

Pontificia Universidad Católica del Perú

Escuela de Posgrado



Mejoras en la Planificación y Programación de la Producción utilizando Modelos de Optimización, MRP I/MRP II en la División Novoresinas al Solvente de una Planta de pinturas

Tesis para optar el Grado de Magister en Ingeniería Industrial con
Mención en Gestión de Operaciones

Omar A. Amanqui Reátegui
Lisbeth Calderón Bravo

Asesor:

Dr. Jorge Vargas Florez

Miembros del jurado:

César A. Stoll Quevedo

Jorge Vargas Florez

José A. Rau Álvarez

San Miguel, Enero del 2017

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una mejora en los procesos productivos de la División de Novoresinas al Solvente, para ello se realizó un análisis y diagnóstico de la situación actual de la gestión de compras, gestión de inventarios y programación de la producción actual de la División de Novoresinas al Solvente; encontrándose que los principales problemas son: No utilizan métodos de pronósticos, las compras de materias primas sobre exceden los requerimientos reales, una mala utilización de la capacidad de planta en la programación de la producción; los cuales generan un incremento de los costos, y por lo tanto una reducción del margen de utilidad.

En base al análisis y diagnóstico, se definieron las metodologías a usar para la implementación de la propuesta de mejora; las cuales fueron la utilización de métodos de pronósticos de producto terminado, y en base a ello realizar los requerimientos de materias primas, a su vez se emplearon modelos de optimización y MRP I para una adecuada gestión de compras e inventarios de materias primas, y modelos de optimización y MRP II para la planificación y programación de la producción de productos terminados evaluado dos estrategias (estrategia discontinua y estrategia continua), optimizando la utilización de la capacidad de planta.

La utilidad de producción anual genera un aumento de \$1 395 502 utilizando la estrategia discontinua, y de \$2 201 421 empleando la estrategia continua respecto a la situación actual. La evaluación económica nos dio como resultado un ahorro neto en favor de la programación continua de \$793 919 con respecto al ahorro neto de la programación discontinua.

DEDICATORIA

Agradezco a mi familia y por sobre todo a mi madre Isela, gracias a su apoyo pude realizar esta maestría, dedico con todo mi cariño este trabajo para ella.

Omar A. Amanqui Reategui

En primer lugar, a Dios por sus bendiciones, guiar mi camino y darme las fuerzas necesarias para el cumplimiento de mis metas profesionales.

A mis padres, Carlos y Esperanza por su amor, dedicación y apoyo incondicional en todo el tiempo dedicado al desarrollo de la tesis.

Lisbeth Calderón Bravo

INDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
INTRODUCCIÓN	1
1.MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Modelos de Optimización.	3
1.1.1 Tipos de modelos de programación lineal	4
1.1.2 Aplicación que involucra variables enteras y binarias (0-1)	6
1.2 Decisiones de aprovisionamiento en la cadena de suministros.	12
1.2.1 Rol del aprovisionamiento	12
1.2.2 Procesos clave relacionados con el aprovisionamiento	13
1.2.3 Administración de riesgos en el aprovisionamiento	15
1.3 Administración del inventario en la cadena de suministro.....	15
1.3.1 Conceptos generales de inventarios.....	16
1.3.2 Clasificación de inventarios	16
1.3.3 Costos relacionados con el inventario	18
1.3.4 Clasificación ABC.....	21
1.4 Planeación de la demanda en la cadena de suministros.	22
1.4.1 Pronóstico de la demanda.....	23
1.4.1.1 Tipos de pronósticos	23
1.4.1.2 Medición del error de Pronóstico	30
1.4.2 Planificación de requerimiento de materiales (MRP I)	33
1.4.2.1 Aplicaciones del sistema MRP I	35
1.4.3 Planificación de los recursos de manufactura (MRP II).....	36
1.4.4 Problemática de la implementación de los sistemas MRP	39
2.LA EMPRESA	40
2.1 Descripción de la empresa.	40
2.2 Líneas de producción de la empresa.....	40
2.3 Cadena de valor	43
2.4 Proveedores.....	44

2.5 Clientes	46
3.DESCRIPCION DE LA DIVISIÓN NOVORESINAS AL SOLVENTE (NRS).....	48
3.1 Layout de Planta.	49
3.2 Productos de la División NRS.....	51
3.3 Proceso productivo de la División NRS	52
4.ANALISIS Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA DIVISIÓN NOVORESINAS AL SOLVENTE (NRS).....	57
4.1 Análisis y diagnóstico de los pronósticos de la demanda de los productos de la División NRS.	58
4.1.1 Análisis de los pronósticos de la demanda de los productos de la División NRS.....	58
4.1.2 Diagnostico de los pronósticos de la demanda de los productos de la División NRS.....	60
4.2 Análisis y Diagnóstico de la gestión actual de inventarios y abastecimiento de materias primas de la División NRS.....	60
4.2.1 Análisis de la gestión actual de inventarios y abastecimiento de materias primas de la División NRS.....	60
4.2.2 Diagnostico de la gestión actual de inventarios y abastecimiento de materias primas de la División NRS.....	65
4.3 Análisis y Diagnóstico del planeamiento y programación de la producción actual de la división NRS	66
4.3.1 Análisis del planeamiento y programación de la producción actual de la División NRS	66
4.3.2 Diagnostico del planeamiento y programación de la producción actual de la División NRS.....	69
5 PROPUESTAS DE MEJORA.....	70
5.1 Métodos de pronósticos de la demanda de la división de Novoresinas al Solvente (NRS).	72
5.1.1 Pronóstico de la demanda anual del año 2014.....	72
5.1.2 Pronósticos de la demanda mensual del año 2014	75
5.2 Gestión del inventario y abastecimiento de materias primas.	80
5.2.1 Gestión del inventario.....	80
5.2.1.1 Determinación de materias primas requeridas.....	80
5.2.1.2 Modelamiento de Optimización de las materias primas	83
5.2.1.3 Resultados del modelo de optimización.....	88
5.2.1.4 Planificación de requerimientos de materiales (MRP I).....	88

5.2.2 Gestión del abastecimiento de materias primas.	93
5.3 Gestión de la planificación y programación de la producción.	95
5.3.1 Análisis ABC	96
5.3.2 Estrategia Discontinua (E.D.) para el planeamiento y programación de la producción.....	99
5.3.2.1 Modelamiento de optimización de los recursos para E.D.	99
5.3.2.2 Resultados del modelo de optimización aplicado para E.D.....	103
5.3.2.3 Programación de la producción discontinua.....	106
5.3.3 Estrategia Continua (E.C.) para el planeamiento y programación de la producción	110
5.3.3.1 Modelamiento de optimización de los recursos para E.C.	110
5.3.3.2 Resultados del modelo de optimización aplicado para E.C.....	113
5.3.3.3 Programación de la producción continua.....	116
6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA	120
6.1 Pronósticos de la demanda de la División Novoresinas al Solvente (NRS).	120
6.2 Gestión del inventario y el abastecimiento de materias primas de la División Novoresinas al Solvente (NRS).....	121
6.3 Gestión de la planificación y programación de la producción de la División de Novoresinas al Solvente.	123
7. EVALUACION ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	126
7.1 Puesta en marcha de la estrategia de producción discontinua (E.D.).....	126
7.2 Puesta en marcha de la estrategia de producción continua (E.C.).	127
7.3 Elección de estrategia (discontinua vs continua).	128
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES.....	131
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	132

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Demanda de producto	7
Tabla 2. Aplicaciones industriales y beneficios esperados de MRP	35
Tabla 3. Líneas de producción C.Q. Camaleón S.A.	41
Tabla 4. Líneas de producción planta Lurín.....	41
Tabla 5. Líneas de producción planta Chilca	42
Tabla 6. Proveedores nacionales	44
Tabla 7. Proveedores extranjeros	45
Tabla 8. Divisiones de la línea de producción Química	48
Tabla 9. Productos de la división de Novoresinas al solvente	51
Tabla 10. Pronósticos mensuales para el año 2014 de los productos de la División Novoresinas al solvente con el método actual de pronósticos	58
Tabla 11. Ventas pronosticadas en dólares con el método actual para el año 2014.	59
Tabla 12. Requerimientos vs. Compras de Aceite 2	61
Tabla 13. Data histórica de requerimientos vs compras de Aceite 2 del año 2013 llevada a un MRP I	62
Tabla 14. Costos totales anuales de Aceite 2 para el año 2013	63
Tabla 15. Costos totales anuales M.P. para el año 2013.....	64
Tabla 16. % Costos totales anuales M.P. para el año 2013	65
Tabla 17. Cantidad producida, ingreso, costos y utilidad por reactor para el mes de enero del año 2013.....	67
Tabla 18. Cantidad producida, ingreso, costos y utilidad mensual del año 2013	68
Tabla 19. Error porcentual absoluto medio (MAPE)	72
Tabla 20. Pronósticos de la demanda del año 2014 con el método elegido	73
Tabla 21. Ventas pronosticadas para el año 2014 con el método elegido	74
Tabla 22. Pronósticos estacionales mensuales para el año 2014 de Alquidica 22 ...	77
Tabla 23. Pronósticos mensuales para el año 2014 de alquidicas y butamina.....	78
Tabla 24. Pronósticos mensuales para el año 2014 de poliésteres y producto B5 ..	79
Tabla 25. Requerimientos mensuales estimados de materias primas para el año 2014 (Aceites, Ácidos, Glicoles, Catalizadores y Plast).....	82
Tabla 26. Requerimientos mensuales estimados de materias primas para el año 2014 (Monómeros, Conservantes y Solventes)	82

Tabla 27. Criterios a tomar en cuenta para el modelo de optimización de materia prima sin incertidumbre ($SS = 0$)	83
Tabla 28. Costos totales del Aceite 2 para el año 2014.....	88
Tabla 29. Planeamiento de requerimientos de materiales (MRP I) del Aceite 2 para el año 2014	89
Tabla 30. Costos totales anuales del Aceite 2 para el año 2014	90
Tabla 31. Costos totales anuales M.P. para el año 2014.....	91
Tabla 32. % Costos totales anuales M.P. para el año 2014	92
Tabla 33. Gestión de compras del Aceite 2 para el año 2014.....	93
Tabla 34. Gestión de compras para Enero del año 2014.....	94
Tabla 35. Demanda, Ingresos y SKU de los productos de la División NRS	96
Tabla 36. Análisis ABC para el año 2013	97
Tabla 37. Descripción de resultados del modelo de optimización de Enero en el Reactor 30.....	103
Tabla 38. Resultados de cantidad producida, ingreso, costos y utilidad del modelo de optimización para el mes de enero del año 2014.....	104
Tabla 39. Resultados de cantidad producida, ingreso, costos y utilidad del modelo de optimización para los meses del año 2014	105
Tabla 40. MRP II Alquidica 40 en el reactor 30 para el mes de Enero del año 2014	107
Tabla 41. MRP II Alquidica 85 en el reactor 30 para el mes de Enero del año 2014	108
Tabla 42. MRP II Alquidica 27 en el reactor 30 para el mes de Enero del año 2014	109
Tabla 43. Descripción de resultados del modelo de optimización del bimestre enero/febrero del reactor 30	113
Tabla 44. Resultados de cantidad producida, ingresos, costos y utilidad del modelo de optimización para el bimestre enero/febrero del 2014.....	114
Tabla 45. Resultados de cantidad producida, ingresos, costos y utilidad del modelo de optimización de los bimestres del año 2014	115
Tabla 46. MRP II Alquidica 22 en el reactor 30 para el bimestre Enero/Febrero del año 2014	117
Tabla 47. MRP II Alquidica 40 en el reactor 30 para el bimestre Enero/Febrero para el año 2014.....	118
Tabla 48. Valor de ordenes pendientes e inventarios para el año 2014	120
Tabla 49. Ahorro total de costos de materia prima (situación actual vs propuesta de mejora)	122

Tabla 50. % costos totales anuales M.P. del año 2014 de la situación actual vs propuesta de mejora.....	123
Tabla 51. Utilidad total (Programación discontinua vs programación continua)	124
Tabla 52. Indicador de productividad de situación actual vs estrategia discontinua	124
Tabla 53. Indicador de productividad de estrategia discontinua vs estrategia continua	125
Tabla 54. Inversión para la estrategia discontinua.....	126
Tabla 55. Ahorro neto de programación discontinua	126
Tabla 56. Inversión para la estrategia continua	127
Tabla 57. Ahorro neto de programación continua.....	127



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de compras	13
Figura 2. Procesos relacionados con el aprovisionamiento	14
Figura 3. Grafica típica al aplicar el análisis ABC	22
Figura 4. Promedio móvil vs promedio móvil ponderado	25
Figura 5. Entradas para el plan de requerimiento de materiales.....	33
Figura 6. Diagrama de bloques del MRP II.....	37
Figura 7. Cadena de valor	43
Figura 8. Layout de la Planta	50
Figura 9. Diagrama de flujo de la producción de Alquidicas	53
Figura 10. Diagrama de flujo de la producción de Poliésteres	55
Figura 11. Hoja de ruta para el análisis y diagnóstico de la situación actual de la División NRS	57
Figura 12. Hoja de ruta para la elección de la estrategia de la programación de la producción	71
Figura 13. Variaciones estacionales de Alquidica 22 entre el año 2010 y 2013	75
Figura 14. Grafica ABC para el año 2013	98

INDICE DE ANEXOS EN CD

- Anexo 1: Calculo de los costos de M.P., costos de pedir y costo de retención de inventarios
- Anexo 2: Modelos de optimización de materias primas de la División Novoresinas al Solvente (NRS)
- Anexo 3: MRP I de las 28 materias primas de la División Novoresinas al Solventes
- Anexo 4: Gestión de compras mensual para el año 2014
- Anexo 5: Criterios tomados en cuenta para el modelo de optimización
- Anexo 6: Modelos de optimización de los productos de la División NRS (Estrategia Discontinua)
- Anexo 7: Cantidad producida, ingresos, costos y utilidad en la estrategia discontinua (E.D.)
- Anexo 8: MRP II de los 13 productos de la División Novoresinas al Solvente (Estrategia Discontinua)
- Anexo 9: Modelos de optimización de los productos de la División NRS (Estrategia Continua)
- Anexo 10: Cantidad producida, ingresos, costos y utilidad en la estrategia continua (E.C.)
- Anexo 11: MRP II de los 13 productos de la División Novoresinas al Solvente (Estrategia Continua)

INTRODUCCIÓN

La Planta 2 de la empresa cuenta con tres líneas de producción: Químicos, Pegamentos y Limpieza. La División de Novoresinas al Solvente pertenece a la línea de producción Químicos, esta división representa el 35% de las ventas de esta línea, además la División de Novoresinas al Solvente proporciona insumos importantes a las principales líneas de producción en la Planta 1, por esta razón es importante la optimización de recursos minimizando costos de producción en esta división debido a su trascendencia en la empresa.

Actualmente la División de Novoresinas al Solvente realiza la programación de la producción sin utilizar metodologías para la gestión de operaciones; por lo cual el presente trabajo propone la evaluación de dos estrategias de mejora: Estrategia discontinua y estrategia continua. Estas estrategias se diferencian en la continuidad de la producción, la estrategia discontinua realiza paradas de la producción los días domingos, a diferencia de la estrategia continua que incluye los domingos. La estimación económica de las estrategias que genere mayor utilidad será la que defina la estrategia a implementar.

La siguiente propuesta de mejora en la División de Novoresinas al Solvente de la empresa se describe en los siguientes siete capítulos:

El capítulo I contiene el marco teórico, que describe los conceptos de modelos de optimización, aprovisionamiento, inventario, planeación de la demanda y oferta en la cadena de suministro.

El capítulo II presenta una reseña de la empresa, líneas de producción, cadena de valor, proveedores y clientes.

El capítulo III especifica la descripción de la División de Novoresinas al Solvente que incluye el layout de la Planta Chilca, los productos y procesos productivos de la división.

El capítulo IV detalla el análisis y diagnóstico de la gestión del abastecimiento de materias primas, gestión de inventarios, y el planeamiento y programación actual de la División Novoresinas al Solvente

El capítulo V consiste en las propuestas de mejora que incluyen:

- Los métodos de pronósticos de la demanda (anual y mensual).
- La determinación de materias primas requeridas para cumplir con la demanda pronosticada, modelos de optimización de materias primas (mix de proveedores), planificación de requerimientos de materiales (MRP I) para la gestión del inventario y gestión del abastecimiento de materias primas.
- Análisis ABC, modelamiento de optimización de los recursos para las estrategias discontinua y continua, programación de la producción discontinua y continua (MRP II).

El capítulo VI detalla el análisis económico de las propuestas de mejora en la demanda de los pronósticos, gestión de inventarios y abastecimiento de materias primas, y la gestión de la planificación y programación de la producción.

El capítulo VII presenta la evaluación económica de las propuestas de mejora.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Modelos de optimización

Wayne (2005, 1) menciona que la investigación de operaciones es un enfoque científico en la toma de decisiones que busca el mejor diseño y operación de un sistema, por lo regular en condiciones que requieren la asignación de recursos escasos; en el cual se requiere el uso de uno o más modelos matemáticos. Estos son representaciones matemáticas de situaciones reales que se podrían usar para tomar mejores decisiones o simplemente para entender mejor la situación real.

Del mismo modo, Anderson hace referencia en su libro *Métodos Cuantitativos para los Negocios* (2010, 235), que la programación lineal es un método de solución de problemas desarrollado para ayudar a los gerentes a tomar decisiones, ya que en el competitivo entorno de negocios actual pueden encontrarse varias aplicaciones de programación lineal. Por ejemplo, Eastman Kodack utiliza la programación lineal para determinar donde fabricar productos en sus instalaciones de todo el mundo, "GE Capital" la utiliza para determinar la estructuración de arrendamiento óptima, y Marathon Oil Company utiliza la programación lineal para la mezcla de gasolina y evaluar la economía de una nueva terminal o tubería de distribución.

Para ilustrar algunas de las propiedades que tienen en común todos los problemas de programación lineal, se considera las siguientes aplicaciones típicas:

- a) Un fabricante quiere elaborar un programa de producción y una política de inventario que satisfaga la demanda de ventas en periodos futuros. En términos ideales, el programa y la política permitirán a la empresa satisfacer la demanda y al mismo tiempo minimizar los costos totales de producción e inventario.
- b) Un analista financiero debe seleccionar un portafolio entre diversas alternativas de acciones e inversiones. Al analista le gustaría establecer el portafolio que maximice el rendimiento sobre la inversión.
- c) Un gerente de marketing quiere determinar, ¿cómo asignar mejor un presupuesto de publicidad fijo entre medios de publicidad alternos como la radio, la televisión, el periódico y las revistas? Al gerente le gustaría determinar la combinación de medios que maximice la efectividad de la publicidad.

1.1.1 Tipos de modelos de programación lineal

Hillier & Lieberman (2010, 428) nos indican que la única diferencia que tiene un problema de programación lineal entera con la formulación de un programación lineal es el hecho de exigir valores enteros.

Por otro lado, Anderson (2011, 481) menciona que se si se necesita que todas las variables sean enteras, tenemos un programa lineal solo con enteros. A continuación se presenta un modelo de programación lineal de dos variables solo con enteros:

Max

$$2X_1 + 3X_2$$

Restricciones

$$3X_1 + 3X_2 \leq 12$$

$$\frac{2}{3}X_1 + 1X_2 \leq 4$$

$$1X_1 + 2X_2 \leq 6$$

$$X_1, X_2 \geq 0 \text{ y enteras}$$

Si omitimos la frase “y enteras” de la última línea de este modelo, tenemos el conocido programa lineal de dos variables. El programa lineal que resulta de omitir los requerimientos de enteros se llama relajación PL del programa lineal entero.

Si se requiere que alguna de las variables, pero no necesariamente todas, sean enteros, tenemos un programa lineal entero mixto. A continuación se presenta un programa lineal entero mixto de dos variables:

Max

$$3X_1 + 4X_2$$

Restricciones

$$-1X_1 + 2X_2 \leq 8$$

$$1X_1 + 2X_2 \leq 12$$

$$2X_1 + 1X_2 \leq 16$$

$$X_1, X_2 \geq 0 \text{ y } X_2 \text{ entero}$$

Se obtiene la relajación PL de este programa lineal entero mixto al omitir el requerimiento de que X_2 sea entero.

Además, Hillier & Lieberman (2010, 428) sugieren que existe otra área de aplicación que puede ser mucho más importante, como el problema que incluye cierto número de “decisiones tipo: sí o no”. En situaciones de este tipo, las únicas dos elecciones posibles son sí y no. Por ejemplo, ¿debe emprenderse un proyecto específico?, ¿debe hacerse cierta inversión fija?, ¿debe localizarse una instalación en un sitio en particular?

Debido a que estos problemas involucran solo dos posibilidades, este tipo de decisiones se puede representar mediante variables de decisión restringidas a solo dos valores, por ejemplo, 0 y 1. De esta forma, la j -ésima decisión sí o no se puede representar por X_j , tal que:

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la decisión } j \text{ es sí} \\ 0 & \text{si la decisión } j \text{ es no} \end{cases}$$

Las variables de este tipo se llaman binarias (o variables 0-1). En consecuencia, algunas veces se hace referencia a los problemas de programación entera que contiene solo variables binarias como problemas de programación entera binaria (PEB) (o problemas 0-1 de programación entera).

1.1.2 Aplicación que involucra variables enteras y binarias (0-1)

A continuación se muestra un ejemplo de programación lineal involucrando variables enteras y binarias (0-1), sobre una Programación de la Producción con Costos de Cambiar de una Línea a Otra:

a) Enunciado del caso (Anderson 2011, 520)

Buckeye Manufacturing fabrica cabezas de motor, las cuales se usan en la manufactura de camiones. La línea de producción es muy compleja y mide 900 pies de largo. A menudo se fabrican dos tipos de cabezas en esta línea: la cabeza P y la Cabeza H. La cabeza P se usa en camiones para trabajos pesados, y la cabeza H en camiones más pequeños. Debido a que solo puede fabricarse un tipo de cabeza a la vez, la línea se prepara ya sea para fabricar la cabeza P o la H, pero no ambas. Los cambios de una línea a otra se hacen durante el fin de semana; los costos son \$ 500 por el cambio de la preparación para la cabeza P a la preparación para la cabeza H, y viceversa. Cuando se prepara la línea para la cabeza P, la tasa de producción máxima es 100 unidades por semana, y cuando se prepara la línea para la cabeza H, la tasa de producción máxima es 80 unidades por semana.

Buckeye acaba de apagar la línea de producción de la cabeza P. El gerente quiere planear la producción y los cambios de una línea a otra para las ocho semanas siguientes. El inventario actual de Buckeye consiste en 125 cabezas P y 143 cabezas H. El acarreo de inventario se cobra a una tasa anual de 19,5% del valor del inventario. El costo de producción de la cabeza P es \$ 225 y el de la H es \$ 310. El objetivo al elaborar un programa de producción es minimizar la suma del costo de producción, más el costo de acarreo y el costo de cambio de una línea a otra.

Buckeye recibió el siguiente programa de requerimientos de su cliente (una planta de ensamble de motores) para las nueve semanas siguientes, tal como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Demanda de producto (Cabeza P, Cabeza H)

Semana	Demanda de producto	
	Cabeza P	Cabeza H
1	55	38
2	55	38
3	44	30
4	-	-
5	45	48
6	45	48
7	36	58
8	35	57
9	35	58

Fuente: Anderson (2011)
Elaboración propia

Los requerimientos de inventarios de seguridad son tales, que el inventario al final de la semana debe proporcionar por lo menos 80% de la demanda de la semana siguiente.

Prepare un informe para la gerencia de Buckeye con un programa de producción y de cambios de una línea a otra para las ocho semanas siguientes. Asegúrese de señalar cuanto del costo total se debe a la producción, cuanto al inventario y cuanto al cambio de una línea a otra.

b) Solución del caso (Curso de Modelos de Optimización (IND 600) dictado por el Ingeniero Miguel Mejía):

- Variables de decisión

X_j : cantidad de cabezas P producidas en la semana j

Y_j : cantidad de cabezas H producidas en la semana j

U_j : cantidad de cabezas P en inventario al final de la semana j

V_j : cantidad de cabezas H en inventario al final de la semana j

D_j : decisión de producir cabezas P ($D_j = 1$) o cabezas H ($D_j = 0$) en la semana j

C_j : decisión de cambiar la línea de producción ($C_j = 1$) o no ($C_j = 0$) en la semana j

Donde $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$

- Función objetivo

Costo de inventario para cabezas P: $225 \cdot 19,5\% / 52 = \$ 0,84375$ por cabeza-semanal

Costo de inventario para cabezas H: $310 \cdot 19,5\% / 52 = \$ 1,1625$ por cabeza-semanal

Minimizar los costos de producción, inventario y cambio de línea

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 225X_1 + 225X_2 + 225X_3 + 225X_4 + 225X_5 + 225X_6 + 225X_7 + \\ & 225X_8 + 310Y_1 + 310Y_2 + 310Y_3 + 310Y_4 + 310Y_5 + 310Y_6 + 310Y_7 + \\ & 310Y_8 + 0,84375U_1 + 0,84375U_2 + 0,84375U_3 + 0,84375U_4 + 0,84375U_5 \\ & + 0,84375U_6 + 0,84375U_7 + 0,84375U_8 + 1,1625V_1 + 1,1625V_2 + \\ & 1,1625V_3 + 1,1625V_4 + 1,1625V_5 + 1,1625V_6 + 1,1625V_7 + 1,1625V_8 + \\ & 500C_1 + 500C_2 + 500C_3 + 500C_4 + 500C_5 + 500C_6 + 500C_7 + 500C_8 \end{aligned}$$

- Restricciones de capacidad de producción

Capacidad de producción de cabezas P	Capacidad de producción de cabezas H
$X_1 - 100 D_1 \leq 0$	$Y_1 + 80 D_1 \leq 80$
$X_1 - D_1 \geq 0$	$Y_1 + D_1 \geq 1$
$X_2 - 100 D_2 \leq 0$	$Y_2 + 80 D_2 \leq 80$
$X_2 - D_2 \geq 0$	$Y_2 + D_2 \geq 1$
$X_3 - 100 D_3 \leq 0$	$Y_3 + 80 D_3 \leq 80$
$X_3 - D_3 \geq 0$	$Y_3 + D_3 \geq 1$
$X_4 - 100 D_4 \leq 0$	$Y_4 + 80 D_4 \leq 80$
$X_4 - D_4 \geq 0$	$Y_4 + D_4 \geq 1$
$X_5 - 100 D_5 \leq 0$	$Y_5 + 80 D_5 \leq 80$
$X_5 - D_5 \geq 0$	$Y_5 + D_5 \geq 1$
$X_6 - 100 D_6 \leq 0$	$Y_6 + 80 D_6 \leq 80$
$X_6 - D_6 \geq 0$	$Y_6 + D_6 \geq 1$
$X_7 - 100 D_7 \leq 0$	$Y_7 + 80 D_7 \leq 80$
$X_7 - D_7 \geq 0$	$Y_7 + D_7 \geq 1$
$X_8 - 100 D_8 \leq 0$	$Y_8 + 80 D_8 \leq 80$
$X_8 - D_8 \geq 0$	$Y_8 + D_8 \geq 1$

- Restricciones de inventario

Inventario de cabezas P	Inventario de cabezas H
$U_1 - X_1 = -55 + 125 = 70$ $U_2 - U_1 - X_2 = -55$ $U_3 - U_2 - X_3 = -44$ $U_4 - U_3 - X_4 = 0$ $U_5 - U_4 - X_5 = -45$ $U_6 - U_5 - X_6 = -45$ $U_7 - U_6 - X_7 = -36$ $U_8 - U_7 - X_8 = -35$	$V_1 - Y_1 = -38 + 143 = 105$ $V_2 - V_1 - Y_2 = -38$ $V_3 - V_2 - Y_3 = -30$ $V_4 - V_3 - Y_4 = 0$ $V_5 - V_4 - Y_5 = -48$ $V_6 - V_5 - Y_6 = -48$ $V_7 - V_6 - Y_7 = -58$ $V_8 - V_7 - Y_8 = -57$

- Restricciones de inventario de seguridad

Inventario de seguridad de cabezas P	Inventario de seguridad de cabezas H
$U_1 \geq 0.8 * 55 = 44$ $U_2 \geq 0.8 * 44 = 35.2$ $U_3 \geq 0.8 * 0 = 0$ $U_4 \geq 0.8 * 45 = 36$ $U_5 \geq 0.8 * 45 = 36$ $U_6 \geq 0.8 * 36 = 28.8$ $U_7 \geq 0.8 * 35 = 28$ $U_8 \geq 0.8 * 35 = 28$	$V_1 \geq 0.8 * 38 = 30.4$ $V_2 \geq 0.8 * 30 = 24$ $V_3 \geq 0.8 * 0 = 0$ $V_4 \geq 0.8 * 48 = 38.4$ $V_5 \geq 0.8 * 48 = 38.4$ $V_6 \geq 0.8 * 58 = 46.4$ $V_7 \geq 0.8 * 57 = 45.6$ $V_8 \geq 0.8 * 58 = 46.4$

- Restricciones de cambio de línea

Cambios de línea de producción
$C_1 = \text{máximo } \{1 - D_1, D_1 - 1\}$
$C_1 - D_1 \geq -1$
$C_1 + D_1 \geq +1$
$C_2 = \text{máximo } \{D_2 - D_1, D_1 - D_2\}$
$C_2 - D_2 + D_1 \geq 0$
$C_2 + D_2 - D_1 \geq 0$
$C_3 = \text{máximo } \{D_3 - D_2, D_2 - D_3\}$
$C_3 - D_3 + D_2 \geq 0$
$C_3 + D_3 - D_2 \geq 0$
$C_4 = \text{máximo } \{D_4 - D_3, D_3 - D_4\}$
$C_4 - D_4 + D_3 \geq 0$
$C_4 + D_4 - D_3 \geq 0$
$C_5 = \text{máximo } \{D_5 - D_4, D_4 - D_5\}$
$C_5 - D_5 + D_4 \geq 0$
$C_5 + D_5 - D_4 \geq 0$
$C_6 = \text{máximo } \{D_6 - D_5, D_5 - D_6\}$
$C_6 - D_6 + D_5 \geq 0$
$C_6 + D_6 - D_5 \geq 0$
$C_7 = \text{máximo } \{D_7 - D_6, D_6 - D_7\}$
$C_7 - D_7 + D_6 \geq 0$
$C_7 + D_7 - D_6 \geq 0$
$C_8 = \text{máximo } \{D_8 - D_7, D_7 - D_8\}$
$C_8 - D_8 + D_7 \geq 0$
$C_8 + D_8 - D_7 \geq 0$

- Rangos de existencia

$X_j, Y_j, U_j, V_j, \geq 0$ y enteros

$D_j, C_j = 0$ ó 1

- Reporte de la solución:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1) 119343.6		
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
D1	1.000000	-500.000000
D2	1.000000	-500.000000
D3	1.000000	1000.000000
D4	0.000000	-500.000000
D5	0.000000	-500.000000
D6	0.000000	1000.000000
D7	0.000000	-1000.000000
D8	0.000000	500.000000
X1	18.000000	225.843750
X2	100.000000	225.000000
X3	100.000000	224.156250
X4	0.000000	223.312500
X5	0.000000	222.468750
X6	0.000000	221.625000
X7	0.000000	220.781250
X8	0.000000	219.937500
Y1	0.000000	310.000000
Y2	0.000000	308.837494
Y3	0.000000	307.674988
Y4	2.000000	306.512512
Y5	48.000000	310.000000
Y6	56.000000	311.162506
Y7	57.000000	310.000000
Y8	58.000000	310.000000
U1	85.000000	0.000000
U2	133.000000	0.000000
U3	189.000000	0.000000
U4	189.000000	0.000000
U5	144.000000	0.000000
U6	99.000000	0.000000
U7	63.000000	0.000000
U8	28.000000	0.000000
V1	105.000000	0.000000
V2	67.000000	0.000000
V3	37.000000	0.000000
V4	39.000000	0.000000
V5	39.000000	0.000000
V6	47.000000	0.000000
V7	46.000000	0.000000
V8	47.000000	0.000000
C1	0.000000	0.000000
C2	0.000000	500.000000
C3	0.000000	0.000000
C4	1.000000	0.000000
C5	0.000000	500.000000
C6	0.000000	0.000000
C7	0.000000	0.000000
C8	0.000000	0.000000

c) Conclusiones del caso

- El costo total mínimo es \$119 343,6. El costo de producción es \$117 560 el costo de inventarios \$1 283,6 y el costo de cambio de línea de producción es \$500.
- La instalación para producir cabezas P corresponde a las semanas 1, 2 y 3; y para producir cabezas H las semanas 4, 5, 6, 7 y 8.
- El plan de producción para cabezas P es: 18 unidades en la semana 1; 100 en la semana 2 y 100 en la semana 3.
- El plan de producción para cabezas H es: 2 unidades en la semana 4; 48 en la semana 5; 56 en la semana 6; 57 en la semana 7 y 58 en la semana 8.

1.2 Decisiones de aprovisionamiento en la cadena de suministro

Schroeder (2011: 233) indica que la función de compras ejecuta diversas tareas del ciclo de adquisiciones para obtener bienes y servicios capaces de satisfacer las necesidades de la empresa.

1.2.1 Rol del aprovisionamiento

Según Carreño (2011: 197), compras es el área funcional de la empresa encargada de adquirir los materiales necesarios para las operaciones de la empresa, en la cantidad necesaria, en el momento y lugar preciso, de la calidad adecuada y al precio más conveniente, asegurando así la continuidad de las operaciones.

Por otro lado, Schroeder (2011: 215) afirma que las funciones de compras y de logística son básicas para el desempeño eficaz y efectivo de las cadenas de suministro; coordinan y colaboran con la función de operaciones dentro de las empresas para entregar productos y servicios a los clientes a la vez que se satisfacen los objetivos de costos, calidad, entrega y flexibilidad.

De los conceptos anteriores, se puede concluir con la definición de Chopra (2013: 428), quien afirma que comprar o adquirir es el proceso mediante el cual las compañías adquieren materias primas, componentes, productos, servicios y otros recursos de proveedores para ejecutar sus operaciones; por lo cual, el aprovisionamiento es todo el conjunto de procesos de negociación requeridos para comprar bienes y servicios.

1.2.2 Procesos clave relacionados con el aprovisionamiento

Schroeder (2011: 215) indica que la función de compras tiene la responsabilidad de muchas tareas que, casi siempre, se identifican como el ciclo de compras, que se muestra en la Figura 1:

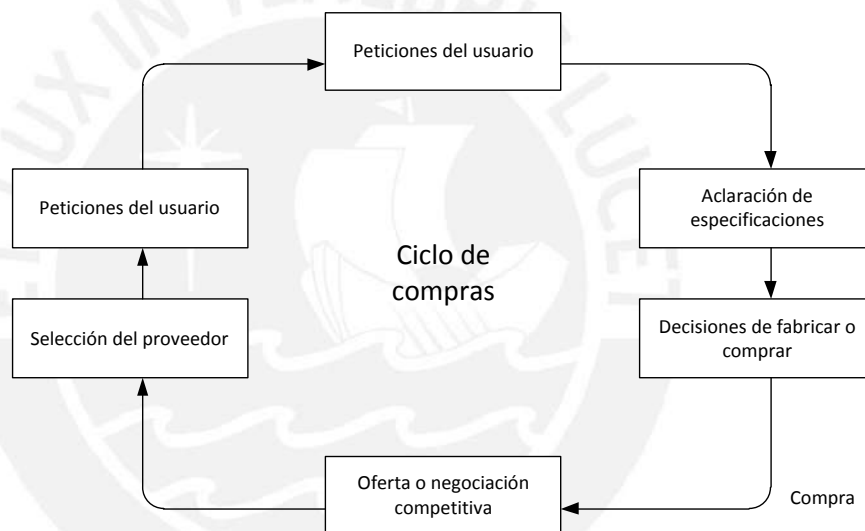


Figura 1. Ciclo de compras
Fuente: Schroeder (2011)
Elaboración Propia

De acuerdo al gráfico anterior, la función de compras recibe información de un usuario (una persona o un departamento) acerca de una necesidad, la cual puede ser un producto o servicio, que debe estar claramente especificada. Una vez establecidas las especificaciones, debe contestarse la pregunta de si es indispensable abastecer la necesidad a partir de un proveedor.

En ocasiones, la necesidad puede satisfacerse internamente, pero cuando una necesidad no puede cubrirse de manera interna, el área de compras inicia el proceso de identificación y evaluación de proveedores potenciales, la selección de un proveedor, el acuerdo de contratación y los detalles de la orden, el proveedor seleccionado y la supervisión y la administración de la relación con ese proveedor.

Por otro lado, Chopra (2013: 428) asevera que para cualquier función de la cadena de suministro la decisión más importante es la de subcontratar o realizarla internamente.

Una vez que se ha tomado la decisión de subcontratar, los procesos de aprovisionamiento incluyen la selección de los proveedores, el diseño de los contratos de los proveedores, la colaboración en el diseño del producto, la adquisición de materiales o servicios, y la evaluación del desempeño de los proveedores, como se muestra en la Figura 2:

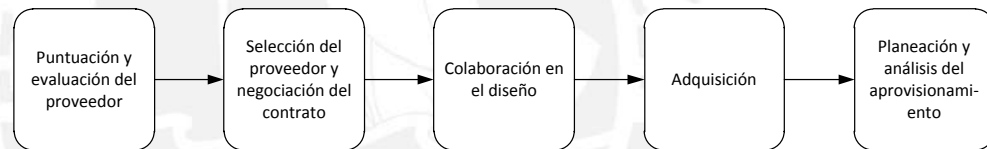


Figura 2. Procesos relacionados con el aprovisionamiento

Fuente: Chopra (2013)

Elaboración propia

En base al gráfico anterior, la puntuación y evaluación del proveedor es el proceso utilizado para calificar el desempeño de los proveedores (efecto en el superávit de la cadena de suministro, costo total, tiempo de espera, confiabilidad, calidad, capacidad del diseño, entre otros). En la selección del proveedor se utiliza el resultado de la puntuación y evaluación para identificar al proveedor o proveedores adecuados. Luego se negocia un contrato de abastecimiento con el proveedor. Un buen contrato debe tener en cuenta todos los factores que afectan el desempeño de la cadena de suministro y debe diseñarse para incrementar las utilidades de la cadena de modo que beneficie tanto al proveedor como al comprador. La colaboración en el diseño permite al proveedor y al fabricante trabajar juntos cuando diseñan componentes para el producto final.

Una vez diseñado el producto, la adquisición es el proceso mediante el cual el proveedor envía el producto en respuesta a los pedidos colocados por el comprador (menor costo total posible). Por último, el rol de la planeación y análisis del aprovisionamiento es analizar los gastos a través de varios proveedores y categorías de componentes para identificar oportunidades para reducir el costo total.

1.2.3 Administración de riesgos en el aprovisionamiento

Chopra (2013: 460) detalla que los riesgos en el aprovisionamiento pueden provocar incapacidad de satisfacer la demanda a tiempo, por la interrupción o demora de la fuente de abastecimiento, lo cual se puede mitigar desarrollando múltiples fuentes de suministro y/o manteniendo inventarios o una fuente de reserva. Asimismo los riesgos pueden aumentar los costos de abastecimiento, sobre todo si, la demanda supera la oferta disponible, los tipos de cambio son desfavorables, monopolios (una sola fuente de suministro), entre otros; por lo cual, es recomendable negociar contratos a corto y largo plazo, tener coberturas financieras flexibles y desarrollar fuentes alternas o internamente. Además, el riesgo de la propiedad intelectual puede mitigarse si la producción delicada se mantiene en la empresa.

Por otro lado, Schroeder (2011: 233) añade que las organizaciones que participan en un abastecimiento global adquieren bienes y servicios en forma global sin estar restringidas por las fronteras geográficas, pero se enfrentan a riesgos debido a la incapacidad para garantizar la calidad y debido a las fluctuaciones en los tipos de cambio.

1.3 Administración del inventario en la cadena de suministro

Según Chopra (2013: 271), el objetivo principal de la administración del inventario en la cadena de suministro es identificar los mecanismos administrativos que reduzcan el inventario en una cadena de suministro sin aumentar los costos.

1.3.1 Conceptos generales de inventarios

De acuerdo con Ballou (2004: 326), los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y logística de una empresa.

Asimismo Schroeder (2011: 357) define al inventario como un cúmulo de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer la demanda de los clientes.

Krajewsky (2013: 309), resume los conceptos mencionados, concluyendo que el inventario se crea cuando el volumen de materiales, componentes o bienes terminados que se recibe es mayor que el volumen de los mismos que se distribuye.

1.3.2 Clasificación de inventarios

Existen muchos criterios para clasificar los inventarios, Carreño (2011: 36) describe los más importantes:

- a) Por el tipo de actividad de la empresa: Clasificar a las empresas participantes en la cadena de suministro por las actividades realizadas en dos categorías:
- Empresas industriales, constituidas por los fabricantes y sus proveedores.
 - Empresas comerciales, constituidas por los distribuidores, mayoristas, minoristas, entre otros.

En las empresas industriales los stocks pueden ser de:

- Materias primas, partes y componentes: Necesarias para asegurar la continuidad de los procesos productivos de la empresa.
- Productos en proceso: Pueden venir del exterior o ser producidos en la misma empresa, los cuales se encuentran a la espera de entrar a una siguiente etapa en el proceso productivo.
- Productos terminados: Ya han pasado por todos los procesos productivos de la empresa y están listos para su venta o consumo por la propia empresa.

- Repuestos: Están constituidos por todos los artículos y/o repuestos de las maquinarias y equipos de la empresa productora. Su presencia es importante porque evita paradas de producción que pueden acarrear importantes costos.
- Suministros industriales: Utilizados para asegurar la conservación y limpieza de los equipos y maquinarias de la empresa.

En las empresas comerciales los stocks reciben el nombre de mercancías o mercaderías y pueden ser de:

- Artículos básicos: Constituidos por los artículos principales que comercializa la empresa.
- Artículos complementarios: Constituidos por aquellos artículos que complementan la oferta comercial de la empresa.
- Artículos fallados: Son los artículos que tiene fallas, ya sean estas de origen o producto de un mal uso de los clientes.
- Artículos obsoletos: Son aquellos productos que pertenecen a temporadas de comercialización pasadas y requieren una acción comercial (rebajas de precios o campañas promocionales para su venta inmediata).

b) Por la naturaleza de su demanda:

- Inventarios con demanda independiente: Este tipo de stocks pertenece al sector de la comercialización y distribución mencionado anteriormente. La demanda independiente se caracteriza porque es originada en varios puntos, y cada uno de dichos puntos demanda una pequeña fracción de la demanda total, independiente de los demás y con una frecuencia aleatoria. En este caso, la renovación de los stocks se realizará conforme el mercado vaya demandando nuestros productos terminados.
- Inventarios con demanda dependiente: Este tipo de stocks pertenece al sector de producción, y se caracteriza porque su demanda depende de otro producto; por lo general, el producto terminado que tiene demanda independiente. En este caso, los componentes se renovarán según los planes de producción de la empresa.

c) Por su valor o importancia: La Ley de Pareto (La ley del 80 – 20 o clasificación ABC) es un criterio para clasificar los inventarios. Esta ley nos dice que unos pocos artículos usualmente:

- Concentran la mayor parte de los costos de los inventarios
- Son los de mayor consumo o movimiento
- Ocupan la mayor cantidad de espacio de almacenamiento

La clasificación ABC identifica dichos artículos y permite establecer criterios de gestión apropiados para cada categoría.

1.3.3 Costos relacionados con el inventario

De acuerdo con Chopra (2013: 274) al ajustar los niveles del inventario en la práctica, un obstáculo común es la estimación de los costos de pedido y retención. Dada la robustez de los modelos del inventario de ciclo, es mejor tener una buena aproximación rápidamente, en vez de pasar mucho tiempo tratando de estimar los costos con exactitud; es por ello, que el objetivo es identificar los costos adicionales que cambian con las decisiones del tamaño de lote, y los costos que no cambian con una modificación en el tamaño de lote pueden pasarse por alto.

Por otro lado, Krajewski (2013: 309) añade que las compañías suelen establecer el costo de mantener un artículo por periodo como un porcentaje de su valor, y el costo anual de mantener una unidad en inventario, normalmente, va de 15% a 35% de su valor. Por ejemplo: Si el costo de mantener inventarios de una empresa es 20%, y el valor promedio del inventario total es 20% de las ventas, entonces su costo promedio de mantener inventario es 4% del total de ventas ($20\% \times 20\%$), lo cual es considerado en términos de márgenes de ganancias brutas aceptable; ya que, con frecuencia son menos de 10%. Asimismo, los componentes del costo de mantener inventarios crean presión para que los stocks sean pequeños.

Las estructuras de costos de los inventarios incorporan los siguientes tipos de costos:

a) Costo del artículo: Según Carreño (2011: 57), se entiende por tal al precio del artículo que se compra o produce multiplicado por el número de unidades compradas o producidas. También es importante considerar los descuentos por volumen que suelen otorgar los proveedores para elevar la cantidad comprada, así como el tiempo de entrega, el tamaño de lote, entre otros.

b) Costo de retención del inventario: De acuerdo con Chopra (2013: 274), el costo de retención se calcula como un porcentaje del costo de un producto, y es la suma de los siguientes componentes principales:

- Costo de capital: Este es el componente dominante del costo de retención para los productos que no se vuelven obsoletos rápidamente. El enfoque adecuado consiste en evaluar el costo promedio ponderado de capital (CPPC), que toma en cuenta el rendimiento requerido sobre el capital de la empresa y el costo de su deuda. La fórmula para el CPPC es:

$$CPPC = \frac{E}{D + E} (Rf + \beta \times MRP) + \frac{D}{D + E} Rb(1 - t)$$

Dónde: E = monto de capital

D = monto de la deuda

Rf = tasa de rentabilidad libre de riesgo

β = beta de la empresa

MRP = prima de riesgo del mercado

Rb = tasa a la que la empresa puede pedir prestado dinero

t = tasa de impuesto

La mayoría de estos números pueden encontrarse en el informe anual de la empresa y en cualquier informe de análisis de capital de la compañía. La tasa de endeudamiento (Rb) proviene de las tablas que enumeran las tasas aplicables a los bonos de compañías con las mismas calificaciones crediticias.

La tasa libre de riesgo (R_f) es la rentabilidad de los bonos del Tesoro de Estados Unidos, y la prima de riesgo del mercado (MRP) es la rentabilidad del mercado sobre la tasa libre de riesgo. El beta del mercado (β) es la medida del riesgo sistemático del proyecto, e indica la sensibilidad de un instrumento financiero (o una inversión) respecto de movimientos en el mercado. Si el acceso a la estructura financiera de la empresa no está disponible, puede hacerse una buena aproximación usando los números de empresas públicas en el mismo sector y de tamaño similar.

- Costo de obsolescencia: Calcula la tasa a la que el valor del producto almacenado cae debido a que su valor de mercado o de calidad disminuye, por ejemplo: Los productos perecederos tienen altas tasas de obsolescencia, pero productos como el petróleo crudo que toman un largo tiempo para llegar a ser obsoletos o echarse a perder, pueden ser asignados con una tasa de obsolescencia baja.
 - Costo de manejo: Debe incluir únicamente los costos incrementales de recepción y almacenamiento que varían con la cantidad de producto recibido.
 - Costo de ocupación: Este costo refleja el cambio gradual en el costo de espacio debido al cambio en el inventario de ciclo.
 - Costos varios: El componente final del costo de retención está relacionado con una serie de costos relativamente pequeños. Estos incluyen el robo, la seguridad, los daños, los impuestos y los cargos adicionales de seguros.
- c) Costo de pedir: Chopra (2013: 275) afirma que el costo de pedido incluye todos los costos incrementales asociados con la colocación o la recepción de un pedido adicional en los que se incurre independientemente del tamaño del pedido. Los componentes del costo de pedido incluyen los siguientes:
- Tiempo del comprador: Este es el tiempo incremental en el que el comprador realiza el pedido extra.
 - Costos de transporte: Con frecuencia se incurre en un costo de transporte fijo independientemente del tamaño del pedido.
 - Costos de recepción: Algunos costos de recepción se presentan independientemente del tamaño del lote.

Por ejemplo: Cualquier trabajo de administración, como verificación de la orden de compra y cualquier esfuerzo asociado con la actualización de los registros de inventario.

- d) Costos de roturas de stock: Carreño (2011: 60) asevera que estos costos están relacionados con la falta de existencias cuando estas se necesitan. En el sector productivo, la carencia de los materiales necesarios para abastecer al sistema productivo puede significar paradas de producción, costos de mano de obra no utilizadas, entre otros; y en el sector comercial, un almacén de productos terminados que no tiene stock para atender los pedidos de los clientes genera costos por pérdidas de ventas y/o costos de gestión de pedidos pendientes, si es que el cliente está dispuesto a esperar por sus pedidos.

1.3.4 Clasificación ABC

Según Krajewski (2013: 314), una organización típica mantiene miles de artículos, con frecuencia llamados “stock keeping units” (SKU), pero solo un pequeño porcentaje de ellos merece la atención y el control estricto de la administración. El análisis ABC es el proceso de dividir los SKU en tres clases, de acuerdo con su valor de uso, de manera que los administradores se puedan enfocar en los artículos que tienen el valor monetario más alto. Como se muestra en la Figura 3, los artículos de la clase A representan sólo cerca de 20% de los SKU pero son responsables de 80% del valor uso. Los artículos de la clase B dan cuenta de 30% de los SKU, pero solo de 15% del valor de uso. Por último, 50% de los SKU caen en la clase C que representa solo 5% del valor de uso. La meta del análisis ABC es identificar los SKU en la clase A para que la administración pueda controlar sus niveles de inventario.

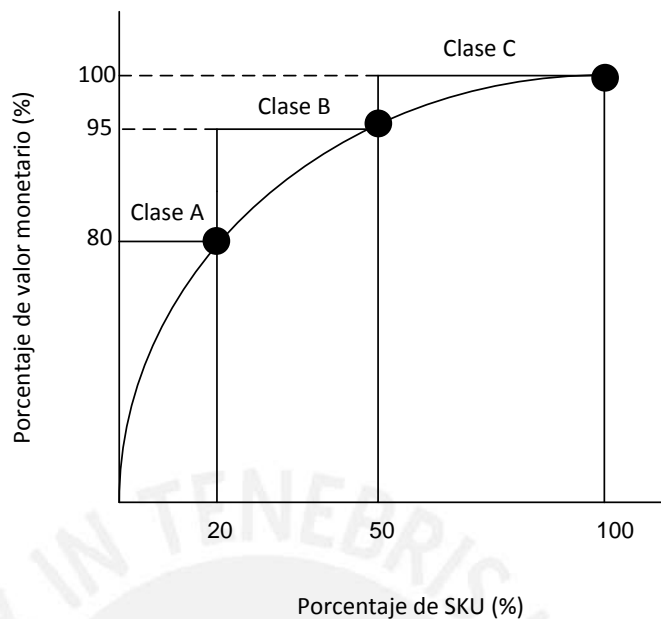


Figura 3. Gráfica típica al aplicar el análisis ABC
Fuente: Krajewski (2013)
Elaboración propia

La clase A de los SKU se revisa con frecuencia para reducir el tamaño promedio del lote y asegurar entregas a tiempo de los proveedores. Es importante mantener una rotación de inventarios alta para estos artículos.

Por el contrario, la clase B de SKU requiere un nivel intermedio de control; y para los SKU de la clase C, un control mucho más flexible es lo apropiado.

1.4 Planeación de la demanda en la cadena de suministro

Según Chopra (2013: 178), todas las decisiones relacionadas con la cadena de suministro tomadas antes de que la demanda se haya materializado se consideran como un pronóstico. En este inciso se explicara cómo se puede emplear la información de la demanda histórica para pronosticar la demanda futura, y cómo estos pronósticos afectan la cadena de suministro. Asimismo se describirá los métodos más utilizados para pronosticar la demanda y estimar la precisión de un pronóstico.

1.4.1 Pronóstico de la demanda

Chase (2009: 468) nos indica que el propósito del manejo de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda, con el fin de poder usar con eficiencia el sistema productivo y entregar el producto a tiempo.

Por otro lado, Krajewski (2013: 464) menciona que el pronóstico es una predicción de eventos futuros utilizada con fines de planeación. En este caso, los métodos de pronósticos pueden basarse en modelos matemáticos que utilizan los datos históricos disponibles o en métodos cualitativos que recurren a la experiencia y el juicio de los administradores o una combinación de los dos.

No obstante, los pronósticos rara vez son perfectos; por ello, los buenos administradores reconocen esta realidad y encuentran maneras de actualizar sus planes cuando ocurre el error inevitable de pronósticos o un evento inesperado.

1.4.1.1 Tipos de Pronósticos:

Según, Heizer & Render (2009: 111), menciona varios tipos de pronósticos, entre los que tenemos: Promedios móviles, Promedio móvil ponderado, Suavizamiento exponencial, Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia y Proyecciones de Tendencia.

A continuación se describen los métodos que se utilizarán para el presente trabajo:

a) Promedios móviles

El pronóstico de promedios móviles usa un número de valores de datos históricos reales para generar un pronóstico. Los promedios móviles son útiles si podemos suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo. Un promedio móvil de 4 meses se encuentra simplemente al sumar la demanda medida durante los últimos 4 meses y dividiéndola entre cuatro. Al concluir cada mes, los datos del mes más reciente se agregan a la suma de los 3 meses previos y se elimina el dato del mes más antiguo. Esta práctica tiende a suavizar las irregularidades del corto plazo en las series de datos.

Matemáticamente, el promedio móvil simple (que sirve como estimación de la demanda del siguiente periodo) se expresa como:

$$Prom. Mov. = \frac{\sum Demanda en los tres años previos}{3}$$

Donde “n” es el número de periodos incluidos en el promedio móvil- por ejemplo, 4, 5 o 6 meses, respectivamente, para un promedio móvil de 4, 5 o 6 periodos.

b) Promedio móvil Ponderado

Cuando se presenta una tendencia o un patrón localizable, pueden utilizarse ponderaciones para dar más énfasis a los valores recientes. Esta práctica permite que las técnicas de pronóstico respondan más rápido a los cambios, puesto que puede darse mayor peso a los periodos más recientes. La elección de las ponderaciones es un tanto arbitraria porque no existe una fórmula establecida para determinarlas. Por lo tanto, decidir que ponderaciones emplear requiere cierta experiencia. Por ejemplo, si el último mes o periodo se pondera demasiado alto, el pronóstico puede reflejar un cambio grande inusual, demasiado rápido en el patrón de demanda o de ventas.

Un promedio móvil ponderado puede expresarse matemáticamente como:

$$Prom. Mov. Pond. = \frac{\sum (Pond. periodo)(Demanda en el periodo)}{\sum Ponderaciones}$$

Tanto los promedios móviles simples como ponderados son efectivos para suavizar las fluctuaciones repentinas en el patrón de la demanda con el fin de obtener estimaciones estables. Sin embargo, los promedios móviles presentan tres problemas:

Aumentar el tamaño de n (el número de periodos promediados) suaviza de mejor manera las fluctuaciones, pero resta sensibilidad al método ante cambios reales en los datos.

Los promedios móviles no reflejan muy bien las tendencias. Porque son promedios, siempre se quedaran en niveles pasados, no predicen los cambios hacia niveles más altos ni más bajos. Es decir retrasan los valores reales.

Los promedios móviles requieren amplios registros de datos históricos.

En la Figura 4 se muestra una gráfica donde se muestra la diferencia entre un Promedio Móvil y un Promedio Móvil Ponderado, se ilustra el efecto de retraso de los modelos de promedios móviles. Observe que tanto las líneas de los promedios móviles simples como las de promedios móviles ponderados retrasan la demanda real. Sin embargo, los promedios móviles ponderados usualmente reaccionan más rápido ante los cambios detectados en la demanda. Incluso en periodos a la baja (meses de noviembre y diciembre), siguen la demanda de manera más cercana.

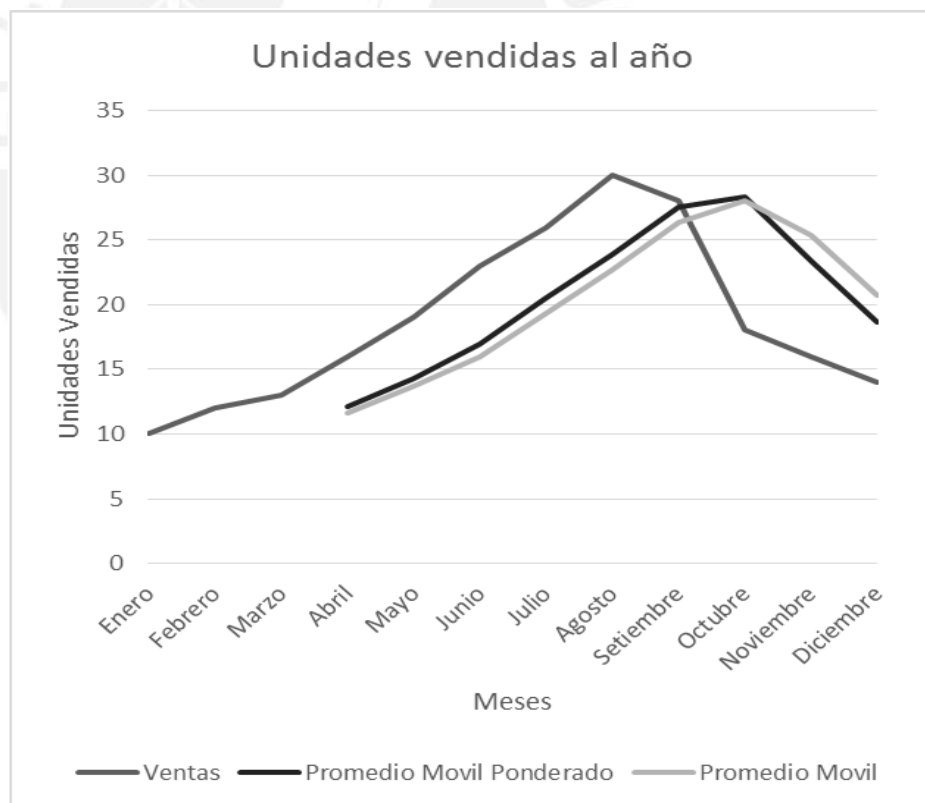


Figura 4. Promedio Móvil vs Promedio Móvil Ponderado
Fuente: Heizer & Render (2009)
Elaboración propia

c) Suavizamiento exponencial

El suavizamiento exponencial es un sofisticado método de pronóstico de promedios ponderado que sigue siendo bastante fácil de usar implica mantener muy pocos registros de datos históricos.

Donde α es la ponderación, o constante de suavizamiento, elegida por quien pronostica, que tiene un valor de entre 0 y 1. La ecuación anterior también puede escribirse matemáticamente como:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Donde:

F_t = Nuevo Pronóstico

F_{t-1} = Pronóstico del periodo anterior

α = Constante de suavizamiento (o ponderación) ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = Demanda real en el periodo anterior

El concepto no es complicado. La última estimación de la demanda es igual a la estimación anterior ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del último periodo y la estimación anterior.

La constante de suavizamiento α , se encuentra generalmente en un intervalo de 0,05 a 0,5 para aplicaciones de negocios. Puede cambiarse para dar más pesos a datos recientes (cuando α es alta) o más peso a datos anteriores (si α es baja). Cuando α llega al extremo de 1, entonces en la ecuación anterior, $F_t = 1 \times A_{t-1}$. Todos los valores anteriores se desechan y el pronóstico se vuelve idéntico al modelo intuitivo, el cual se mencionó anteriormente. Es decir, el pronóstico para el siguiente periodo es considerar exactamente la misma demanda del periodo actual.

Selección de la constante de suavizamiento. El enfoque de suavizamiento exponencial es fácil de usar y se ha aplicado con éxito en prácticamente todo tipo de negocios. Sin embargo, el valor apropiado de la constante de suavizamiento, α puede hacer la diferencia entre un pronóstico preciso y uno impreciso. Se eligen valores altos de α cuando el promedio subyacente tiene probabilidades de cambiar. Se emplean valores bajos de α cuando el promedio en que se basa es bastante estable. Al elegir los valores de la constante de suavizamiento, el objetivo es obtener el pronóstico preciso.

d) Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

El suavizamiento exponencial simple, como cualquier técnica de promedios móviles, falla en su respuesta a las tendencias. También existen otras técnicas de pronóstico que permiten manejar mejor las tendencias. Sin embargo, como el suavizamiento exponencial es un enfoque tan común en los negocios, los estudiaremos con mayor detalle.

A continuación se presenta la razón por la que el suavizamiento exponencial debe modificarse cuando está presente una tendencia. Suponga que la demanda de un producto o servicio ha venido aumentando en 100 unidades cada mes y que hemos obtenido pronósticos con $\alpha = 0,4$ en el modelo de suavizamiento exponencial. La tabla siguiente muestra un retraso considerable en los meses 2, 3, 4 y 5, aun cuando nuestra estimación inicial para el mes 1 es perfecta.

Para mejorar nuestro pronóstico, ilustraremos un modelo de suavizamiento exponencial más complejo, uno que hace ajustes de tendencia. La idea es calcular un promedio suavizado exponencialmente de los datos y después ajustar el retraso positivo o negativo encontrado en la tendencia. Con el suavizamiento exponencial ajustado por la tendencia, las estimaciones del promedio y de la tendencia se suavizan. Este procedimiento requiere dos constantes de suavizamiento: α para el promedio y β para la tendencia. Después calculamos el promedio y la tendencia para cada periodo, la formulas son las siguientes:

$$FIT_t = F_t + T_t$$

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Donde:

FIT_t = Nuevo Pronóstico

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente de la serie de datos incluidos en el periodo t.

F_{t-1} = Pronóstico del periodo anterior

T_t = Tendencia suavizada exponencialmente en el periodo t

T_{t-1} = Tendencia suavizada del periodo anterior

A_{t-1} = Demanda real en el periodo anterior

α = Constante de suavizamiento para el promedio ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = Constante de suavizamiento para la tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$)

Así, los tres pasos para calcular el pronóstico con ajuste de tendencia son:

Paso 1: Calcule F_t , el pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t.

Paso 2: Calcule la tendencia suavizada, T_t

Paso 3: Calcule el pronóstico incluyendo la tendencia, FIT_t , con la formula $FIT_t = F_t + T_t$

El valor de la constante de suavizamiento de la tendencia, β se parece a la constante α porque una β alta responde más rápido a cambios recientes de una tendencia. Una β baja da menos peso a las tendencias más recientes y tiende a suavizar la tendencia actual. Los valores de β pueden encontrarse por prueba y error o utilizando algún software comercial sofisticado para calcular pronósticos, con la MAD como medida de comparación.

A menudo, el suavizamiento exponencial simple se denomina suavizamiento de primer orden, y al suavizamiento con ajuste de tendencia se le llama suavizamiento de segundo orden o suavizamiento doble, también se utilizan otros modelos de suavizamiento exponencial, como el suavizamiento ajustado a la estación y el suavizamiento triple.

e) Variaciones estacionales en los datos

Las variaciones estacionales en los datos son movimientos regulares ascendentes o descendentes localizados en una serie de tiempo y que se relacionan con acontecimientos recurrentes como el clima o las vacaciones. La demanda de carbón o petróleo aumenta durante los meses de invierno. La demanda de clubes de golf o bronceadores puede ser mayor durante el verano.

La estacionalidad puede aplicarse en forma horaria, diaria, semanal, mensual o en otros patrones recurrentes. Los restaurantes de comida rápida registran diariamente repuntes al medio día y nuevamente después de las 5p.m. los cines aumentan su demanda los viernes y sábados por la noche. La oficina de correos, The Christmas Store y las tiendas de tarjetas Hallmark también registran variaciones estacionales tanto en el tráfico de clientes como en las ventas.

A continuación se presentan los pasos que seguiría una compañía que tiene “estaciones” de un mes:

- Encontrar la demanda histórica promedio de cada estación (o mes en este caso) sumando la demanda medida en ese mes de cada año y dividiéndola entre el número de años con datos disponibles.
Por ejemplo, si en enero hubo ventas de 8, 6 y 10 durante los últimos tres años, la demanda promedio de enero es igual a $(8+6+10)/3 = 8$ unidades.
- Calcular la demanda promedio de todos los meses dividiendo el promedio total de la demanda anual entre el número de estaciones. Por ejemplo, si el promedio total de la demanda de un año es de 120 unidades y hay 12 estaciones (una por mes), la demanda mensual promedio es de $120/12 = 10$ unidades.
- Calcular un índice estacional para cada estación dividiendo la demanda histórica real de ese mes (del paso 1) entre la demanda promedio de todos los meses (del paso 2). Por ejemplo, si la demanda promedio histórica en enero durante los últimos 3 años es de 8 unidades y la demanda promedio de todos los meses es de 10 unidades, el índice estacional para enero es de $8/10 = 0,8$. de igual forma, un índice estacional de 1,2 para febrero significaría que la demanda de febrero es 20% mayor que la demanda promedio de todos los meses.
- Estimar la demanda total anual para el siguiente año.
- Dividir esta estimación de la demanda total anual entre el número de estaciones, después multiplicarla por el índice estacional para ese mes. Esto proporciona el pronóstico estacional.

f) Proyecciones de tendencia

Esta técnica ajusta una recta de tendencia a una serie de datos puntuales históricos, y después proyecta dicha recta al futuro para obtener pronósticos de mediano y largo plazos. Se pueden desarrollar varias ecuaciones matemáticas (por ejemplo, exponencial y cuadrática), para nuestro caso solo utilizaremos tendencias lineales (línea recta).

Si decidimos desarrollar una recta de tendencia lineal mediante un método estadístico preciso, podemos aplicar el método de mínimos cuadrados. Este enfoque resulta en una línea recta que minimiza la suma de los cuadrados de la diferencia verticales o desviaciones de la recta hacia cada una de las observaciones reales.

1.4.1.2 Medición del error de Pronóstico

De acuerdo con Chase (2009: 480) se define el termino error a la diferencia entre el valor de Pronóstico y lo que ocurrió en realidad. Asimismo los errores se pueden clasificar como sesgados o aleatorios. Los errores sesgados ocurren cuando se cometen un error consistente, mientras los errores aleatorios se definen como aquellos que el modelo de pronóstico utilizado no puede explicar.

$$\text{Error de Pronostico} = \text{Demanda real} - \text{valor pronosticado}$$

Según Heizer & Render (2009, 115) añade que en la práctica se usan varias medidas para calcular el error global de pronóstico. Estas medidas pueden usarse para comparar distintos modelos de pronóstico. Así como para vigilar los pronósticos y asegurar su buen desempeño. Las tres medidas más populares son la MAD (mean absolute deviation; desviación absoluta media), el MSE (mean squared error; error cuadrático medio), y el MAPE (mean absolute percent error; error porcentual absoluto medio). A continuación se describen estas medidas y se da un ejemplo de cada una.

a) Desviación absoluta media. La primera medición del error global de pronóstico para un modelo es la desviación absoluta media (MAD). Su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiendo el resultado entre el número de periodos con datos (n):

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n}$$

Donde:

MAD = Desviación absoluta media

A_t = Demanda real en el periodo t

F_t = Pronóstico en el periodo t

n = Numero de datos

b) Error cuadrático medio. El error cuadrático medio (MSE) es una segunda forma de medir el error global de pronóstico. El MSE es el promedio de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y los observados. Su fórmula es:

$$MSE = \frac{\sum (\text{Errores de pronostico})^2}{n}$$

Donde:

MSE = Error cuadrático medio

n = número de datos

Una desventaja de emplear MSE es que tiende a acentuar las desviaciones importantes debido al término cuadrado. Por ejemplo, si el error de pronóstico para el periodo 1 es dos veces más grande que el error para el periodo 2, entonces el error al cuadrado en el periodo 1 es cuatro veces más grande que el del periodo 2. Por lo tanto, el uso del MSE como medición del error de pronóstico usualmente indica que se prefiere tener varias desviaciones pequeñas en lugar de una sola desviación grande.

c) Error porcentual absoluto medio. Un problema tanto con la MAD como con el MSE es que sus valores dependen de la magnitud del elemento que se pronostica. Si el elemento pronosticado se mide en millares, los valores de la MAD y del MSE pueden ser grandes. Para evitar este problema, podemos usar el error porcentual absoluto medio (MAPE). Este se calcula como el promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, y se expresa como un porcentaje de los valores reales. Es decir, si hemos pronosticado n periodos y los valores reales corresponden a esa misma cantidad de periodos, el MAPE se calcula como:

$$MAPE = \frac{\sum 100 \frac{|A_t - F_t|}{A_t}}{n}$$

Donde:

MAPE = Error porcentual absoluto medio

A_t = Demanda real en el periodo t

F_t = Pronóstico en el periodo t

n = Numero de datos

El MAPE es quizá la medida más fácil de interpretar. Por ejemplo, un resultado cuyo MAPE es del 6% indica claramente que no depende de aspectos como la magnitud de los datos de entrada.

La mejor técnica de pronóstico es aquel que se aproxime lo más cerca a la demanda real del producto. De esta manera, para poder medir la técnica de pronóstico, se utiliza el error, que es la diferencia entre la demanda real y el pronóstico para un determinado periodo. Por lo tanto, el método de pronóstico con un error más cercano al cero será aquel que la organización debería utilizar para estimar su demanda.

1.4.2 Planificación de requerimientos de materiales (MRP I)

Chase (2009: 590) detalla que el MRP es un método lógico y fácil de entender para abordar el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir cada pieza final. MRP también proporciona un programa para especificar cuándo hay que producir o pedir estos materiales, piezas y componentes.

De acuerdo con Heizer & Render (2009: 562) define al MRP como una técnica de demanda dependiente que usa una lista estructurada de materiales, inventario, facturación esperada y un programa de producción maestro para determinar los requerimientos de materiales.

Krajewski (2013: 546) añade que la planeación de requerimientos de materiales (MRP) es un sistema de información computarizado, desarrollado específicamente para ayudar al fabricante a administrar inventarios de demanda dependiente y las ordenes programadas de reabastecimiento.

a) Entradas del sistema MRP I

Las entradas clave de un sistema MRP son una base de datos de listas de materiales, un programa maestro de producción y una base de datos de registros de inventario, como se muestra en la Figura 5:

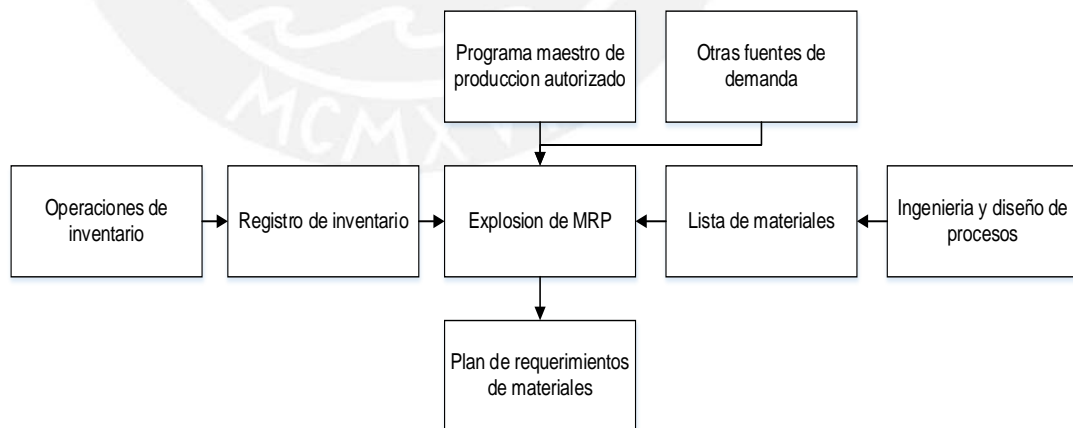


Figura 5. Entradas para el plan de requerimiento de materiales
Fuente: Krajewski (2013)
Elaboración propia

Con la información de la figura 5, el sistema MRP identifica las acciones que toman quienes planean para cumplir la programación, como liberar nuevas órdenes de producción, ajustando cantidades en las órdenes y acelerando las órdenes atrasadas.

Además Krajewski (2013: 546) indica que un sistema MRP traduce el programa maestro de producción en otras fuentes de demanda, como la demanda independiente de refacciones y artículos de mantenimiento, en los requerimientos de todos los subensambles, componentes y materias primas necesarios para producir los artículos primarios requeridos. Este proceso se llama explosión de MRP porque convierte requerimientos de productos finales en un plan de requerimiento de materiales que especifica los programas de reabastecimiento de todos los subensambles, componentes y materias primas necesarios para fabricar los productos finales.

b) Salidas del sistema MRP I

Según Domínguez (1995: 148) los outputs del sistema MRP forman un abanico muy amplio y variado, presentándose además distintos formatos, ya sea informes o mensajes individuales visualizados en las pantallas de los ordenadores o listados obtenidos a través de las impresoras. Todo este conjunto de salidas puede agruparse en salidas primarias y salidas secundarias que pasamos a describir a continuación:

- Salidas primarias del sistema MRP.- Se trata de un conjunto de informes básicos relativos a necesidades y pedidos a realizar de los diferentes ítems para hacer frente al programa maestro de producción, así como a las acciones que hay que emprender para conseguirlo. Constituyen la salida fundamental de todo sistema MRP y se puede concretar en el plan de materiales y en los informes de acción.
- Salidas secundarias del sistema MRP.- Junto con las salidas primarias, tradicionales del MRP, pueden existir otras de utilidad que dependen del paquete de software empleado.

- Los mensajes individuales excepcionales e informe de las fuentes de necesidades sirven de ayuda al buen desarrollo del procesos MRP, en cuanto al informe de análisis ABC en función de la planificación, el informe de material en exceso, el informe de compromiso de compra y el informe de análisis de proveedores son de ayuda en caso se valora la información suministrada por el sistema en unidades monetarias o en caso se valoren en unidades monetarias los pedidos de ítems a adquirir fuera de la empresa.

1.4.2.1 Aplicaciones del sistema MRP I

Chase (2009: 592) indica que el MRP tiene más provecho en las industrias donde varios productos se hacen en lotes con el mismo equipo de producción. En la Tabla 2 se incluyen ejemplos de industrias y beneficios esperados de MRP:

Tabla 2. Aplicaciones industriales y beneficios esperados de MRP

Tipo de industria	Ejemplos	Beneficios esperados
Ensamble a existencias	Combina múltiples partes componentes en un producto terminado, que se guarda en inventario para satisfacer la demanda de los clientes. Ejemplos: relojes, herramientas, electrodomésticos.	Grandes
Fabricación a existencias	Los artículos se maquinan, más que armarse. Son existencias generalmente guardadas en anticipación de la demanda de los clientes. Ejemplos: anillos de pistones, alternadores eléctricos.	Escasos
Ensamble a pedidos	Se hace un ensamble final de opciones estándares que escoge el cliente. Ejemplos: camiones, generadores, motores.	Grandes
Fabricación a pedidos	Las piezas se maquinan sobre pedido de los clientes. En general se trata de pedidos industriales. Ejemplos: cojinetes, engranes, cinturones.	Escasos
Manufactura a pedidos	Las piezas se fabrican o arman completamente según las especificaciones del cliente. Ejemplos: generadores de turbinas, maquinas herramientas pesadas.	Grandes
Proceso	Incluyen industrias como fundiciones, caucho y plásticos, papel especial, productos químicos, pintura, medicina y procesadores de alimentos.	Regulares

Fuente: Chase (2009)
Elaboración propia

1.4.3 Planificación de los recursos de manufactura (MRP II)

Según Chase (2009: 605) menciona que era natural y de esperarse una expansión del sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP I) para incluir otras porciones del sistema productivo. Una de las primeras incluidas fue la función de compras. Al mismo tiempo, había una inclusión más detallada del sistema de producción en la planta fabril, despacho, y control de programación detallada. El MRP ya incluía las limitaciones de capacidad del centro de trabajo, por lo que era evidente que el nombre planeación de requerimientos de materiales ya no era adecuado para describir el sistema expandido.

Por otro lado, Heizer & Render (2009, 578) indica que la planeación de requerimientos de materiales II es una técnica extremadamente poderosa. Una vez que la empresa implementa un MRP, los datos del inventario pueden aumentarse con las horas de trabajo, el costo de los materiales (en lugar de la cantidad de material), el costo del capital o, prácticamente, con cualquier recurso. Por lo general, cuando un MRP se usa de esta manera, se le conoce como MRP II, y el término recursos suele sustituir al de requerimientos. Entonces, MRP significa planeación de recursos de materiales.

a) Entradas del sistema MRP II

Domínguez (1995: 157) nos indica que es evidente que un sistema tan complejo como MRP II, que desarrolla tantas funciones, ha de emplear un amplio conjunto de datos. Por nuestra parte, vamos a considerar tres inputs fundamentales:

- Plan de ventas (o las previsiones, en su caso), a partir del cual se establecerá el plan agregado de producción, que da inicio a las diferentes fases de planificación y programación.
- Base de datos del sistema es fundamental que esta se estructure de forma que no se duplique la información, lo cual, por una parte, disminuye la capacidad de memoria necesaria. Por otro lado, esta información será utilizada por todo el sistema. Cualquier error en la creación o mantenimiento de la base de datos repercutirá negativamente en los resultados obtenidos.

- Retroalimentación desde las fases de ejecución a las de planificación.

La Figura 6 muestra el diagrama de bloques del MRP II:

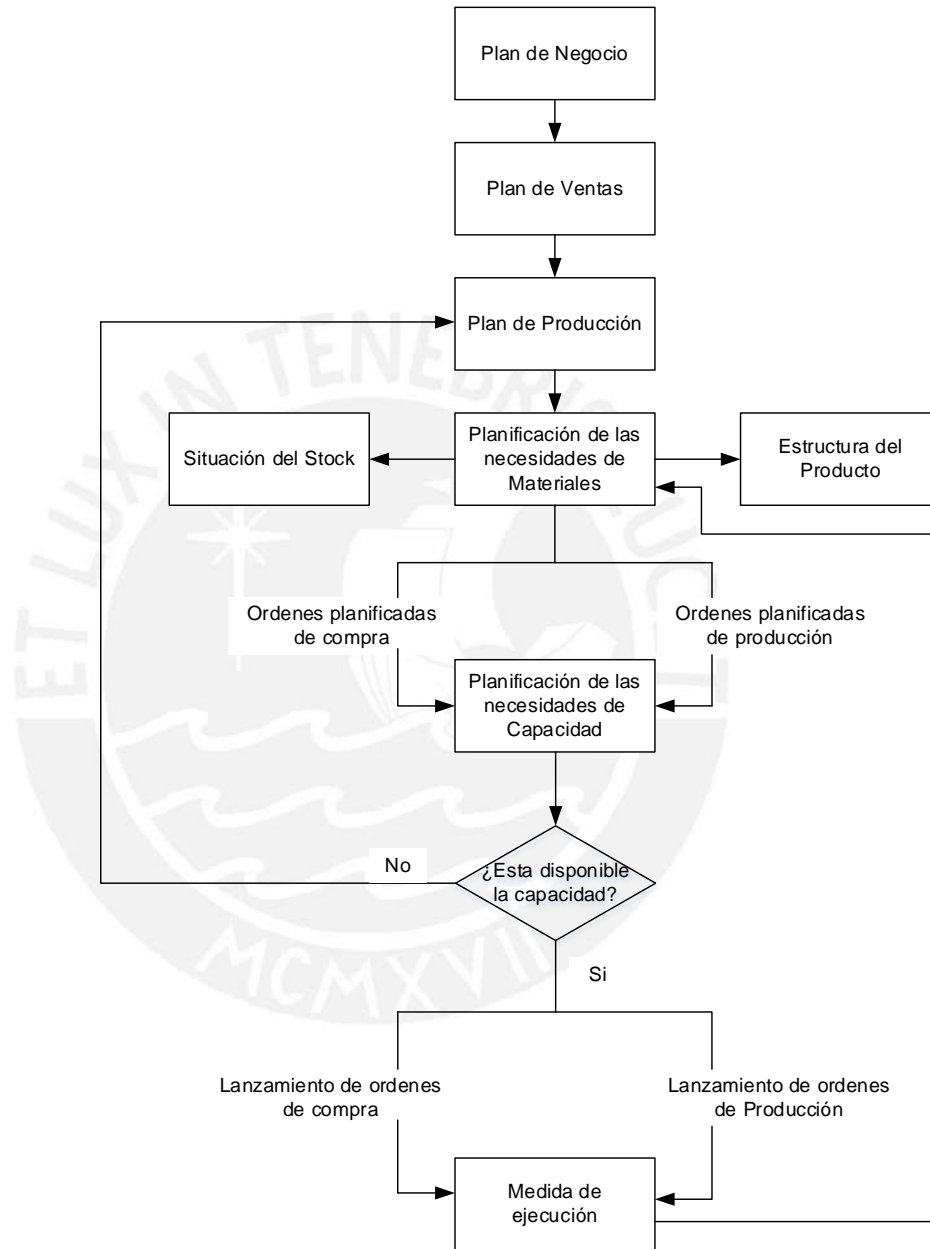


Figura 6. Diagrama de bloques del MRP II
Fuente: Companys Pascual (1999)
Elaboración propia

b) Salidas del sistema MRP II

Además Domínguez (1995: 173) menciona que la variedad de características de sistemas implantados y del software existente en el mercado, hacen casi imposible establecer una lista exhaustiva de las posibles salidas. Estas varían mucho en forma, criterios de ordenación, número, entre otros. Ello las transforma en uno de los criterios importantes en la elección de un software adecuado por parte de la empresa que desee implementarla. Las salidas básicas dentro de cada una de las funciones del sistema son:

- La planificación a mediano y largo plazo (plan de empresa, las previsiones de ventas, el plan de ventas, plan agregado de producción entre otros)
- Costes (costes unitarios y reales de un ítem o de un centro de trabajo, costes estándar y reales globales de un pedido o de un centro de trabajo)
- Programación de proveedores y presupuesto de compra.
- Presupuesto de ventas y los inventarios proyectados
- Programación maestra
- Gestión de capacidad.
- Y otras salidas (se incluyen aquí los listados de cualquiera de los diferentes registros de la base de datos con diversas ordenaciones)

1.4.4 Problemática de la implementación de los sistemas MRP

De acuerdo con Heizer & Render (2009: 585) menciona que la implementación de MRP/MRP II puede requerir cambios importantes en la compañía y sus procesos, al ser tan complejo muchas compañías no logran adaptarse a él, y su implementación implica un proceso continuo, que tal vez nunca termine.

Por otro lado, Chase (1995: 182) indica que si algún factor ha contribuido a atenuar el ritmo de crecimiento del número de firmas usuarias del MRP/MRP II, a pesar de los cuantiosos beneficios que podrían haber obtenido, este es, sin duda, el alto número de empresas que han fracasado en su intento, o bien lo han abandonado o no han llegado a desarrollarlo lo suficiente.

Los problemas fundamentales que surgen en la implementación MRP/MRP II se pueden resumir en los siguientes ítems:

- Problemas en torno al personal
- Falta de exactitud en los datos
- Apoyo de la alta dirección
- Problemas en torno al software y al hardware
- Fallos en la elaboración y desarrollo del plan
- Otros problemas (problemas técnicos, establecimiento de medidas de control, problema de tipo organizacional, entre otros).

2. LA EMPRESA

2.1 Descripción de la empresa

En el presente estudio, la empresa se denominará Corporación Química Camaleón S.A. Es una compañía que tiene una diversidad de productos en el mercado nacional, por lo cual está dividida en ocho líneas de producción, estas son: Arquitectónica, Industrial, Marino, Química, Pegamentos, de Limpieza, Automotriz y Madera. La empresa tiene un 85% de participación en el mercado, y llegó a facturar aproximadamente US\$ 233,5 millones dólares en el año 2013.

Corporación Química Camaleón S.A. cuenta con dos plantas de producción, la Planta 1 ubicada en el Kilómetro 40 de la Panamericana Sur, a la que se denominara Planta Lurín, en esta planta se encuentran las líneas de producción Arquitectónica, Industrial, Marino, Automotriz y Madera; y la Planta 2 Ubicada en el Kilómetro 65 de la Panamericana Sur, a la que se denominara Planta Chilca en esta se encuentran las líneas de producción Química, Pegamentos y de Limpieza.

2.2 Líneas de producción de la empresa

a) Líneas de Producción de Corporación Química Camaleón S.A.

La empresa está conformada por ocho líneas de producción, las ventas de cada línea de producción se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. Líneas de Producción C.Q. Camaleón S.A.

Líneas de Producción C.Q. Camaleón S.A.	Ventas (\$)	Porcentajes (%)
Arquitectónica	87 230 000	37%
Industrial	31 720 000	14%
Marino	19 032 000	8%
Químicos	36 635 837	16%
Pegamentos	8 988 000	4%
Limpieza	29 276 163	13%
Automotriz	12 688 000	5%
Madera	7 930 000	3%

Total	233 500 000	100%
-------	-------------	------

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla 3, las líneas de producción arquitectónica y químicos representan más del 50% de las ventas de la empresa, con un 37% y 16% respectivamente.

a.1) Líneas de Producción de Planta Lurín

En la planta Lurín se encuentran las 5 líneas de producción de la empresa, cuyas ventas se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4. Líneas de Producción Planta Lurín

Líneas de Producción Planta Lurín	Ventas (\$)	Porcentajes (%)
Arquitectónica	87 230 000	52%
Industrial	31 720 000	19%
Marino	19 032 000	17%
Automotriz	12 688 000	8%
Madera	7 930 000	5%

Total	168 844 163	100%
-------	-------------	------

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

La línea de producción arquitectónica representa el 52% de las ventas de la planta Lurín.

a.2) Líneas de Producción de Planta Chilca

De las ocho líneas de producción de la empresa, tres de estas líneas de producción se encuentra en la planta Chilca (Química, pegamentos y Limpieza), cuyas ventas se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Líneas de Producción Planta Chilca

Líneas de Producción Planta Chilca	Ventas (\$)	Porcentajes (%)
Químicos	36 635 837	49%
Pegamentos	8 988 000	12%
Limpieza	29 276 163	39%
Total	74 899 999	100%

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

La tesis solo abarcara la planta Chilca, línea de producción Químicos la cual representa el 49% de las ventas, como se puede apreciar en la Tabla 5.

2.3 Cadena de valor

A continuación se muestra en la Figura 7, la cadena de valor de Corporación Química Camaleón S.A.:



Figura 7. Cadena de valor
Elaboración propia

2.4 Proveedores

a) Proveedores nacionales

Son 10 proveedores nacionales, los cuales abastecen seis materias primas (aceites, solventes y plast):

Tabla 6. Proveedores Nacionales

Proveedores	Producto	País
Alicorp S.A.A.	Aceite 1	Perú
Oleaginosa Victoria S.A.	Aceite 2	Perú
Omarpe Trading S.A.		Perú
Oleaginosa del Sur S.R.L.		Perú
Shekina Company S.A.C.		Perú
Alicorp S.A.A.	Aceite 3	Perú
Grupo Pradera S.A.C.	Plast 1	Perú
San Miguel Industrias S.A.		Perú
Damar G&L S.A.C.		Perú
Petroperú S.A.	Solvente 1	Perú
Repsol S.A.		Perú
Petroperú S.A.	Solvente 2	Perú
Repsol S.A.		Perú

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

b) Proveedores extranjeros

Se tiene 25 proveedores extranjeros, los cuales abastecen 22 materias primas (ácidos, glicoles, catalizadores, monómeros y conservantes):

Tabla 7. Proveedores Extranjeros

Proveedores	Producto	País
Sami Trading INC	Acido 1	Korea
Daewoo International Corporation		Korea
Everlite Korea Co. LTD		Korea
LG Chem LTD		Korea
Petrom-Petroquimica		Brasil
Chem News Corp.	Acido 2	Korea
Vikudha Overseas Corporation	Acido 3	Korea
Dongying Hi-Tech Spring Chemical Industry	Glicol 1	China
Chemnews Corp.		Korea
Allied Warehousing Services	Glicol 2	USA
Corporación Mexicana de Polímeros S.A.		México
The Dow Chemical Company		USA
Perstorp Specialty Chemicals AB	Glicol 3	Suecia
Oxiteno S.A. Industria e Comercio	Glicol 4	Brasil
Andes Chemical Corp.	Catalizador 1	USA
Red Cargo S.A.	Catalizador 2	Colombia
Producciones Químicas S.A.		Colombia
Andes Chemical Corp.	Catalizador 3	USA
BASF Corporation100	Monómero 1	USA
Lucite Intl Inc.	Monómero 2	China
India Glycols Limited	Monómero 3	China
Oxiteno S.A. Industria e Comercio		Brasil
Oxiteno S.A. Industria e Comercio	Monómero 4	Brasil
Bayer Material Science AG	Monómero 5	China
Elements Specialities		China
Lubrizol Advance Materials Manufact		China
Oxiteno S.A. Industria e Comercio	Monómero 6	Brasil
Andes Chemical Corp.	Monómero 7	USA
Perstorp Specialty Oxo AB	Monómero 8	Suecia
Pinturas Inca S.A.	Monómero 9	Uruguay
Everlite Korea Co. LTD	Monómero 10	Korea
Celanese LTD	Conservante A	USA
Producciones Químicas S.A.	Conservante B	Colombia
Red Cargo S.A.		Colombia

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

2.5 Clientes

Entre los principales clientes/usuarios de la empresa tenemos a los siguientes:

a) Sector minero:

- Southern Peru Copper Corporation - Cia. Minera Antamina
- Barrick Gold Misquichilca - Construcción de la mina Pierina, Huaraz.
- Grupo Hochschild - Construcción de la mina Sipan, ampliación de la mina Ares.

b) Sector industrial:

- Southern Perú Limited - Plantas de ácido sulfúrico de oxígeno, lixiviación de cobre, entre otras instalaciones. .
- Grupo Romero - Complejo Ransa, Alicorp, Tramarsa, Tisur.
- Procter & Gamble - Pintado de Almacenes.
- Backus y Johnston - Instalación en general.
- Volvo Perú - Pintura automotriz para flota de camiones.
- Cementos Lima - Muelle y Estructuras metálicas en general.
- Cadenas de tienda Electra - Pintado de pisos de concreto.
- Marina de Guerra del Perú - Buques de la armada peruana. Dirección de capitanías y guardacostas. Naviera comercial. Servicio Industrial de la Marina - SIMA Callao, Chimbote e Iquitos (construcciones y reparaciones navales, mantenimiento de flotas pesqueras y comerciales).
- Corporación Pesquera Inca (COPEINCA) - Flota de embarcaciones pesqueras y plantas de harina de pescado y congelado
- Grupo Sindicato Pesquero del Perú (SIPESA) - Flota de embarcaciones pesqueras y plantas de harina de pescado.

c) Sector Energía:

- Repsol - Tanque, tuberías y zona industrial de la Refinería La Pampilla.
- Etevensa - Central Térmica de Ventanilla.
- Egasa - Central Hidroeléctrica Charcani.
- Egemsa - Central Hidroeléctrica de Machu Picchu.

d) Sector transporte:

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones - Más de 30 puentes a nivel nacional y señalización de pistas.
- Municipalidad de Lima - Señalización de pistas.

El presente estudio se centra en una división de la línea de producción Química de la planta Chilca, la división de Novoresinas al Solvente (NRS), la cual se explicara con más detalle en el inciso 3 (Descripción de la División Novoresinas al Solvente).



3. DESCRIPCION DE LA DIVISION NOVORESINAS AL SOLVENTE (NRS)

La línea de producción Química está conformada por cuatro divisiones: “Resinas tradicionales al agua (RTA)”, “Resinas tradicionales al solvente (RTS)”, “Novoresinas al agua (NRA)” y “Novoresinas al solvente (NRS)”, cuyas ventas se muestran en la Tabla 8:

Tabla 8. Divisiones de la Línea de Producción Química

Divisiones de la Línea de Producción Química	Ventas (\$)	Porcentajes (%)
Resinas tradicionales al solvente (RTS)	8 988 000	25%
Resinas tradicionales al agua (RTA)	6 741 360	18%
Novoresinas al solvente (NRS)	12 667 468	35%
Novoresinas al agua (NRA)	8 239 009	22%

Total	36 635 837	100%
-------	------------	------

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

Las divisiones de producción de Novoresinas (NRS, NRA), fueron adquiridos por la Corporación Química Camaleón comprando la empresa “Novoresinas S.A.” en el año 2008.

Las resinas al Solvente (RTS, NRS) se diferencian de las resinas al agua (RTA; NRA) en que las primeras requieren solventes industriales, y las segundas utilizan agua para su producción; las resinas al solvente, se emplean sobre estructuras metálicas, superficies de madera y artículos moldeados con fibra de vidrio y las resinas al agua se emplean sobre paredes de cemento.

La división de Novoresinas al solvente (NRS) representa 35% de las ventas de la línea de Producción Química, a su vez abastece insumos a las líneas de producción industrial, marino, automotriz y madera, lo cuales representan cerca del 30% de las ventas de Corporación Química Camaleón S.A.

Es por estas razones que el presente trabajo se centra en esta división de la empresa, ya que representa una importante área que puede influir decisivamente en su competitividad. Para ello es necesario analizar su gestión de operaciones, esto nos permitirá encontrar deficiencias o poco aprovechamiento de los recursos, lo que nos posibilitara a su vez, plantear soluciones u optimizar los recursos disponibles.

3.1 Layout de Planta Chilca

En la Planta Chilca se ubican las líneas de producción Químicos, Pegamentos y Limpieza. Dentro de la línea de producción Químicos, se encuentran las áreas de Resinas Tradicionales, Novoresinas al agua y Novoresinas al solvente.

A su vez cuenta con zonas de almacenamiento de materias primas (M.P.), tanto a granel como suelta, donde se recepciona M.P. para las 3 líneas de producción.

De la misma manera cuenta con zonas de almacenamiento de productos terminados para cada una de las 3 líneas de producción en la Planta Chilca.

Para complementar sus operaciones, la Planta Chilca cuenta con zonas de oficinas para su área administrativa, laboratorios de investigación y desarrollo, y áreas para el mantenimiento, seguridad y medio ambiente.

A continuación, en la figura 8 se muestra el layout de la Planta Chilca:

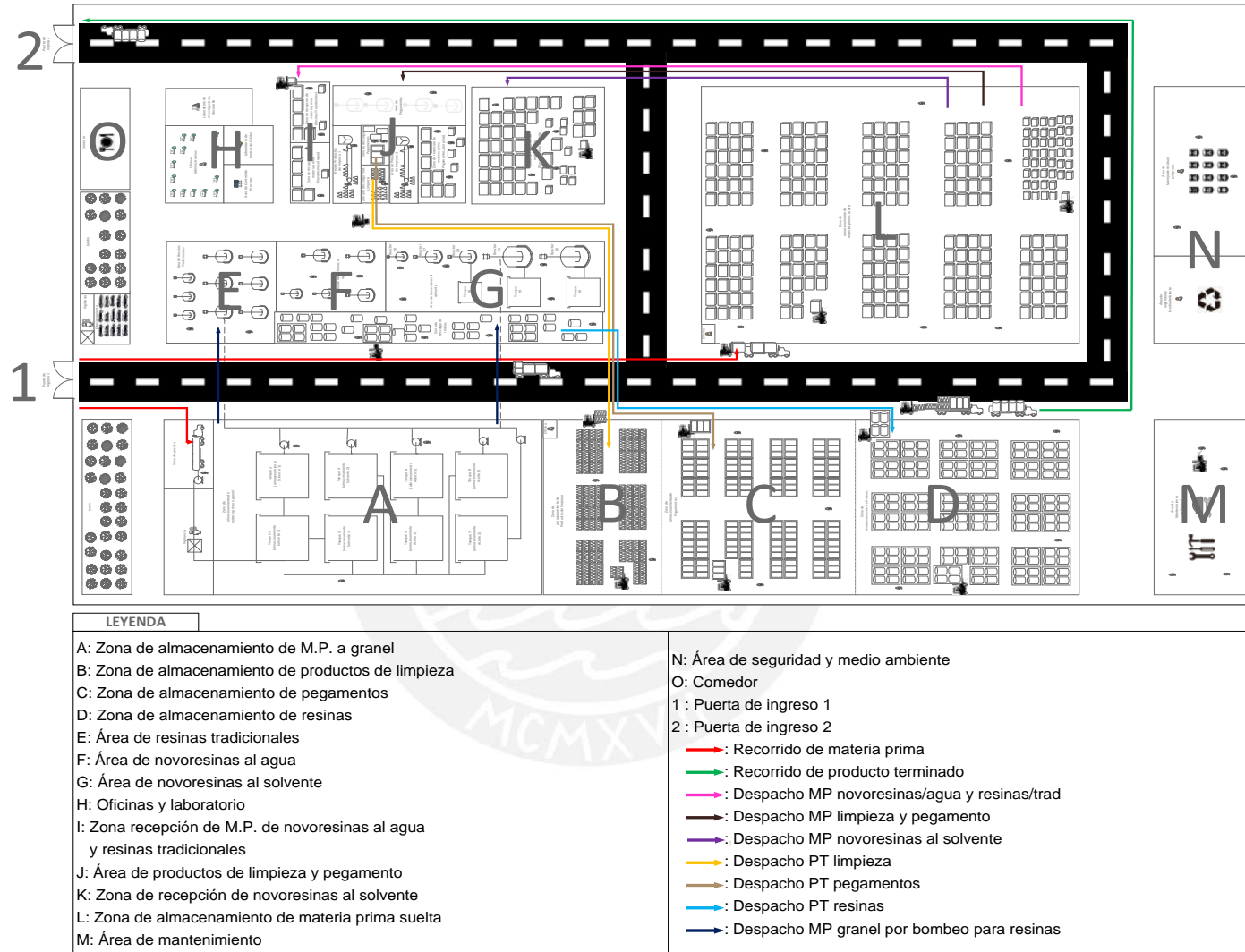


Figura 8. Layout de la Planta Chilca
Elaboración Propia

3.2 Productos de la División NRS

La división NRS, donde se centrara el presente trabajo, produce 13 productos, entre alquidicas, poliésteres, amina y poliur, los cuales sirven de insumos a las líneas de producción Industrial, Marino, Automotriz y Madera, tal como se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9. Productos de la División de Novoresinas al solvente

Producto (Nombre comercial)	Familia de Producto
Alquidica 40	Alquidicas
Alquidica 27	
Alquidica 22	
Alquidica 85	
Alquidica 60	
Alquidica 14	
Butamina 68	Amina
Poliéster 67	Poliésteres
Poliéster 25	
Poliéster 58	
Poliéster RO	
Poliéster 70	Poliur
Producto B5	

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

Las Alquidicas son productos que utilizan ácidos, glicoles y aceites vegetales y animales para su preparación, y se utilizan como insumos para la obtención de barnices y esmaltes empleados como protección de estructuras metálicas.

La amina (Butamina 68), es un producto que utiliza ácidos, monómeros y conservantes para su elaboración y es empleado como un insumo complementario para producir barnices y esmaltes.

Los Poliésteres son productos que utilizan ácidos, monómeros, conservante y catalizador para su producción, y se utilizan en la fabricación de artículos moldeados con fibra de vidrio.

El Producto B5 utiliza monómeros para su elaboración, es utilizado como acabado para el barnizado de muebles y artículos de madera.

3.3 Proceso Productivo de la División NRS

El sistema productivo de la División NRS se basa en una producción por lotes, donde se producen los 13 productos en un solo tipo de máquina (reactor), algunos reactores cuentan con tanque de dilución, los que se utilizan cuando se producen grandes volúmenes de producto.

Seguidamente se muestran los diagramas de flujo de la producción de alquidicas en la Figura 9, y el diagrama de flujo de la producción de poliésteres en la Figura 10:



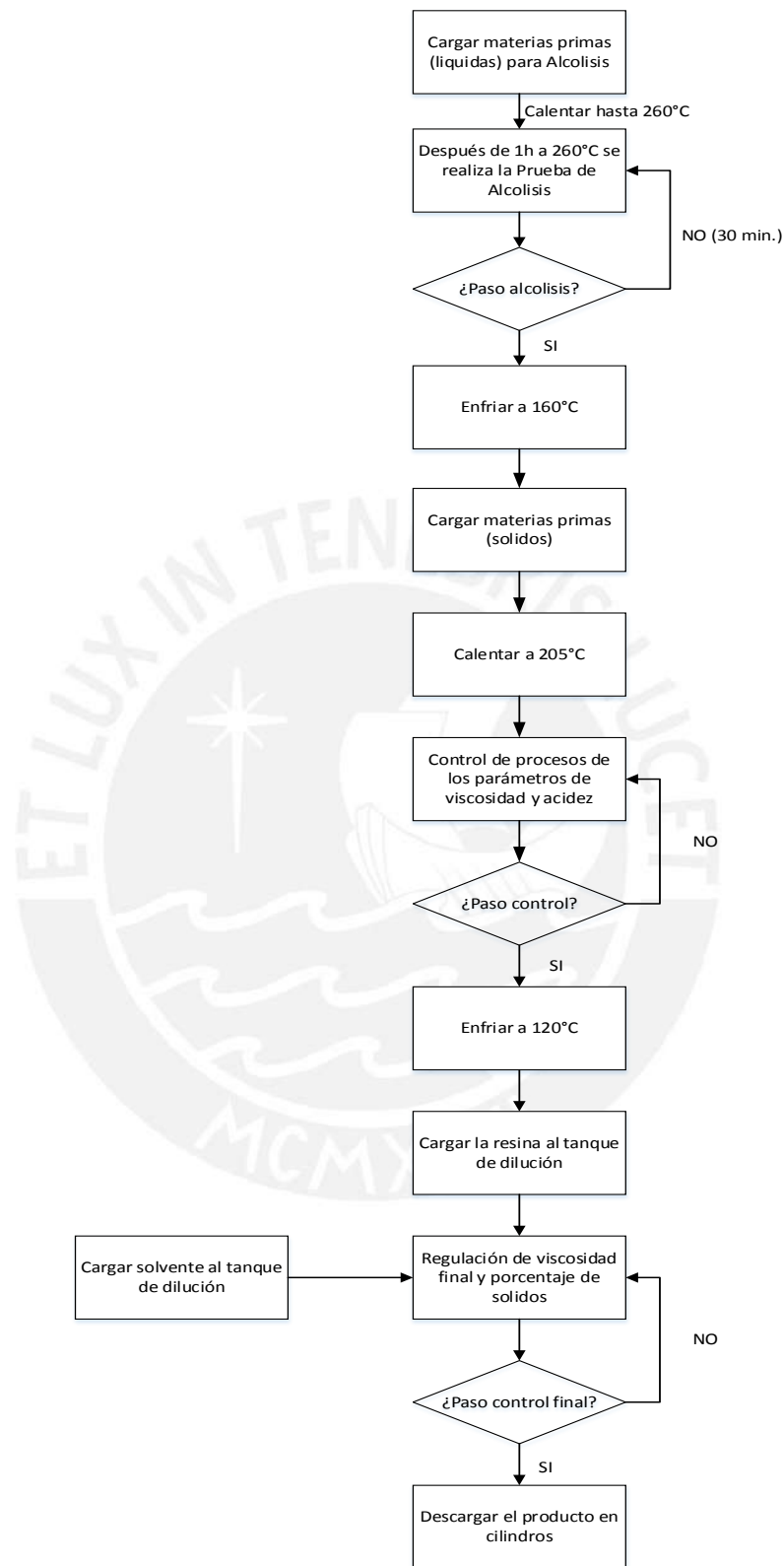


Figura 9. Diagrama de Flujo de la Producción de Alquidicas
Elaboración propia

a) Descripción del Diagrama de flujo de Alquidicas:

- Cargar materias primas líquidas para alcoholisis¹, consiste en cargar los aceites y glicoles al reactor, y calentar hasta una temperatura de 260°C para la formación de monoglicéridos (Alcoholisis).
- Una vez alcanzada la temperatura de 260°C, mantener por una hora a esta temperatura para realizar la prueba de alcoholisis, la cual es una prueba cualitativa de la apariencia del producto de la alcoholisis con la materia prima sólida que se cargara. En esta prueba la apariencia debe ser translúcida, transparente. Si en caso no pasa la prueba, se mantiene 30 minutos más a 260°C y si vuelve a tomar la prueba.
- Luego se enfría a una temperatura de 160°C para cargar la materia prima sólida (anhídridos y ácidos), una vez cargadas estas, se calienta a una temperatura de 205°C, a partir de donde empieza la reacción, y se empieza a hacer un control de procesos cada 2 horas donde se mide los parámetros de viscosidad copa Ford² y acidez, estos tienen que llegar hasta determinados valores que dependen del producto. Por ejemplo en el caso de la Alquídica 400 esta debe tener un valor de copa Ford 3 minutos y un valor ácido de 12.
- Con los parámetros de control en rango, se procede a enfriar el reactor a una temperatura de 120°C, y cargar esta resina al tanque de dilución, previamente cargado con solvente (este puede ser Xilol o Varsol dependiendo del producto).
- En el tanque de dilución se hace la regulación final del producto por parte de control de calidad de los parámetros de Viscosidad Copa Ford y porcentaje de sólidos. Por ejemplo en caso de la Alquídica 400 el valor de viscosidad copa Ford debe estar entre 45 y 55 segundos, y el porcentaje de sólidos no volátiles debe estar entre 72% a 75% de sólidos.
- Cuando el producto está dentro de los parámetros de control finales, se procede a descargar la resina en cilindros mediante una bomba de descarga que usa filtros para retener impurezas.

1 Alcoholisis es una reacción química que se produce entre un alcohol y un compuesto orgánico mediante la cual se consigue la ruptura de un enlace carboxílico.

2 La copa Ford es un instrumento que sirve para medir la viscosidad, expresado en los segundos que tarda en vaciar el material.

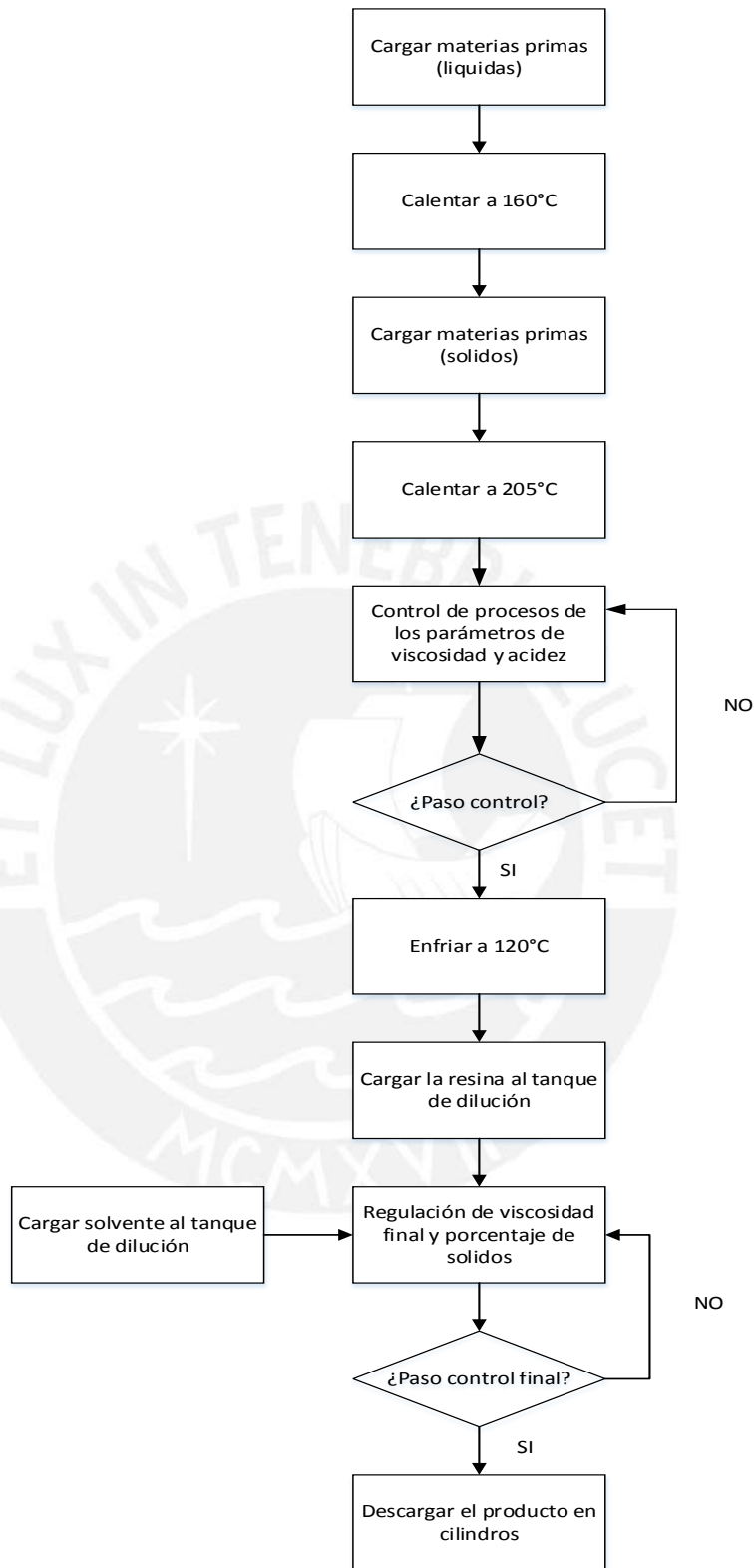


Figura 10. Diagrama de Flujo de la Producción de Poliésteres Elaboración propia

b) Descripción del Diagrama de flujo de Poliéster:

- Cargar materia prima líquida, consiste en la adición del glicol al reactor, calentar hasta una temperatura de 160°C para cargar la materia prima sólida (anhídridos y ácidos), una vez cargadas estas, se calienta a una temperatura de 205°C, a partir de donde empieza la reacción, y se empieza a hacer un control de procesos cada 2 horas donde se mide el parámetro de acidez, este tiene que llegar hasta un determinado valor. Por ejemplo en el caso del Poliéster 258 este debe tener un valor de 45.
- Con los parámetros de control en rango, se procede a enfriar el reactor a una temperatura de 120°C, y cargar esta resina al tanque de dilución, previamente cargado con un monómero que actuaría a modo de solvente (Estireno).
- En el tanque de dilución se hace la regulación final del producto por parte de control de calidad de los parámetros de Viscosidad Brookfield³, porcentaje de sólidos y tiempo de gel. Por ejemplo en caso del Poliéster 258 el valor de viscosidad Brookfield debe estar entre 800Cps y 900Cps, el porcentaje de sólidos no volátiles debe estar entre 66% a 70% de sólidos y un tiempo de gel entre 5 minutos a 6 minutos.
- Cuando el producto está dentro de los parámetros de control finales, se procede a descargar la resina en cilindros mediante una bomba de descarga que usa filtros para retener impurezas.

³ El viscosímetro Brookfield es un instrumento que sirve para medir viscosidad rotacional en centipoise

4. ANALISIS Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA DIVISION DE NOVORESINAS AL SOLVENTE (NRS)

Para realizar el diagnóstico, se tuvo que comprender los procesos relevantes involucrados en la División NRS, y recolectar datos necesarios para desarrollar un diagnóstico adecuado de la situación actual. La Figura 11 muestra la hoja de ruta para el análisis y diagnóstico de la situación actual de la División NRS:

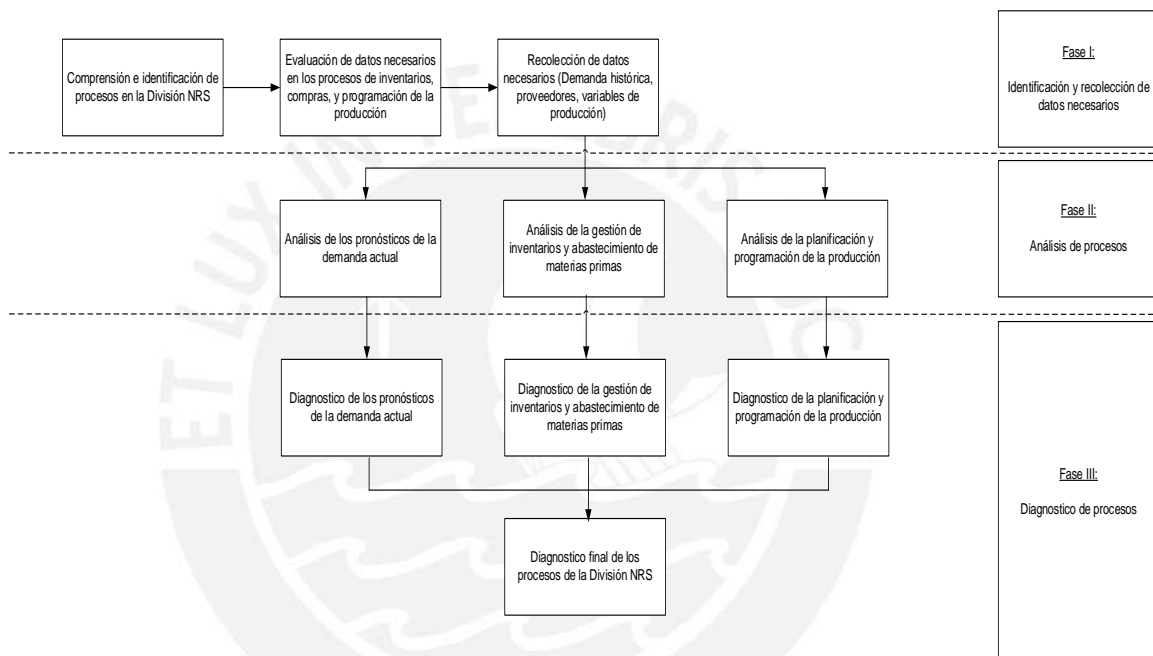


Figura 11. Hoja de ruta para el análisis y diagnóstico de la situación actual de la División NRS
Elaboración propia

4.1 Análisis y diagnóstico de los pronósticos de la demanda de los productos de la División NRS

4.1.1 Análisis de los pronósticos de la demanda de los productos de la División NRS

La división NRS para hacer la planificación de producción de sus 13 productos, realiza un balance general de las ventas del año anterior para cada producto, estos resultados de cada producto se dividen entre 12, lo cual les da una demanda mensual constante de todos los productos que les sirve de referencia.

Por ejemplo para el caso de la Alquidica 40, las ventas totales del año 2013 fueron de 705 686Kg, este resultado se divide entre 12, lo cual nos da un valor de 58 807Kg mensuales, este resultado sirve de referencia para el pronóstico mensual de la demanda del año 2014.

En la Tabla 10 se presentan los pronósticos de la demanda mensual de los 12 productos restantes para el año 2014, utilizando el método actual de pronósticos:

Tabla 10. Pronósticos mensuales para el año 2014 de los productos de la División de Novoresinas al solvente con el método actual de pronósticos

Producto	Ventas totales del año 2013 (Kg)	Pronóstico mensual del año 2014 (Kg)
Alquidica 60	335 081	27 923
Alquidica 22	251 816	20 985
Alquidica 27	382 273	31 856
Alquidica 40	705 686	58 807
Alquidica 14	315 936	26 328
Alquidica 85	204 495	17 041
Butamina 68	429 148	35 762
Poliester 70	42 098	3 508
Poliester 25	141 560	11 797
Poliester 58	312 384	26 032
Poliester 67	597 274	49 773
Poliester RO	6 191	516
Producto B5	42 595	3 550

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

Cabe mencionar que el método del pronóstico actual de la empresa toma como referencia la ventas totales del año anterior, este valor se usa para pronosticar la demanda del año siguiente; por ejemplo las ventas totales del año 2013 de la Alquidica 40 fueron de 705 686Kg, y esta cantidad se toma como referencia para el pronóstico de la demanda para el año 2014, y así se realiza el pronóstico de la demanda anual para cada uno de los productos.

En la tabla 11 se muestra las ventas pronosticadas en dólares empleando el método actual para el año 2014:

Tabla 11. Ventas pronosticadas en dólares con el método actual para el año 2014

Producto	Pronóstico anual 2014 c/Met. actual (Kg)	Precio de venta 2014 (\$/Kg)	Pronóstico ventas 2014 c/Met. actual (\$)
Alquidica 60	335 081	4,0	1 340 324
Alquidica 22	251 816	3,6	906 538
Alquidica 27	382 273	2,7	1 032 137
Alquidica 40	705 686	4,0	2 822 744
Alquidica 14	315 936	2,3	710 856
Alquidica 85	204 495	4,1	838 430
Butamina 68	429 148	3,5	1 502 018
Poliester 70	42 098	3,9	164 182
Poliester 25	141 560	3,7	523 772
Poliester 58	312 384	2,7	837 189
Poliester 67	597 274	2,5	1 505 130
Poliester RO	6 191	9,4	58 195
Producto B5	42 595	10,0	425 950

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

4.1.2 Diagnóstico de los pronósticos de la demanda de los productos de la División NRS

En base al análisis descrito en el inciso 4.1.1 se puede mencionar las siguientes desventajas:

- Cuando la demanda pronosticada es menor que la demanda real genera ordenes pendientes, lo cual es uno de los inconvenientes de la División NRS.
- Asimismo cuando la demanda pronosticada es mayor que la demanda real, genera sobreproducción que se manifiesta en exceso de inventarios.

4.2 Análisis y diagnóstico de la gestión actual de inventarios y abastecimiento de materias primas de la División NRS

4.2.1 Análisis de la gestión actual de inventarios y abastecimiento de materias primas de la División NRS

Para poder comprender como la empresa hace su gestión de compras de materia prima, se comparó los requerimientos de materia prima históricos del año 2013 (en Kg.) contra la planificación de compras (en Kg.) que se realizó en el mismo año.

Se tomó como ejemplo el Aceite 2, una materia prima muy importante que se usa en 3 de los 13 productos de la división NRS: Alquidica 22, Alquidica 60 y Alquidica 85. En este caso se realizaron las compras en los meses de enero, abril, mayo, julio y setiembre, generando inventarios en los meses restantes para cumplir con los requerimientos del Aceite 2.

Estos pedidos se gestionaron a los diferentes proveedores (Oleaginosa Victoria S.A., Omarpe Trading S.A., Oleaginosa del Sur S.R.L. y Shekina Company S.A.C.).

La Tabla 12 muestra en detalle los requerimientos históricos del año 2013 comparados contra la gestión de compras del mismo año:

Tabla 12. Requerimientos vs. Compras de Aceite 2

2013	Requerimientos Aceite 2	Compras Aceite 2
Enero	31 022	80 000
Febrero	28 735	
Marzo	27 940	
Abril	33 942	80 000
Mayo	26 525	90 000
Junio	33 034	
Julio	24 401	61 735
Agosto	13 285	
Setiembre	16 779	90 000
Octubre	16 306	
Noviembre	25 943	
Diciembre	33 821	

Total	311 735	401 735
-------	---------	---------

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

Esta data histórica de requerimientos vs compras del Aceite 2 del año 2013, se transportó a un MRP I, para poder analizar mejor la gestión de compras e inventarios del Aceite 2, la cual se muestra en la Tabla 13:

Tabla 13. Data histórica de Requerimientos vs. Compras de Aceite 2 del año 2013
llevada a un MRP I en Kg.

Periodo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Req. Brutos	31 022	28 735	27 940	33 942	26 525	33 034	24 401	13 285	16 779	16 306	25 943	33 821
Inv. inicial	-	48 978	21 038		67 096	124 062	99 661	148 111	131 332	205 026	179 083	145 262
Recep. Prog.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Req. Netos	-	-	-	12 904	-	-	-	-	-	-	-	-
Recep. Pedido	80 000	-	-	80 000	90 000	-	61 735	-	90 000	-	-	-

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

Para fines prácticos, en este MRP I no se incluyó el lanzamiento, ya que este MRP I solo se usó para calcular los costos materia prima, costos de pedir y costos de mantener inventario.

A continuación se presenta los cálculos involucrados en la gestión de compras para el Aceite 2:

$$\text{Costo de pedir} = \frac{10\$}{\text{pedido}} \times 5 \text{ pedidos} = \$50$$

$$\text{Costo de MP} = \frac{2\$}{\text{Kg}} \times 401\,735 \text{ Kg} = \$803\,470$$

$$\text{Costo de mantener inventarios} = \frac{0.2\$}{\text{Kg}} \times 1\,169\,649 \text{ Kg} = \$233\,939$$

Los costos totales anuales del Aceite 2 se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14. Costos totales anuales de Aceite 2 (2013)

	Costo de Pedir (\$)	Costo MP (\$)	Costo mantener inventarios (\$)	Costos totales anuales (\$)
Aceite 2	50	803 470	233 930	1 037 450

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 14, el costo total anual del Aceite 2 para el año 2013 fue de \$1 037 450.

De la misma manera que se calculó el costo total anual del Aceite 2 para el año 2013, se calcularon los costos totales anuales de las 27 materias primas restantes, tal como se muestra en la Tabla 15, los cálculos del costo de pedir, costo MP y costo de mantener inventario se detalla en el ANEXO 1.

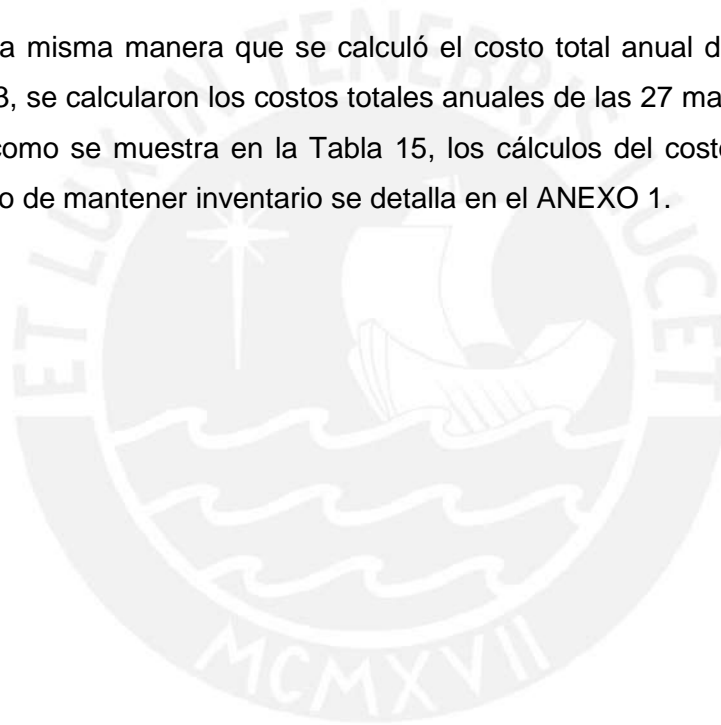


Tabla 15. Costos totales anuales M.P. (2013)

Materia prima	Costo de Pedir (\$)	Costo MP (\$)	Costo de retención inventarios (\$)	Costos Totales(\$)
Aceite 1	50	615 156	146 955	762 161
Aceite 2	50	803 470	233 930	1 037 450
Aceite 3	30	89 264	24 680	113 974
Acido 1	100	1 269 712	530 015	1 799 827
Acido 2	100	176 452	26 849	203 401
Acido 3	160	476 777	77 990	554 927
Glicol 1	100	334 165	136 567	470 832
Glicol 2	300	63 755	6 772	70 827
Glicol 3	25	46 169	29 620	75 814
Glicol 4	25	36 313	24 939	61 277
Catalizador 1	15	150 240	82 051	232 306
Catalizador 2	45	2 810	2 166	5 021
Catalizador 3	75	5 604	1 402	7 081
Monómero 1	30	23 734	13 520	37 284
Monómero 2	30	2 987	1 946	4 963
Monómero 3	60	16 434	8 719	25 213
Monómero 4	30	21 501	13 193	34 724
Monómero 5	90	8 785	5 604	14 479
Monómero 6	150	212 082	109 850	322 082
Monómero 7	240	224 411	64 875	289 526
Monómero 8	30	94 880	62 190	157 100
Monómero 9	240	446 095	110 025	556 360
Monómero 10	30	2 701	2 001	4 732
Conservante A	60	222 663	109 835	332 558
Conservante B	36	208 744	141 238	350 018
Plast 1	40	363 267	139 009	502 316
Solvente 1	96	258 204	82 231	340 531
Solvente 2	108	2 737 798	387 307	3 125 213
Total	2 345	8 914 173	2 575 479	11 491 997

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.

Elaboración propia

Como se puede apreciar en los resultados totales de la Tabla 15, el costo total anual de M.P. para el año 2013 fue de \$11 491 997, con un costo total anual de pedir de \$2 345 lo cual representa un 0,02% del total, un costo total anual de M.P. de \$8 914 173, que representa un 77,57% del total, y un costo de retención de inventarios de \$2 575 479, lo cual representa un 22,41% del total. La Tabla 16 resume los porcentajes de los costos totales anuales de M.P. para el año 2013:

Tabla 16. % Costos totales anuales M.P. (2013)

% Costo de Pedir	% Costo MP	% Costo de retención inventarios
0,02	77,57	22,41

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

Estos indicadores se comparan con la propuesta de mejora en la gestión de inventarios y el abastecimiento de materias primas, y se podrá concluir si estos porcentajes son justificables.

4.2.2 Diagnostico de la gestión actual de inventarios y abastecimiento de materias primas de la División NRS

En base al análisis descrito en el inciso 4.2.1 se puede mencionar los siguientes problemas:

- Como se puede apreciar en la tabla 13, las compras de Aceite 2 del año 2013, excedieron los requerimientos reales, generando un exceso de inventario de 145 262Kg a fin de año, lo cual reduce el margen de utilidad.
- El costo de retención de inventarios de \$2 575 479, mostrado en la tabla 15, representa un 22,41% del costo total anual de M.P., lo cual manifiesta una mala gestión de compras e inventarios, al tener un alto porcentaje del costo de retención de inventarios.

4.3 Análisis y diagnóstico del planeamiento y programación de la producción actual de la División de NRS

4.3.1 Análisis del planeamiento y programación de la producción actual de la División NRS

La División NRS realiza su planeamiento y programación de la producción de la siguiente manera:

- Sin emplear metodologías de operaciones que ayuden a maximizar los recursos disponibles, como por ejemplo priorizar productos que generen mayor utilidad.
- En base a los requerimientos de productos terminados proporcionados por el departamento de ventas, los cuales se reciben con un mes de anticipación.
- No se toma en cuenta las horas requeridas, ni horas disponibles de la capacidad de producción de la División NRS en la elaboración de productos.

La Tabla 17 muestra la programación de la producción de la División de Novoresinas al solvente, por cada reactor que fue programada en el mes de enero del año 2013:

Tabla 17. Cantidad producida, ingreso, costos y utilidad por reactor para el mes de enero del año 2013

Reactor	Producto	Cantidad producida (Kg)	Ingresos (\$)	Costos totales (\$)	Utilidad producción (\$)
R-30	Alquidica 40	25 000	109 470	110 983	(1 513)
	Alquidica 85	18 000			
	Alquidica 27	-			
R-29	Alquidica 22	-	38 939	83 479	(44 540)
	Poliester 67	25 000			
	Poliester 25	18 000			
R-28	Alquidica 14	30 000	56 482	54 105	2 378
	Alquidica 60	12 000			
	Poliester 58	60 000			
R-27	Butamina 68	60 000	121 911	33 578	88 334
	Poliester 70	-			
R-26	Poliester RO	3 000	20 301	19 842	459
	Producto B5	3 000			

Total Enero 2013 (\$)	388 000	347 104	301 987	45 117
-----------------------	---------	---------	---------	--------

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

En la Tabla 17 se observa que la cantidad producida de Alquidica 27, Alquidica 22 y Poliester 70 es igual a cero, lo cual nos indica que no se programó la producción de estos productos porque se contaba con inventario suficiente para cubrir la demanda.

Asimismo se observa que en el mes de enero del año 2013, los reactores R-29 y R-30 generaron una pérdida de \$44 540 y \$1 513 respectivamente, sin embargo la utilidad mensual de producción en el mes de enero del año 2013 fue de \$45 117.

La Tabla 18 muestra la utilidad, ingresos y costos totales del año 2013, así como la cantidad de producción mensual que presentó la División de Novoresinas al Solvente a lo largo del año:

Tabla 18. Cantidad producida, ingreso, costos y utilidad Mensual del año 2013

Mes	Cantidad producida (Kg)	Ingresos (\$)	Costos totales (\$)	Utilidad Producción (\$)
Enero	388 000	347 104	301 987	45 117
Febrero	284 000	360 102	240 773	119 329
Marzo	264 000	285 317	221 786	63 531
Abril	355 000	440 356	264 350	176 006
Mayo	233 500	206 235	186 455	19 781
Junio	283 500	273 604	211 802	61 802
Julio	314 000	320 094	259 650	60 444
Agosto	251 500	301 023	201 918	99 105
Septiembre	341 500	402 239	252 084	150 155
Octubre	305 500	414 847	224 113	190 735
Noviembre	331 500	363 779	258 148	105 632
Diciembre	334 500	324 159	271 273	52 886

Total	3 686 500	4 038 859	2 894 338	1 144 521
-------	-----------	-----------	-----------	-----------

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A.
Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 18, la utilidad total de producción para el año 2013 de la División Novoresinas al Solvente fue de \$1 144 521. La cantidad total producida y los costos totales para el año 2013 fue de: 3 685 500Kg y \$ 2 894 338, respectivamente; con estos datos se calculó el indicador de productividad:

$$\text{Indicador de productividad (kg/\$)} = \frac{3\,686\,500}{2\,894\,338} = 1,27$$

Este indicador de productividad se comparara con las propuestas de mejora en la gestión del planeamiento y programación de la producción de productos terminados, con el fin de determinar cuál es el método de programación más eficiente.

4.3.2 Diagnostico del planeamiento y programación de la producción actual de la División NRS

En base al análisis descrito en el inciso 4.3.1 se observa los siguientes inconvenientes:

- No utilizar metodologías de operaciones puede implicar estar produciendo productos que generen menor utilidad, o incluso pérdidas.
- Programar productos con un mes de anticipación puede originar que no se realice una planificación adecuada de materia primas, esto conlleva a ordenes pendientes de productos que se requieran y no se disponga de materia prima, generando la producción de productos de los que si se disponga materia prima, pero no estén programados para evitar horas ociosas, originando inventarios innecesarios.
- Al no tomar en cuenta las horas requeridas, ni las horas disponibles de la capacidad de producción de la División NRS, no se percibirá si la planta podrá cumplir con determinada cantidad de demanda.
- Lo mencionado anteriormente genera ineficiencias que se traducen en horas adicionales a las que normalmente se requieren (se tomó como referencia 18 horas).

5. PROPUESTAS DE MEJORA

El objetivo de este trabajo es generar estrategias de respuesta ante los problemas diagnosticados, que a su vez nos ayuden a responder con versatilidad, cumpliendo con la demanda de productos sin tener que recurrir en lo posible a inventarios innecesarios, órdenes pendientes y horas extras de trabajo, que generan un costo adicional, esto se verá con más detalle en los incisos 5.4.2 y 5.4.3.

Para el mejor entendimiento de las propuestas de mejora, se muestra en la Figura 12 una hoja de ruta de los pasos a seguir, para la elección de la estrategia de la programación de la producción de la División de Novoresinas al solvente (NRS):



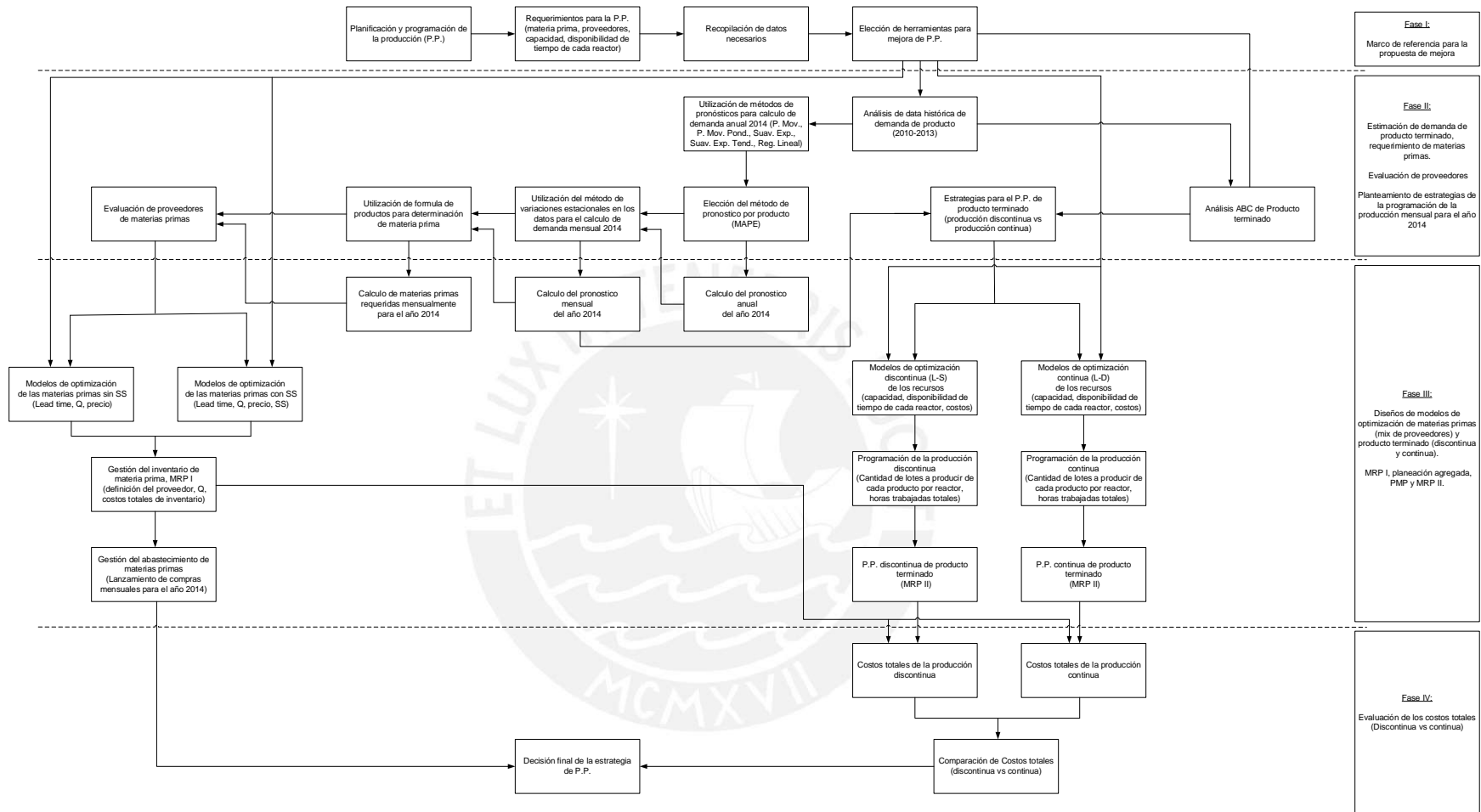


Figura 12. Hoja de ruta para la elección de la estrategia de la programación de la producción
Elaboración propia

5.1 Métodos de pronósticos de la demanda de la división de Novoresinas al Solvente (NRS)

El objetivo de la utilización de métodos de pronósticos de la demanda es predecir un pronóstico lo más cercano posible a la demanda real para evitar ordenes pendientes e inventarios innecesarios.

5.1.1 Pronósticos de la demanda anual del año 2014

Para realizar un pronóstico de demanda del año 2014, se tomó en cuenta la demanda histórica anual de cada producto desde el año 2010 al 2013, utilizando cinco métodos de pronósticos: Promedio Móvil simple, Promedio Móvil ponderado, Suavizamiento exponencial, Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia y Tendencia con regresión lineal.

Para la elección del pronóstico de la demanda, se utilizó el error porcentual medio (MAPE), debido a que esta expresado en porcentaje, y se puede apreciar mejor la diferencia de errores entre los métodos de pronósticos.

La Tabla 19 resume el error porcentual absoluto medio (MAPE) en los cinco métodos de pronósticos utilizados por cada producto:

Tabla 19. Error porcentual absoluto medio (MAPE)

Producto	Error porcentual absoluto (MAPE)				
	Prom. Móvil	Prom. Móvil Pond.	Suav. Exp.	Suav. Exp. Tend.	Tend. con reg.
Alquidica 60	9,90%	8,67%	8,43%	8,44%	5,32%
Alquidica 22	13,76%	10,67%	11,13%	9,89%	7,09%
Aquidica 27	0,74%	4,19%	21,86%	21,47%	23,27%
Alquidica 40	1,31%	1,78%	12,85%	12,15%	10,66%
Alquidica 14	10,89%	3,59%	16,57%	13,85%	11,63%
Alquidica 85	9,79%	6,84%	10,07%	8,80%	3,26%
Butamina 68	13,93%	8,33%	19,21%	11,95%	8,85%
Poliester 70	16,66%	10,49%	17,70%	11,06%	9,62%
Poliester 25	5,37%	8,07%	9,83%	10,00%	7,50%
Poliester 58	18,68%	12,30%	12,82%	12,13%	10,11%
Poliester 67	15,59%	9,66%	11,36%	10,81%	8,88%
Poliester RO	3,53%	3,90%	3,78%	4,83%	2,59%
Producto B5	17,26%	13,40%	14,27%	13,27%	8,11%

Elaboración propia

De la Tabla 19, se procedió a elegir el método de pronóstico con menor error porcentual absoluto medio (MAPE), los resultados se muestran en la Tabla 20:

Tabla 20. Pronósticos de la demanda del año 2014 con el método elegido

Producto	Pronóstico 2014 (Kg.)	Método de pronóstico elegido
Alquidica 60	347 502	Tendencia con regresión
Alquidica 22	275 166	Tendencia con regresión
Aquidica 27	426 523	Suav. Exp. Ajuste de tend.
Alquidica 40	771 033	Tendencia con regresión
Alquidica 14	385 060	Tendencia con regresión
Alquidica 85	186 394	Tendencia con regresión
Butamina 68	501 260	Tendencia con regresión
Poliester 70	49 892	Tendencia con regresión
Poliester 25	130 109	Tendencia con regresión
Poliester 58	372 222	Tendencia con regresión
Poliester 67	703 411	Tendencia con regresión
Poliester RO	6 122	Tendencia con regresión
Producto B5	37 656	Tendencia con regresión

Elaboración propia

En la tabla 21 se muestra las ventas pronosticadas en dólares empleando el método elegido para el año 2014:

Tabla 21. Ventas pronosticadas para el año 2014 con el método elegido

Producto	Pronóstico anual 2014 c/Met. Mejorado (Kg)	Precio de venta 2014 (\$/Kg)	Pronóstico ventas 2014 c/Met. Mejorado (\$)
Alquidica 60	347 502	4,0	1 390 008
Alquidica 22	275 166	3,6	990 598
Alquidica 27	426 523	2,7	1 151 612
Alquidica 40	771 033	4,0	3 084 132
Alquidica 14	385 060	2,3	866 385
Alquidica 85	186 394	4,1	764 215
Butamina 68	501 260	3,5	1 754 410
Poliester 70	49 892	3,9	194 579
Poliester 25	130 109	3,7	481 403
Poliester 58	372 222	2,7	997 555
Poliester 67	703 411	2.5	1 772 596
Poliester RO	6 122	9.4	57 547
Producto B5	37 656	10	376 560

Elaboración propia

Como conclusiones de los pronósticos de la demanda anual mencionamos lo siguiente:

- Es importante el cálculo del pronóstico anual por producto del año 2014, ya que con este se podrá calcular la demanda mensual.
- Para ello se utilizó la demanda histórica de los años 2010 al 2013 de cada uno de los 13 productos empleando cinco métodos de pronósticos (Promedio móvil simple, Promedio móvil ponderado, Suavizamiento exponencial, Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia y tendencia con regresión lineal).
- El ajuste de tendencia con regresión lineal fue el método predominante, ya que tenía menor error porcentual absoluto medio (MAPE), lo cual nos indica claramente que hay una tendencia ascendente de la demanda anual.

5.1.2 Pronósticos de la demanda mensual del año 2014

Con el pronóstico de la demanda anual calculada que se muestra en la tabla 16, se procede a calcular la demanda mensual del año 2014, para lo cual se utilizó el método de pronóstico de variaciones estacionales.

Se tomó como ejemplo el pronóstico calculado de la Alquidica 22 del año 2014, para determinar el pronóstico de la demanda mensual estacional; a continuación se muestra la Figura 13 con las variaciones estacionales de la Alquidica 22 de los años 2010, 2011, 2012 y 2013:

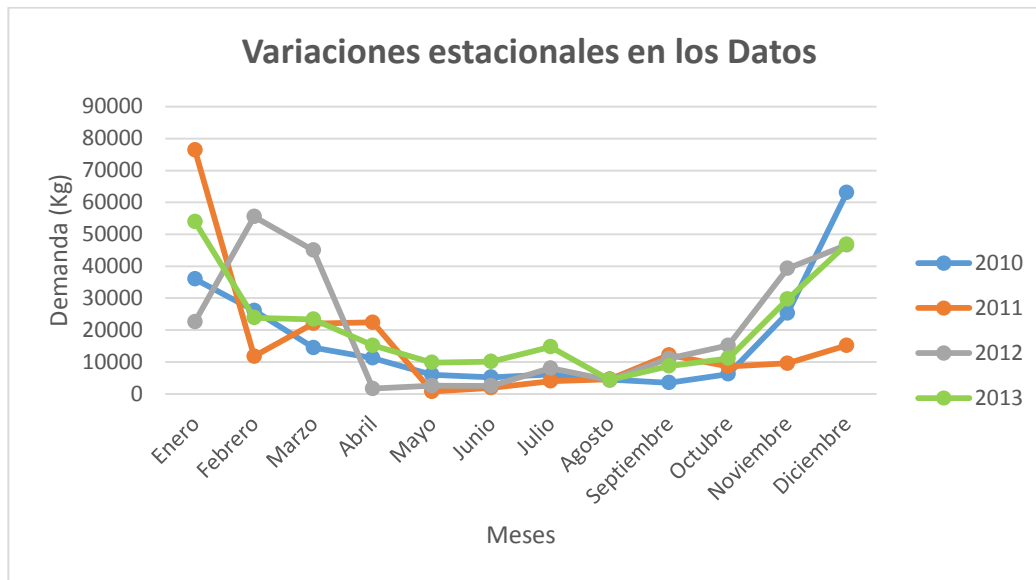


Figura 13. Variaciones estacionales de Alquidica 22 (2010-2013)
Elaboración propia

Seguidamente se detalla el cálculo del pronóstico estacional para el mes de enero del año 2014:

- Cálculo del factor estacional para el mes de enero del año 2010:

$$\text{Fact. Est. 2010} = \frac{36\,000}{17\,308} = 2,08$$

- Calculo del factor estacional para el mes de enero del año 2011:

$$\text{Fact. Est. 2011} = \frac{76\,380}{15\,782} = 4,84$$

- Calculo del factor estacional para el mes de enero del año 2012:

$$\text{Fact. Est. 2012} = \frac{22\,607}{21\,200} = 1,07$$

- Calculo del factor estacional para el mes de enero del año 2013:

$$\text{Fact. Est. 2013} = \frac{53\,958}{20\,985} = 2,57$$

- Calculo del factor estacional promedio para el mes de enero:

$$\text{Fact. Est. Prom.} = \frac{2,08 + 4,84 + 1,07 + 2,57}{4} = 2,64$$

- Calculo del pronóstico de la demanda para el mes de enero del año 2014:

$$\text{Pron. Enero 2014} = 22\,931 \times 2,64 = 60\,521$$

La Tabla 22 resume los pronósticos de la demanda mensual para el año 2014 de la Alquidica 22:

Tabla 22. Pronósticos estacionales mensuales para el año 2014 de Alquidica 22 en Kilogramos

Pron. del año 2014	Pron. Prom. (mes)
275 166	22 930

Año	2010	Fact. Est. (2010)	2011	Fact. Est. (2011)	2012	Fact. Est. (2012)	2013	Fact. Est. (2013)	Fact. Est. Prom.	Pronóstico (2014)
Enero	36 000	2,08	76 380	4,84	22 607	1,07	53 958	2,57	2,64	60 521
Febrero	26 100	1,51	11 785	0,75	55 531	2,62	23 848	1,14	1,50	34 456
Marzo	14 500	0,84	22 046	1,40	45 000	2,12	23 356	1,11	1,37	31 359
8Abril	11 200	0,65	22 398	1,42	1 636	0,08	15 205	0,72	0,72	16 442
Mayo	6 020	0,35	760	0,05	2 560	0,12	9 813	0,47	0,25	5 643
Junio	5 200	0,30	1 900	0,12	2 476	0,12	10 096	0,48	0,25	5 840
Julio	6 100	0,35	3 990	0,25	8 083	0,38	14 740	0,70	0,42	9 682
Agosto	4 500	0,26	4 560	0,29	4 262	0,20	4 391	0,21	0,24	5 499
Septiembre	3 500	0,20	12 160	0,77	11 074	0,52	8 730	0,42	0,48	10 956
Octubre	6 200	0,36	8 620	0,55	15 199	0,72	11 103	0,53	0,54	12 328
Noviembre	25 300	1,46	9 577	0,61	39 321	1,85	29 690	1,41	1,33	30 602
Diciembre	63 080	3,64	15 205	0,96	46 651	2,20	46 886	2,23	2,26	51 839
Tot. 2010	207 700	Tot. 2011	189 381	Tot. 2012	254 399	Tot. 2013	251 816			275 166
Prom. 2010	17 308	Prom. 2011	15 782	Prom. 2012	21 200	Prom. 2013	20 985			

Elaboración propia

Del mismo modo se realizaron los cálculos de los pronósticos de la demanda mensual de los 12 productos restantes para el año 2014. La Tabla 23 resume los resultados de Alquidica 14, Alquidica 22, Alquidica 27, Alquidica 40, Alquidica 60, Alquidica 85 y Butamina 68, y en la Tabla 24 resume los resultados de Poliéster 25, Poliéster 58, Poliéster 67, Poliéster 70, Poliéster RO y Producto B5:

Tabla 23. Pronósticos mensuales para el año 2014 (Alquidica 14, Alquidica 22, Alquidica 27, Alquidica 40, Alquidica 60, Alquidica 85 y Butamina 68) en Kilogramos

Año 2014	Alquidica 14	Alquidica 22	Alquidica 27	Alquidica 40	Alquidica 60	Alquidica 85	Butamina 68
Enero	35 153	60 521	37 489	121 092	34 157	9 206	68 548
Febrero	37 363	34 456	29 111	59 258	29 248	19 366	36 062
Marzo	29 551	31 359	25 598	54 091	27 240	15 400	26 005
Abril	29 239	16 442	23 947	66 141	31 515	23 357	38 957
Mayo	22 290	5 643	33 314	38 017	39 537	30 701	30 699
Junio	23 155	5 840	25 470	22 122	25 640	12 167	22 643
Julio	25 257	9 682	25 773	42 981	22 858	10 054	13 547
Agosto	24 033	5 499	39 438	63 445	21 954	10 607	63 648
Septiembre	37 491	10 956	44 299	73 993	30 863	10 275	56 338
Octubre	38 532	12 327	54 551	79 389	26 877	11 325	35 135
Noviembre	37 136	30 602	43 385	52 752	28 467	16 688	38 765
Diciembre	45 860	51 839	44 148	97 752	29 147	17 247	70 912

Elaboración propia

Tabla 24. Pronósticos mensuales para el año 2014 (Poliéster 25, Poliéster 58, Poliéster 67, Poliéster 70, Poliéster RO y Producto B5) en Kilogramos

Año 2014	Poliéster 25	Poliéster 58	Poliéster 67	Poliéster 70	Poliéster RO	Producto B5
Enero	7 976	28 623	67 579	5 257	258	1 907
Febrero	10 857	34 104	68 452	9 666	416	4 974
Marzo	10 579	17 033	33 029	1 312	518	1 078
Abril	12 260	31 915	61 384	2 426	667	4 127
Mayo	9 509	40 236	50 915	1 590	756	2 436
Junio	12 276	18 463	60 766	2 196	171	5 926
Julio	11 610	20 276	62 166	3 371	1 384	3 237
Agosto	8 972	44 873	48 978	4 427	613	3 282
Septiembre	11 762	39 833	57 946	5 342	235	2 507
Octubre	9 861	32 626	54 477	5 208	381	2 127
Noviembre	12 642	26 801	69 803	3 229	333	2 989
Diciembre	11 806	37 439	67 916	5 868	392	3 065

Elaboración propia

Como conclusiones de los pronósticos de la demanda mensual del año 2014 mencionamos lo siguiente:

- Es importante estimar la demanda mensual de cada producto, ya que con estos datos podremos determinar la cantidad de materia prima, así como la elección de proveedores que puedan cumplir con los requerimientos necesarios en cada mes.
- Como se observa en las Tablas 23 y 24, hay una estacionalidad de demanda global de los 13 productos por cada mes, con la demanda más alta en los meses diciembre y enero, y la demanda más baja en los meses junio y julio.
- Con la demanda mensual de cada producto, se planificará la programación de la producción.

5.2 Gestión del inventario y abastecimiento de materias primas

Con los pronósticos calculados de la demanda mensual de los 13 productos de la división de Novoresinas al solvente para el año 2014 (Tabla 23 y Tabla 24), el objetivo la gestión del inventario y abastecimiento de materias primas es proporcionar la materia prima necesaria para cumplir con estos requerimientos en el periodo requerido y minimizando los costos de inventarios.

5.2.1 Gestión del inventario

Para realizar la gestión del inventario se tiene que calcular las materias primas requeridas y diseñar un modelo de optimización que nos permita hacer una adecuada selección de proveedores minimizando costos.

5.2.1.1 Determinación de las materias primas requeridas

Para hacer un cálculo de la materia prima requerida es necesario conocer el porcentaje de materia prima en cada producto, y la demanda pronosticada de dichos productos.

Como ejemplo se ilustran los cálculos realizados para obtener los requerimientos estimados de Aceite 2, el cual se utiliza para la elaboración de 3 de los 13 productos de la división NRS, el porcentaje requerido de esta materia prima por cada producto y el pronóstico de la demanda para el mes de Diciembre del año 2014, se muestra a continuación:

Producto	Porcentaje de formula Aceite 2	Pronóstico Diciembre 2014 (Kg)
Alquidica 22	42,8%	51 839
Alquidica 85	31,9%	17 247
Alquidica 60	41,4%	29 147

Se calcula la cantidad de Aceite 2, multiplicando el porcentaje por el pronóstico de la demanda mensual de cada uno de los tres productos:

- Requerimiento de Aceite 2 para Alquidica 22 = X1

$$X1 = \text{Porcentaje de formula} \times \text{Pronóstico}$$

$$22\ 187 = 0,428 \times 51\ 839$$

- Requerimiento de Aceite 2 para Alquidica 85 = X2

$$X2 = \text{Porcentaje de formula} \times \text{Pronóstico}$$

$$5\ 501 = 0,319 \times 17\ 247$$

- Requerimiento de Aceite 2 para Alquidica 60 = X3

$$X3 = \text{Porcentaje de formula} \times \text{Pronóstico}$$

$$12\ 066 = 0,414 \times 29\ 147$$

A continuación se suman los requerimientos de Aceite 2 de cada producto:

- Requerimiento total de Aceite 2 para diciembre del año 2014:

$$\text{Req. Tot. Aceite 2} = X1 + X2 + X3$$

$$39\ 755 = 22\ 187 + 12\ 066 + 5\ 501$$

Este mismo procedimiento se realizó para estimar cada requerimiento de materias primas por mes del año 2014. Los resultados de los Aceites, Ácidos, Glicoles, Catalizadores y Plast se muestran en la Tabla 25, y los resultados de los Monómeros, Conservantes y Solventes se muestran en la Tabla 26:

Tabla 25. Requerimientos mensuales estimados de materia primas para el año 2014
(Aceites, Ácidos, Glicoles, Catalizadores y Plast) en Kilogramos

2014	Aceite 1	Aceite 2	Aceite 3	Acido 1	Acido 2	Acido 3	Glicol 1	Glicol 2	Glicol 3	Glicol 4	Catalizador 1	Catalizador 2	Catalizador 3	Plast 1
Enero	58 350	42 981	8 999	106 068	8 315	20 100	40 950	3 293	3 655	100	128	366	46	51 101
Febrero	34 357	33 034	9 565	86 553	9 398	21 263	25 879	3 164	2 674	161	103	287	97	46 150
Marzo	30 836	29 612	7 565	64 767	4 775	13 308	22 856	2 568	2 340	201	64	216	77	25 348
Abril	33 742	27 535	7 485	82 011	8 059	19 037	25 696	2 614	1 869	259	78	273	117	38 364
Mayo	29 932	28 577	5 706	76 438	7 621	19 931	19 254	2 134	1 594	294	57	285	154	30 150
Junio	20 697	16 996	5 928	52 587	6 833	16 692	12 561	1 964	826	66	67	158	61	35 796
Julio	27 431	16 814	6 466	61 241	7 241	17 007	17 297	2 272	945	538	72	183	50	37 396
Agosto	41 242	14 826	6 152	81 491	8 093	20 558	21 392	2 341	742	238	54	282	53	29 017
Setiembre	47 185	20 744	9 598	92 449	8 693	22 569	26 967	3 329	1 023	91	69	303	51	35 261
Octubre	54 411	20 016	9 864	90 820	7 775	21 548	28 052	3 528	1 141	148	67	284	57	33 574
Noviembre	40 002	30 206	9 507	81 594	8 329	21 367	23 790	3 237	2 353	129	100	257	83	46 113
Diciembre	54 588	39 756	11 740	108 632	9 354	23 170	36 695	4 032	3 524	152	120	360	86	49 478

Cant. Tot. Req. (Kg)	472 771	321 096	98 575	984 651	94 488	236 550	301 389	34 474	22 687	2378	979	3253	932	457750
----------------------	---------	---------	--------	---------	--------	---------	---------	--------	--------	------	-----	------	-----	--------

Elaboración propia

Tabla 26. Requerimientos mensuales estimados de materia primas para el año 2014
(Monómeros, Conservantes y Solventes) en Kilogramos

2014	Monómero 1	Monómero 2	Monómero 3	Monómero 4	Monómero 5	Monómero 6	Monómero 7	Monómero 8	Monómero 9	Monómero 10	Conservante A	Conservante B	Solvente 1	Solvente 2
Enero	648	57	343	400	153	18 645	21 181	1 824	19 786	95	28 447	179	24 836	16 717
Febrero	1 691	149	895	1 045	398	9 809	11 143	3 353	23 717	249	14 966	210	21 080	11 942
Marzo	367	32	194	226	86	7 073	8 036	455	12 866	54	10 792	120	17 093	10 864
Abril	1 403	124	743	867	330	10 596	12 038	842	21 911	206	16 167	195	20 215	9 602
Mayo	828	73	438	512	195	8 350	9 486	551	22 498	122	12 740	195	16 863	10 665
Junio	2 015	178	1 067	1 244	474	6 159	6 997	762	17 301	296	9 397	159	11 942	7 612
Julio	1 101	97	583	680	259	3 685	4 186	1 169	17 930	162	5 622	164	13 946	7 660
Agosto	1 116	98	591	689	263	17 312	19 667	1 536	20 558	164	26 414	206	16 084	8 586
Septiembre	853	75	451	527	201	15 324	17 408	1 853	21 380	125	23 380	213	20 541	11 177
Octubre	723	64	383	447	170	9 557	10 857	1 807	19 225	106	14 581	184	21 549	11 881
Noviembre	1 016	90	538	628	239	10 544	11 978	1 120	21 310	149	16 088	192	19 633	12 996
Diciembre	1 042	92	552	644	245	19 288	21 912	2 036	23 563	153	29 428	218	26 859	15 674

Cant. Tot. Req. (Kg)	12 803	1 130	6 778	7 908	3 012	136 343	154 889	17 307	242 045	1883	208 023	2 236	230 642	135 376
----------------------	--------	-------	-------	-------	-------	---------	---------	--------	---------	------	---------	-------	---------	---------

Elaboración propia

5.2.1.2 Modelamiento de optimización de las materias primas (mix de proveedores)

Los criterios a tomar en cuenta para este modelo son:

- a) Requerimientos estimados de materia prima.
- b) Tiempo de entrega (Lead time).
- c) Tamaño de lote (Q).
- d) Precio de productos de proveedores.
- e) Costo de pedir.
- f) Costo de mantener inventario, y en algunos casos tener stock de seguridad.

Los costos de pedir y costos de mantener inventarios, se asignaron en función a criterios de autores como Krajewski y casos prácticos de empresas similares al rubro.

La Tabla 27 muestra los criterios mencionado para el caso del Aceite 2, que se utilizara como ejemplo para el modelo de optimización desarrollado:

Tabla 27. Criterios a tomar en cuenta para el modelo de optimización de materia prima sin incertidumbre (SS = 0)

Proveedores de Aceite 2	Q(Kg)	Lead time (mes)	Pedidos anuales (veces)	Costo de materia prima (\$/Kg)	Costo de pedir (\$/Kg)	Costo de mantener (\$/Kg)
Oleaginosa Victoria	80 000	3	4	2,0	10	0,20
Omarpe Trading	140 000	6	2	2,3	10	0,23
Oleaginosa del Sur	90 000	4	3	2,1	10	0,21
Shekina Company	90 000	3	4	2,0	10	0,20

Elaboración propia

Continuando con la materia prima Aceite 2, se muestra el modelo de optimización desarrollado para la elección del proveedor, tamaño de lote a pedir, recepción de pedido, minimizando los costos totales anuales para el año 2014:

Formulación del modelo:

a) Variables de decisión:

X_i : Pedidos a Oleaginosa Victoria para el mes "i" (Kg)

Y_i : Pedidos a Omarpe Trading para el mes "i" (Kg)

Z_i : Pedidos a Oleaginosa del Sur menores a 200 000 para el mes "i" (Kg)

V_i : Pedidos a Shekina Company para el mes "i" (Kg)

U_i : Inventario final del mes "i" (Kg)

SX_i : Decisión de pedir a Oleaginosa Victoria para el mes "i" (Kg)

SY_i : Decisión de pedir a Omarpe Trading para el mes "i" (Kg)

SZ_i : Decisión de pedir a Oleaginosa del Sur para el mes "i" (Kg)

SV_i : Decisión de pedir a Shekina Company para el mes "i" (Kg)

b) Función Objetivo:

Minimizar los costos totales anuales (Costo de M.P., costo de pedir y costo de inventario)

$$\begin{aligned} \text{MIN} = & 2.0*(X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12) + \\ & 2.3*(Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 + Y9 + Y10 + Y11 + Y12) + \\ & 2.1*(Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5 + Z6 + Z7 + Z8 + Z9 + Z10 + Z11 + Z12) + \\ & 2.0*(V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8 + V9 + V10 + V11 + V12) + \\ & 0.2*(U1 + U2 + U3 + U4 + U5 + U6 + U7 + U8 + U9 + U10 + U11 + U12) + \\ & 10*(SX1 + SX2 + SX3 + SX4 + SX5 + SX6 + SX7 + SX8 + SX9 + SX10 + SX11 + SX12) + \\ & 10*(SY1 + SY2 + SY3 + SY4 + SY5 + SY6 + SY7 + SY8 + SY9 + SY10 + SY11 + SY12) + \\ & 10*(SZ1 + SZ2 + SZ3 + SZ4 + SZ5 + SZ6 + SZ7 + SZ8 + SZ9 + SZ10 + SZ11 + SZ12) + \\ & 10*(SV1 + SV2 + SV3 + SV4 + SV5 + SV6 + SV7 + SV8 + SV9 + SV10 + SV11 + SV12); \end{aligned}$$

e

$2.0 * X_i$ = Costo de M.P. de Oleaginosa Victoria en el mes i

$2.3 * Y_i$ = Costo de M.P. de Omarpe Trading en el mes i

$2.1 * Z_i$ = Costo de M.P. de Oleaginosa del Sur en el mes i

$2.0 * V_i$ = Costo de M.P. de Shekina Company en el mes i

$0.2 * U_i$ = Costo de retención de inventario final del mes i

$10 * SX_i$ = Costo de pedir de Oleaginosa Victoria en el mes i

$10 * SY_i$ = Costo de pedir de Omarpe Trading en el mes i

$10 * SZ_i$ = Costo de pedir de Oleaginosa del Sur en el mes i

$10 * SV_i$ = Costo de pedir de Shekina Company en el mes i

c) Restricciones:

c.1) Restricciones de proveedores

- Oleaginosa Victoria (O.V.)

Tamaño de Lote O.V.	Decisión de pedir O.V.
X1 <= 80000;	(X1) / (X1+1) <= SX1;
X2 <= 80000;	(X2) / (X2+1) <= SX2;
X3 <= 80000;	(X3) / (X3+1) <= SX3;
X4 <= 80000;	(X4) / (X4+1) <= SX4;
X5 <= 80000;	(X5) / (X5+1) <= SX5;
X6 <= 80000;	(X6) / (X6+1) <= SX6;
X7 <= 80000;	(X7) / (X7+1) <= SX7;
X8 <= 80000;	(X8) / (X8+1) <= SX8;
X9 <= 80000;	(X9) / (X9+1) <= SX9;
X10 <= 80000;	(X10) / (X10+1) <= SX10;
X11 <= 80000;	(X11) / (X11+1) <= SX11;
X12 <= 80000;	(X12) / (X12+1) <= SX12;

- Omarpe Trading (O.T.)

Tamaño de Lote O.T.	Decisión de pedir O.T.
Y1 <= 140000;	(Y1) / (Y1+1) <= SY1;
Y2 <= 140000;	(Y2) / (Y2+1) <= SY2;
Y3 <= 140000;	(Y3) / (Y3+1) <= SY3;
Y4 <= 140000;	(Y4) / (Y4+1) <= SY4;
Y5 <= 140000;	(Y5) / (Y5+1) <= SY5;
Y6 <= 140000;	(Y6) / (Y6+1) <= SY6;
Y7 <= 140000;	(Y7) / (Y7+1) <= SY7;
Y8 <= 140000;	(Y8) / (Y8+1) <= SY8;
Y9 <= 140000;	(Y9) / (Y9+1) <= SY9;
Y10 <= 140000;	(Y10) / (Y10+1) <= SY10;
Y11 <= 140000;	(Y11) / (Y11+1) <= SY11;
Y12 <= 140000;	(Y12) / (Y12+1) <= SY12;

- Oleaginosa del Sur (O.S.)

Tamaño de Lote O.S.	Decisión de pedir O.S.
Z1 <= 90000;	(Z1) / (Z1+1) <= SZ1;
Z2 <= 90000;	(Z2) / (Z2+1) <= SZ2;
Z3 <= 90000;	(Z3) / (Z3+1) <= SZ3;
Z4 <= 90000;	(Z4) / (Z4+1) <= SZ4;
Z5 <= 90000;	(Z5) / (Z5+1) <= SZ5;
Z6 <= 90000;	(Z6) / (Z6+1) <= SZ6;
Z7 <= 90000;	(Z7) / (Z7+1) <= SZ7;
Z8 <= 90000;	(Z8) / (Z8+1) <= SZ8;
Z9 <= 90000;	(Z9) / (Z9+1) <= SZ9;
Z10 <= 90000;	(Z10) / (Z10+1) <= SZ10;
Z11 <= 90000;	(Z11) / (Z11+1) <= SZ11;
Z12 <= 90000;	(Z12) / (Z12+1) <= SZ12;

- Shekina Company (S.C.)

Tamaño de Lote S.C.	Decisión de pedir S.C.
V1 <= 90000;	(V1) / (V1+1) <= SV1;
V2 <= 90000;	(V2) / (V2+1) <= SV2;
V3 <= 90000;	(V3) / (V3+1) <= SV3;
V4 <= 90000;	(V4) / (V4+1) <= SV4;
V5 <= 90000;	(V5) / (V5+1) <= SV5;
V6 <= 90000;	(V6) / (V6+1) <= SV6;
V7 <= 90000;	(V7) / (V7+1) <= SV7;
V8 <= 90000;	(V8) / (V8+1) <= SV8;
V9 <= 90000;	(V9) / (V9+1) <= SV9;
V10 <= 90000;	(V10) / (V10+1) <= SV10;
V11 <= 90000;	(V11) / (V11+1) <= SV11;
V12 <= 90000;	(V12) / (V12+1) <= SV12;

c.2) Inventarios finales (mensual)

$$\begin{array}{l} U1 - (X1 + Y1 + Z1 + V1) = 90000 - 42981; \\ U2 - U1 - (X2 + Y2 + Z2 + V2) = - 33034; \\ U3 - U2 - (X3 + Y3 + Z3 + V3) = - 29612; \\ U4 - U3 - (X4 + Y4 + Z4 + V4) = - 27535; \\ U5 - U4 - (X5 + Y5 + Z5 + V5) = - 28577; \\ U6 - U5 - (X6 + Y6 + Z6 + V6) = - 16996; \\ U7 - U6 - (X7 + Y7 + Z7 + V7) = - 16814; \\ U8 - U7 - (X8 + Y8 + Z8 + V8) = - 14826; \\ U9 - U8 - (X9 + Y9 + Z9 + V9) = - 20744; \\ U10 - U9 - (X10 + Y10 + Z10 + V10) = - 20016; \\ U11 - U10 - (X11 + Y11 + Z11 + V11) = - 30206; \\ U12 - U11 - (X12 + Y12 + Z12 + V12) = - 39756; \end{array}$$

d) Rango de existencia

$SX_i, SY_i, SZ_i, SV_i, = 0; 1$ (1: si se pide al proveedor, 0: si no se pide al proveedor)

$X_i, Y_i, Z_i, V_i, U_i \geq 0$ y entero

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$

Cada número representa un mes del año (1 = Enero; 2 = Febrero; 3 = Marzo; 4 = Abril; 5 = Mayo; 6 = Junio; 7 = Julio; 8 = Agosto; 9 = Setiembre; 10 = Octubre; 11 = Noviembre; 12 = Diciembre)

De la misma manera se realizaron los modelos de optimización para las demás materias primas. En el ANEXO 2 se detallan las corridas del modelo.

5.2.1.3 Resultados del modelo de optimización

Luego de resolver el modelo de optimización, la función objetivo para el caso del Aceite 2 nos da un costo total anual para el año 2014 de \$474 495 (valor que minimice el costo de materia prima, costo de pedir y costo de retención de inventario), y se obtuvieron los resultados para el Aceite 2, los cuales se muestran en la Tabla 28:

Tabla 28. Costos totales anuales del Aceite 2 (2014)

Proveedor	Fecha de recepción (mes)	Q (Kg)	Inventario final (Kg)
-	Enero	-	47 019
-	Febrero	-	13 985
Shekina Company	Marzo	15 627	-
Shekina Company	Abril	27 535	-
Shekina Company	Mayo	28 577	-
Shekina Company	Junio	16 996	-
Shekina Company	Julio	16 814	-
Oleaginosa Victoria	Agosto	14 826	-
Shekina Company	Septiembre	20 744	-
Oleaginosa Victoria	Octubre	20 016	-
Oleaginosa Victoria	Noviembre	30 206	-
Oleaginosa Victoria	Diciembre	39 756	-

Elaboración propia

Con estos resultados, los proveedores elegidos serían Shekina Company (S.C.) y Oleaginosa Victoria (O.V).

5.2.1.4 Planificación de requerimientos de materiales (MRP I)

Con los resultados del modelo de optimización del inciso 5.2.1.3, se construye el cuadro de planificación de requerimiento de materiales (MRP I), el cual se muestra en la Tabla 29:

Tabla 29. Planeamiento de Requerimientos de Materiales (MRP I) del Aceite 2 para el año 2014

Periodo		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Req. brutos	-	42 981	33 034	29 612	27 535	28 577	16 996	16 814	14 826	20 744	20 016	30 206	39 756
Inventario	90 000	47 019	13 985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recep. Prog.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Req. Netos	-	-	-	15 627	27 535	28 577	16 996	16 814	14 826	20 744	20 016	30 206	39 756
Recep. Ped.	-	-	-	15 627	27 535	28 577	16 996	16 814	14 826	20 744	20 016	30 206	39 756
Lanz.	15 627	27 535	28 577	16 996	16 814	14 826	20 744	20 016	30 206	39 756	-	-	-

Lanz. O.V.	-	-	-	-	-	14 826	-	20 016	30 206	39 756	-	-	-
Lanz. S.C.	15 627	27 535	28 577	16 996	16 814	-	20 744	-	-	-	-	-	-

Elaboración propia

Del MRP I del Aceite 2, se calculan los costos totales anuales (costo de pedir, costo de materia prima y costo de retención de inventario):

- Costos anuales de M.P. Oleaginosa Victoria (O.V.):

$$\begin{aligned} \text{Costo MP} &= \text{Precio de MP} (\$/\text{Kg}) \times \text{Cantidad total (Kg)} \\ \$ 252\,586 &= 2 \times (14\,826 + 20\,016 + 30\,206 + 39\,756) \end{aligned}$$

- Costos anuales de pedir Oleaginosa Victoria (O.V.):

$$\begin{aligned} \text{Costo de pedir} &= \text{Costo por pedido} (\$/\text{ped}) \times \text{Numero de pedidos} \\ \$ 60 &= 10 \times 6 \end{aligned}$$

De la misma forma se calcularon los costos anuales de M.P. y costos de pedir de Shekina Company.

- Costos anuales de retención de inventario:

$$\begin{aligned} \text{Costo de retencion de inventario} &= \text{Costo inv.} (\$/\text{Kg}) \times \text{Inventario (Kg)} \\ \$ 12\,201 &= 0,2 \times (47\,019 + 13\,985) \end{aligned}$$

En la Tabla 30 se muestran los resultados de los costos anuales de M.P., costo de pedir y costo de mantener inventario de los dos proveedores elegidos:

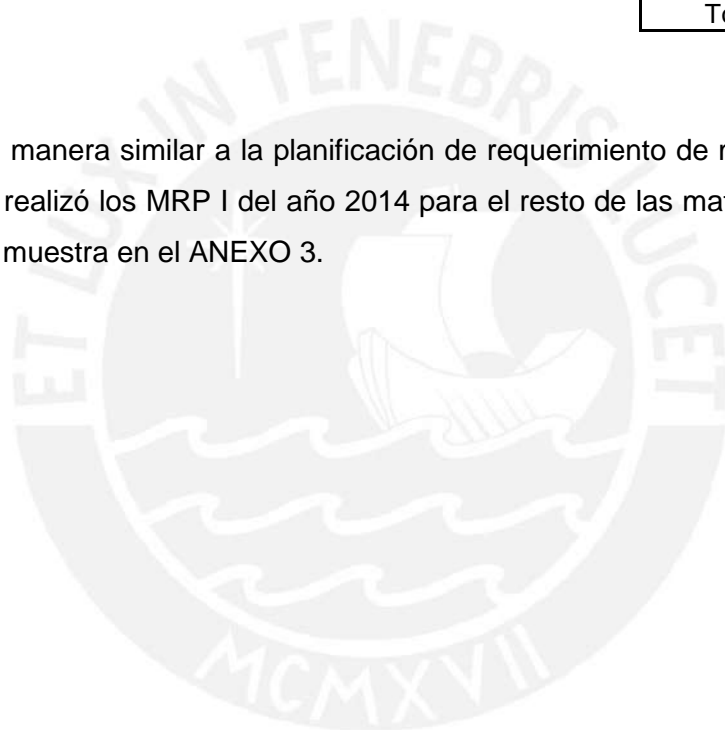
Tabla 30. Costos totales anuales del Aceite 2 (2014)

	Costo de Pedir (\$)	Costo MP (\$)	Costo de retención de inventarios (\$)	Costos totales anuales (\$)
Inventarios	-	-	12 201	12 201
Oleaginosa Victoria (O.V.)	40	209 608	-	209 648
Shekina Company (S.C.)	60	252 586	-	252 646

Elaboración propia

Total	474 495
-------	---------

De manera similar a la planificación de requerimiento de materiales del Aceite 2, se realizó los MRP I del año 2014 para el resto de las materias primas, el detalle se muestra en el ANEXO 3.



Como se puede apreciar, el costo total anual en el año 2014 del Aceite 2 calculado del MRP I, coincide con la función objetivo del modelo de optimización calculado en el inciso 5.2.1.3. De la misma forma se calcularon los costos totales anuales de inventarios de las 27 materias primas restantes, tal como se muestra en la Tabla 31:

Tabla 31. Costos totales anuales M.P. (2014)

Materia prima	Costo de Pedir (\$)	Costo MP (\$)	Costo de retención de inventarios (\$)	Costos totales anuales (\$)
Aceite 1	110	416 339	2 382	418 831
Aceite 2	100	462 194	12 201	474 495
Aceite 3	120	91 986	-	92 106
Acido 1	300	1 088 250	23 910	1 112 460
Acido 2	220	162 323	225	162 768
Acido 3	240	349 859	68 786	418 885
Glicol 1	275	246 389	1 405	248 069
Glicol 2	650	44 293	3 060	48 003
Glicol 3	275	31 462	144	31 881
Glicol 4	225	23 463	846	24 534
Catalizador 1	90	13 392	31 147	44 629
Catalizador 2	135	3 381	167	3 683
Catalizador 3	30	197	524	751
Monómero 1	330	15 555	189	16 074
Monómero 2	210	1 057	204	1 471
Monómero 3	270	7 645	597	8 512
Monómero 4	240	8 836	1 070	10 146
Monómero 5	210	2 648	725	3 583
Monómero 6	360	195 361	-	195 721
Monómero 7	360	218 834	25 131	244 325
Monómero 8	330	67 871	1 110	69 311
Monómero 9	360	444 686	30 863	475 909
Monómero 10	330	3 715	23	4 068
Conservante A	165	190 484	171	190 820
Conservante B	198	139 805	147	140 150
Plast 1	88	301 311	392	301 791
Solvente 1	180	268 968	6 325	275 473
Solvente 2	108	894 244	72 574	966 926
Total	6 509	5 694 548	284 318	5 985 375

Elaboración propia

Como se puede apreciar en los resultados totales de la Tabla 30, el costo total anual de M.P. para el año 2014 sería de \$5 985 375, con un costo total anual de pedir de \$6 509 lo cual representa un 0,12% del total, un costo total anual de M.P. de \$5 694 548, que representa un 95,14% del total, y un costo de retención de inventarios de \$284 318, lo cual representa un 4,75% del total. La Tabla 32 resume los porcentajes de los costos totales anuales de M.P. para el año 2014:

Tabla 32. % Costos totales anuales M.P. (2014)

% Costo de Pedir	% Costo MP	% Costo de retención inventarios
0,12	95,14	4,75

Elaboración propia

Como conclusiones de la gestión del inventario se menciona:

- En este caso la demanda de la división NRS no es estable como se observó en los métodos de pronósticos, por esta razón no se utilizó la teoría del EOQ. Debido a ello se optó por utilizar un MRP I, calculando previamente los requerimientos de las materias primas para la elaboración de los 13 productos de la división.
- Se planteó un modelo de optimización teniendo como criterio el precio de materias primas, lead time, tamaño de lote de cada proveedor y los costos de inventario, de tal manera que nos genere menores costos evitando stocks.
- Con los resultados del modelo de optimización, se construyó fácilmente el MRP I, ya que este modelo nos dio como resultado a los proveedores elegidos de cada materia prima, así como el tiempo de recepción del pedido de una manera óptima.
- El modelo de optimización fue útil para la planificación de requerimientos de materiales (MRP I) del presente trabajo, ya que facilitó la elección de proveedores, minimizando costos con un tiempo de entrega oportuno.

5.2.2 Gestión del abastecimiento de materias primas

Con los resultados del MRP I del Aceite 2 que se mostró en el inciso 5.2.4, se gestiona el lanzamiento de compra a los proveedores elegidos con el fin de recepcionar el pedido en la fecha programada.

La Tabla 33 muestra la gestión de compra del Aceite 2 para el año 2014:

Tabla 33. Gestión de compras del Aceite 2 para el año 2014

Materia Prima	Proveedor	País	Lead time (meses)	Q (Kg)	Costo Total de Compra (\$)	Lanzamiento de Compra	Recepción de Pedido
Aceite 2	Oleaginosa Victoria	Perú	3	14 826	29 662	may-14	ago-14
Aceite 2	Oleaginosa Victoria	Perú	3	20 016	40 042	jul-14	oct-14
Aceite 2	Oleaginosa Victoria	Perú	3	30 206	60 422	ago-14	nov-14
Aceite 2	Oleaginosa Victoria	Perú	3	39 756	79 522	sep-14	dic-14
Aceite 2	Shekina Company	Perú	3	15 627	31 264	dic-13	mar-14
Aceite 2	Shekina Company	Perú	3	27 535	55 080	ene-14	abr-14
Aceite 2	Shekina Company	Perú	3	28 577	57 164	feb-14	may-14
Aceite 2	Shekina Company	Perú	3	16 996	34 002	mar-14	jun-14
Aceite 2	Shekina Company	Perú	3	16 814	33 638	abr-14	jul-14
Aceite 2	Shekina Company	Perú	3	20 744	41 498	jun-14	sep-14

Elaboración propia

De la misma forma se realizó la gestión del lanzamiento de compra de las demás materias primas. La Tabla 34 ilustra la gestión de compras en enero del año 2014.

Tabla 34. Gestión de compras para enero del año 2014

Materia Prima	Proveedor	País	Lead time (meses)	Q (Kg)	Costo Total de Compra (\$)	Lanzamiento de Compra	Recepción de Pedido
Aceite 1	Alicorp	Perú	3	33 742	35 777	ene-14	abr-14
Aceite 2	Shekina Company	Perú	3	27 535	55 080	ene-14	abr-14
Aceite 3	Alicorp	Perú	4	5 706	5 773	ene-14	may-14
Plast 1	Planta San Miguel Industrias	Perú	2	25 348	19 019	ene-14	mar-14
Solvente 1	REPSOL	Perú	2	17 093	24 455	ene-14	mar-14
Acido 2	Chem News Corp.	Korea del Sur	4	7 621	14 576	ene-14	may-14
Acido 3	Vikudha Overseas Corp.	Korea del Sur	6	17 500	31 170	ene-14	jul-14
Glicol 1	Chem News Corp.	Korea del Sur	3	25 696	25 721	ene-14	abr-14
Monómero 10	Everlite Korea Co.	Korea del Sur	2	54	149	ene-14	mar-14
Catalizador 1	Andes Chemical Corp.	USA	6	29	1 407	ene-14	jul-14
Conservante A	Celanese Ltd.	USA	4	12 740	13 647	ene-14	may-14
Glicol 2	Allied Warehousing Service	USA	4	1 737	2 978	ene-14	may-14
Monómero 1	BASF Corporation	USA	4	828	1 222	ene-14	may-14
Monómero 7	Andes Chemical Corp.	USA	6	13 000	19 530	ene-14	jul-14
Conservante B	Producciones Quimicas S.A.	Colombia	2	120	8 262	ene-14	mar-14
Glicol 3	PERSTORP	Suecia	2	2 340	4 073	ene-14	mar-14
Monómero 8	PERSTORP	Suecia	2	455	2 351	ene-14	mar-14
Monómero 6	Oxiteno S.A. Industria e Comercio	Brasil	2	7 073	11 418	ene-14	mar-14
Monómero 9	Pinturas Inca S.A.	Uruguay	2	18 542	35 260	ene-14	mar-14

Elaboración propia

Asimismo se realizó la gestión de compras en cada mes del año, el detalle se muestra en el ANEXO 4.

Como conclusiones de la gestión del abastecimiento de materias primas se menciona:

- Con los MRP I contruidos para cada materia prima que se realizó en la gestión del inventario, se efectuó sencillamente una gestión de compras, organizado las fechas de recepción de cada materia prima, y con esto gestionar el lanzamiento de las compras.

5.3 Gestión de la planificación y programación de la producción

Para realizar la planificación y programación de la producción se realizó un análisis ABC para priorizar los productos más importantes de la División de Novoresinas al Solvente (NRS), luego se usaron dos estrategias: Estrategia discontinua (E.D.), y Estrategia continua (E.C.).

La estrategia discontinua (E.D.) consiste en hacer la programación de la producción trabajando en 3 turnos las 24 horas al día de lunes a sábado y la estrategia continua (E.C.) consiste en hacer la programación de la producción laborando 3 turnos las 24 horas como en la estrategia discontinua (E.D.), pero trabajando continuamente de lunes a domingo, en esta estrategia la programación será bimestral.

Se comenzó con un modelo de optimización, y con los resultados de este modelo se construyó un cuadro de planificación de recursos de manufactura (MRP II).

5.3.1 Análisis ABC

Se utilizó el Análisis ABC, este nos ayudara a priorizar los principales productos en base a tres criterios, Ingresos, demanda y cantidad SKU (Stock Keeping Units).

La demanda, ingresos y Cantidad SKU de los productos de la división Novoresinas al solvente (NRS) del año 2013, se muestran en la Tabla 35:

Tabla 35. Demanda, ingresos y SKU de los productos de la División NRS

N°	Producto	Demanda (Kg)	Precio (\$/Kg)	Ingresos (\$)
1	Alquidica 54	315 936	2,25	710 856
2	Alquidica 22	251 816	3,60	906 538
3	Alquidica 60	335 081	4,00	1 340 324
4	Alquidica 40	705 686	4,00	2 822 744
5	Alquidica 85	204 495	4,10	838 430
6	Alquidica 27	382 273	2,70	1 032 137
7	Poliester 67	597 274	2,52	1 505 130
8	Poliester 70	42 098	3,90	164 182
9	Poliester RO	6 191	9,40	58 195
10	Poliester 58	312 384	2,68	837 189
11	Poliester 25	141 560	3,70	523 772
12	Producto B5	42 595	10,00	425 950
13	Butamina 68	429 148	3,50	1 502 018
		3 766 537		12 667 465

Fuente: Corporación Química Camaleón S.A. (2013)
Elaboración propia

Teniendo como datos de entrada a los ingresos y demanda de los productos de la División NRS, se procede a construir la gráfica ABC considerando tres criterios como estudio: Cantidad de SKU, ingresos y demanda por grupo, con el objetivo de analizar y definir el orden de prioridades para la programación de la producción de los productos, tal como se muestra en la Tabla 36:

Tabla 36. Análisis ABC (2013)

Producto	Ingresos (\$)	Demanda (Kg)	Dem. Acum. (Kg)	% Ingresos	% Ing. Acum.	SKU	Ing./grupo (\$)	Dem./grupo (Kg)
Alquidica 40	2 822 744	705 686	705 686	22,3%	22,3%	3	5 829 892	1 732 108
Poliester 67	1 505 130	597 274	1 302 960	11,9%	34,2%			
Butamina 68	1 502 018	429 148	1 732 108	11,9%	46,0%			
Alquidica 60	1 340 324	335 081	2 067 189	10,6%	56,6%	4	4 117 428	1 173 665
Alquidica 27	1 032 137	382 273	2 449 462	8,1%	64,8%			
Alquidica 22	906 538	251 816	2 701 278	7,2%	71,9%			
Alquidica 85	838 430	204 495	2 905 773	6,6%	78,5%			
Poliester 58	837 189	312 384	3 218 157	6,6%	85,1%	6	2 720 145	860 764
Alquidica 54	710 856	315 936	3 534 093	5,6%	90,7%			
Poliester 25	523 772	141 560	3 675 653	4,1%	94,9%			
Producto B5	425 950	42 595	3 718 248	3,4%	98,2%			
Poliester 70	164 182	42 098	3 760 346	1,3%	99,5%			
Poliester RO	58 195	6 191	3 766 537	0,5%	100,0%			
	12 667 465	3 766 537		100%				

Elaboración propia

Con los resultados de SKU, Ingreso y demanda por grupo se realiza la gráfica ABC, tal como se muestra en la Figura 14:

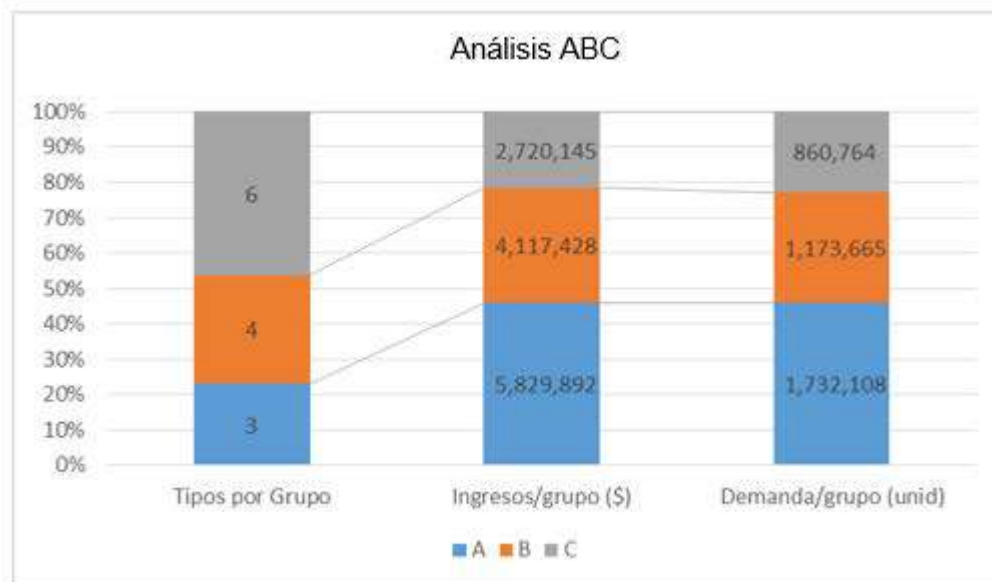


Figura 14. Grafica ABC (2013)
Elaboración propia

En este análisis ABC, se puede observar que los productos de clase A (Alquídica 40, Poliester 67 y Butamina 68) corresponden al 23,1% de los SKU, y representan el 46% de los ingresos de la División NRS, teniendo una demanda de 1 732 108 Kg. Los productos de clase B (Alquidicas 60, 27, 22 y 85) corresponden al 30,8% de los SKU, y representan el 32,5% de los ingresos, con una demanda de 1 173 665 Kg. Por último, los productos de clase C (Poliésteres 58, 25, 70 y RO, Alquidica 54 y Producto B5) corresponden al 46.2% de los SKU, y representan el 21,5% de los ingresos, teniendo una demanda de 860 764.

Según este análisis, los principales productos a programar son la Alquidica 40, Poliester 67 y Butamina 68, entonces se dará prioridad a estos productos para hacer la programación del MRP II.

5.3.2 Estrategia discontinua (E.D.) para el planeamiento y programación de la producción

La estrategia discontinua (E.D.) consiste en hacer la programación de la producción trabajando en 3 turnos las 24 horas al día de lunes a sábado.

Para ello primero se hizo un modelo de optimización tomando en cuenta las restricciones de producción de este caso, con resultados de este modelo se construye el MRP II.

5.3.2.1 Modelamiento de optimización de los recursos para E.D.

Para realizar el modelo de optimización, se tomó en cuenta las siguientes restricciones: capacidad de producción por reactor, tiempo de procesamiento por producto, horas disponibles al mes, costos de producción (costo de materia prima, costo de mano obra, gastos indirectos de fabricación, costo de mantener inventario de productos terminados).

El detalle de las restricciones para el modelo de optimización se muestra en el ANEXO 5.

Consideraciones:

- Se planteara un modelo de optimización que utilice los días domingos (horas extras), solo en caso, no pueda cumplir con la demanda en las horas normales (Lunes a sábado).
- Los productos que utilizan tanque de dilución, tienen un tiempo de inicio de 18 horas (Reactores 29 y 30) y 12 horas (Reactor 28), en los reactores 26 y 27 no se considera tiempo de inicio porque no cuentan con tanque de dilución.
- En modelo de optimización debe considerar un tiempo de arranque de 6 horas al inicio de semana en caso no utilice días domingos en la programación.
- También se debe considerar un tiempo de lavado de 6 horas en el reactor cuando hay un cambio de producto en su programación.

Una vez definidos los criterios se desarrolla el modelo de optimización para obtener el número de lotes a producir por reactor, maximizando las utilidades, como ejemplo se muestra la programación de la producción del Reactor 30 para el mes de enero.

Formulación del modelo:

a) Variables de decisión:

DVi : Numero de lotes a producir de Alquidica 40 en el reactor 30.

EVi : Numero de lotes a producir de Alquidica 85 en el reactor 30.

FVi : Numero de lotes a producir de Alquidica 27 en el reactor 30.

IDVi : Inventario de Alquidica 40 en el reactor 30.

IEVi : Inventario de Alquidica 85 en el reactor 30.

IFVi : Inventario de Alquidica 27 en el reactor 30.

SDVi : Decisión de hacer Alquidica 40.

SEVi : Decisión de hacer Alquidica 85.

SFVi : Decisión de hacer Alquidica 27.

OVi : Numero de lavadas de reactor por cambio de producto al mes

RVi : Horas trabajadas al mes (sin horas extras)

QVi : Horas totales trabajadas al mes (con horas extras)

PVi : Número de días extras al mes (Domingos utilizados)

b) Función Objetivo:

Maximizar la utilidad total.

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 2.84*25000*DV1 + 2.47*18000*EV1 + 0.43*25000*FV1 \\ & - (2.84 + 0.1*4)*IDV1 - (2.47 + 0.1*4.1)*IEV1 - (0.43 + 0.10*2.7)*IFV1 \\ & - 0.34*(RV1*(460 + 17) + 648*22) - 24*0.34*(460 + 17 + 37)*PV1; \end{aligned}$$

Donde:

$2.84*25000*DV1$ = Ingresos brutos de Alquidica 40

$2.47*18000*EV1$ = Ingresos brutos de Alquidica 85

$0.43*25000*FV1$ = Ingresos brutos de Alquidica 27

$(2.84 + 0.1*4)*IDV1$ = Costo de retención de inventario de Alquidica 40

$(2.47 + 0.1*4.1)*IEV1$ = Costo de retención de inventario de Alquidica 85

$(0.43 + 0.10*2.7)*IFV1$ = Costo de retención de inventario de Alquidica 27

$0.34*(RV1*(460 + 17) + 648*22)$ = Costos en horas normales

$24*0.34*(460 + 17 + 37)*PV1$ = Costos en horas extras

c) Restricciones:

c.1) Restricciones de producción

Nº de lotes a producir	Decisión de producir
$25000*DV1 \geq 120671;$ $18000*EV1 \geq 6646;$ $25000*FV1 \geq 29505;$	$SDV1 \leq DV1;$ $SEV1 \leq EV1;$ $SFV1 \leq FV1;$
$DV1 \leq 5;$ $EV1 \leq 1;$ $FV1 \leq 2;$	$(DV1)/(DV1 + 1) \leq SDV1;$ $(EV1)/(EV1 + 1) \leq SEV1;$ $(FV1)/(FV1 + 1) \leq SFV1;$

c.2) Restricciones de horas

Horas trabajadas al mes (sin horas extras)	Horas totales trabajadas al mes (con horas extras)	Número de días extras al mes (Domingos utilizados)
$RV1 \leq 624 + 6*PV1;$ $RV1 \leq QV1;$	$QV1 \leq 624 + 96 + 6*PV1;$	$PV1 \geq (QV1 - RV1)/24;$ $PV1 \leq (1 + QV1 - RV1)/24;$ $(QV1 - RV1)/24 \leq 4;$

c.3) Inventarios finales de producto terminado

$$\begin{aligned}IDV1 &= 25000*DV1 - 120671; \\IEV1 &= 18000*EV1 - 6646; \\IFV1 &= 25000*FV1 - 29505;\end{aligned}$$

c.4) Número de lavadas de reactor por cambio de producto al mes

$$OV1 = SDV1 + SEV1 + SFV1;$$

c.5) horas trabajadas en el reactor 30

$$QV1 = 84*DV1 + 54*EV1 + 84*FV1 + 18*(SDV1 + SFV1) + 6*OV1;$$

d) Rango de existencia

$SDVi, SEVi, SFVi = 0; 1$ (1: si se produce, 0: si no se produce)

$DVi, EVi, FVi, IDVi, IEVi, IFVi, OVi, QVi, RVi, PVi \geq 0$ y entero

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ y 12.

Cada número representa un mes del año (1 = Enero; 2 = Febrero; 3 = Marzo; 4 = Abril; 5 = Mayo; 6 = Junio; 7 = Julio; 8 = Agosto; 9 = Setiembre; 10 = Octubre; 11 = Noviembre; 12 = Diciembre).

De la misma forma se realizaron las corridas de los demás meses del año 2014 para cada reactor, el cual se detalla en el ANEXO 6.

5.3.2.2 Resultados del modelo de optimización aplicado para E.D.

La Tabla 37 describe los resultados del modelo de optimización aplicado en el inciso 5.3.2.1 para el reactor 30 en el mes de enero del 2014:

Tabla 37. Descripción de resultados del modelo de optimización de enero en el reactor 30.

Variable	Valor	Definición
DV1	5	Lotes de Alq. 40 en reactor 30
EV1	1	Lotes de Alq. 85 en reactor 30
FV1	2	Lotes de Alq. 27 en reactor 30
IDV1	4 329	Inventario de Alq. 40 (Kg)
IEV1	11 354	Inventario de Alq. 85 (Kg)
IFV1	20 495	Inventario de Alq. 27 (Kg)
RV1	624	Horas trabajadas (sin horas extras)
PV1	3	Domingos trabajados (días extras)
SDV1	1	Decisión de producir Alq.40
SEV1	1	Decisión de producir Alq.85
SFV1	1	Decisión de producir Alq.40
OV1	3	Numero de lavadas (por cambio de producto)
QV1	696	Horas trabajadas totales (con horas extras)

Elaboración Propia

Con los resultados de la Tabla 37 se obtuvo una función objetivo de \$241 258, la cual es la maximización de la utilidad de producción del reactor 30 en el mes de enero del 2014.

Los resultados de la cantidad producida, ingresos, costos totales y utilidad de los modelos de optimización de los demás reactores para el mes de enero del 2014 se muestran en la Tabla 38:

Tabla 38. Resultados de cantidad producida, ingresos, costos y utilidad del modelo de optimización para el mes de enero del 2014

Reactor	Producto	Cantidad producida (Kg)	Ingresos (\$)	Costos totales (\$)	Utilidad (\$)
R 30	Alquidica 40	125 000	371 808	130 550	241 258
	Alquidica 85	18 000			
	Alquidica 27	50 000			
R 29	Alquidica 22	50 000	152 689	126 840	25 849
	Poliester 67	75 000			
	Poliester 25	18 000			
R 28	Alquidica 14	37 500	90 983	49 736	41 247
	Alquidica 60	36 000			
	Poliester 58	36 000			
R 27	Butamina 68	52 500	118 027	32 682	85 345
	Poliester 70	7 500			
R 26	Poliester RO	3 000	42 482	23 217	19 265
	Butmanina 68	15 000			
	Producto B5	3 000			

Total Enero (2014)	526 500	775 989	363 026	412 963
--------------------	---------	---------	---------	---------

Elaboración Propia

El detalle de los cálculos de cantidad producida, ingresos, costos totales y utilidad de los modelos de optimización para los demás meses del año 2014 se muestran en el ANEXO 7.

Seguidamente se muestra la Tabla 39 con los resultados de la cantidad producida, utilidad, ingresos y costos totales de los modelos de optimización para los demás meses del año 2014:

Tabla 39. Resultados de cantidad producida, ingresos, costos y utilidad del modelo de optimización para los meses del año 2014

Mes	Cantidad producida (Kg)	Ingresos (\$)	Costos Totales (\$)	Utilidad Producción (\$)
Enero	526 500	775 989	363 026	412 963
Febrero	423 000	489 914	319 304	170 610
Marzo	236 000	261 277	187 596	73 682
Abril	337 000	432 796	243 313	189 483
Mayo	303 500	375 946	206 146	169 800
Junio	220 000	232 059	164 187	67 873
Julio	274 500	345 485	213 937	131 547
Agosto	358 000	495 769	239 334	256 436
Septiembre	352 000	498 614	240 720	257 895
Octubre	382 500	473 037	256 833	216 204
Noviembre	352 000	459 685	241 401	218 284
Diciembre	495 500	698 329	323 081	375 248

Total	4 260 500	5 538 901	2 998 877	2 540 024
-------	-----------	-----------	-----------	-----------

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 39, la utilidad total de producción optimizada para el año 2014 de la División Novoresinas al Solvente empleando la estrategia de producción discontinua (E.D.) sería de \$2 540 024, con una cantidad total producida de 4 260 500Kg asociados a unos costos totales de \$2 998 877; con estos datos se calculó el indicador de productividad:

$$\text{Indicador de productividad (kg/\$)} = \frac{4\,260\,500}{2\,998\,877} = 1,42$$

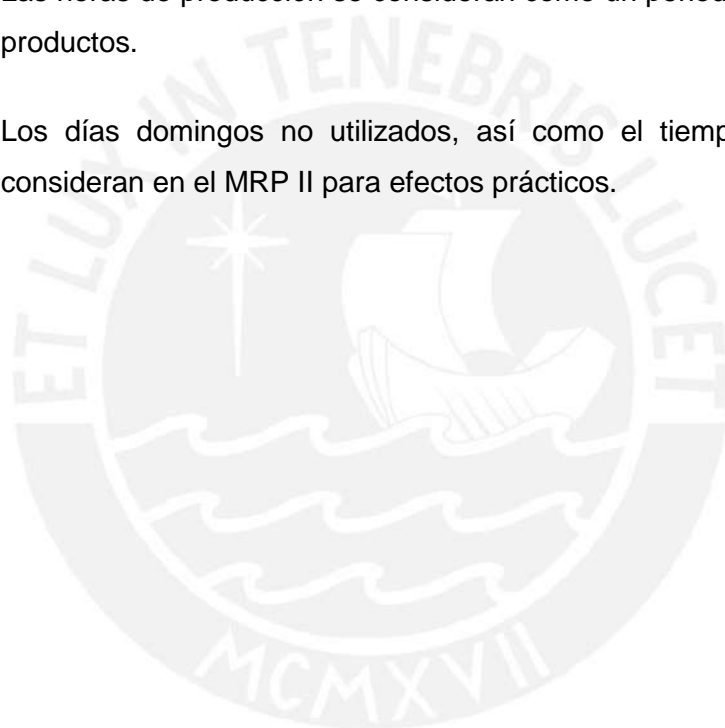
Este indicador quiere decir que por cada 1,42Kg elaborados, a la empresa le genera un costo de producción de \$1.

5.3.2.3 Programación de la producción discontinua (E.D.)

Con los resultados del modelo de optimización (tabla 37), se construye el MRP II para el reactor 30 en el mes de enero del 2014.

Consideraciones:

- Solo se considera tiempo de inicio en el caso de productos que utilicen tanque de dilución.
- Las horas de producción se consideran como un periodo para cada uno de los productos.
- Los días domingos no utilizados, así como el tiempo de arranque no se consideran en el MRP II para efectos prácticos.



a) MRP II Alquidica 40

Los 5 lotes de Alquidica 40 que nos dio como resultado el modelo de optimización se programan en el MRP II como se muestra en la Tabla 40:

Tabla 40. MRP II Alquidica 40 en el Reactor 30 para el mes de enero del año 2014

Inicio (h)	18	Horas de prod (h)	84	Tamaño de lote (Kg)	25 000
------------	----	-------------------	----	---------------------	--------

Alquidica 40		Inicio	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
		18h	84h	84h	84h	84h	84h
Requerimientos Brutos		121 092					
Ordenes Pendientes							
Inventario	421						4 329
Requerimientos Netos		120 671	95 671	70 671	45 671	20 671	
Recepción de Orden			25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Lanzamiento de orden		25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	

Elaboración Propia

Se trabajaron 3 domingos, de acuerdo a los resultados del modelo de optimización, para poder cumplir con la demanda y se generó un inventario final de 4 329 Kg de Alquidica 40.

b) MRP II Alquidica 85

Los resultados del modelo de optimización indicaron la programación de un lote de Alquidica 85 para cumplir con la demanda, como se muestra en la Tabla 41:

Tabla 41. MRP II Alquidica 85 en el Reactor 30 para el mes de enero del año 2014

Horas de Prod. (h)	54	Tamaño de lote (Kg)	18 000
--------------------	----	---------------------	--------

Alquidica 85		Periodo 6	Periodo 7
		54h	54h
Requerimientos Brutos		9 206	
Ordenes Pendientes			
Inventario	2 560		11 354
Requerimientos Netos		6 646	
Recepción de Orden			18 000
Lanzamiento de orden		18 000	
Elaboración Propia			

Como se puede observar esta programación nos generó un inventario final de 11 354 Kg de Alquidica 85 para el mes de enero, el que se utilizara como inventario inicial para el siguiente mes.

c) MRP II Alquidica 27

Los 2 lotes de Alquidica 27 que nos dio como resultado el modelo de optimización se programan en el MRP II como se muestra en la Tabla 42:

Tabla 42. MRP II Alquidica 27 en el Reactor 30 para el mes de enero del año 2014

Inicio (h)	18	Horas de prod (h)	84	Tamaño de lote (Kg)	25 000
------------	----	-------------------	----	---------------------	--------

Alquidica 27		Inicio	Periodo 8	Periodo 9
		18h	84h	84h
Requerimientos Brutos	7 984	37 489		
Ordenes Pendientes				
Inventario				20 495
Requerimientos Netos		29 505	4 505	
Recepcion de Orden			25 000	25 000
Lanzamiento de orden		25 000	25 000	

Elaboración Propia

El modelo de optimización no programo domingos para cumplir con la demanda, generando un inventario de 20 495 Kg de Alquidica 27.

De la misma forma se construyeron los MRP II de los demás reactores para el mes de enero. Se procedió de la misma manera para los demás meses del año. Los MRP II, de todos los reactores para cada mes del año 2014 se muestran en el ANEXO 8.

5.3.3 Estrategia continua (E.C.) para el planeamiento y programación de la producción

La estrategia continua (E.C.) consiste en hacer la programación de la producción laborando 3 turnos las 24 horas al día de lunes a domingo.

5.3.3.1 Modelamiento de optimización de los recursos para E.C.

Este modelo de optimización, considera las mismas restricciones que la Estrategia discontinua (E.D.), pero tomando en cuenta consideraciones adicionales:

Consideraciones:

- Utiliza los domingos para la programación de la producción
- Se considera tiempo de inicio de 18 horas (Reactores 29 y 30) y 12 horas (Reactor 28), en los reactores 26 y 27 no se considera tiempo de inicio porque no cuentan con tanque de dilución, al igual que E.D.
- No considerara un tiempo de arranque de 6 horas al inicio de semana debido que se trabaja continuamente.
- Considera tiempo de lavado de 6 horas en el reactor cuando hay un cambio de producto, al igual que la E.D.
- Se realiza la programación de la producción bimestral con el fin de aprovechar la continuidad de la programación, evitando paradas que implican arranques de seis horas de inicio de semana.

Con los criterios definidos se desarrolla el modelo de optimización para obtener el número de lotes a producir por reactor, maximizando las utilidades, como ejemplo se muestra la programación bimestral de la producción del reactor para el bimestre Enero/Febrero.

Formulación del modelo:

a) Variables de decisión:

BVj : Numero de lotes a producir de Alquidica 22 en el reactor 30.

DVj : Numero de lotes a producir de Alquidica 40 en el reactor 30.

IBVj : Inventario de Alquidica 22 en el reactor 30.

IDVj : Inventario de Alquidica 40 en el reactor 30.

SBVj : Decisión de hacer Alquidica 22.

SDVj : Decisión de hacer Alquidica 40.

OVj : Numero de lavadas de reactor al mes

QVj : Horas totales trabajadas al mes

PVj : Domingos utilizados (para el cálculo de costo de horas dominicales)

b) Función Objetivo:

Maximizar la utilidad total.

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 1.04*25000*BV1 + 2.84*25000*DV1 \\ & - (1.04 + 0.2*3.6)*IBV1 - (2.84 + 0.2*4)*IDV1 \\ & - 0.34*QV1*(460 + 17) - 0.34*(22*(1416-24*PV1) + 37*24*PV1); \end{aligned}$$

Donde:

$1.04*25000*BV1$ = Ingresos brutos de Alquidica 22

$2.84*25000*DV1$ = Ingresos brutos de Alquidica 40

$(1.04 + 0.2*3.6)*IBV1$ = Costos de retención de inventario de Alquidica 22

$(2.84 + 0.2*4)*IDV1$ = Costos de retención de inventario de Alquidica 40

$0.34*QV1*(460 + 17)$ = Costos variables

$0.34*22*(1416-24*PV1)$ = Costos de mano de obra en horas normales

$0.34*37*24*PV1$ = Costos de mano de obra en horas dominicales

c) Restricciones:

c.1) Restricciones de producción

Numero de lotes a producir	Decisión de producir
$25000 \cdot BV1 \geq 91477;$ $25000 \cdot DV1 \geq 179929;$ $BV1 \leq 4;$ $DV1 \leq 8;$	$SBV1 \leq BV1;$ $SDV1 \leq DV1;$ $(BV1)/(BV1 + 1) \leq SBV1;$ $(DV1)/(DV1 + 1) \leq SDV1;$

c.2) Restricciones de horas

Horas totales trabajadas al mes	Domingos utilizados
$QV1 \leq 1416;$	$QV1/168 \leq PV1;$ $PV1 \leq (QV1 + 168)/168;$

c.3) Inventarios finales de producto terminado

$$IBV1 = 25000 \cdot BV1 - 91477;$$
$$IDV1 = 25000 \cdot DV1 - 179929;$$

c.4) Número de lavadas del reactor por cambio de producto al mes

$$OV1 = SBV1 + SDV1;$$

c.5) Horas trabajadas en el reactor 30

$$QV1 = 108 \cdot BV1 + 84 \cdot DV1 + 18 \cdot (SBV1 + SDV1) + 6 \cdot OV1;$$

d) Rango de existencia

SBV_j, SDV_j, = 0; 1 (1: si se produce, 0: si no se produce)

BV_j, DV_j, IBV_j, IDV_j, OV_j, QV_j, PV_j >= 0 y entero

Donde:

j = 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Cada número representa un bimestre del año (1 = Enero/Febrero, 2 = Marzo/Abril, 3 = Mayo/Junio, 4 = Julio/Agosto, 5 = Setiembre/Octubre, 6 = Noviembre/Diciembre)

De la misma manera se realizaron las corridas de los demás bimestres del año 2014 para cada reactor. En el ANEXO 9 se detalla los modelos de optimización.

5.3.3.2 Resultados del modelo de optimización aplicado para E.C.

La Tabla 43 describe los resultados del modelo de optimización aplicado en el inciso 5.3.3.1 para el reactor 30 en el bimestre enero/febrero del año 2014:

Tabla 43. Descripción de resultados del modelo de optimización
Del bimestre enero/febrero en el reactor 30.

Variable	Valor	Definición
BV1	4	Lotes de Alq. 22 en reactor 30
DV1	8	Lotes de Alq. 40 en reactor 30
IBV1	8 523	Inventario de Alq. 22 (Kg)
IDV1	20 071	Inventario de Alq. 40 (Kg)
QV1	1 152	Horas trabajadas
PV1	7	Domingos trabajados
SBV1	1	Decisión de producir Alq.22
SDV1	1	Decisión de producir Alq.40
OV1	2	Numero de lavadas (por cambio de producto)

Elaboración Propia

Con los resultados de la Tabla 43 se obtuvo una función objetivo de \$385 661, la cual es la maximización de la utilidad de producción del reactor 30 en el bimestre de enero/febrero del 2014.

Los resultados de la cantidad producida, ingresos, costos totales y utilidad de los modelos de optimización de los demás reactores para el bimestre enero/febrero del 2014 se muestran en la Tabla 44:

Tabla 44. Resultados de cantidad producida, ingresos, costos y utilidad del modelo de optimización para el bimestre enero/febrero del 2014

Reactor	Producto	Cantidad producida (Kg)	Ingresos (\$)	Costos (\$)	Utilidad (\$)
R 30	Alquidica 22	100 000	606 134	220 473	385 661
	Alquidica 40	200 000			
R 29	Alquidica 85	36 000	298 951	245 337	53 614
	Alquidica 27	75 000			
	Poliester 67	150 000			
	Poliester 25	36 000			
R 28	Alquidica 14	75 000	191 098	103 361	87 737
	Alquidica 60	72 000			
	Poliester 58	72 000			
R 27	Butamina 68	97 500	265 626	63 246	202 380
	Poliester 70	15 000			
	Producto B5	7 500			
R 26	Butamina 68	6 000	13 695	9 470	4 226
	Poliester RO	3 000			
Total Ene./Feb. (2014)		945 000	1 375 505	641 887	733 618

Elaboración Propia

El detalle de los cálculos de cantidad producida, ingresos, costos totales y utilidad de los modelos de optimización para los demás bimestres del año 2014 se muestran en el ANEXO 10.

Seguidamente se muestra la Tabla 45 con los resultados de la cantidad producida, utilidad, ingresos y costos totales de los modelos de optimización para los demás bimestres del año 2014:

Tabla 45. Resultados de cantidad producida, ingresos, costos y utilidad del modelo de optimización de los bimestres del año 2014

Bimestre	Cantidad producida (Kg)	Ingresos (\$)	Costos totales (\$)	Utilidad Producción (\$)
Ene/Feb	945 000	1 375 505	641 887	733 618
Mar/Abr	577 500	830 027	401 642	428 385
May/Jun	522 000	728 693	339 529	389 163
Jul/Ago	589 500	850 693	400 006	450 687
Set/Oct	755 500	1 115 874	477 276	638 598
Nov/Dic	850 500	1 246 609	541 116	705 493
Total	4 240 000	6 147 400	2 801 457	3 345 943

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 45, la utilidad total de producción optimizada para el año 2014 de la División Novoresinas al Solvente utilizando la estrategia de producción continua (E.C.), sería de \$3 345 943, con una cantidad total producida de 4 240 000Kg asociados a unos costos totales de \$2 801 457; con estos datos se calculó el indicador de productividad:

$$\text{Indicador de productividad (kg/\$)} = \frac{4\,240\,000}{2\,801\,457} = 1,51$$

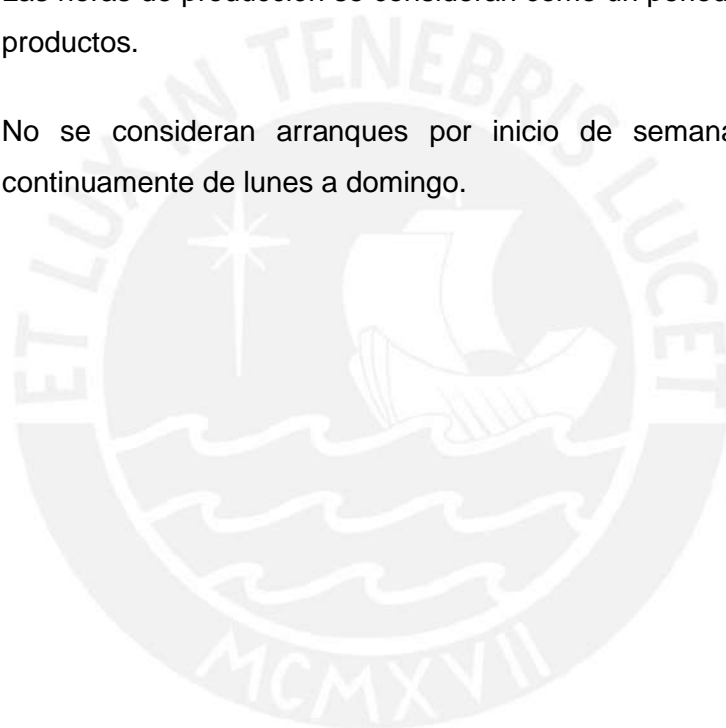
Este indicador quiere decir que por cada 1,51Kg elaborados, a la empresa le genera un costo de producción de \$1.

5.3.3.3 Programación de la producción continúa

Con los resultados del modelo de optimización (Tabla 37), se construye el MRP II para el reactor 30 para el bimestre enero/febrero del año 2014.

Consideraciones:

- Solo se considera tiempo de inicio en el caso de productos que utilicen tanque de dilución, tal como en el E.D.
- Las horas de producción se consideran como un periodo para cada uno de los productos.
- No se consideran arranques por inicio de semana, ya que se trabaja continuamente de lunes a domingo.



a) MRP II Alquidica 22

Los 4 lotes de Alquidica 22 que nos dio como resultado el modelo de optimización se programan en el MRP II como se muestra en la Tabla 46:

Tabla 46. MRP II Alquidica 22 en el Reactor 30 para el bimestre enero/febrero del año 2014

Inicio (h)	18	Horas de prod (h)	108	Tamaño de lote (Kg)	25 000
------------	----	-------------------	-----	---------------------	--------

Alquidica 22		Inicio	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
		18h	108h	108h	108h	108h
Requerimientos Brutos	3500	94 977				
Ordenes Pendientes inventario						8 523
Requerimientos Netos		91 477	66 477	41 477	16 477	
Recepción de Orden			25 000	25 000	25 000	25 000
Lanzamiento de orden		25 000	25 000	25 000	25 000	
Elaboración Propia						

Se generó un inventario final de 8 523 Kg de Alquidica 22.

b) MRP II Alquidica 40

Los resultados del modelo de optimización indicaron la programación de 8 lotes de Alquidica 40 para cumplir con la demanda, como se muestra en la Tabla 47:

Tabla 47. MRP II Alquidica 40 en el Reactor 30 para el bimestre enero/febrero del año 2014

Inicio (h)	18	Horas de prod (h)	84	Tamaño de lote (Kg)	25000
------------	----	-------------------	----	---------------------	-------

Alquidica 40		Inicio	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7	Periodo 8	Periodo 9	Periodo 10	Periodo 11	Periodo 12
		18h	84h	84h	84h	84h	84h	84h	84h	84h
Requerimientos Brutos	421	180 350								20 071
Ordenes Pendientes inventario										
Requerimientos Netos		179 929	154 929	129 929	104 929	79 929	54 929	29 929	4 929	
Recepción de Orden			25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Lanzamiento de orden		25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000

Elaboración Propia

Esta programación generó un inventario final de 20 071Kg de Alquidica 40 para el bimestre enero/febrero, el que se utilizara como inventario inicial para el siguiente bimestre.

De la misma forma se construyeron los MRP II de los demás reactores para el bimestre enero/febrero. Se procedió de la misma manera para los demás bimestres del año. Los MRP II, de todos los reactores para cada mes del año 2014 se muestran en el ANEXO 11.

Como conclusiones de la gestión de la planificación y programación de la producción se menciona lo siguiente:

- Se realizó un análisis ABC para la priorización de los productos que generaban mayores ingresos.
- Teniendo en cuenta los productos de mayores ingresos del análisis ABC, se realizó un modelo de optimización para cada estrategia.
- Con los resultados del modelo de optimización, se construyeron fácilmente los MRP II para cada uno de los cinco reactores.
- Tanto la estrategia discontinua (E.D.) como la estrategia continua E.C.) cumplieron con la demanda, pero la estrategia E.D. solo recurrió a horas extras los meses de enero, febrero y diciembre.
- La estrategia continua al cumplir con la demanda en menor tiempo de las horas disponibles, tiene como ventajas realizar mantenimiento preventivo, y hacer un balance de inventario para la planta.

6. Análisis económico de las propuestas de mejora

A continuación se realiza un análisis económico comparando las propuestas de mejora frente a la situación actual de la empresa.

6.1 Pronósticos de la demanda de la División Novoresinas al Solvente (NRS)

Comparando los datos de la Tabla 11 del inciso 4.1, pág. 58 (ventas pronosticadas en dólares con el método actual) con los datos de la Tabla 21 del inciso 5.1.1, pág. 73 (ventas pronosticadas en dólares con el método mejorado), se puede apreciar que al comparar el método actual de pronósticos con el método mejorado nos generara ordenes pendientes e inventarios, tal como se muestra en la Tabla 48:

Tabla 48. Valor de órdenes pendientes e inventario (2014)

Producto	Pronóstico ventas 2014 c/Met. Actual (\$)	Pronóstico ventas 2014 c/Met. Mejorado (\$)	Valor de ordenes pendientes (\$)	Valor de inventario (\$)
Alquidica 60	1 340 324	1 390 008	(49 684)	-
Alquidica 22	906 538	990 598	(84 060)	-
Alquidica 27	1 032 137	1 151 612	(119 475)	-
Alquidica 40	2 822 744	3 084 132	(261 388)	-
Alquidica 14	710 856	866 385	(155 529)	-
Alquidica 85	838 430	764 215	-	7 421
Butamina 68	1 502 018	1 754 410	(252 392)	-
Poliester 70	164 182	194 579	(30 397)	-
Poliester 25	523 772	481 403	-	4 237
Poliester 58	837 189	997 555	(160 366)	-
Poliester 67	1 505 130	1 772 596	(267 465)	-
Poliester RO	58 195	57 547	-	65
Producto B5	425 950	376 560	-	4 939

Total (\$)	(1 380 756)	16 662
------------	-------------	--------

Elaboración Propia

De la Tabla 48, como ejemplo, se puede apreciar que la Alquidica 60 generara ordenes pendientes (\$1 340 324 - \$1 390 008), que representan un monto de \$49 684 que se dejaría de percibir por no realizar un adecuado pronóstico; e inventarios, como en el caso de Alquidica 85 (\$838 430 - \$764 215), que representa un monto de \$7 421.

Por lo tanto, se observa que 9 productos generan ordenes pendientes que representan un monto total de \$1 380 756, y 4 productos generan inventario que representa un valor total de \$16 662.

6.2 Gestión del inventario y el abastecimiento de materias primas de la División Novoresinas al Solvente (NRS)

Comparando los datos de la Tabla 15 del inciso 4.2, pág. 63 (costos totales de materias primas con el método actual) con los datos de la Tabla 31 del inciso 5.2.1.4, pág. 90 (costos totales de materias primas con la propuesta de mejora), nos da como resultado un ahorro de \$5 506 622 empleando la propuesta de mejora, tal como se muestra en la Tabla 49:

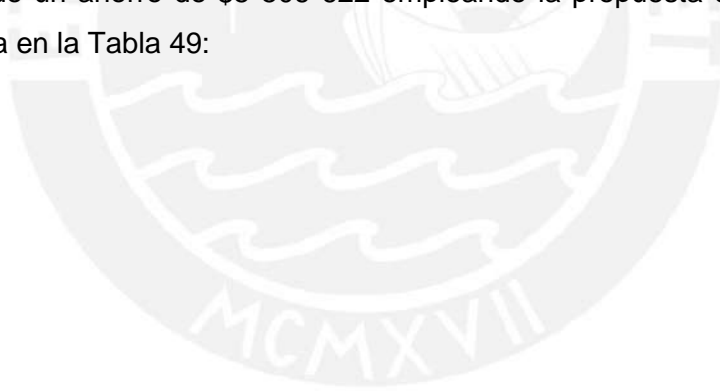


Tabla 49. Ahorro total de costos de materia prima
(Situación actual vs propuesta de mejora)

Materia prima	Costos totales (\$) Situación actual	Costos totales (\$) Propuesta de mejora	Diferencia (\$)
Aceite 1	762 161	418 831	343 330
Aceite 2	1 037 450	474 495	562 955
Aceite 3	113 974	92 106	21 868
Acido 1	1 799 827	1 112 460	687 367
Acido 2	203 401	162 768	40 633
Acido 3	554 927	418 885	136 042
Glicol 1	470 832	248 069	222 763
Glicol 2	70 827	48 003	22 824
Glicol 3	75 814	31 881	43 933
Glicol 4	61 277	24 534	36 743
Catalizador 1	232 306	44 629	187 677
Catalizador 2	5 021	3 683	1 338
Catalizador 3	7 081	751	6 330
Monómero 1	37 284	16 074	21 210
Monómero 2	4 963	1 471	3 492
Monómero 3	25 213	8 512	16 701
Monómero 4	34 724	10 146	24 578
Monómero 5	14 479	3 583	10 896
Monómero 6	322 082	195 721	126 361
Monómero 7	289 526	244 325	45 201
Monómero 8	157 100	69 311	87 789
Monómero 9	556 360	475 909	80 451
Monómero 10	4 732	4 068	664
Conservante A	332 558	190 820	141 738
Conservante B	350 018	140 150	209 868
Plast 1	502 316	301 791	200 525
Solvente 1	340 531	275 473	65 058
Solvente 2	3 125 213	966 926	2 158 287

Ahorro total de materias primas (\$)	5 506 622
--------------------------------------	-----------

Elaboración propia

Asimismo comparando los datos de la Tabla 16 del inciso 4.2, pág. 64 (Análisis y diagnóstico de gestión del inventario y abastecimiento de materias primas en la situación actual) con los datos de la Tabla 32 del inciso 5.2.1.4, pág. 91 (Propuesta de mejora en la gestión del inventario y abastecimiento de materias primas), se puede observar en la Tabla 50 la variación en porcentaje de los costos de gestión de inventario y abastecimiento de materias primas entre la situación actual y la propuesta de mejora:

Tabla 50. % Costos totales anuales M.P.(2014) de la situación actual vs propuesta de mejora

	% Costo de Pedir	% Costo MP	% Costo de retención inventarios
Situación actual	0,02	77,57	22,41
Propuesta de mejora	0,12	95,14	4,75

Elaboración propia

De la Tabla 50 se aprecia que el porcentaje del costo de retención de inventarios disminuye de 22,41% a 4,75% debido a la optimización de los costos totales anuales de M.P, comprando la cantidad necesaria de materias primas (kg) en el tiempo oportuno, con el fin de cumplir con la demanda de los productos, sin generar inventarios innecesarios de materias primas.

6.3 Gestión de la planificación y programación de la producción de la División Novoresinas al Solvente (NRS)

Comparando los datos de la Tabla 18 del inciso 4.3, pág. 67 (Utilidad de producción con el método actual) con los datos de la Tabla 39 del inciso 5.3.2.2, pág. 104 (Utilidad de producción con la estrategia discontinua), y la Tabla 45 del inciso 5.3.3.2, pág. 114 (Utilidad de producción con la estrategia continua), lo cual nos genera un aumento de \$1 395 502 utilizando la estrategia discontinua, y de \$2 201 421 utilizando la estrategia continua respecto a la situación actual, tal como se muestra en la Tabla 51:

Tabla 51. Utilidad total (Programación discontinua vs Programación continua)

Meses	Estrategia 1 (Programación discontinua)			Estrategia 2 (Programación continua)		
	Utilidad Producción (\$)	Utilidad Producción (\$)	Diferencia (\$)	Utilidad Producción (\$)	Utilidad Producción (\$)	Diferencia (\$)
	Situación actual	Propuesta de mejora		Situación actual	Propuesta de mejora	
Enero	45 117	412 963	367 846	45 117	366 809	321 692
Febrero	119 329	170 610	51 281	119 329	366 809	247 480
Marzo	63 531	73 682	10 151	63 531	214 193	150 662
Abril	176 006	189 483	13 477	176 006	214 193	38 187
Mayo	19 781	169 800	150 019	19 781	194 582	174 801
Junio	61 802	67 873	6 071	61 802	194 582	132 780
Julio	60 444	131 547	71 103	60 444	225 344	164 900
Agosto	99 105	256 436	157 331	99 105	225 344	126 239
Septiembre	150 155	257 895	107 740	150 155	319 299	169 144
Octubre	190 735	216 204	25 469	190 735	319 299	128 564
Noviembre	105 632	218 284	112 652	105 632	352 747	247 115
Diciembre	52 886	375 248	322 362	52 886	352 747	299 861
	Total		1 395 502	Total		2 201 421

Elaboración propia

La Tabla 52 también muestra una comparación de los indicadores de productividad del inciso 4.3 (Análisis y diagnóstico de gestión de la planificación y programación de la producción en la situación actual) con el indicador de productividad del inciso 5.3.2.2 (Propuesta de mejora de la programación de producción de la estrategia discontinua):

Tabla 52. Indicador de productividad de situación actual vs estrategia discontinua

	Indicador de Productividad (Kg/\$)
Situación actual	1,27
Estrategia discontinua	1,42

Elaboración propia

Se observa un incremento de 12% en la productividad empleando la estrategia discontinua en la programación de la producción.

De la misma forma en la Tabla 53 se realizó la comparación de los indicadores de productividad del inciso 5.3.2.2 (Propuesta de mejora de la programación de producción de la estrategia discontinua) con el indicador de productividad del inciso 5.3.3.2 (Propuesta de mejora de la programación de producción de la estrategia continua):

Tabla 53. Indicador de productividad de estrategia discontinua vs estrategia continua

	Indicador de Productividad (Kg/\$)
Estrategia discontinua	1,42
Estrategia continua	1,51

Elaboración propia

Se observa un incremento de 6% en la productividad empleando la estrategia continua con respecto a la estrategia discontinua en la programación de la producción.

7. Evaluación económica de las propuestas de mejora

Para hacer una evaluación económica se debe comparar las utilidades de producción de las estrategias utilizadas (discontinua vs continua).

7.1 Puesta en marcha de la estrategia de producción discontinua (E.D.)

La inversión para la implementación de la estrategia discontinua se muestra en la Tabla 54:

Tabla 54. Inversión para la estrategia discontinua

Inversión E.D.	Numero requerido	Costo por unidad (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Software Lingo	3 Comp.	1 000	-	3 000
Implementación Lingo	1 día	50	-	50
Capacitación Lingo	2 días	40	-	80
Asistente	2 asist.	938	1 876	22 512
			Total	\$25 642

Elaboración propia

Como se aprecia la inversión anual de la implementación de la estrategia discontinua es de \$25 642.

Con la inversión y el aumento de la utilidad aplicando la estrategia discontinua respecto a la situación actual de la empresa (Tabla 51 del inciso 6.3, pág. 123), se calcula el ahorro neto de la programación discontinua.

Tabla 55. Ahorro neto de programación discontinua

Resultados de las mejoras (Diferencia entre la utilidad generada con la planificación discontinua – utilidad generada con el método actual)	\$1 395 502	(+)
Costos relacionados a la puesta en marcha de las propuestas de mejoras (Inversión)	\$25 642	(-)
Ahorro Neto de programación Discontinua	\$1 369 860	(+)

Elaboración propia

De la Tabla 55 se muestra como resultado un ahorro neto de \$1 369 860 aplicando la estrategia discontinua.

7.2 Puesta en marcha de la estrategia de producción continúa (E.C.)

La inversión para la implementación de la estrategia continua se muestra en la Tabla 56:

Tabla 56. Inversión para la estrategia continúa

Inversión E.C.	Numero requerido	Costo por unidad (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Software Lingo	3 Comp.	1 000	-	3 000
Implementación Lingo	1 día	50	-	50
Capacitación Lingo	2 días	40	-	80
Asistente	2 asist.	938	1 876	22 512
Operarios	4 operarios	250	1 000	12 000
			Total	\$37 642

Elaboración propia

Como se aprecia la inversión anual de la implementación de la estrategia continua es de \$37 642.

Con la inversión y el aumento de la utilidad aplicando la estrategia continua respecto a la situación actual de la empresa (Tabla 51 del inciso 6.3, pág. 123), se calcula el ahorro neto de la programación continua.

Tabla 57. Ahorro neto de programación continua

Resultados de las mejoras (Diferencia entre la utilidad generada con la planificación continua – utilidad generada con el método actual)	\$2 201 421	(+)
Costos relacionados a la puesta en marcha de las propuestas de mejoras (Inversión)	\$37 642	(-)
Ahorro Neto de programación Continua	\$2 163 779	(+)

Elaboración propia

De la Tabla 57 se muestra como resultado un ahorro neto de \$2 163 779 aplicando la estrategia continua.

7.3 Elección de estrategia (Discontinua vs continua)

Para la elección de la estrategia comparamos la diferencia entre el ahorro neto de la programación discontinua (\$1 369 860) con el ahorro neto de la programación continua (\$2 163 779), lo cual nos da una diferencia de \$793 919 en beneficio del ahorro de la programación continua:

Diferencia entre el ahorro neto de la programación discontinua y el ahorro neto de la programación continua	\$793 919
---	-----------

De manera que se elige la estrategia de programación continua como el método a implementar.

Como conclusiones de la evaluación económica se menciona:

- En función de la variación de las consideraciones del modelo de optimización para este proceso productivo, se puede evaluar el impacto económico de las estrategias propuestas, y por lo tanto contribuir a la toma de decisiones.
- Se ha demostrado que la estrategia continua (E.C.) es factible desde un punto de vista económico, lo cual genera ahorros en los costos de producción (mano de obra y gastos indirectos).
- Con la E.C. es viable programar una producción continua (de lunes a domingo), sin que afecte el rendimiento del personal involucrado directamente en la producción.

CONCLUSIONES

- Los pronósticos de la demanda anual mostraron una tendencia ascendente en función de la data histórica (2010-2013), pero las estadísticas del Fondo Monetario Internacional indicaron que el PBI-Perú disminuyó en 11.21% respecto al año 2014, lo cual implicaría una disminución de ventas para la empresa, por esta razón los pronósticos se emplearon de manera referencial como punto de partida para realizar una planificación de la producción anual.
- Debido a que la demanda de cada producto experimentó una estacionalidad variable, era poco práctico usar la teoría del EOQ para la gestión del inventario, de manera que se utilizó un modelo de optimización como herramienta para la planificación de requerimientos de materiales (MRP I), lo que facilitó la toma de decisiones, y con ello realizar una efectiva gestión del inventario y compras, lo cual genera un ahorro total de \$ 5 506 622.
- La programación de la producción de los productos mostraron la mayor dificultad en este caso de estudio, debido a la complejidad de los criterios y restricciones propios de este tipo de proceso productivo como paradas de máquina los días domingo, tiempos de arranque por inicio de semana, lavadas de reactor por cambio de producto, entre otros. Por esta razón, se realizó un análisis riguroso con la finalidad de aplicar los modelos de optimización y MRP II, los resultados fueron significativos, ya que facilitaron considerablemente la programación efectiva, por lo cual su aplicación tiene un gran potencial para este tipo de procesos que generaría una ventaja competitiva para la empresa.

- La implementación de la estrategia continua (estrategia elegida), nos demuestra que es posible optimizar recursos, no incurriendo en inventarios innecesarios ni ordenes pendientes, además de generar un ahorro neto total de \$2 163 779 con respecto al método actual de planificación y programación de la producción en la División de Novoresinas al Solvente de la empresa.
- El presente trabajo nos demuestra que una planificación y programación apropiadas utilizando metodologías de gestión de operaciones como los modelos de optimización, MRP I y MRP II, mejoraran notablemente los procesos productivos generando mayores ingresos.



RECOMENDACIONES

- A pesar que los pronósticos de la demanda son importantes, como punto de partida para hacer una planificación y programación de la producción, es fundamental tener en cuenta el panorama actual del país, así como los factores externos, que tendrían un efecto positivo o negativo sobre la demanda de productos de la empresa.
- Debido a la importancia del modelo de optimización utilizado en la gestión de inventario y gestión de compras, es conveniente tener un registro actualizado con la información necesaria de los diversos proveedores, lead time, costos, entre otros, que beneficiara al diseño del modelo de optimización.
- El análisis previo de los criterios y restricciones implicadas en este proceso productivo son importantes tanto para el diseño de un modelo de optimización adecuado como para el uso del MRP II en la programación de la producción, de manera que es aconsejable tomarse el tiempo necesario para el estudio exhaustivo de estas variables, que facilitaría el trabajo de la programación.
- Es recomendable continuar con la evaluación de estrategias de programación de la producción, manejando las variables implicadas, para mejorar el proceso productivo, ya que esto influiría significativamente en el incremento de las utilidades de la empresa.
- Actualmente el área de planeamiento de la División de Novoresinas al Solvente hace una planificación de producción generando inventarios innecesarios, ordenes pendientes y recurriendo a horas extras en muchos casos para cumplir con la demanda, que su vez genera mayores costos, es recomendable implementar una planificación de la producción utilizando metodologías de la gestión de operaciones como Modelos de optimización, MRP I, MRP II, entre otras herramientas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, David R., Dennis J. SWEENEY, Thomas A. WILLIAMS, Jeffrey D. CAMM y Martin KIPP
2011 *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. Onceava Edición. México: Cengage Learning.
- AMERICA ECONOMIA
Ranking de las 500 mayores empresas del Perú 2014. Consulta: 28 de setiembre del 2015.
<http://rankings.americaeconomia.com/las-500-mayores-empresas-de-peru-2014/ranking-500/>
- BALLOU, Ronald H.
2004 *Administración de la Cadena de Suministros*. Quinta edición. México: Pearson Educación.
- CARREÑO, Adolfo
2011 *Logística de la A a la Z*. Perú: Fondo Editorial PUCP
- CHASE, Richard B., F. Roberts JACOBS y Nicholas J. AQUILANO.
2009 *Administración de Operaciones*. Duodécima Edición. México: McGraw-Hill
- CHOPRA, Sunil y Peter MEINDL
2013 *Administración de la Cadena de Suministros*. Quinta edición. México: Pearson Educación.
- DOMINGUEZ, José A., Santiago GARCIA, Miguel A. DOMINGUEZ, Antonio RUIZ y María J. ALVAREZ
1995 *Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos de la producción y los servicios*. España: McGraw-Hill

- HEIZER, Jay y Barry RENDER
2009 *Principios de Administración de Operaciones*. Séptima edición. México: Pearson Educación
- HILLIER, Frederick S. y Gerald J. LIEBERMAN
2010 *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Novena Edición. México: McGraw-Hill.
- KRAJEWSKI, Lee J, Larry P. RITZMAN y Manoj K. MALHOTRA
2013 *Administración de Operaciones*. Décima edición. México: Pearson Educación
- SCHROEDER, Roger G, Susan MEYER y Johnny RUNGTUSANATHAM
2011 *Administración de Operaciones*. Segunda edición. México: McGraw-Hill
- WINSTON, Wayne L.
2005 *Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos*. Cuarta Edición. México: Thomson.