definición de pronóstico final**

La elaboración del pronóstico final, conocido también como pronóstico de riesgo, consiste solamente en aplicar el método matemático, definido mediante el análisis primario y secundario, para los nuevos períodos posteriores a la serie de datos históricos inicial.

Para obtener el pronóstico de riesgo es necesario seguir las siguientes indicaciones:

### **Familias de curvas estables**

Al realizar un pronóstico de riesgo para una serie de datos que siga este comportamiento es necesario tomar en cuenta las limitaciones que posea el método matemático a utilizar.

### **Familias de curvas ascendentes**

Es necesario evaluar diferentes métodos de regresión para encontrar el más adecuado para la realización del pronóstico de riesgo, el método de regresión a utilizar es aquel con el factor de correlación más cercano a 1.

### **Familias de curvas cíclicas y de curvas combinadas**

Cuando se realiza un pronóstico de riesgo para una serie de datos con alguno de estos comportamientos es necesario contar con una serie de datos de al menos tres ciclos con relación horizontal, de lo contrario no podrá ser posible su aplicación.

## **1.4 Planificación de la producción**

Con la finalidad de conocer la planificación de la producción se presenta una breve introducción, su definición, objetivos y diferentes tipos y aplicaciones.

### **1.4.1 Introducción**

Con una adecuada planificación de la producción se puede alcanzar diferentes ventajas en varios aspectos de una fábrica o empresa, ya que se logra contar con el inventario de producto y de materiales requerido a futuro con el menor costo posible.

### **1.4.2 Definición**

La planificación de la producción es la actividad que sigue a la elaboración de pronósticos y determina la utilización de los recursos productivos de una empresa.

### **1.4.3 Objetivo**

La planificación de la producción busca ordenar los procesos productivos y recursos de una empresa para obtener los niveles requeridos de producto al menor costo posible.

#### **1.4.4 Tipos de planificaciones**

Entre los diferentes tipos de planificación de la producción se encuentran: la planificación continua, planificación intermitente y planificación mixta.

##### **1.4.4.1 Planificación continua**

Este tipo de producción es aquella que se basa en planificar las operaciones de una empresa para producir los mismos productos en diferentes períodos y cantidades.

El sistema consiste en agrupar los recursos disponibles bajo una matriz de asignación en términos de una misma dimensional. Los elementos integrantes de una matriz de asignación son:

##### **Disponibilidad de tiempo**

Es la cantidad de tiempo con que se cuenta en los diferentes períodos disponibles para el proceso productivo.

Esta disponibilidad está limitada al porcentaje de tiempo asignado a cada línea de producción según los requerimientos de producción que es necesario para cumplir con las proyecciones.

La disponibilidad de tiempo se representa gráficamente a través de la matriz de asignación para producciones continuas y se ubica en la parte superior de la matriz.

Tabla III. **Ubicación de disponibilidad de tiempo en matriz de asignación**

		Período 1		Período 2	
		XXX	XXX	XXX	XXX
Período 1	Req 1				
Período 2	Req 2				

**Fuente:** Elaboración propia.

## Requerimientos

Son las necesidades en unidades de las proyecciones expuestas en función del tiempo necesario para completarlos. Este tiempo necesario depende del ritmo de trabajo de una línea de producción. Los requerimientos de producción se colocan por debajo del tiempo disponible en la matriz de asignación.

Tabla IV. **Ubicación de requerimientos en matriz de asignación**

		Período 1		Período 2	
		Tiempo Normal	Tiempo Extra	Tiempo Normal	Tiempo Extra
Período 1	XXX				
Período 2	XXX				

**Fuente:** Elaboración propia.

## Costos de producción

Son todos aquellos costos que participan en la producción de un bien o servicio, estos costos son diversos ya que se incluye desde la mano de obra directa e indirecta hasta el costo de la energía eléctrica, materiales de fabricación, gastos de administración, depreciaciones, etc.

Los costos de producción deben de ser traducidos a costo por hora de producción.

Tabla V. **Ubicación de costos de producción en matriz de asignación**

		Período 1		Período 2	
		Tiempo Normal	Tiempo Extra	Tiempo Normal	Tiempo Extra
Período 1	Req 1				
		<b>XXX</b>	<b>XXX</b>		
Período 2	Req 2				
				<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## Tiempo planificado

Es la cantidad de tiempo designado a utilizar para cubrir un requerimiento previo expresado en horas.

Tabla VI. **Ubicación de tiempo planificado en matriz de producción**

		Período 1		Período 2	
		Tiempo Normal	Tiempo Extra	Tiempo Normal	Tiempo Extra
Período 1	Req 1	XXX	XXX		
Período 2	Req 2			XXX	XXX

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Presentación de la matriz de asignación**

Para obtener la mejor planificación de la producción del tipo continua se procede a asignar valores en la matriz de asignación que se optimizan al visualizar cuales de estos cuadros contienen los datos que requieren modificación y permiten obtener el mejor plan de producción.

#### **1.4.4.2 Planificación intermitente**

La planificación intermitente, también conocida como producción por lotes, es aquella producción que se fabrica bajo pedido especial o por venta específica, este tipo de planificación no sigue un patrón de continuidad.

Esta producción no se realiza por algún pronóstico y se efectúa a través de las siguientes etapas:

## **Venta real**

Es la operación que genera el pedido y la necesidad del proceso productivo y su ordenamiento.

## **Plan de trabajo**

Esta es la actividad de calcular y definir el tiempo, maquinaria y procesos que se necesitaran para fabricar el producto requerido.

## **Programa básico**

Este programa consiste en el ordenamiento inicial y asignación de cada tarea por área de trabajo o por máquina que se determinó en el plan de trabajo y su representación mediante algún método siendo el más sencillo el método gráfico con un diagrama de Gantt modificado.

## **Programa final**

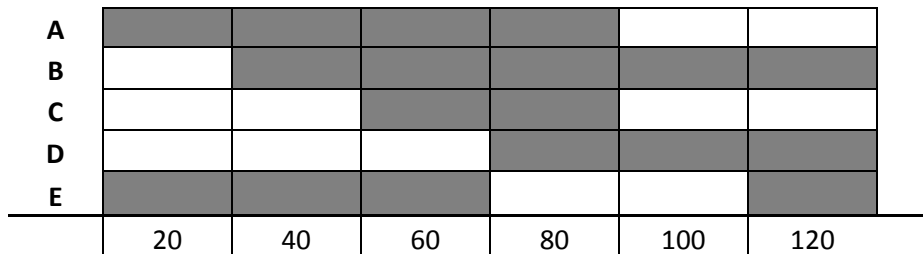
El programa final consiste en la agrupación y representación de todos los requerimientos de producción, además en este se programan los requerimientos urgentes y permite determinar la necesidad de horas extras, doblar turnos o establecer otra jornada.

Permite también determinar si un pedido urgente podrá ser entregado a tiempo.

La herramienta básica de una planificación intermitente es el diagrama de Gantt modificado, donde se señalan las etapas del proceso, el tiempo que tomará cada uno y el orden de las actividades que requiere el producto.



Figura 7. Ejemplo de diagrama de Gantt modificado



Fuente: Elaboración propia.

### 1.4.4.3 Otros tipos

Se puede mencionar también a la planificación de producción mixta; la cual como indica su nombre, presenta características de los dos tipos anteriores mencionados.

#### Planificación mixta

Es un modelo de producción que combina métodos de trabajo de la producción continua e intermitente. Dependiendo hacia que extremo se dirija la tendencia de producción de esa manera se verá influenciado el tipo de producción.

En cualquier caso, su tratamiento implica modelos alternos de planificación, se utilizan ambos métodos de trabajo y se analiza la utilidad de cada uno.

#### **1.4.4.4 Aplicaciones**

La aplicación de los diferentes tipos de planificación de producción se puede apreciar de la siguiente manera:

##### **Planificación continua**

Se utiliza cuando la empresa o fábrica realiza el mismo producto todo el tiempo variando únicamente la cantidad entre períodos, siendo estos básicamente productos de consumo masivo como alimentos, bebidas, productos de limpieza, muebles y vehículos en serie, etc.

##### **Planificación intermitente**

Se utiliza cuando la empresa o fábrica realiza un producto contra orden de compra, no fabrica el mismo producto seguido. Entre los tipos de negocios que aplican esta planificación se puede mencionar a la construcción, la serigrafía, talleres automotrices, talleres de banco, sastrerías, etc.

##### **Planificación mixta**

Se aplica cuando el giro del negocio combina características de los dos tipos anteriores, teniendo como posibles casos: cuando un producto de planificación continua va perdiendo mercado de tal manera que con fabricar un mes se tiene la cobertura para una temporada, y cuando una empresa logra colocar pedidos de un producto todos los meses o logre ventas grandes que requieran entregas parciales durante un período de tiempo largo.

## **1.5 Manejo de inventario de materiales**

Para conocer el manejo de inventario de materiales, se presentará su definición, objetivo, la explosión y plan de manejo de materiales.

### **1.5.1 Definición**

El manejo de materiales es una etapa del control de producción que se realiza luego de la obtención del pronóstico de requerimientos y del análisis de la capacidad de la planta de producción para programar la obtención, uso y manejo de los materiales requeridos para cumplir los lineamientos del pronóstico y del plan de producción.

Al decir materiales se refiere a materias primas, materiales de empaque, materiales indirectos, etc. Se fundamenta básicamente en los datos resultantes de la planificación de la producción.

Las herramientas que se utilizan para este propósito son las mismas que se usan para el control de inventarios. Cuando se habla de herramientas de control de inventarios, se refiere a los modelos de inventario determinísticos, esto debido a que de antemano se conocen los requerimientos a utilizar según el plan de producción.

Sin embargo, la mecánica de utilización del control de manejo de inventarios no depende básicamente del modelo de inventarios que se aplique, sino de los argumentos de utilización de los recursos que se están planificando.

El manejo de inventarios controla los ingredientes del producto, no los productos en sí.

### **1.5.2 Objetivo**

El manejo de materiales tiene como objetivo garantizar que las operaciones de fabricación nunca tendrán que suspender actividades por falta de los mismos en las líneas de operación.

### **1.5.3 Explosión de materiales**

Para el correcto manejo de materiales es necesario realizar la explosión de los mismos. La explosión de materiales es la cuantificación de la cantidad total de cada material a utilizar para todos los productos a fabricar en una planta de producción.

Estos materiales pueden ser directos, como la materia prima, material de empaque, etc.; y materiales indirectos, como combustibles, lubricantes, herramientas, etc. Para poder realizar la explosión de materiales es necesario contar con datos de partida, estos datos de partida son las formulaciones para cada producto.

El procedimiento de explosión de materiales se inicia al tener las formulaciones de cada producto y las cantidades planificadas de estos para cada período.

Luego se calcula el total de materiales a utilizar para cada producto y por último, se totaliza los materiales a utilizar para cada período según el plan de producción.

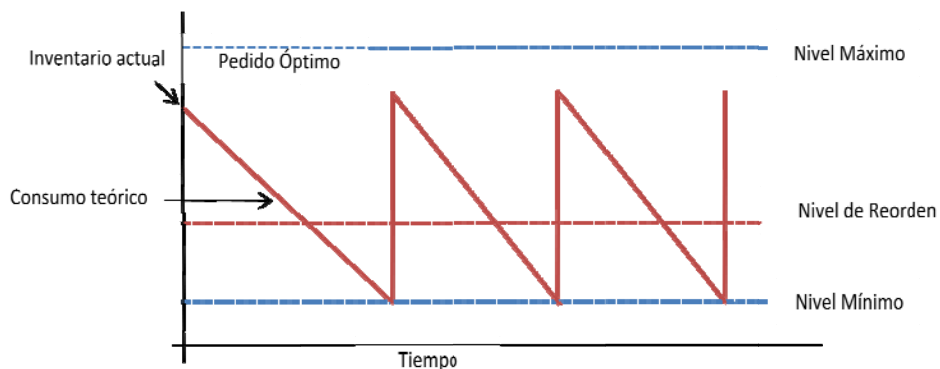
#### 1.5.4 Plan de manejo de materiales

Luego de realizar la explosión de materiales, se inicia la conformación del plan de manejo de materiales, el cual consiste de dos partes: el control de inventario de materiales y el cuadro de pedidos e ingresos.

##### Control de inventario de materiales

El control de inventario de materiales utiliza varias herramientas, estas herramientas se pueden representar en la siguiente gráfica:

Figura 8. Gráfica de control de inventario



Fuente: Elaboración propia.

### **Pedido óptimo**

Es la cantidad adecuada de pedido que se debe de hacer cada vez que la existencia real de materiales sobrepase la línea de nivel de reorden.

Para el pedido óptimo se debe tomar en cuenta los espacios de tiempo que quedan cuando el nivel del inventario está por debajo de la línea del nivel de reorden, este espacio en la gráfica se llama constante K.

Esta constante es la que sirve para regular estos espacios que de no tomarlos en cuenta significarían agotamientos de materiales en la reposición de la orden de aprovisionamiento.

### **Stock mínimo de seguridad**

Es un nivel de inventario que se utiliza para cubrir las diferencias en el tiempo en las entregas de los materiales por parte de los proveedores.

El stock mínimo de seguridad encarece los niveles de inventarios pues agrega una cantidad adicional de producto en la existencia de materiales en la bodega de materiales, por lo tanto debe utilizarse solo cuando no hay la suficiente confianza en la entrega del proveedor.

### **Nivel de reorden**

Es el nivel que indica cuando es necesario volver a pedir materiales. Este nivel funciona de manera que cuando la existencia real iguala el nivel real de inventario indica que debe hacer la requisición de compra para que el material ingrese justamente cuando su valor este alcanzando el valor del stock mínimo de seguridad.

## **Cuadro de pedidos e ingresos**

Para elaborar el cuadro de pedidos e ingresos se utiliza la información brindada por la gráfica obtenida del control de inventarios agrupando la misma en pedidos e ingresos.

## 2. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1 Descripción de las instalaciones y proceso actual

La fábrica de pinturas cuenta con una instalación principal de un solo nivel con dos diferentes mezzanines, uno en el área de producción y otro en el área de bodega de producto terminado. La misma está orientada de este a oeste. La instalación principal se compone por 4 naves juntas construidas en diferentes años rodeadas por otros edificios independientes.

Figura 9. **Edificio de almacenamiento de nitrocelulosa**



Fuente: Elaboración propia.



Los edificios independientes son destinados para diferentes propósitos. En uno se encuentra las oficinas administrativas, el cual es de dos niveles. En otro se encuentra la clínica médica, otro se usa como oficinas de la asociación solidarista.

En otro edificio se encuentra la cafetería, en uno aparte el taller de mantenimiento, otro edificio se destina para el área de fabricación de resinas, uno más para el área de refinado de resinas. Además hay otro edificio que funciona como bodega de producto para reproceso y por último se encuentra el edificio utilizado como para el almacenamiento de nitrocelulosa.

La mayoría de los edificios son de paredes y techo de lámina a dos aguas con piso de concreto a excepción de las oficinas administrativas, la clínica médica, las oficinas de la asociación, la cafetería y el laboratorio técnico, que son edificios con paredes de concreto, techo de lámina y con piso de cemento.

**Figura 10. Vista área de fábrica de recubrimientos**



**Fuente:** Archivos de la fábrica.

### 2.1.1 Distribución de instalaciones

La fábrica cuenta con diferentes áreas para distintos fines, según su uso se puede obtener la siguiente distribución por metro cuadrado:

Tabla VII. **Distribución de uso por metro cuadrado**

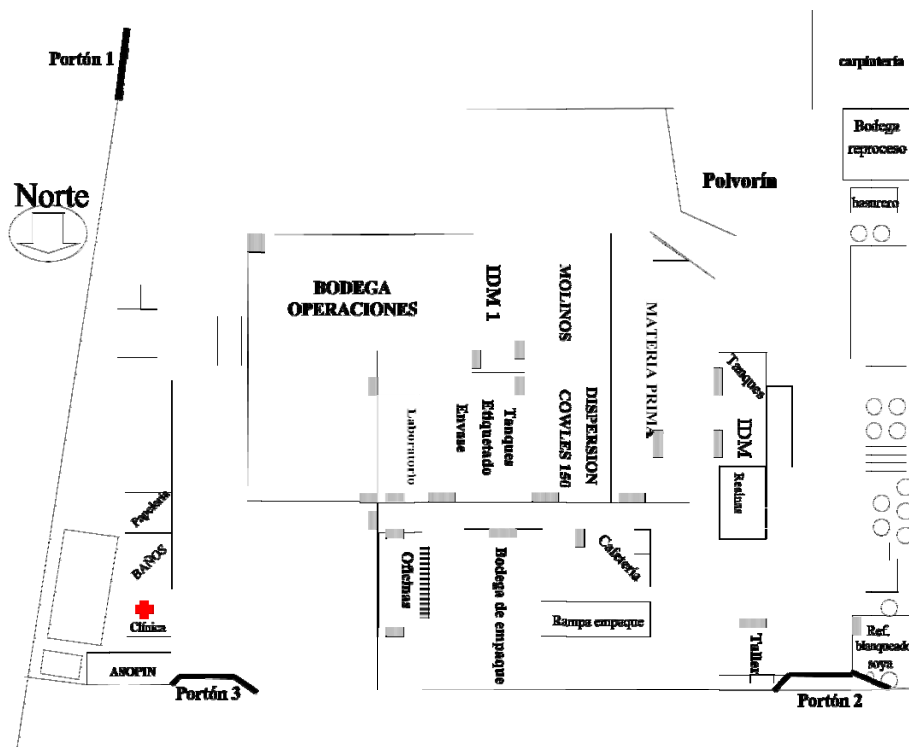
<b>Producción</b>	<b>Dist 1 (m)</b>	<b>Dist 2 (m)</b>	<b>Área (m2)</b>
Envase y refinado	24.50	28.75	704.38
IDM	52.50	15.30	803.25
Lavado de tambos	10.00	5.50	55.00
Molinos y Dispersión	63.50	12.75	809.63
Laboratorio	21.50	9.40	202.10
Resinas	13.40	10.40	139.36
Blanqueado de aceite	8.00	8.50	68.00
<b>TOTAL PRODUCCION</b>			<b>2,781.71</b>
<b>BMP</b>			
Polvorín	13.80	13.80	190.44
Bodega principal	63.50	12.85	815.98
Nueva área techada	48.00	10.00	480.00
Nueva área techada	7.13	11.00	78.38
Ex lavado de tambos	9.10	9.10	82.81
Ex IDM	23.25	10.25	238.31
<b>TOTAL BMP</b>			<b>1,885.91</b>
<b>BME</b>	16.75	29.00	485.75
<b>TOTAL EMPAQUE</b>			<b>485.75</b>
<b>GRAN TOTAL</b>			<b>5,153.37</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.1.2 Diagrama de instalaciones

Las áreas de la planta y su distribución se pueden apreciar en la siguiente gráfica:

Figura 11. Diagrama de instalaciones



Fuente: Elaboración propia.

### **2.1.3 Diagrama de flujo actual**

El proceso productivo a estudiar comprende varias etapas diferentes que requieren de operaciones específicas, para ello se realizará una descripción de cada uno y se representará gráficamente mediante su diagrama de flujo actual.

#### **2.1.3.1 Proceso de dispersión**

Uno de los procesos principales de la producción de recubrimientos superficiales es la dispersión, cuyo objetivo es dispersar los pigmentos dentro del vehículo.

Los pigmentos son suministrados como polvos ó gránulos finos los cuales tienden a formar aglomerados debido al almacenaje. Estos agregados deben separarse y distribuirse homogéneamente y formar una dispersión estable con el vehículo hasta formar lo que se define como pasta.

El proceso inicia con la recepción y revisión de la materia prima entregada por el operario de bodega de materia prima, luego en un tanque portátil previamente seleccionado e identificado se agrega la cantidad requerida según la fórmula de vehículo y de solvente.

Luego se lleva este tanque al dispersor de disco y se introduce el eje con el disco en el tanque dejando un espacio con el fondo del mismo correspondiente a un radio del disco. Al alcanzar esta distancia inicia la agitación a baja velocidad de los materiales e inicia con la adición de los pigmentos y aditivos requeridos según fórmula.

Al finalizar de agregar los materiales debe de comprobar que la pasta presente una viscosidad entre el rango de 75 y 85 KU, el KU es una unidad de medida de viscosidad. Al alcanzar esta viscosidad se agita a alta velocidad durante 15 minutos hasta alcanzar una pasta homogénea.

Al finalizar la dispersión se envía el tanque portátil al área de molinos. El proceso de dispersión se describe de manera gráfica en el siguiente diagrama de flujo de proceso actual.

**Figura 12. Diagrama de flujo de proceso actual de dispersión**

### **2.1.3.2 Proceso de molienda**

El proceso de molienda reduce aún más el tamaño de los aglomerados y permite que el recubrimiento posea un mejor brillo y una textura pareja. El proceso consiste en pasar la pasta obtenida en el proceso de dispersión por un molino vertical de arena que contiene esferas diminutas de vidrio o sílice las cuales producen un efecto de corte en los aglomerados.

Se inicia al conectar el tanque portátil por medio de mangueras a un molino vertical. Se coloca un tanque portátil adicional en la salida del molino vertical al cual se encuentra en el lado contrario de donde se coloca el tanque con la pasta y en la parte superior del molino vertical.

Luego se aterrizan ambos tanques mediante cables de tierra con clips sujetos a los mismos debido a que la temperatura de este proceso alcanza los 90 °C ocasionando alta evaporación de solventes.

Después de asegurar los tanques se enciende el molino vertical y se gradúa la presión de la bomba para permitir que toda la tolva del molino se encuentre siempre llena y que no se rebalse.

Terminado el proceso de molido se revisa la fineza de la pasta y de ser satisfactoria la prueba se agrega más vehículo y solvente en el tanque donde al principio estaba la pasta para lavar el molino vertical y evitar posibles contaminaciones.

Por último, el tanque donde se vertió la pasta molida es cubierto por una funda de nylon y enviado al área de refinado. El proceso de molido se describe de manera gráfica en el siguiente diagrama de flujo de proceso actual.

Figura 13. **Diagrama de flujo de proceso actual de molienda**



### **2.1.3.3 Proceso de refinado**

Esta etapa del proceso de fabricación de los recubrimientos tiene las siguientes funciones importantes: lograr la estabilidad a través de la relación pigmento y resina, remover el aire presente en la mezcla, ajustar el volumen del lote, adecuar la viscosidad necesaria y lograr las condiciones apropiadas en el lote para el entintado que consiste en la adición de tintes o colorantes adicionales para alcanzar el color específico del lote.

Luego de alcanzar el color estándar se revisan y, de ser necesario, se ajustan las propiedades del lote de producción.

El proceso se inicia con el envío de la pasta ya molida desde el tanque portátil por medio de tuberías y bombas a un tanque de refinado con agitador previamente seleccionado.

Se adiciona al tanque de refinado el resto del vehículo y aditivos según fórmula y se agita durante 10 minutos. Se agrega el agua de ser necesario a una velocidad no mayor de 10 galones por minuto y luego de la adición de la misma se agita durante otros 15 minutos.

Se revisa la emulsión y de ser satisfactoria la prueba se adicionan los aditivos restantes y de ser necesario se adiciona solvente.

En este punto ya se cuenta con un lote completado de recubrimiento y se compara el color del mismo contra el estándar, de ser necesario se adicionan tintes para ajustar el color.

Al obtener el color estándar en el lote se procede a revisar todas sus propiedades y de ser satisfactorias se aprueba y espera para ser envasado desde el mismo tanque de refinado.

El proceso de refinado se representa de manera gráfica mediante el siguiente diagrama de flujo de proceso actual.

Figura 14. **Diagrama de flujo de proceso actual de refinado**

#### **2.1.3.4 Proceso de envase**

En esta etapa es donde se encuentra la materia prima con el material de empaque. Después de que Control de Calidad haya aprobado las propiedades del producto, se envasa la pintura en los envases del tamaño requerido por la hoja de producción, previamente etiquetados e identificados con el color y código respectivo, utilizando máquinas envasadoras.

El proceso de envase se compone de dos partes: etiquetado y envase.

El etiquetado se inicia con la impresión de calcomanías pequeñas con el código y descripción del producto tanto como para el envase litografiado y para las cajas donde se introducen los envases. Luego se coloca al envase y las cajas las calcomanías respectivas.

Luego de esto, se coloca el material de empaque ya codificado en un área específica esperando su posterior uso. La parte de envase se inicia con la conexión del tanque de refinado a una tolva conectada a una máquina envasadora por medio de mangueras.

Se ajusta la maquina envasadora para regular la cantidad de producto a utilizar según el envase y se procede al llenado de los mismos. Los envases llenos se introducen a las cajas y se colocan en tarimas para su traslado al área de bodega de producto terminado.

El proceso de envase se representa de manera gráfica en el siguiente diagrama de flujo de proceso actual.

**Figura 15. Diagrama de flujo de proceso actual de envase**

## 2.2 Descripción de maquinaria

Los diferentes procesos que forman parte de este estudio utilizan diferentes máquinas que cumplen diferentes funciones, para el mejor entendimiento de los procesos se enumerará cada una de ellas y las funciones que realizan.

### 2.2.1 Maquinaria de dispersión

#### Dispersores de disco de alta velocidad

Estas máquinas, conocidas como Cowles debido a una empresa que fabrica este tipo de máquinas, se encargan de mezclar todos los materiales utilizados en la primera etapa de fabricación y homogenizar los mismos para obtener la pasta.

Figura 16. Máquina dispersora de alta velocidad



**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.2.2 Maquinaria de molienda

### Molinos verticales de arena

La función de esta máquina es la de reducir aún más los aglomerados de la pasta del proceso de dispersión por medio de efecto de corte generado por diminutas esferas de sílice.

Es un cilindro vertical con una bomba que jala la pasta del tanque portátil y empuja hacia arriba del molino donde se encuentra la salida.

Figura 17. **Molinos verticales de arena**



**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.2.3 Maquinaria de refinado

#### Tanques con agitador

Son tanques cilíndricos de lámina de acero con un motor en la parte superior, este mueve un eje con aspas a una velocidad de 50 rpm. El tamaño y potencia del motor depende del tamaño del tanque.

Se utiliza para mezclar la pasta con el resto del vehículo, aditivos y tintes necesarios, o sea, se utiliza para ajustar el volumen y las propiedades del lote.

Figura 18. Tanque con agitador



**Fuente:** Elaboración propia.



## 2.2.4 Maquinaria de envase

### Envasadora semiautomática

Se utiliza para colocar los recubrimientos superficiales dentro del envase. Está solo requiere de la presión sobre un gatillo para verter una misma cantidad siempre en un envase.

Figura 19. Línea de envase semiautomático



**Fuente:** Elaboración propia.

## **2.3 Descripción de procedimientos actuales**

El proceso de producción de los recubrimientos que forma parte de este estudio incluye procedimientos específicos que afectan de manera directa al producto terminado y el manejo de sus inventarios, para esto se describe los procedimientos a continuación.

### **2.3.1 Procedimientos de despacho de materiales**

Los materiales utilizados en la fábrica incluyen la materia prima y el material de empaque. La materia prima comprende sólidos y líquidos, el material de empaque comprende cajas, etiquetas, calcomanías y diferentes tipos de envases.

Estos materiales se reciben de distintos proveedores en diferentes presentaciones: sólidos en sacos y toneles de diferentes tamaños, líquidos en toneles y a granel, mientras que y el material de empaque se recibe en bultos entarimados.

Al ingresar a las instalaciones se descargan de los vehículos por medio de montacargas para el caso de los sólidos y líquidos en tonel, y por medio de mangueras para los líquidos a granel que se colocan en áreas previamente designadas de la respectiva bodega en donde se verifica la cantidad que ingresa.

Se identifica según la codificación propia de la fábrica y se ingresa al sistema de información, control y manejo de inventario para su uso según los requerimientos de producción en sus diferentes etapas.

Previo a su uso, los materiales permanecen en cuarentena esperando ser revisados por Control de Calidad y determinar si cumplen los parámetros requeridos, el tiempo de cuarentena es siempre menor a 24 horas.

### **Procedimiento de despacho de sólidos y líquidos en tonel.**

Todo material de la bodega de materia prima y de material de empaque es solicitado por medio de hojas de producción, las cuales especifican el código interno del material, la cantidad a utilizar, el código del producto terminado y un número correlativo de identificación del lote de producción, o por medio de facturas donde se especifica el código y la cantidad requerida.

En el primer caso la materia prima o material de empaque no es descontado inmediatamente del sistema de información ya que requiere de la operación del encargado del manejo del sistema de información para descontarlo. En el segundo caso el material es descontado automáticamente del inventario.

Al ser requerido un material sólido o líquido a la bodega de materia prima, el encargado de la bodega de materia prima asigna a un operario la preparación del mismo y en caso de ser una hoja de producción se descuenta inmediatamente la cantidad a despachar del sistema de información.

Dependiendo de la maniobrabilidad del material sólido o líquido en tonel, se utiliza o no montacargas para su despacho al área que hizo el requerimiento. El operario de la bodega de materia prima entrega al responsable del área el material y este certifica su entrega completa y sin problemas luego de revisar el mismo.

Figura 20. **Materia prima en sacos ubicados en estanterías**



**Fuente:** Elaboración propia.

### **Procedimiento de despacho de líquidos a granel**

Los líquidos que se despachan a granel son los vehículos producidos en la misma fábrica y solventes de nivel de consumo alto. Estos líquidos a granel son despachados mediante tuberías desde tanques cilíndricos de almacenaje con bombas operadas con botoneras desde el área de producción.

Estas botoneras son operadas y utilizadas directamente por el operario de producción según la cantidad requerida por la hoja de producción y se descuenta del inventario hasta después de su uso luego del reporte de uso del operario de producción.

**Figura 21. Tanques de almacenamiento de líquidos a granel**



**Fuente:** Elaboración propia.

### **Procedimiento de despacho de material de empaque**

El procedimiento de despacho de material de empaque es similar al despacho de materiales sólidos y líquidos en tonel. Para este material existe una hoja aparte que indica los códigos y materiales a utilizar y el número correlativo con el lote de producción para su separación.

La única diferencia consiste en que los operarios de envase preparan su propio material sin la ayuda de un operario de bodega e inmediatamente reportan su uso al encargado del sistema de información para que se descuente el material utilizado.

### **2.3.2 Procedimientos de utilización de materiales**

Al solicitar un material a la bodega de materia prima los operarios revisan que este sea el solicitado y en la cantidad requerida. Los materiales sólidos y líquidos en tonel se adicionan, ya sea a los tanques portátiles o a los tanques de refinado, de forma manual y gradual cuando sea requerido.

A menudo se solicita una cantidad de materia prima la cual no es usada en su totalidad en la primera adición, ya que se utiliza para ajustar una propiedad específica, de no utilizar una cantidad de materia prima el operario de producción hace la devolución al encargado del sistema de información y adiciona al inventario la cantidad.

## **2.4 Descripción de materia prima**

Dentro la materia prima utilizada en la fabricación del recubrimiento superficial en estudio tenemos:

- Vehículo a base de aceite de soya
- Solvente mineral
- Pigmentos
- Dispersantes iónicos
- Agente emulsificador
- Agua
- Secantes
- Tintes

El material de empaque utilizado en el proceso de fabricación es el siguiente:

- Calcomanías
- Cajas
- Envases litografiados

Tabla VIII. **Principales materias primas utilizadas en la producción de recubrimientos superficiales alquídicos**

Descripción	País de origen	Capacidad de almacenaje (Kg)
Solvente mineral	Nicaragua / México	150,367
Dioxido de titanio	México / Estados Unidos	119,749
Aceite de soya	Guatemala	192,098
Resina polisacárida	Canadá	44,906
Secantes	Estados Unidos / Colombia	25,000

Fuente: Departamento de Compras

## 2.5 Descripción de productos elaborados y aplicaciones

La fábrica puede producir en la línea de alto movimiento en estudio tres tipos de producto de diferentes calidades y en diferentes presentaciones, desde envases de 5 galones a envases de 1/48 de galón.

### Anticorrosivos sintéticos

En las siguientes presentaciones y calidades:

- Dura Anticorrosivo: recubrimiento anticorrosivo económico en presentación de cuarto de galón, galón y cubeta de 5 galones.

- Clásica Anticorrosivo: recubrimiento anticorrosivo de desempeño industrial en presentación de cuarto de galón, galón y cubeta de 5 galones.

### **Esmaltes sintéticos**

En las siguientes presentaciones y calidades:

- Dura Esmalte: recubrimiento arquitectónico económico en presentación de cuarto de galón, galón y cubeta de 5 galones.
- Clásica Esmalte: recubrimiento arquitectónico de uso exterior en presentación de 1/48 de galón, 1/8 de galón, un cuarto de galón, galón y cubeta de 5 galones.
- Cromatic Enamel: recubrimiento de uso arquitectónico o industrial de alto desempeño en presentación de un cuarto de galón, galón y cubeta de 5 galones.

### **Barnices sintéticos**

Recubrimientos transparentes para madera en presentación de un cuarto de galón y galón.



Figura 22. **Producto terminado en bodega para despachar**



**Fuente:** Elaboración propia.

### **3. MODELO DE PRONÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ALTO MOVIMIENTO DE FABRICA DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**

El presente modelo consiste en un esquema de trabajo que define una forma o método de procesar información adaptándola a un contexto determinado con la finalidad de obtener un resultado satisfactorio.

El modelo de pronóstico y planificación que presenta este trabajo es la adaptación de los pronósticos de métodos matemáticos y la planificación continua de la producción a las necesidades y realidad de la fábrica de recubrimientos superficiales en su línea de alto movimiento, buscando siempre la simplificación de las operaciones para determinar los lineamientos básicos de producción: cantidad y fecha de entrega.

#### **Pasos para elaborar el modelo de pronóstico y planificación de la producción**

##### **I. Definir el alcance del pronóstico y de la planificación**

Identificar el producto

Determinar el período a evaluar

##### **II. Obtener los datos históricos**

Definir los datos a evaluar

Determinar las inferencias de eventos no constantes en los datos

### **III. Determinar el pronóstico y la planificación**

Establecer el requerimiento para un período específico

Establecer la planificación de la producción para un período específico

#### **3.1 Pronóstico de producción**

El pronóstico de producción es la base de todo plan de producción de una empresa, brinda los requerimientos en los que cualquier empresa basa el resto de sus operaciones productivas.

Un pronóstico es una estimación del futuro basado en hechos pasados, estos hechos son registrados mediante datos concretos, en este caso, cifras de requerimientos anteriores.

Debido al fácil acceso que se tiene a los datos de los requerimientos de meses anteriores de la fábrica de producción se efectúa un pronóstico de producción basado en el análisis de las gráficas obtenidas de los datos históricos y la aplicación de los modelos matemáticos correspondientes.

##### **3.1.1 Recopilación de datos históricos**

El componente más importante de un pronóstico son los datos históricos.

Los datos históricos a utilizar en el modelo de pronóstico debe ser una serie de 36 meses consecutivos para un mismo producto, siendo el último dato de la serie el previo al primer pronóstico de riesgo que se requiera determinar.

Estos datos son las ventas por mes de un producto específico y deben incluir las cantidades no satisfechas de cada mes.

De no contar con este tipo de registros es probable que el pronóstico final requiera de ajustes frecuentes al evaluarlo contra la venta real.

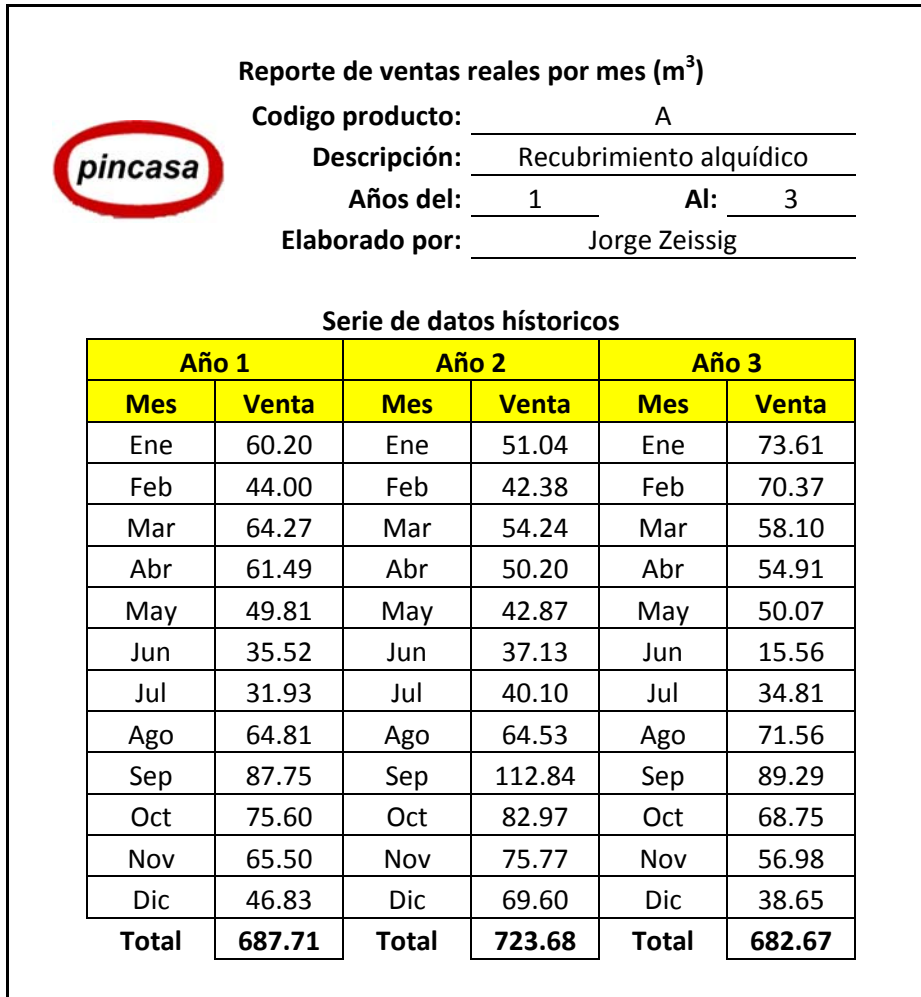
Se debe tener un criterio de evaluación de los datos históricos, puesto que estos se ven afectados por promociones u ofertas propias o de la competencia, factores de la naturaleza, falta de materiales, fallos en maquinaria y equipo, etc.

Estos datos que no presentan un comportamiento similar al resto de la serie se sustituyen al realizar un promedio de los 3 datos anteriores al mismo.

Los datos a evaluar deben de presentarse en la misma unidad sin importar el tamaño o presentación del producto para simplificar los cálculos posteriores, en este modelo la unidad utilizada es el metro cúbico ( $m^3$ ), de esta unidad se partirá para hacer los análisis posteriores.

En esta parte del modelo los meses se señalan por mediante su nombre.

Tabla IX. Ventas reales en m<sup>3</sup> del producto A de la línea de alto movimiento



Fuente: Elaboración propia.

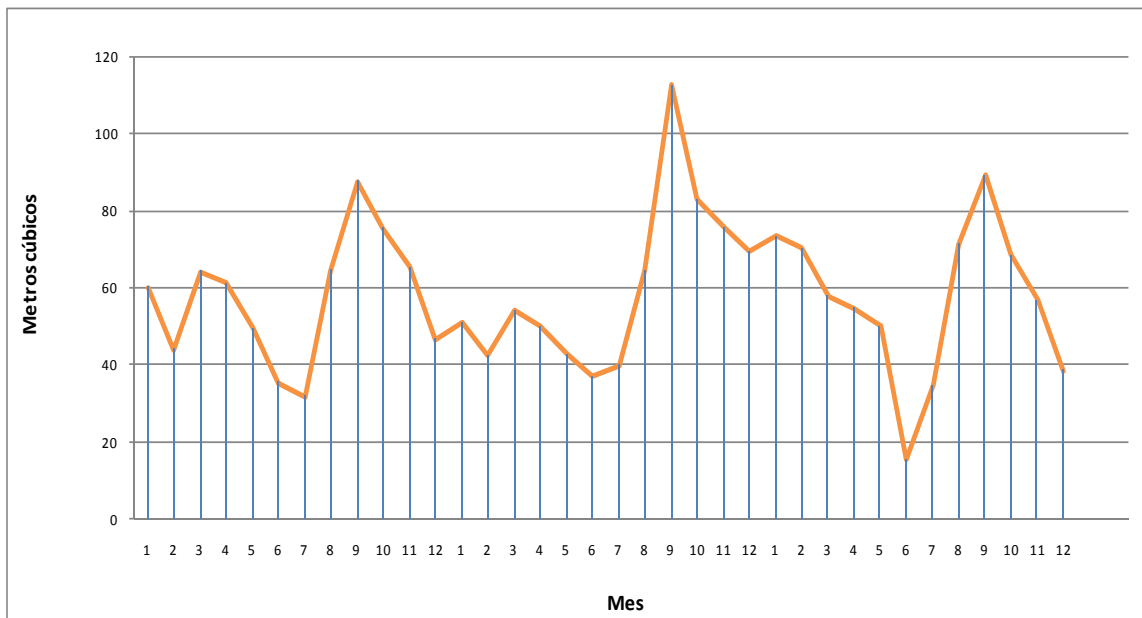
### 3.1.2 Análisis primario

En el análisis primario se elaborará la gráfica de los datos históricos versus el mes al que corresponde y posteriormente se realiza una comparación visual para determinar la familia de curvas que mejor se le asemeja.

### 3.1.2.1 Gráfica de producción requerida por períodos

La gráfica se elabora al dibujar un eje vertical y un eje horizontal. Luego se construye la gráfica basándose en las cantidades de ventas por mes correspondiente de manera sucesiva.

Figura 23. Curva del producto A del año 1 al 3



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2.2 Determinación de tipo de comportamiento

El tipo de comportamiento se determina al hacer una comparación visual con los modelos de los 4 tipos de familias de curvas. Se debe identificar, al hacer la comparación visual, los puntos característicos de cada familia en la

gráfica obtenida de las ventas mensuales. De no poder diferenciar solamente un tipo de familia se utilizarán las dos que mejor correspondan a la gráfica para el análisis posterior.

**Tabla X. Puntos característicos de familias de curvas**

<b>Tipo de Familia</b>	<b>Puntos característicos</b>	
<b>Estables</b>	Cambios no significativos en cantidad de un período a otro	Cambios no presentan una misma tendencia similar consecutiva
<b>Ascendentes</b>	Cambios significativos en cantidad de un período a otro	Cambios presentan una misma tendencia similar consecutiva
<b>Cíclicas</b>	Datos presentan relación horizontal	Cambios presentan varias tendencias similares consecutivas en segmentos diferentes de períodos
<b>Combinadas</b>	Datos presentan relación horizontal	Cambios presentan tendencias similares consecutivas que no corresponden a otras

Para la gráfica del producto A, se puede apreciar que los datos presentan relación horizontal entre ellos y presentan una tendencia similar consecutiva para cada año que no corresponde a ningún año anterior, por lo que se concluye que corresponde a una familia de curva combinada.

### **3.1.3 Análisis secundario**

En el análisis secundario se evalúa los diferentes métodos matemáticos aplicables a la familia o familias de curvas que se determinó en el análisis primario.

Esto se aplicará en el caso de que se determine que la gráfica corresponde a la familia de curvas estables, de curvas ascendentes, o en el caso que se determinen dos tipos de familias en el análisis primario.

En esta etapa, para facilitar la aplicación de los métodos matemáticos, se enumeran los meses de la serie de datos del 1 al 36 según el orden cronológico de los mismos

#### **3.1.3.1 Comprobación de error**

Se debe calcular los pronósticos de evaluación, siguiendo los métodos matemáticos correspondientes, de los últimos cuatro meses de la serie de datos y se procederá a determinar la diferencia entre estos y la venta real correspondiente, por último se suma de manera absoluta estas diferencias y se le nombra error absoluto acumulado.

En el caso del producto A, y suponiendo que mediante regresión lineal se obtiene el mejor factor de relación para la serie de datos, por ser una curva combinada se inicia transformando la serie de datos con B igual a 0.412. El valor de B se obtiene al utilizar las ecuaciones normales con la serie de datos de la Tabla IX.



$$B = \frac{N * \sum XY - \sum X * \sum Y}{N * \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = \frac{(36 * 39,224.72) - (666 * 2,033.86)}{(36 * 16,205) - (666^2)} = 0.412$$

Tabla XI. **Valores corregidos de ventas del producto A según método matemático de familia combinada.**

MES	Año 1	Año 2	Año 3
1	60.20	51.04	73.61
2	44.00	42.38	70.37
3	64.27	54.24	58.10
4	61.49	50.20	54.91
5	49.81	42.87	50.07
6	35.52	37.13	15.56
7	31.93	40.10	34.81
8	64.81	64.53	71.56
9	87.75	112.84	89.30
10	75.60	82.97	68.75
11	65.50	75.77	56.98
12	46.83	69.60	38.66

**Fuente:** Elaboración propia.

Continuando con el método para familias combinadas, se presentan los resultados de los respectivos cálculos en la siguiente tabla.

**Tabla XII. Pronósticos de evaluación mediante método de familia combinada para producto A**

MES	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio Horizontal	Índice	Pronóstico de Evaluación	Error Absoluto
1	60.79	50.63	73.20	61.54	1.02	76.77	3.57
2	45.59	41.56	69.55	52.23	0.86	67.87	1.68
3	66.85	53.00	56.86	58.91	0.97	74.95	18.09
4	65.08	48.55	53.26	55.63	0.92	72.09	18.83
5	54.40	40.82	48.01	47.74	0.79		<b>42.17</b>
6	41.11	34.67	13.09	29.62	0.49		
7	38.52	37.22	31.93	35.89	0.59		
8	72.40	61.24	68.27	67.30	1.11		
9	96.34	109.14	85.59	97.02	1.60		
10	85.19	78.85	64.63	76.22	1.26		
11	76.08	71.25	52.45	66.59	1.10		
12	58.42	64.66	33.72	52.27	0.86		
	<b>Prom. Vertical</b>	<b>60.51</b>					

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.3.2 Definición de tipo de pronóstico adecuado

La finalidad del análisis secundario en esta etapa, es determinar el método matemático que presente el menor error absoluto acumulado.

El tipo de pronóstico que se utilizará para la elaboración del pronóstico de riesgo para un período determinado será el método matemático que presente el menor error absoluto acumulado.

### 3.1.4 Elaboración de modelo de pronóstico para un periodo determinado

El modelo de pronóstico se realiza para 2 meses consecutivos utilizando el método matemático seleccionado en el análisis secundario debido a la política de evaluación de rendimiento basada en objetivos bimensual con que labora la fábrica.

Se realiza el cálculo del mismo a partir del último mes de la serie de datos históricos utilizando el método matemático definido anteriormente y se les designa como pronóstico de riesgo. El pronóstico de riesgo se acompaña de una gráfica que muestra la tendencia del mismo respecto del resto de la serie de datos.

Para el caso del producto A se determina el pronóstico de riesgo por medio del método de familia combinada. Para los meses 37 y 38 se obtuvo un pronóstico de 76.77 y 67.87 m<sup>3</sup> respectivamente. Estos datos se obtienen al multiplicar el promedio vertical de la serie de datos por el índice del mes respectivo y sumarlo al producto de la pendiente B y el número que representa el período respectivo (Ver tabla XII).

$$P(37) = 60.51 * 1.02 + 0.412 * 37 = 76.77 m^3$$

$$P(38) = 60.51 * 0.86 + 0.412 * 38 = 67.87 m^3$$

Este modelo de pronóstico se debe de aplicar para cada producto que conforme la línea de alto movimiento de la fábrica de recubrimientos superficiales.

## **3.2 Modelo de planificación de la producción**

El área de la fábrica que forma parte de este estudio corresponde a la línea de de alto movimiento, esta presenta la característica que produce el mismo tipo de producto constantemente en cantidades similares, por lo que el tipo de producción de la misma es el de producción continua.

### **3.2.1 Cálculos preliminares**

Los cálculos preliminares son los límites que posee la fábrica: personal y maquinaria disponible, el tiempo con el que se cuenta para trabajar y los costos de producción. Estos límites marcan la capacidad y las necesidades reales pendientes a resolver para el cumplimiento de entrega del pronóstico de riesgo.

Estos cálculos preliminares se toman como base determinar el modelo mismo y dependen básicamente de la situación actual de la fábrica y su contexto: total de días en el mes, feriados, grupos de trabajo por tipo de proceso, maquinaria y equipo en buen estado, existencias de materiales para la producción, etc.

Como en el caso del pronóstico, en el modelo de planificación se utiliza una unidad para expresar todos los términos que lo componen, en este caso se utiliza la hora.

Para los cálculos preliminares se debe definir el tiempo disponible a trabajar, los turnos de trabajo necesario y los costos relacionados con la producción.

### 3.2.1.1 Tiempo disponible

Al conocer las cantidades del pronóstico de riesgo por mes, se determina la cantidad de tiempo real con el que se cuenta en cada mes. Este cálculo se realiza al totalizar las horas disponibles en cada mes considerando la operación actual de la fábrica: turnos, descansos o jornadas.

La fábrica labora en jornada diurna especial, de lunes a jueves de 7 a.m. a 5 p.m. y el día viernes de las 7 a.m. a 4 p.m. Brinda un receso de 15 minutos en la mañana y 15 minutos por la tarde, además detiene labores durante una hora a partir de las 12 p.m.

Tabla XIII. **Tiempo disponible para producción en jornada diurna especial en la fábrica de recubrimientos superficiales**

Tipo Hora	Por días			Por semana
	Lunes a Jueves	Viernes	Sábado	
Horas normales	8.5	7.5	0	41.5
Horas extras	3	4	8.5	24.5

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1.2 Definición de turnos

Para la definición de los turnos de producción los pronósticos de riesgo, para los dos meses definidos anteriormente, se deben transformar de datos en metros cúbicos a datos expresados en horas, esto se logra al dividir el pronóstico de cada mes entre la eficiencia del proceso de fabricación más lento

del producto, en la línea de producción se ha identificado como el proceso más lento al proceso de refinado.

El resultado de esta división es la cantidad requerida de horas por producto para cubrir el pronóstico de riesgo. En la fábrica es común que de un mismo lote se envase presentaciones diferentes, por lo que se debe sumar las horas requeridas para productos que se originen del mismo lote.

Ya con el tiempo disponible y el tiempo requerido para cada mes, se realiza una comparación y se determina si la disponibilidad actual cubre el tiempo requerido.

Si la capacidad actual de la fábrica no es suficiente para cubrir el requerimiento es necesario evaluar y definir las medidas necesarias para cumplir el pronóstico de riesgo: utilizar otro turno de producción, abrir otra jornada de producción o utilizar horas extras.

La eficiencia del proceso de refinado, el cual es el más lento de todo el proceso de producción, es de 1.45 m<sup>3</sup> por hora. Este dato se obtuvo de un estudio previo realizado en la fábrica por el personal de la misma. Las horas requeridas se obtienen al dividir el pronóstico de riesgo entre la eficiencia del proceso más lento.

$$\text{Horas Requeridas Mes 37} = \frac{76.77}{1.45} = 52.49 \text{ horas}$$

$$\text{Horas Requeridas Mes 38} = \frac{67.87}{1.45} = 46.81 \text{ horas}$$

Las horas normales disponibles se determinan al multiplicar la cantidad de días del mes respectivo por las horas por día disponibles determinadas previamente. En el mes 37 se dispone de la siguiente cantidad de días: 18 días de lunes a jueves, 5 días viernes y 4 días sábado. Para el mes 38 se cuenta

con: 17 días de lunes a jueves, 4 viernes y 5 sábados. Usando los datos de la tabla XIII se definen las siguientes cantidades de horas.

$$\text{Horas Normales Mes 37} = 18 (8.5) + 5 (7.5) + 4 (0) = 190.5 \text{ horas}$$

$$\text{Horas Normales Mes 38} = 17 (8.5) + 4 (7.5) + 5 (0) = 174.5 \text{ horas}$$

**Tabla XIV. Comparación de horas disponibles para meses 37 y 38, según pronóstico de producto A**

Pronóstico de riesgo (m <sup>3</sup> )	Eficiencia proceso más lento (m <sup>3</sup> /hr)	Horas requeridas	Horas normales disponibles	Diferencia entre horas normales y requeridas
76.77	1.45	52.94	190.5	137.55
67.87	1.45	46.81	174.5	127.69

**Fuente:** Elaboración propia.

En base a esta se puede apreciar que la cantidad de horas normales disponibles por mes son suficientes para cubrir el requerimiento de los pronósticos de riegos para los meses 37 y 38 del producto A.

### 3.2.1.2.1 Costos y capacidad

Dependiendo de la cantidad de horas faltantes requeridas para cubrir el pronóstico de riesgo se optará por la opción que represente el menor costo para la fábrica. Para los meses 37 y 38 las horas normales son suficientes para cubrir las horas requeridas determinadas previamente, ya que la diferencia

entre las horas disponibles y las requeridas es positiva, lo cual indica que se tiene horas de más. (Ver tabla XIV).

En el caso de que las horas normales no sean suficientes para cubrir un pronóstico de riesgo la opción a elegir se definirá considerando los siguientes lineamientos:

- Se abrirá un nuevo turno siempre y cuando se consuma al menos el 60% del nuevo tiempo total disponible ya que de lo contrario queda demasiado tiempo de ocio lo cual encarece la producción, este nuevo total de tiempo corresponde a la suma de tiempo disponible de cada turno. Además se debe tomar en cuenta la disponibilidad de maquinaria y equipo para los turnos adicionales.
- Se abrirá una jornada nocturna si el tiempo no consumido (tiempo de ocio) al abrir un turno adicional es muy grande y representa un costo mayor al costo de abrir una jornada nocturna. El abrir una jornada representa menor cantidad de horas pero a un mayor costo, en ocasiones la cantidad de horas adicionales del turno nocturno permite cumplir el pronóstico de riesgo sin dejar tiempo de ocio lo cual convierte a esta en una mejor opción.
- Se utilizarán horas extras cuando la cantidad de tiempo faltante sea muy pequeña y el costo de las mismas no supere el costo de un nuevo turno o nueva jornada.



### **3.2.2 Matriz de producción**

En esta matriz se debe de ingresar los datos definidos en los cálculos preliminares y los datos de pronóstico de riesgo: tiempo disponible, costos, horas requeridas y cantidades requeridas.

La planificación de la producción en la fábrica de recubrimientos conlleva el análisis de varios datos de manera simultánea, para tal fin es necesario englobar los datos y presentarlos con el objetivo que permitan tomar decisiones en base a los resultados que la interacción de los mismos brinden.

Este objetivo es alcanzado mediante la matriz de producción del modelo de planificación, esta consiste en una serie de columnas y filas que ordenan la información obtenida en los cálculos preliminares y permite asignar el tiempo disponible para la producción de diferentes maneras y así evaluar la opción más económica para la fábrica.

La línea de alto movimiento de la fábrica consta de varios productos, los cuales por ser muy similares, poseen el mismo tiempo de proceso más lento que es el proceso de refinado. Debido a esta similitud se utiliza solamente una matriz de producción, mediante la misma se definirá la cantidad de producto que se fabricará por mes.

La matriz de producción se conforma por dos partes, la parte fija y la parte móvil. La parte fija la comprende la fila y columna exterior en donde se registran los datos de tiempo requerido y tiempo disponible especificado por mes.

La parte móvil comprende las casillas debajo y a la derecha de las columnas y filas de la parte fija, en esta parte es donde se ingresan y operan los datos de asignación de horas, costos y tiempos restantes.

Figura 24. **Parte fija y móvil de una matriz de producción para el producto A, en los meses 37 y 38 con tiempo disponible y cantidad requerida**

		Mes 37		Mes 38		} Parte fija
		190.5	Tiempo Extra	174.5	Tiempo Extra	
Mes 37	76.77					} Parte móvil
Mes 38	67.87					}

} Parte fija
} Parte móvil

} Parte fija
} Parte móvil

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.1 Cantidad a producir

En las casillas ubicadas en la segunda columna de la matriz de la parte fija inferior se coloca la cantidad requerida a producir para cubrir el pronóstico de riesgo de cada mes determinado en los cálculos preliminares (Ver figura 24).

En las casillas ubicadas en la segunda fila de la matriz de la parte fija superior se coloca la cantidad de horas disponibles por mes colocando en una

casilla las horas normales y en la siguiente las horas extras para cada mes (Ver figura 24).

### 3.2.2.2 Tiempo a utilizar

Es la cantidad de horas que se utilizaran en un mes para cubrir el requerimiento de los pronósticos de riesgo.

Como primera aproximación, en la matriz se debe colocar el total de horas requeridas definidas previamente, completando las mismas con horas extras cuando sea necesario (Ver tabla XIII). Este dato se coloca en la casilla superior de la parte móvil de la matriz respetando sí estas son horas normales o extras.

En la casilla inferior en la parte móvil de la matriz se coloca la diferencia entre las horas disponibles y las horas a utilizar, este dato son las horas restantes disponibles o tiempo de ocio en el caso de horas normales. Estas horas pueden ser utilizadas para cubrir alguna otra necesidad que hubiera dentro la fábrica.

Para los meses 37 y 38 del producto A se tienen las siguientes diferencias de horas:

$$\text{Horas Restantes Mes 37} = 190.5 - 52.94 = 137.55 \text{ horas}$$

$$\text{Horas Restantes Mes 38} = 174.5 - 46.81 = 127.69 \text{ horas}$$

Figura 25. **Matriz de producción para el producto A en los meses 37 y 38 con tiempo disponible, cantidad requerida y tiempo a utilizar**

		Mes 37		Mes 38		
		190.5	Tiempo Extra	174.5	Tiempo Extra	Parte fija
Mes 37	76.77	<b>52.94</b>				Parte móvil
		<b>137.55</b>				
Mes 38	67.87			<b>46.81</b>		Parte móvil
				<b>127.69</b>		

Parte fija
Parte móvil

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.3 Mano de obra requerida

La mano de obra requerida por turno determina el costo principal en el proceso de producción de la fábrica y por lo tanto es el costo principal a evaluar en la matriz de producción.

En la siguiente tabla se puede apreciar la manera en que está conformado un turno de trabajo en la línea de alto movimiento de la fábrica.

Tabla XV. Personal requerido y salario mensual por turno en línea de alto movimiento de fábrica de recubrimientos

Área	Proceso	Personal necesario	Cantidad	Salario mensual por persona	Total salario mensual
Molinos	Dispersión	Ayudante general	2	Q 1,500.00	Q 3,000.00
	Molienda	Operador B	1	Q 1,800.00	Q 1,800.00
Refinado	Refinado	Ayudante general	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
		Operador B	1	Q 1,800.00	Q 1,800.00
		Operador A	1	Q 2,000.00	Q 2,000.00
Envase	Envase	Ayudante general	5	Q 1,500.00	Q 7,500.00
		Operador B	2	Q 1,800.00	Q 3,600.00
<b>TOTAL</b>			13	Q 11,900.00	Q 21,200.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Para poder ingresar el costo por turno a la matriz de producción del modelo se debe de expresar en una unidad monetaria en factor del tiempo, quetzales por hora. Esto se logra al obtener el valor por hora del turno.

Se suman los salarios del personal que conforma el turno, se divide dentro del total de horas del mes según la jornada (240 horas para el turno diurno) y se obtiene el valor por hora normal.

$$\text{Valor Hora Normal} = \frac{Q. 21,200.00}{240} = Q. 88.33 \text{ por hora}$$

Luego se multiplica este valor por 1.5 para obtener el valor de la hora extra.

$$\text{Valor Hora Extra} = Q.88.33 * 1.5 = Q.132.5 \text{ por hora}$$

El valor por hora original es el utilizado en la casilla media de la matriz en la parte móvil debajo de las horas a utilizar. En la casilla media siguiente, la cual pertenece al próximo mes, se le debe de agregar un costo de almacenaje al costo por hora original.

El costo de almacenaje se define por política de la empresa como el interés mensual que generaría el valor de este producto en un banco a una tasa de 12% más el valor del producto. Expresado en horas, este valor se divide por 720 horas de un mes, obteniendo así el costo de almacenaje por hora. El valor del producto A por metro cúbico es de Q.22,454.62.

$$\text{Valor Producto A con Interés} = Q.22,454.62 * 1.12 = Q.25,149.17$$

$$\text{Costo Almacenaje por Hora} = \frac{Q.25,149.17}{720} = Q.34.93 \text{ por hora}$$

$$\text{Valor Hora Normal con Almacenaje} = Q.88.33 + Q.34.93 = Q.123.26 \text{ hora}$$

$$\text{Valor Hora Extra con Almacenaje} = Q.132.5 + Q.34.93 = Q.167.43 \text{ hora}$$

Estos valores deben de colocarse en la matriz de producción. (Ver figura 26).

Figura 26. Matriz de producción para el producto A en los meses 37 y 38

		Mes 37		Mes 38		
		190.5	Tiempo Extra	174.5	Tiempo Extra	Parte fija
Mes 37	76.77	52.94				Parte móvil
		<b>88.33</b>	<b>132.5</b>			
		137.55				
Mes 38	67.87			46.81		Parte móvil
		<b>123.36</b>	<b>167.43</b>	<b>88.33</b>	<b>132.5</b>	
				127.69		

Parte fija
Parte móvil

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.4 Costos

Es el cálculo del costo total que brinda el modelo de planificación en función de la asignación de las horas disponibles por mes con su respectivo costo para cubrir el pronóstico de riesgo. Este cálculo incluye el costo de tiempo de ocio.

La matriz del modelo permite varios escenarios que generan diferentes costos, para determinar el costo óptimo se debe seguir las siguientes indicaciones:

- Asignar la mayor cantidad de horas normales por mes
- Asignar la mayor cantidad de horas normales restantes para otro mes cuando sea posible

- Dejar como última opción la asignación de las horas extras

Tabla XVI. **Opción de asignación de matriz de producción para los meses 37 y 38, según pronóstico de riesgo del producto A**

		Mes 37		Mes 38	
		190.5	107.5	174.5	98
Mes 37	76.77	52.94	0.0		
		88.33	132.5		
		137.55	107.5		
Mes 38	68.77	0.0	0.0	46.81	0.0
		123.36	167.43	88.33	132.49
		137.55	107.5	127.69	98

El costo (C) para esta opción de asignación de horas se calcula tomando en cuenta las horas de ocio para cada mes las cuales no fueron asignadas.

$$Costo = 52.94(Q. 88.33) + 137.55(Q. 88.33) + 46.81(Q. 88.33) + 127.69(Q. 88.33)$$

$$Costo = Q. 32,240.78$$

Esta opción no es la única solución para el producto A, se puede obtener diferentes costos al manipular los datos siguiendo los lineamientos mostrados, la solución final es aquella que presente el menor costo que cubra los requerimientos de Producto A.



### **3.3 Cálculo de requerimientos**

Luego de la etapa de pronóstico y de planificación de la producción, se debe de tomar las medidas necesarias que garanticen la continuidad del proceso productivo.

Dentro de estas medidas se encuentra el cálculo de requerimientos de materiales y las fechas de entrada de los mismos, este cálculo parte de la información obtenida de la matriz de la producción y no del pronóstico de riesgo.

Esto se debe a que la fábrica debe contar con los materiales que puede procesar y no con materiales que, debido a su capacidad, se verá obligado a almacenar. Se entiende por materiales las materias primas y material de empaque.

Los materiales requeridos, conocidos de mejor forma como materia prima, son los elementos que componen al producto, o sea, son los ingredientes de los productos. Las fechas de entrada de los materiales son las fechas en que un material debe ingresar a la fábrica para utilizarse en el proceso del producto respectivo.

El cálculo de los requerimientos de materiales y las fechas de entrada del producto A para los meses 37 y 38 se describe en las secciones siguientes.

### **3.3.1 Explosión de materiales**

La explosión de materiales comprende la definición de la cantidad de materiales a utilizar por mes, las fechas de colocación de requerimiento y de entrega y las herramientas de control del inventario de los materiales.

El único material al cual no se aplica este análisis es el agua, debido a que la fábrica cuenta con pozo propio.

Para iniciar la explosión de materiales es necesario contar con el pronóstico de riesgo respectivo definido anteriormente y la fórmula actualizada y vigente del producto durante los meses para el cual se realiza el cálculo.

Luego se calcula la cantidad necesaria de cada material según el pronóstico de riesgo y la fórmula, se define las fechas de entrada o entrega de los materiales; y por último, se consolida la información en gráficas y cuadros de control.

#### **3.3.1.1 Cantidad requerida**

Se deberá de contar con la fórmula actualizada de materiales de cada producto que conforme la línea de alto movimiento avalada por el Departamento Técnico, esta fórmula se presentará como material necesario por metro cúbico.

Tabla XVII. Ejemplo de formato y fórmula por m<sup>3</sup> para producto A

Material por m <sup>3</sup>		
Código	Cantidad	Unidad
Vehículo	0.4	m <sup>3</sup>
Pigmento A	10	Kg
Aditivo A	1	Kg
Aditivo B	5	Kg
Secante	2	Kg
Agua	0.3	m <sup>3</sup>
Solvente	0.1	m <sup>3</sup>


---

Nombre y Firma  
Responsable Técnico

**Fuente:** Departamento Técnico.

La unidad de metro cúbico se utiliza para el solvente mineral, el vehículo y agua. La unidad de kilogramo se utiliza para el resto de materias primas. El material de empaque se trata por unidad.

Al tener la fórmula con el detalle de materiales se procede a calcular el total requerido de cada material según la cantidad a producir por mes determinada en la matriz de producción. Esto se logra al multiplicar cada material de la fórmula por el total del pronóstico de riesgo para un mes.

La fórmula para el producto A (Ver tabla XVII) está expresada en materiales requeridos por metro cúbico. El pronóstico de riesgo para el mes 37 es de  $76.77 \text{ m}^3$ , entonces este valor se multiplica por las cantidades de los diferentes materiales según la fórmula del producto A.

El cálculo de la cantidad requerida de materiales para producir el producto A en el mes 37 se muestra a continuación.

$$\text{Vehículo para Mes 37} = 76.77 \text{ m}^3 * 0.4 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 30.71 \text{ m}^3$$

$$\text{Pigmento A para Mes 37} = 76.77 \text{ m}^3 * 10 \text{ kg}/\text{m}^3 = 767.66 \text{ kg}$$

$$\text{Aditivo A para Mes 37} = 76.77 \text{ m}^3 * 1 \text{ kg}/\text{m}^3 = 76.77 \text{ kg}$$

$$\text{Aditivo B para Mes 37} = 76.77 \text{ m}^3 * 5 \text{ kg}/\text{m}^3 = 383.83 \text{ kg}$$

$$\text{Secante para Mes 37} = 76.77 \text{ m}^3 * 2 \text{ kg}/\text{m}^3 = 153.53 \text{ kg}$$

$$\text{Agua para Mes 37} = 76.77 \text{ m}^3 * 0.3 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 23.03 \text{ m}^3$$

$$\text{Solvente para Mes 37} = 76.77 \text{ m}^3 * 0.1 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 7.68 \text{ m}^3$$

El cálculo para la cantidad requerida de materiales para el producto A en el mes 38 se muestra a continuación considerando el pronóstico de riesgo respectivo el cual tiene un valor de  $67.87 \text{ m}^3$ .

$$\text{Vehículo para Mes 38} = 67.87 \text{ m}^3 * 0.4 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 27.15 \text{ m}^3$$

$$\text{Pigmento A para Mes 38} = 67.87 \text{ m}^3 * 10 \text{ kg}/\text{m}^3 = 678.70 \text{ kg}$$

$$\text{Aditivo A para Mes 38} = 67.87 \text{ m}^3 * 1 \text{ kg}/\text{m}^3 = 67.87 \text{ kg}$$

$$\text{Aditivo B para Mes 38} = 67.87 \text{ m}^3 * 5 \text{ kg}/\text{m}^3 = 339.35 \text{ kg}$$

$$\text{Secante para Mes 38} = 67.87 \text{ m}^3 * 2 \text{ kg}/\text{m}^3 = 135.74 \text{ kg}$$

$$\text{Agua para Mes 38} = 67.87 \text{ m}^3 * 0.3 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 20.36 \text{ m}^3$$

$$\text{Solvente para Mes 38} = 67.87\text{m}^3 * 0.1 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 6.79 \text{ m}^3$$

Esta explosión se realiza para cada producto que conforma la línea de alto movimiento. Al definir el total requerido de los materiales para los productos, se suma las cantidades de los mismos materiales.

**Tabla XVIII. Cantidad requerida de materiales para el producto A, en los meses 37 y 38**

Material	Fórmula por m <sup>3</sup>	Requerido Mes 37	Requerido Mes 38	Total Meses 37 y 38	Unidad
Vehículo	0.4	30.71	27.15	57.85	m <sup>3</sup>
Pigmento A	10	767.66	678.70	1,446.36	Kg
Aditivo A	1	76.77	67.87	144.64	Kg
Aditivo B	5	383.83	339.35	723.18	Kg
Secante	2	153.53	135.74	289.27	Kg
Agua	0.3	23.03	20.36	43.39	m <sup>3</sup>
Solvente	0.1	7.68	6.79	14.46	m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.

Por último, se elabora un listado general de la suma de cantidades requeridas de materiales para los dos meses, éstas cantidades se deben de traer a la fábrica, para garantizar la continuidad del proceso de producción y en base a las mismas se realiza los cálculos de las siguientes secciones.

Tabla XIX. **Modelo de listado de materiales requeridos del producto A, para los meses 37 y 38**

<b>Departamento de Manufactura</b>				
<b>Listado de requerimiento de materiales</b>				
<b>Período:</b>	Bimestre 37 – 38			
<b>Línea:</b>	Alto movimiento			
<b>Realizado por:</b>	Usuario Planificador			
<b>Hoja No.:</b>	1/1			
<b>No.</b>	<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
1	Vehículo	Líquido	57.85	m3
2	Pigmento A	Sólido	1446.36	Kg
3	Aditivo A	Líquido	144.64	Kg
4	Aditivo B	Líquido	723.18	Kg
5	Secante	Líquido	289.27	Kg
6	Agua	Líquido	43.39	m3
7	Solvente	Líquido	14.46	m3
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.3.1.2 Fechas de entrega**

Las fechas de entrega de los materiales requeridos para el cumplimiento de la planificación continua se determinan a través del control de inventarios basado en las herramientas de los inventarios determinísticos, puesto que desde un inicio se conoce la cantidad necesaria de materiales.

Este control y definición de fechas se debe de realizar para cada material que intervenga en la producción y debido a la política de la fábrica de no desperdiciar capital de trabajo en materiales o en producto terminado, se toma como ciclo para el cálculo de las fechas de entrega el período de dos meses.

La determinación de las fechas de solicitud y entrada de material conlleva varios pasos los cuales se describen a continuación.

#### **Nivel mínimo de inventario (NMI)**

El primer paso para determinar las fechas de entrega de materiales es la definición del nivel mínimo de inventario ya que los proveedores de materiales no son constantes y presentan retrasos en las entregas de los mismos.

Este paso se inicia con el cálculo del promedio del tiempo que tomó las últimas 6 entregas del material específico. De las últimas 6 entregas, se le resta a la que tomo mayor tiempo el promedio calculado, este resultado se toma como un factor de seguridad (FS) que incluye el promedio del tiempo de entrega y un tiempo de retraso.

Para el producto A y utilizando el caso del Pigmento A como punto ilustrativo del método de cálculo, se detallan las últimas entregas del mismo en la tabla XX.

Tabla XX. **Historial de entregas del Pigmento A en la fábrica**

Departamento de Manufactura Bodega de Materia Prima Historial de Entrega de Materiales				
Código	Descripción	No. Solicitud	Cantidad	Tiempo de entrega (Meses)
Pigmento A	Sólido	PA-090604	100.00	0.23
Pigmento A	Sólido	PA-090605	200.00	0.27
Pigmento A	Sólido	PA-090606	100.00	0.13
Pigmento A	Sólido	PA-090701	50.00	0.17
Pigmento A	Sólido	PA-090702	100.00	0.20
Pigmento A	Sólido	PA-090703	100.00	0.27
Pigmento A	Sólido	PA-090704	100.00	0.37
Pigmento A	Sólido	PA-090701	200.00	0.20

**Fuente:** Bodega Materia Prima.

Con los últimos 6 datos se calcula el promedio de entrega.

$$\bar{x} = (0.13 + 0.17 + 0.20 + 0.27 + 0.37 + 0.20) / 6 = 0.22 \text{ mes}$$

Para obtener el factor de seguridad (FS) se le resta al tiempo de entrega mayor el promedio calculado.

$$FS \text{ Pigmento A} = 0.37 - 0.22 = 0.14 \text{ mes}$$

El nivel mínimo de inventario (NMI) para un material específico se determina al multiplicar la cantidad de material requerido (R) por el factor de seguridad (FS) y dividir este producto entre el ciclo.



Este nivel protege a la operación de la fábrica de escasez de material. La fórmula de nivel mínimo de inventario se define a continuación como:

$$NMI = (R * FS)/2$$

Para el Pigmento A se define el siguiente NMI según el requerimiento para los meses 37 y 38.

$$NMI \text{ Pigmento A} = \frac{1,446.36 * 0.14}{2} = 101.25 \text{ kgs}$$

### **Nivel de reorden (NR)**

El nivel de reorden (NR) indica el momento en el mes cuando se debe de solicitar un material específico al proveedor. Este se define al multiplicar la cantidad de material requerido (R) por el promedio de tiempo de entrega del proveedor ( $\chi$ ).

$$NR = (R * \chi) / 2$$

Para el Pigmento A se define el siguiente nivel de reorden.

$$NR \text{ Pigmento A} = \frac{1,446.36 * 0.22}{2} = 159.10 \text{ kgs}$$

### **Nivel teórico de consumo (NTC)**

El nivel teórico de consumo (NTC) indica el tiempo que cubrirá la existencia actual de material si se cumpliera de la mejor manera la planificación de la producción. Este se define al dividir el inventario actual al momento de hacer el análisis (I) entre la cantidad de material requerido (R) y multiplicarlo por el ciclo.

$$NTC = (I / R) * 2$$

Para el Pigmento A se define el siguiente nivel teórico de consumo al tomar bajo consideración la existencia de 225 kilogramos del mismo en la bodega de materia prima.

$$NTC \text{ Pigmento A} = \frac{225.00}{1,446.36} * 2 = 0.31 \text{ meses}$$

### **Nivel máximo de existencia (NME)**

Este nivel se basa en la política de la fábrica que señala que no debe de haber una cantidad de materiales mayor a lo requerido para 2 meses de producción.

El nivel máximo de existencias (NME) se define al dividir la cantidad de material requerido entre el ciclo definido previamente y luego multiplicar este resultado por el valor de la política de la fábrica.

$$NME = (R / 2) * 2$$

Para el Pigmento A en el período de tiempo en estudio se define el siguiente nivel máximo de existencia.

$$NME \text{ Pigmento A} = \frac{1,446.36}{2} * 2 = 1,446.36 \text{ kgs}$$

### **Pedido óptimo (PO)**

Es la cantidad exacta de material a pedir al proveedor. Se define a través de las herramientas de los inventarios determinísticos como:

$$PO = 2 * NMI + NR$$

Si el proveedor trabaja con cantidades preestablecidas de envío se debe solicitar la cantidad que cubra el pedido óptimo y descontar la diferencia para el siguiente pedido.

En el caso del Pigmento A para los meses 37 y 38 se define el siguiente pedido óptimo.

$$PO \text{ Pigmento A} = 2 * 101.25 + 159.10 = 361.59 \text{ kgs}$$

En ocasiones se puede presentar el caso en el cual el inventario actual de un material (I) sea menor al nivel de reorden (NR), esta diferencia entre estos dos puntos (K) debe incluirse en el cálculo del pedido óptimo, por lo que para este caso el pedido óptimo se define como:

$$PO = 2 * NMI + NR * K$$

Utilizando el mismo procedimiento se calculan los diferentes parámetros descritos para el resto de materiales, los resultados de los mismos se muestran en la tabla XXI.

**Tabla XXI. Parámetros para elaboración de gráficas de control de materiales del producto A, en los meses 37 y 38**

Material	Cantidad Requerida	Inventario Inicial	Promedio de Entrega	Factor de Seguridad	NMI	NR	NTC	NME	PO
Vehículo	57.85	5.50	0.15	0.11	3.18	4.34	0.19	57.85	10.70
Pigmento A	1,446.36	225.00	0.22	0.14	101.25	159.10	0.31	1,446.36	361.59
Aditivo A	144.64	28.00	0.19	0.12	8.68	13.74	0.39	144.64	31.10
Aditivo B	723.18	162.00	0.21	0.18	65.09	75.93	0.45	723.18	206.11
Secante	289.27	59.00	0.33	0.25	36.16	47.73	0.41	289.27	120.05
Solvente	14.46	2.20	0.08	0.05	0.36	0.58	0.30	14.46	1.30

### 3.3.1.3 Gráfica de control

El control de inventarios se resumirá mediante una gráfica en función del tiempo para cada material que, a la vez, determina las fechas de solicitud y entrega de los materiales.

#### Primeros trazos de gráfico de control

Se dibuja un eje vertical que representa el nivel de inventario del material y se dibuja un eje horizontal que representa el tiempo dividido en los días de cada mes en análisis. En esta base se traza el nivel mínimo de inventario, el nivel de reorden y el nivel máximo de existencia; los cuales son valores constantes.

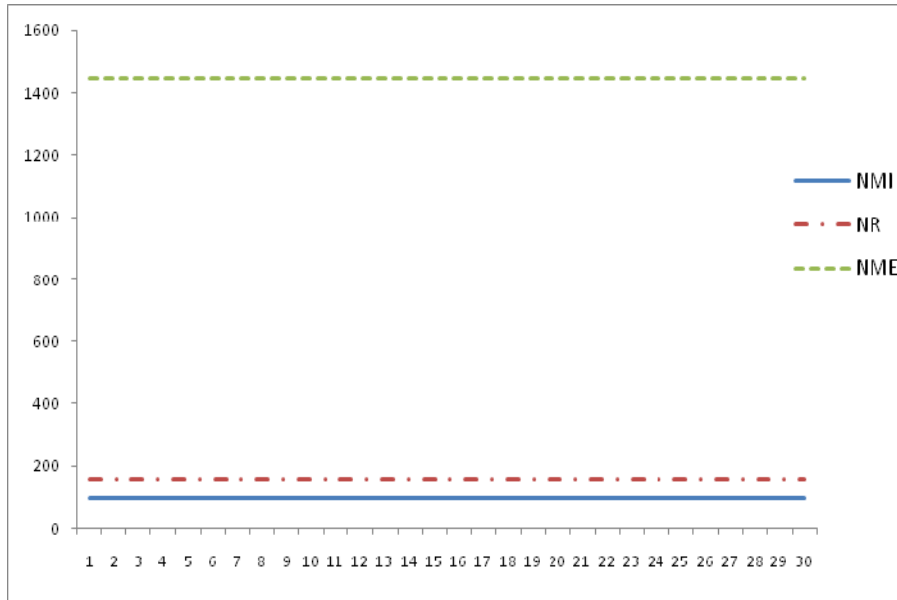
Siguiendo con el Pigmento A como punto ilustrativo del detalle del procedimiento, se presentan en la tabla XXII los valores obtenidos en las secciones anteriores para la elaboración de la gráfica.

Tabla XXII. Valores para elaboración de gráfica de control de pigmento A

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
NMI	Nivel Mínimo de Inventario	101.25	Kgs
NR	Nivel de Reorden	159.10	Kgs
NTC	Nivel Teórico de Consumo	0.31	Mes
NME	Nivel Máximo de Existencia	1,446.36	Kgs
PO	Pedido Óptimo	361.59	Kgs

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. **Gráfica de control con los primeros trazos para el pigmento A**



Fuente: Elaboración propia.

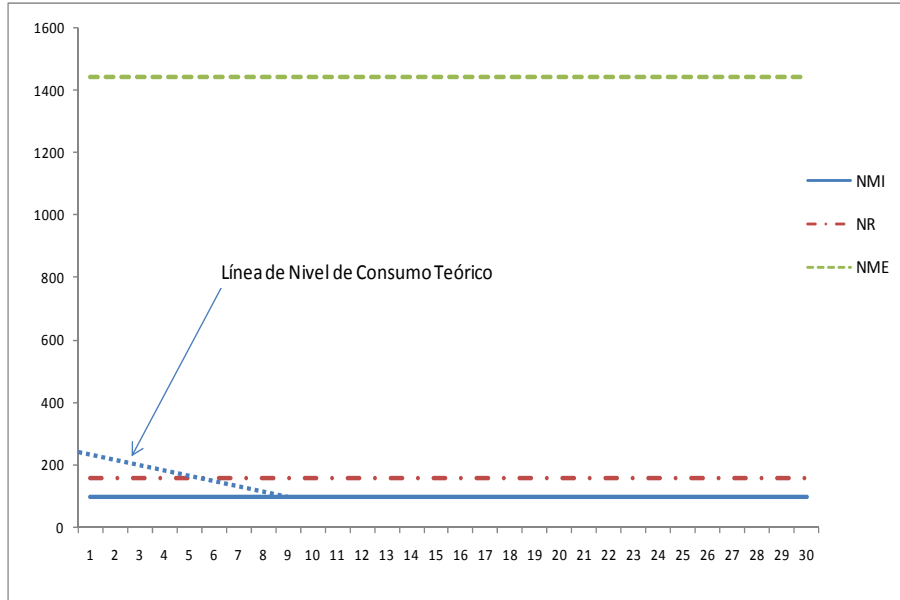
### Fecha de solicitud

La intersección entre la línea del nivel de reorden con la línea del nivel teórico de consumo determina el día en que se debe solicitar el pedido óptimo del material.

La línea del nivel teórico de consumo se traza en línea recta desde el punto que represente el inventario inicial en el día cero del material hasta el día que suma el total del valor del nivel teórico de consumo.

En el caso del pigmento A se tiene un inventario inicial de 225 kg y un 0.31 mes de nivel teórico de consumo que en días representa aproximadamente 9.

Figura 28. **Gráfica de control con primer pedido óptimo para pigmento A**



Para el Pigmento A se determina que el primer pedido debe solicitarse el día 5 del mes 37, ya que se puede apreciar en la gráfica la intersección de la línea de nivel teórico de consumo con la línea de nivel de reorden.

### **Fechas de ingreso**

La intersección entre la línea del nivel mínimo de inventario con la línea del nivel teórico de consumo determina el día en que debe ingresar el pedido óptimo.

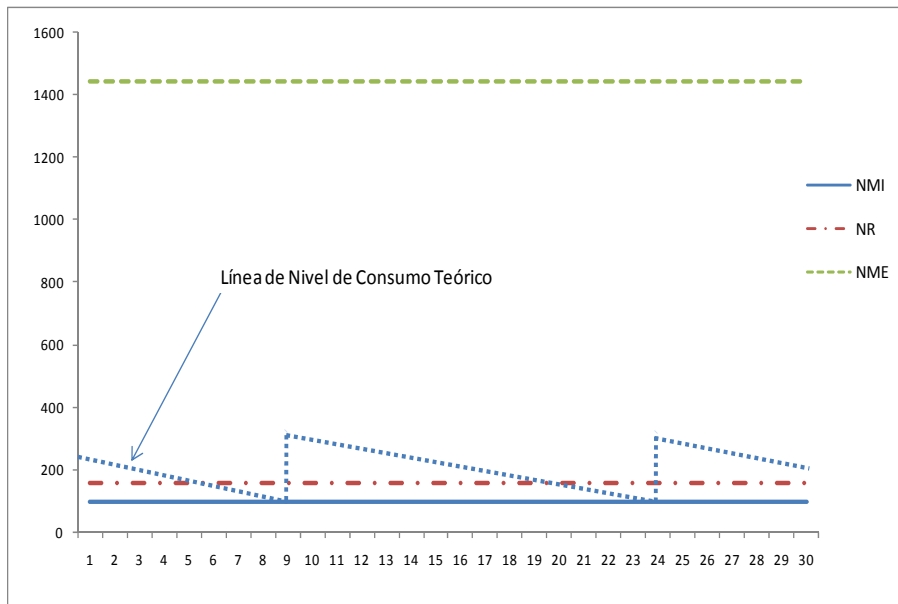
El ingreso del primer pedido óptimo (PO) genera un nuevo nivel de existencia, el cual se mantendrá constante durante los demás ingresos, por lo tanto se debe calcular de nuevo el nivel teórico de consumo (NTC) para el resto de la gráfica.

Para el Pigmento A se tiene entonces:

$$NTC \text{ Pigmento A} = \frac{361.59}{1,446.36} * 2 = 0.5 \text{ meses}$$

Luego de calcular este nuevo nivel teórico de consumo se continúa con el resto de la gráfica siguiendo los lineamientos anteriores.

Figura 29. **Gráfica de control del pigmento A para el mes 37**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 29 se puede observar la primera intersección, mencionada previamente, que define al día 5 como el día en que se debe hacer el primer pedido óptimo. Luego se observa la intersección con la línea del nivel de reorden en el día 9, por lo cual el Pigmento A debe ingresar en esa fecha.

La siguiente intersección se produce el día 20 entre la línea de consumo teórico y la línea del nivel de reorden, esto señala el próximo día en que se

debe realizar otro pedido óptimo, y por último se observa la intersección de la línea de consumo con la línea de nivel mínimo de inventario, definiendo el día 24 como la fecha de ingreso del Pigmento A. Esta gráfica continúa en el mes 38 ya que el requerimiento definido comprende ambos meses.

Las intersecciones, que definen los días de solicitud y de ingreso, se deben de orden en un cuadro que permita englobar todos los materiales para su mejor seguimiento.

Figura 30. **Modelo de plan de solicitudes e ingresos para el pigmento A**

Departamento de Manufactura								
Plan de Fechas de Solicitud e Ingreso de Materiales								
Meses:		37						
Línea:		Alto Volumen						
Elaborado por:		Usuario Planificador						
Hoja:		1/1						
No.	Codigo	Unidad	Solicitud	Cantidad	Ingreso	Solicitud	Cantidad	Ingreso
1	Pigmento A	kgs	Día 5	361.59	Día 9	Día 20	361.59	Día 24
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Fuente: Elaboración propia.



### **3.4 Plan de producción**

El definir la cantidad a producir en cierto mes, la cual se definió en 76.77 y 68.77 m<sup>3</sup> para el mes 37 y 38 respectivamente para el producto A, y asegurar la existencia de los recursos para operar de manera ininterrumpida deja como última tarea el ordenar la producción en la fábrica según el tamaño y disponibilidad de la maquinaria y equipo a utilizar en la línea de alto movimiento.

Lo anterior se traduce en un plan de producción que permita el seguimiento y control diario del requerimiento general para un mes definido en la matriz de producción.

Debido a que el proceso más lento se encuentra en el proceso de refinado, por la demora en espera del inicio del proceso de envase, el plan de producción diario se basa en la maquinaria utilizada en este proceso.

Con la finalidad de construir el plan de producción, la capacidad diaria de un turno de trabajo se expresa en función de los metros cúbicos que puede producir por día. Esta capacidad se encuentra medida en 26.5 m<sup>3</sup> por turno en tiempo normal, este dato se obtiene mediante el control de tiempos que se realiza periódicamente en la fábrica.

#### **3.4.1 Órdenes de producción**

Estas deben ser generadas en función de la cantidad de tanques y del tamaño de los mismos. En la fábrica se cuenta con 3 tanques de 7.6 m<sup>3</sup> y 2 tanques de 15.1 m<sup>3</sup>.

Para el Producto A, que se ha trabajado en las secciones previas, se tienen los siguientes parámetros para la elaboración de las órdenes del mes 37 que formarán el plan de producción.

**Tabla XXI. Parámetros para elaboración de órdenes de producción del producto A, en el mes 37**

Parámetro	Cantidad	Unidad	Fuente
Cantidad requerida	76.66	m <sup>3</sup>	Pronóstico de riesgo
Turnos disponibles	1	-	Matriz de producción
Capacidad diaria por turno	26.5	m <sup>3</sup>	Estudios de tiempos previos de fábrica
Capacidad disponible diaria	26.5	m <sup>3</sup>	Cantidad de turnos multiplicado por la capacidad diaria

**Fuente:** Elaboración propia.

La generación de las órdenes se basa en la cantidad de producto requerido y los turnos disponibles determinados en la matriz de producción.

Además, se debe asignar tamaños de lote por día que sumados no sobrepasen la capacidad diaria de los turnos disponibles.

Debido a la capacidad diaria máxima de 26.5 m<sup>3</sup> solo se puede trabajar un tanque de 7.6 m<sup>3</sup>, otro de 15.1 m<sup>3</sup> y uno más de 7.6 m<sup>3</sup> que no podrá ser terminado en un día.

La diferencia pendiente del último tanque debe de tomarse en cuenta para el próximo día de trabajo.

Figura 31. **Modelo de orden de producción para el producto A**

Órdenes de trabajo  
Línea de alto movimiento

Día                1      
Mes               37   

Maquinaria	Asignación	Prioridad
Tanque 7.6	Producto A	1
Tanque 7.6	Producto A	3
Tanque 7.6	-	-
Tanque 15.1	Producto A	2
Tanque 15.1	-	-

**Observaciones**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Fuente:** Elaboración propia.

La elaboración de ordenes de producción y selección de tanques no es única y dependerá de la situación de la fábrica para la definición de los mismos, ya que este proceso de decisión se puede ver afectado por varios factores tales como desperfectos de maquinaria, interacción de las órdenes del producto A con los demás productos, urgencias de producto, materias primas escasas, etc.

Por último, la consolidación de las diferentes órdenes de trabajo para cubrir el requerimiento del producto A en los meses 37 y 38 resulta el plan de producción de la fábrica para el período mencionado.

## 4. IMPLANTACIÓN DEL MODELO

### 4.1 Herramientas a utilizar

Para el desarrollo de este trabajo de graduación es necesario definir las herramientas utilizadas como base para determinar un modelo de pronóstico y de planificación.

A continuación se describe el uso que se le da en este trabajo a las herramientas de análisis y control de la producción a utilizar.

- Diagramas de flujo de operaciones: describe la forma de trabajar u operar dentro de la fábrica, permite identificar el proceso más lento el cual marca el ritmo de operación de la fábrica.
- Pronósticos de serie temporal: al contar con información precisa de eventos anteriores, estos pronósticos permiten estimar el resultado de un evento futuro.
- Planificación continua de la producción: determina la operación más económica para la fábrica de recubrimientos superficiales, además permite la observación de la capacidad real de la fábrica contra el requerimiento de un pronóstico previo establecido.
- Control de inventarios determinísticos: auxilia en el control de niveles de materiales dentro de la fábrica, indica los momentos precisos cuando se

debe solicitar un material para evitar el agotamiento y el consecuente paro de producción. Es aplicable según la política de manejo de capital de trabajo de la fábrica.

- Ordenes de producción: permite asignar trabajo según la capacidad de la fábrica previniendo su sobrecarga y presenta esta información de manera gráfica.

#### **4.2 Procedimiento para la recopilación de datos para el modelo de pronóstico y planificación de la producción**

Junto con las herramientas de control de la producción, la información precisa y correcta es la clave para la obtención del modelo que describa y se ajuste de la mejor manera al proceso de producción en la línea de alto movimiento de la fábrica.

Esta información es obtenida de otros estudios o registros previos de la fábrica de recubrimientos y no se consideran dentro del estudio de este trabajo de graduación. El procedimiento de recopilación de esta información o datos se aplica en dos elementos de la producción de la fábrica: datos de métodos o procesos de fabricación y datos de materiales.

Estos datos se utilizan para la elaboración del pronóstico de riesgo, de la elaboración de la matriz de producción y sus costos, en el control de inventarios y en la definición de las órdenes de producción. Debido a su importancia estos datos deben cumplir ciertos lineamientos al momento de registrarse, estos lineamientos se mencionan en las siguientes secciones.

#### **4.2.1 Datos de métodos y procesos de fabricación**

Estos datos se utilizan en la elaboración de la matriz de producción, el cálculo de los costos y la determinación del costo óptimo, además se requieren para la elaboración de las órdenes de trabajo que conforman el plan de producción.

La observación y obtención de datos de los métodos de trabajo del personal y de los procesos de producción de la línea de alto movimiento de la fábrica debe seguir varias consideraciones importantes antes de la utilización de estos con la herramienta de análisis o control de producción respectiva.

- Acercamiento inicial: se debe de acordar con el encargado de cada proceso la preparación y observación del mismo, además informar la finalidad de la observación. Si existe más de un operario realizando la misma operación, se debe consultar con el supervisor cual es el operario más experimentado o más eficiente para no incluir en el análisis las operaciones no correctas efectuadas por un operario inexperto.
- Interacción con los operarios: al observar una operación se debe presentar una actitud receptiva hacia el operador permitiéndole cuestionar el estudio y su finalidad. Se debe de contestar las preguntas hechas por los operadores de manera rápida y directa, además se debe animar al operario a que proporcione sugerencias y detalles de las operaciones. Ante tal acto se debe presentar gratitud e interés. El conjunto de estas acciones permitirá la obtención de la confianza del operador.

- Análisis del método y proceso: se debe de hacer suficientes registros del método o proceso que se estudia. Se debe listar y clasificar cada operación y anotar a la vez los elementos que interactúan: materiales, maquinaria, equipo, operarios, etc.

Esta información debe ser presentada por el gerente de producción de la fábrica, quien además certifica el cumplimiento de las recomendaciones anteriores al momento de registrarlas.

#### **4.2.2 Datos de materiales**

La información a utilizar sobre los materiales comprende la cantidad actual de estos en la bodega de materia prima o material de empaque en el momento cuando se realice la definición del plan de solicitud e ingresos a la fábrica, al igual que los procesos de manejo, despacho y uso.

También se debe contar con el historial de tiempos de entrega de cada material. Se debe contemplar los siguientes aspectos para la obtención y administración de estos datos.

- Los niveles de inventario actuales de la fábrica deben ser actualizados mediante inventarios cíclicos basados en la frecuencia de movimiento que tiene dentro del proceso de producción.
- La información deberá ser brindada directamente al analista del plan de requisiciones e ingresos por el gerente de la bodega de materia prima, el cual tiene como principal función el garantizar la exactitud de los inventarios. La información entregada por el gerente de materia prima

debe de ir respaldada por un nivel de 98.5% de exactitud del total de los materiales para permitir el análisis y definición de un plan de requisiciones e ingresos óptimo.

- Los registros actuales del tiempo de entregas de los proveedores también son proporcionados por el gerente de materia prima, el cual cuenta con un sistema de registro de esta información. Estos datos son ingresados a un formato de registro y control que facilitan el análisis del cálculo de requerimientos.
- Se contará con la política de manejo de capital más actualizada para la elaboración del cálculo de requerimientos. Para este proyecto se limita el tiempo de almacenaje de un material a dos meses. Además en este punto se considerará información sobre las características de almacenaje de los materiales, tales como condiciones mínimas de almacenaje, tiempo de vencimiento, etc.

Esta información debe ser presentada por el gerente de bodega de materias primas de la fábrica, quien además certifica el cumplimiento de las recomendaciones anteriores al momento de registrarlas.

#### **4.2.3 Registro de información**

La información de requerimientos de períodos anteriores (ventas) utilizada en el modelo de pronóstico y planificación de la producción será revisada por el gerente de planificación de la producción de la fábrica, el cual



certifica que la información comprende y corresponde a los períodos a analizar, antes del ingreso de la misma al modelo.

Los requerimientos de períodos anteriores, los cuales son la base del pronóstico y por lo tanto afecta a todo el modelo, deberán ser avalados por un área de la empresa exterior a la fábrica, preferiblemente el área de ventas, puesto que esto permitirá incluir la opinión de otros puntos de vistas y a la vez enriquecer el potencial del modelo.

#### **4.3 Procedimiento para la definición de requerimientos para el plan de producción**

Los requerimientos definidos por el modelo en la parte de pronóstico brindan un acercamiento inicial al que será el funcionamiento de la fábrica en los próximos dos meses.

Este acercamiento inicial es refinado por la parte del modelo de planificación de la producción mediante una matriz de producción que se presenta como herramienta de análisis y decisión. Esta característica de la matriz de planificación se alcanza al seguir las siguientes etapas para la definición de requerimientos para el plan de producción.

##### **Pronóstico de producción**

- Definición de período y producto a evaluar
- Obtención de toda la información requerida
- Preparación y ordenamiento de la información
- Análisis mediante método apropiado de la información

- Definición de requerimientos de producto para un período específico

### **Planificación de la producción**

- Conversión de pronósticos a una unidad general (metro cúbico)
- Agrupar la nueva unidad general según tipo de producto, de ser posible
- Determinar información o datos adicionales
- Trasladar toda la información en función de la misma unidad (hora)
- Construcción de una matriz de información
- Análisis y toma de decisión
- Definición de requerimientos para la producción de un mes

#### **4.4 Procedimiento para la elaboración del plan de producción**

La matriz de producción brinda solamente un requerimiento mensual a cumplir, lo cual deja muchas variables inciertas respecto al actuar diario de la fábrica. Un ordenamiento del trabajo por día para el cumplimiento del requerimiento mensual requiere la elaboración de órdenes de trabajo diarias. La elaboración de las órdenes de trabajo conlleva las siguientes consideraciones.

- Definir capacidad diaria de los grupos de trabajo
- Definir capacidad diaria de maquinaria y equipo
- Asignar trabajo
- Evaluar capacidad asignada



## **5. SEGUIMIENTO**

### **5.1 Evaluación del modelo de pronóstico de producción**

Después de haber realizado el pronóstico de producción para un mes específico, es necesario evaluar el nivel de certeza que el pronóstico de riesgo tuvo respecto de la venta real del mismo mes, de esta forma se determinará si es necesario hacer cambios en el análisis y obtención del mismo.

Este permitirá mejorar la entrega a tiempo y completa de producto al área de ventas.

#### **5.1.1 Evaluación de requerimiento**

La evaluación del requerimiento mensual se hará mediante un análisis cuantitativo y un análisis cualitativo.

El primer análisis, el análisis cuantitativo, medirá el porcentaje de certeza que tuvo el requerimiento mensual del pronóstico de riesgo respecto de las ventas del mismo mes.

El análisis cualitativo determinará si existieron factores no controlables, ya sea internos o externos, que pudieran haber afectado el cumplimiento del requerimiento mensual.

Debido a que la línea de alto movimiento está compuesta por varios productos, primero se procede a trasladar las ventas reales del mes en análisis a metros cúbicos. Se suman todas las ventas reales en metros cúbicos y se divide entre el total de metros cúbicos de todos los pronósticos de riesgo respectivos.

A continuación se presenta el cuadro de evaluación del requerimiento mensual definido por la matriz de producción para un producto de la línea de alto movimiento de la fábrica de recubrimientos superficiales.

Figura 32. **Modelo de cuadro de evaluación de requerimiento**

<b>Departamento de Manufactura Evaluación del Requerimiento</b>				
Mes: _____				
Línea: _____				
Analista: _____				
No.	Código	Ventas Reales (m <sup>3</sup> )	Pronóstico de Riesgo (m <sup>3</sup> )	%
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
	<b>Total</b>			

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Posibles escenarios del resultado**

### **Caso I**

Si la primera evaluación, la cuantitativa, presenta un resultado menor de 94%, se debe encontrar en la evaluación cualitativa si los factores no controlables existieron.

De haber existido factores no controlables que influyeron en el resultado se debe cuantificar su efecto y nuevamente evaluar el resultado, y si el resultado continuará por debajo de 94%, se debe revisar los cálculos que determinaron el pronóstico de riesgo del mes.

### **Caso II**

Si la evaluación cuantitativa presenta un resultado mayor o igual a 94%, se debe encontrar en la evaluación cualitativa si los factores no controlables existieron. De existir factores que influyeron en el resultado, se debe cuantificar su efecto y nuevamente evaluar.

De estar todavía igual o por arriba a 94%, se dice que el pronóstico de riesgo es adecuado. Si el nuevo resultado fuera menor de 94% se procede igual que en la resolución del primer caso.

## **5.2 Evaluación del modelo de plan de producción**

Un elemento adicional que requiere de evaluación para comprobar el cumplimiento del requerimiento mensual definido por la matriz de producción es el plan diario de producción.

Este ofrece la ventaja que permite ser evaluado diariamente e identificar en un plazo corto la necesidad de medidas correctivas, a diferencia de la evaluación del requerimiento que solo permite evaluar luego de finalizar un período.

### 5.2.1 Evaluación del cumplimiento

Consiste en medir la producción del día contra la producción asignada según el plan de producción diario. Se analiza la producción diaria, la producción acumulada de la semana y la producción acumulada del mes. A continuación se muestra el cuadro de control y evaluación del cumplimiento diario.

Figura 33. Modelo de cuadro de evaluación del cumplimiento

Departamento de Manufactura													
Evaluación del Cumplimiento													
Mes: _____													
Línea: _____													
Analista: _____													
Hoja: _____													
Semana 1	Día	Fecha	Tanques					Total programado	Total envasado	%	Total programado acumulado	Total envasado acumulado	%
			2001	2002	2003	4001	4002						
	Lunes												
	Martes												
	Miércoles												
	Jueves												
	Viernes												
	Sábado												
Domingo													
Semana 2	Día	Fecha	Tanques					Total programado	Total envasado	%	Total programado acumulado	Total envasado acumulado	%
			2001	2002	2003	4001	4002						
	Lunes												
	Martes												
	Miércoles												
	Jueves												
	Viernes												
	Sábado												
Domingo													

Fuente: Elaboración propia.

## **Posibles escenarios del resultado**

### **Caso I**

Si la nota al final del período fuera igual o superior a 94% se dice que la asignación de trabajo fue adecuada, esto sin importar que existan días o incluso semanas con resultado menor a 94%, aunque pudiera significar que en otros días el ritmo de trabajo fue mayor.

### **Caso II**

Si se presentara una nota acumulada luego de una semana menor a 94%, es necesaria la implementación de medidas que permitan reponer la producción a un nivel igual o superior a 94%. Estas medidas pueden incluir uso de horas extras o en casos severos de atraso, abrir otro turno o jornada.

En cualquiera de los casos se debe analizar la razón de un resultado diario menor a 94% y tomar las medidas necesarias para impedir su repetición.

## **5.2.2 Indicadores**

Una de las razones que comúnmente afectan a los procesos productivos son los paros no programados. Estos paros no programados pueden tener un efecto profundo en el nivel de producción y por lo tanto en el cumplimiento del requerimiento mensual.

Debido a que estos paros son eventos impredecibles, es importante cuantificarlos para definir el impacto que puedan tener en los niveles de



producción. Se procede a cuantificar en horas el tiempo parado que pueda sufrir el proceso de producción y luego estimar la cantidad de galones que se dejaron de producir.

De llegar el punto en que estos paros representen un nivel significativo de producción, se debe tomar las medidas necesarias para su reposición. Además en cada paro no programado se debe determinar su causa, reportar y ejecutar las medidas que lo impidan nuevamente.

### **Paro por desperfecto de maquinaria**

Cualquier desperfecto a la maquinaria y equipo que no permite la continuidad de un proceso y requiere de reparación para la reanudación del proceso.

### **Paro por accidente**

Cualquier incidente de seguridad que ocasiona que se detenga el proceso, la reanudación del mismo puede ser lenta debido a posibles efectos psicológicos (desconcentración).

### **Paro por falta de material**

Cualquier materia prima o material de empaque agotado que no permite la continuidad del proceso y requiere la existencia del mismo para la reanudación.

### **Paro por evento no especificado**

Cualquier evento no clasificado en los tres indicadores previos que no permite la continuidad del proceso.

En ambos casos, la evaluación del cumplimiento e indicadores, al definir las causas que provocan el no cumplimiento del requerimiento mensual, se debe elaborar un reporte en donde se especifique la causa, los responsables, la acción correctiva implementada y la certificación de la misma por el responsable indicado.

### **5.3 Otros seguimientos**

Es importante darle seguimiento al rendimiento de los lotes que se trabajan en la línea de alto movimiento, ya que se asigna el trabajo utilizando una capacidad establecida.

Este rendimiento no esperado puede distorsionar la actuación de un turno de trabajo y el plan de requisiciones e ingreso de materiales debido al consumo no previsible.

Además puede presentarse el caso que el consumo real de materiales sea diferente al estimado ocasionando agotamientos o exceso en bodega, a la vez puede afectar el plan diario de producción ya que se obtiene una cantidad de galones diferente a la esperada.



## CONCLUSIONES

1. La planeación estratégica de la fábrica de recubrimientos se compone por la visión de ser el mejor equipo de producción de recubrimientos con calidad, costos y tiempos que no puedan ser imitados por la competencia. La misión consiste en estar comprometido con el servicio, calidad y eficiencia para brindar productos de alta calidad sobrepasando las expectativas de los clientes. La historia de la fábrica se remonta a 30 años de existencia, período de tiempo en el ha sufrido varios cambios hasta contar con la estructura actual.
2. El pronóstico es una herramienta que estima el resultado futuro tomando como referencia hechos del pasado. Existen varios tipos de pronósticos, entre los cuales se puede mencionar los de método aditivo y multiplicativo, los probabilísticos y simulaciones. Existen varios tipos de planificación de producción, las cuales dependen de su uso y aplicación el tipo de proceso productivo. Entre los tipos de planificación se pueden mencionar la planificación continua, intermitente y mixta. El manejo de inventarios consiste en determinar las cantidades y momentos exactos a utilizar los materiales de un proceso.
3. Se elaboró un modelo de pronóstico de producción basado en métodos matemáticos de serie temporal aditivos y multiplicativos debido a la capacidad de obtener información de meses anteriores para los productos de la línea de alto movimiento. El modelo requiere de 36 datos

de meses anteriores y se utiliza para pronosticar dos meses hacia adelante debido a políticas propias de la fábrica.

4. Se determinó que la planificación de la producción de la fábrica en la línea de alto movimiento corresponde al tipo de planificación de producción continua debido a que constantemente produce los mismos productos y en cantidades grandes. Se estableció un método de valoración para determinar el cumplimiento de los pronósticos de riesgo y la asignación de los recursos de la fábrica: mano de obra, tiempo de trabajo y maquinaria.
5. La capacidad actual instalada de la planta en su línea de alto movimiento para una jornada de producción asciende a 53 m<sup>3</sup>, con 3 tanques de refinado de 7.6 m<sup>3</sup> y 2 tanques de 15.1 m<sup>3</sup>. Para poder utilizar esta capacidad al máximo necesitaría de dos turnos en la misma jornada.
6. El modelo desarrollado está conformado por herramientas de análisis, como lo son las gráficas de curvas de familia, métodos matemáticos de pronóstico, la matriz de producción y por herramientas de control de inventarios. Esto permite al modelo contar con métodos y procedimientos encaminados a garantizar la existencia únicamente de los materiales requeridos en la fábrica y al mejor aprovechamiento de los recursos de producción.
7. El modelo desarrollado contiene una serie de seguimientos, desde la evaluación de la certeza del pronóstico hasta la evaluación de la entrega diaria de producto e indicadores de paros de producción, los cuales brindan la capacidad de tener una producción en tiempo y ordenada.

## RECOMENDACIONES

1. La información a utilizar en el pronóstico de producción debe incluir las cantidades de productos no vendidos debido a faltante de los mismos, para esto se debe iniciar un registro confiable que permita analizar de manera sencilla esta información, y por lo tanto, brinde una mejor estimación del pronóstico para un mes específico.
2. El modelo de pronóstico debe automatizarse mediante el uso de programas de computación, tales como Excel, puesto que la línea de alto movimiento cuenta con varios productos y esta cantidad de productos hace que los cálculos de los pronósticos de riesgo y los del resto del modelo se retrasen, dejando que la práctica sin la ayuda de un programa de computación sea un proceso muy lento y laborioso.
3. Es necesario crear modelos de pronóstico y planificación para el resto de las líneas y operaciones de la fábrica, la cual incluye producción de resinas. Estos otros procesos utilizan también una cantidad importante de recursos de la fábrica los cuales pueden ser optimizados y de esta forma mejorar los beneficios para la empresa.
4. Se debe implementar un control frecuente de los tiempos de procesos de producción y evaluar constantemente las eficiencias de cada área de la fábrica, puesto que en base a esta eficiencia se elabora la matriz de producción para un mes y se determina la asignación de los recursos y el ordenamiento del resto de las operaciones de la producción.

5. Debe de aplicarse el control y manejo de inventarios al resto de materiales aunque no intervengan de manera directa en cualquiera de los procesos productivos, no solamente se debe utilizar a la materia prima y al material de empaque. La falta de estos materiales indirectos pueden detener un proceso en cualquier parte de la fábrica lo cual, obviamente, afecta el cumplimiento de entrega del producto requerido para un mes.
  
6. El uso y análisis del modelo de pronóstico y planificación de la producción y de igual forma el seguimiento del mismo, debe ser realizado por una persona con conocimientos de elaboración e interpretación de pronósticos, procesos y operaciones de producción y control y administración de inventarios, temas los cuales son básicos para un ingeniero industrial.

## REFERENCIAS

1. **Historia.** Página web: <http://www.lapco-ca.com>, 2007.
2. Hellriegel, Ron y otros. **Administración: Un enfoque basado en competencias.** 9ª edición. Guatemala: Editorial Thomson, 2002. p. 193.
3. *Ibid.*, p. 194.
4. Felipe Albanez. Director Manufactura. Pincasa. Diciembre de 2008. Comunicación personal.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Torres Méndez, Sergio Antonio. **Control de la producción**. Guatemala: Editorial Palacios, 2002. 82pp.
2. Chiavenato, Idalberto. **Iniciación a la planificación y el control de la producción**. México: Editorial McGraw Hill, 1993. 133pp.
3. Marroquín Figueroa, Ludwin Roberto. Desarrollo de un modelo de pronóstico como base para la implementación de un sistema de control en una fábrica de cajas de cartón corrugado utilizado en la industria de maquila. Trabajo de graduación Ing. Ind. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002.
4. Barrios Cifuentes, Maynor Edelfo. Modelo de un sistema propuesto para planificación y el control de producción y su aplicación en la industria de calzado. Trabajo de graduación Ing. Ind. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001.
5. Gramajo Santiago, Ingrid Fabiola. Control en el manejo de inventarios de una importadora de materiales eléctricos y de telecomunicaciones. Trabajo de graduación Ing. Ind. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.



## APÉNDICE

Figura 34. Tanques verticales de almacenamiento de líquidos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Dispensador de alta velocidad con tanques fijos para dispersión



Fuente: Elaboración propia.

Tabla XIX. Efecto y componente responsable en un recubrimiento

EFECTO	COMPONENTE RESPONSABLE
Poder cubriente	Resina látex, pigmento, extendedor, dispersante
Color inicial	Pigmento, extendedor
Retención de color	Resina látex, pigmento
Lavabilidad	Resina látex, pigmento, extendedor, dispersante
Durabilidad exterior	Resina látex, pigmento, extendedor

Fuente: Departamento Técnico.

Figura 36. Tanque de refinado con motor superior



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Área de molinos de la fábrica



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Área de refinado de la fábrica



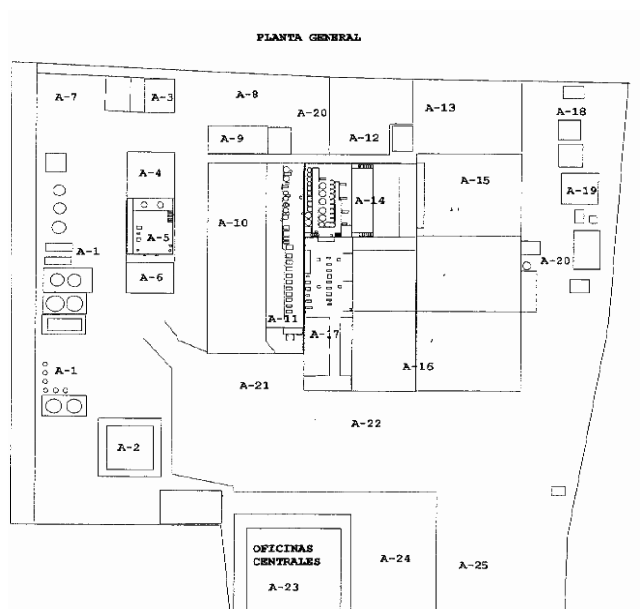
Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Área de producción de resinas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 50. Plano por áreas de fábrica



Fuente: Departamento de Mantenimiento.