

Escuela Superior Politécnica Del Litoral



Instituto de Ciencias Matemáticas Ingeniería en Logística y Transporte

“Diseño de un Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) a una empresa dedicada a la elaboración de empaques de cartón corrugado para el sector bananero”

INFORME DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN (Dentro de una materia de la malla)

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Presentado por:

Juliana Lara Estrella
Lourdes Tenemaza Morocho

Guayaquil – Ecuador

Año
2012

Agradecimientos

A Dios por haberme transmitido la sabiduría y el entendimiento para culminar éste proyecto. A mi madre Lcda. Marilyn Estrella C. gracias por tu apoyo incondicional, tu comprensión, tu cariño y sobre todo por estar en los momentos más difíciles e importantes de mi vida. A mis hermanas por su cariño y comprensión. Al Profesor. Guillermo Baquerizo P. por su confianza dedicación y exigencia durante todo este proceso. Y por último a mi compañera Lulu quien por su genio me hacía contar hasta 10 para contener la calma y la paciencia.

Juliana Georgina Lara Estrella

A Dios y la Virgen de la Nube por haberme guiado por el camino del bien durante mi etapa de estudiante. A mis padres por que siempre han estado en los momentos más importantes de mi vida. Al Profesor. Guillermo Baquerizo, por haberme guiado con sus conocimientos a culminar éste proyecto con éxito y un especial agradecimiento a mis amigos por su apoyo en los momentos difíciles y por compartir sus alegrías y tristezas.

Lourdes Angélica Tenemaza Morocho

Dedicatorias

Este proyecto está dedicado a las personas más importantes de mi vida, A Dios por ser la base fundamental en mí vida y por hacer este sueño realidad. Mi madre Lcda. Marilin Estrella que el ser más maravilloso de todo el mundo, quien me ha inculcado buenos valores, deseo de preparación y superación profesional durante mi vida y que hacen hoy de mí la mujer que soy. A mis hermanas por su apoyo y motivación. A mis sobrinos/as los chiquitines de la casa quienes con sus ocurrencias me alegran la vida. A Dr. Omar Guerrero L. por su amor, cariño, comprensión y paciencia.

Juliana Georgina Lara Estrella

A Dios, a mis padres y mi hermana por el apoyo incondicional que han tenido siempre, a mis abuelos Rosa y Tomas por su ayuda en los momentos difíciles, a mis tíos y tías por el apoyo y sus sabios consejos y a Manuel por su amor y paciencia.

Lourdes Angélica Tenemaza Morocho

Tribunal de Graduación

Ing. Guillermo Baquerizo Palma.

**Director del Proyecto de Graduación
(Dentro de una materia de la malla)**

Ing. Carlos Martin Barreiro.

Delegado del ICM

Declaración Expresa

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma al ICM (Instituto de Ciencias Matemáticas) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

Juliana Georgina Lara Estrella

Lourdes Angélica Tenemaza Morocho

Índice General

Agradecimientos	II
Dedicatorias	III
Tribunal de Graduación	IV
Declaración Expresa	V
Índice General	VI
Índice de Figuras	X
Índice de Tablas	XI
Glosario de Términos	XIII
Abreviaturas en Inglés	XIV
Resumen	XV
Abstract	XV
Introducción	XVI
Capítulo 1	- 1 -
Descripción del Problema	- 1 -
1.1 Introducción	- 1 -
1.2 Objetivos	- 3 -
1.2.1 Objetivo General	- 3 -
1.2.2 Objetivos Específicos	- 3 -
1.3 Justificación del Problema	- 4 -
1.4 Hipótesis	- 5 -
Capítulo 2	- 6 -

Marco Teórico	- 6 -
2.1 Historia del MRP ⁵	- 6 -
2.2 Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) ⁵	- 7 -
2.2.1 Objetivos del MRP ^{1, 7}	- 8 -
2.2.2 Características Básicas del MRP ^{1, 7}	- 8 -
2.2.3 Ventajas del MRP ²	- 9 -
2.3 Componentes del Sistema MRP ¹	- 9 -
2.3.1 Plan Maestro de Producción (MPS) ⁶	- 10 -
2.3.2 El Estado del Inventario	- 11 -
2.3.2.1 Lote Económico de Pedido (EOQ)	- 13 -
2.3.2.2 Justo a Tiempo (JIT)	- 15 -
2.3.3 La Lista de Materiales (BOM) ¹	- 15 -
2.4 Desarrollo Esquemático de un MRP	- 17 -
2.5 Formulación Matemática para Elaborar un MRP ⁹	- 18 -
2.5.1 Desarrollo del Modelo Matemático de un MRP	- 18 -
2.5.1.1 Inputs para la Formulación de un MRP	- 18 -
2.5.1.2 Variables de Decisión	- 19 -
2.5.1.3 Función Objetivo (1.1)	- 19 -
2.5.1.4 Restricciones	- 20 -
2.5.1.4.1 Demanda y Requerimiento de Materiales (1.2)	- 20 -
2.5.1.4.2 Tamaño de Lote (1.3)	- 20 -
2.5.1.4.3 Contingencia (1.4)	- 20 -
2.5.1.4.4 Capacidad Máxima (1.5)	- 21 -
2.5.1.4.5 Inventario Final (1.6)	- 21 -
2.5.1.4.6 Stock de Seguridad (1.7, 1.8)	- 21 -
2.5.1.4.4 Restricciones Lógicas	- 22 -

2.5.1.4.4.1 Variables Positivas (1.9)	_____	- 22 -
2.5.1.4.4.2 Variables Binarias (1.10)	_____	- 22 -
2.6 Estado Previo del Arte ⁸	_____	- 22 -
2.6.1 Análisis de Caso de Estudio	_____	- 23 -
2.7 Herramientas Informáticas	_____	- 24 -
Capítulo 3	_____	- 25 -
Caso de Aplicación	_____	- 25 -
3.1 Introducción	_____	- 25 -
3.2 Flujo de Información de la Cadena de Abastecimiento	_____	- 26 -
3.2.1 Flujo de Información para el Área de Producción	_____	- 27 -
3.3 Proceso de Producción para la Elaboración de Empaques de Cartón Corrugado para el Sector Bananero ³ .	_____	- 28 -
3.3.1 Planeamiento ³	_____	- 28 -
3.3.2 Ingreso y Control de la Materia Prima ³	_____	- 28 -
3.3.3. Corrugado Materia Prima ³	_____	- 29 -
3.3.3.1 Primera Fase ³	_____	- 29 -
3.3.3.2 Segunda Fase ³	_____	- 30 -
3.3.4 Terminado de Materia Prima ³	_____	- 30 -
3.3.4.1 Impresión ³	_____	- 31 -
Capítulo 4	_____	- 32 -
Planteamiento de la Solución	_____	- 32 -
4.1 Introducción	_____	- 32 -
4.2 Situación Actual de la Empresa	_____	- 33 -
4.2.1 Plan Maestro de Producción	_____	- 34 -
4.2.2 Estado de Inventario	_____	- 36 -

4.2.3 Lista de Materiales	- 40 -
4.2.4 Lead Time	- 42 -
4.2.5 Tamaño de Lote	- 43 -
4.3 Resolviendo el MRP	- 44 -
Capítulo 5	- 45 -
Resultados Obtenidos	- 45 -
5.1 Introducción	- 45 -
5.2 Análisis de los Resultados.	- 54 -
Capítulo 6	- 57 -
Conclusiones y Recomendaciones	- 57 -
6.1 Introducción	- 57 -
6.2 Conclusiones	- 58 -
6.3 Recomendaciones	- 59 -
ANEXOS	- 60 -
Instalación del GAMS	- 61 -
Estructura de un modelo GAMS	- 65 -
Declaraciones en GAMS	- 66 -
Datos Externos	- 68 -
Datos de un archivo txt:	- 68 -
Datos de un archivo de Microsoft Excel:	- 68 -
Operadores	- 69 -
Resultados en GAMS	- 70 -
Bibliografía	- 72 -

Índice de Figuras

Figura 2.1: Preguntas Esenciales del MRP _____	- 7 -
Figura 2.2: Ventajas del MRP ² _____	- 9 -
Figura 2.3: Representación Esquemática de un EOQ _____	- 13 -
Figura 2.4: Ejemplo de una Lista de Materiales _____	- 16 -
Figura 2.5: Desarrollo Esquemático de un MRP _____	- 17 -
Figura 3.1: Flujo de Información en la Cadena de Abastecimiento _____	- 26 -
Figura 3.2: Flujo de Información para el Área de Producción _____	- 27 -
Figura 3.3: Elemento Tapa del Empaque del Cartón Corrugado ³ _____	- 29 -
Figura 3.4: Elemento Base del Empaque del Cartón Corrugado ³ _____	- 30 -
Figura 4.1: BOM para Elaborar Empaques de Cartón ³ _____	- 41 -
Figura 5.1: Gráfica solución vs situación actual mes de Febrero _____	- 50 -
Figura 5.2: Gráfica solución vs situación actual mes de Marzo _____	- 51 -
Figura 5.3: Gráfica solución vs situación actual mes de Abril _____	- 52 -
Figura 5.4: Gráfica solución vs situación actual mes de Mayo _____	- 53 -

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Ejemplo de un Plan Maestro de Producción _____	- 10 -
Tabla 4.1: Resumen de un MPS para Cuatro Meses ³ _____	- 34 -
Tabla 4.2: MPS de Cuatro Meses del año 2012 ³ _____	- 35 -
Tabla 4.3: Inventario de Cajas ³ _____	- 36 -
Tabla 4.4: Inventario de Tinta ³ _____	- 36 -
Tabla 4.5: Inventario de Piola ³ _____	- 36 -
Tabla 4.6: Inventario de Adhesivos ³ _____	- 36 -
Tabla 4.7: Inventario de Papel Mes de Febrero del año 2012 ³ _____	- 37 -
Tabla 4.8: Inventario de Papel Mes de Marzo del año 2012 ³ _____	- 37 -
Tabla 4.9: Inventario de Papel Mes de Abril del año 2012 ³ _____	- 38 -
Tabla 4.10: Inventario de Papel Mes de Mayo del año 2012 ³ _____	- 38 -
Tabla 4.11: Inventario de Gomas del año 2012 ³ _____	- 39 -
Tabla 4.12: Lead Time del año 2012 ³ _____	- 42 -
Tabla 4.13: Tamaño del Lote del año 2012 ³ _____	- 43 -
Tabla 5.1: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Febrero____	- 46 -
Tabla 5.2: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Marzo _____	- 47 -
Tabla 5.3: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Abril _____	- 48 -
Tabla 5.4: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Mayo _____	- 49 -
Tabla 5.5: Nivel de Inventario final del Mes de Febrero _____	- 50 -
Tabla 5.6: Nivel de Inventario final del Mes de Marzo _____	- 51 -
Tabla 5.7: Nivel de Inventario final del Mes de Abril _____	- 52 -
Tabla 5.8: Nivel de Inventario final del Mes de Mayo _____	- 53 -

Anexo

A.1: Paso 1 ejecución del programa	- 61 -
A.2: Paso 2 click en next para instalar	- 62 -
A.3: Paso 3 ubicación de la carpeta del programa	- 62 -
A.4: Paso 4 sistema hace la creación de la carpeta en el menú	- 62 -
A.5: Paso 5 se selecciona las opciones a instalar	- 63 -
A.6: Paso 6 comienza la instalación del programa	- 63 -
A.7: Paso 7 instalación del programa	- 63 -
A.8: Paso 8 se finaliza la instalación	- 63 -
A.9: Paso 9 página principal de GAMS	- 64 -
A.10: Paso 10 como obtener una hoja de trabajo	- 64 -
A.11: Paso 11 se observa la hoja de trabajo	- 64 -
A.12: Ejemplo sobre problema de transporte	- 65 -
A.13 Comando para llamar a un archivo externo de excel	- 69 -
A.14 Como se corre el programa	- 70 -
A.15 Función objetivo y Ist.	- 70 -
A.16 Display	- 71 -

Glosario de Términos

Planificación Táctica: Realizar planes a corto plazo, que destaquen las situaciones actuales en los diversos departamentos de una organización.

Planificación Estratégica: Realizar planes a largo plazo, que enfoca a la organización en conjunto.

Stock de Seguridad: Es el nivel de productos que se requiere mantener en stock para poder cubrir la demanda, mientras que se hace un reabastecimiento.

Abreviaturas en Inglés

MRP: Materials Requirement Planning (Planificación de Requerimientos de Materiales).

SKU: Stock Keeping Unit (Unidad que se mantiene en stock)

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

BOM: Bill of Materials (Lista de materiales).

MP: Materia Prima.

LT: Lead Time (Tiempo de Pedido).

JIT: Just in Time (Justo a tiempo)

EOQ: Economic order Quantity (Lote Económico de Pedido).

GAMS: General Algebraic Modeling Systems. (Modelizador Matemático)

LOTE SIZE: Tamaño del Lote.

Resumen

En este proyecto se muestra el Diseño de un Plan de Requerimientos de Materiales a una empresa dedicada a la elaboración de empaques de cartón corrugado ubicada en la ciudad de Guayaquil, para ello se propone un modelo de programación entera mixta, utilizando un software Gams, el cual ayudará a determinar el momento oportuno y las cantidades adecuadas para realizar el pedido a los proveedores de cada uno de los artículos que intervienen en el proceso de producción y la respectiva cantidad de producto final a producirse en un período de tiempo determinado, esto con la finalidad de reducir el almacenamiento de materia prima.

Abstract

This project shows a Design of a Material Requirements Planning for a company dedicated to the manufacture of packages made of corrugated cardboard located in the city of Guayaquil, so we propose a mixed integer programming model using Gams software, which will assist in determining the opportune moment and the adequate quantities for placing orders to the suppliers of each one of the items that intervene in the production process, It will also give us the amount of final product to be produced in a certain period of time with the objective of reducing stocks of raw material.

Introducción

En este proyecto se desea dar a conocer la importancia de tener un sistema de planificación de requerimientos de materiales, ya que toda empresa debe tener una programación de todas sus necesidades y actividades a cumplirse en un determinado horizonte de planeación, manejando disponibilidad necesaria de capacidad de fabricación, disponibilidad de inventario y tiempos de entrega, de esta manera se podrá saber qué, cuándo y cuántos productos se necesita para poder elaborar un producto en sí. El tener una planificación adecuada de materiales implicará administrar un inventario de forma eficiente, es decir, no tener en exceso o en déficit lo que se necesita para poder satisfacer la demanda independiente y así poder dar un mejor servicio al cliente. La planeación de requerimientos de materiales hoy en día ha tomado un papel fundamental dentro de las organizaciones, esto debido a que los resultados que da un MRP son indispensables para poder planificar capacidades en las bodegas y capacidades de recursos, sean estos económicos, personal o maquinaria necesaria para elaborar un producto. Cabe recalcar que un MRP no solo sirve para dar información de requerimientos de materiales del producto en sí, sino también para poder hacer planificaciones en los diferentes departamentos de una empresa, tales como: Finanzas, Contabilidad, Recursos Humanos, Sistemas de Información, Mercadeo, Operaciones y Compras.

En el capítulo uno se realizará la descripción de la problemática, la cual consiste en los altos niveles de inventario de materia prima que la empresa

de estudio presenta actualmente. Además de esto se detallan los objetivos generales, específicos, justificación del problema e hipótesis.

En el capítulo dos se especifican los conceptos necesarios para realizar un plan de requerimiento de materiales: objetivos, características básicas, ventajas, plan maestro de producción, estado de inventario; además de estos conceptos se detalla un modelo matemático, para la resolución del mismo.

En el capítulo tres se detalla paso a paso el proceso de producción, desde el momento que se realiza el pedido de MP, hasta la impresión del empaque, además se menciona el flujo de información de la empresa.

En el capítulo cuatro se describe la situación actual de la empresa en lo referente al plan de producción, niveles de inventario, cantidad de MP que se necesita para elaborar un empaque de cartón corrugado, tiempo que transcurre desde el momento que se hace el pedido de la MP hasta la recepción y tamaño de lote de MP.

En el capítulo cinco se muestran los resultados obtenidos mediante el uso de software, en el cual se detallan cada uno de los componentes que se necesita para la producción, así como las cantidades y días respectivos de pedido.

En el capítulo seis se mencionan las conclusiones que se pudieron obtener luego de resolver el problema, también se da algunas recomendaciones que pueden ser tomadas en consideración por los directivos de la empresa de estudio.

Capítulo 1

Descripción del Problema

1.1 Introducción

En el presente proyecto se estudiará el problema de una empresa situada en la ciudad de Guayaquil que se dedica a la elaboración de empaques de cartón corrugado, para el sector bananero, la cual ha brindado los datos suficientes para poder elaborar el MRP.

El problema en sí de la empresa son los altos niveles de inventario y que debido a la gran cantidad de demanda independiente no se puede cubrir con los requerimientos del cliente, es decir, hay atrasos de entrega del producto.

Actualmente la empresa maneja su inventario en base al inventario que se usó para poder cubrir la demanda que ha tenido en meses similares, es decir, lo que vendieron en el mes de mayo del 2011, esa información se usa para abastecerse de inventario en el mes de mayo del actual año, es decir del año 2012.

La empresa no usa software especial o alguna política de inventario para abastecerse de materia prima para la elaboración de empaques de cartón corrugado. El único sistema que la empresa de estudio maneja para abastecerse de materia prima para la elaboración del producto o SKU, es por medio de un control estadístico utilizado con la herramienta informática de Microsoft Excel, en él mantienen la información de su inventario de meses y años anteriores, este proceso lo realizan por medio de una red

informática que solo los usuarios de la empresa tienen acceso para poder ingresar al sistema y realizar la orden de pedido por medio de un correo electrónico a sus proveedores nacionales e internacionales. Para su proveedor nacional que se encuentra en la ciudad de Cuenca lo realizan con una semana de anticipación; mientras que sus proveedores internacionales ubicados en Europa y China lo realizan con tres meses de anticipación, para realizar su abastecimiento de papel, aunque este medio en algunas ocasiones les cause problemas, es la única forma viable que ellos por el momento pueden establecer para su abastecimiento.

La empresa está consciente que por la vía que realiza su orden de compra es fácil, pero a la vez no muy eficiente, debido a que ya han tenido ciertos problemas, en algunas ocasiones, por diferentes motivos la materia prima no llega a tiempo para empezar con la producción del día, y como se sabe esto genera una gran pérdida para la empresa.

En busca de solucionar este problema se desea diseñar un MRP (Plan de Requerimientos de Materiales), es un modelo fácil y sencillo de comprender para poder determinar la cantidad de materia prima que se necesita para la fabricación de un producto final y con esto poder dar una mejor atención al cliente. Se debe tener en cuenta que para una empresa el cliente debe ser una prioridad. Mediante la aplicación del MRP se intenta dar soluciones a la problemática que posee la empresa de estudio para un correcto manejo y abastecimiento de inventario de materia prima (MP) y así poder evitar que en ciertas ocasiones existan faltantes de MP, lo cual implicaría que se detenga la producción del día.

1.2 Objetivos

Los objetivos que se desean alcanzar en este proyecto son los siguientes:

1.2.1 Objetivo General

Disminuir la cantidad de inventario de materia prima para la elaboración de empaques de cartón corrugado para el sector bananero, mediante la aplicación de un MRP para controlar la cantidad y momento adecuado de un reabastecimiento.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ **Disminuir el stock**, aplicando un correcto mecanismo al momento de generar la orden de compra de la materia prima para que sea de forma exacta para la elaboración del producto y así evitar tener un alto nivel de inventario en la empresa.
- ✓ **Determinar los requerimientos de materia para su producto**, mediante una adecuada lista de materiales se podrá determinar la cantidad necesaria y suficiente para poder elaborar un producto y así poder satisfacer la demanda independiente.
- ✓ **Tener una mayor eficiencia en la operación de la planta**, con la implantación precisa de un esquema de trabajo a seguir, se podría agilizar el proceso de producción y de despacho en la empresa.

1.3 Justificación del Problema

Como ya se sabe el servicio al cliente es primordial en toda empresa, ya que éste es la base fundamental para mantener una organización, y por ende se debe tratar en lo posible de satisfacer sus necesidades, cumpliendo con los requerimientos establecidos por éstos; es por eso que un MRP es fundamental para poder cumplir con la demanda independiente, ya que da información sobre las necesidades de materia prima para la elaboración de un producto que al final del día será entregado al cliente en el momento que él lo necesite.

En general las empresas dedicadas a la manufactura de productos, es necesario que posean un sistema de planeación de requerimientos de materiales, debido a que éste le será de gran ayuda para poder hacer planificaciones tácticas o estratégicas, pero cabe recalcar que un MRP no trabaja solo, se necesita de iniciativa por parte del personal que labora en una empresa.

Para poder abordar la problemática de un plan de requerimientos de materiales se ha decidido dividir en tres partes:

1. Plan maestro de producción (MPS).
2. Estado de inventario.
3. Lista de materiales (BOM).

1.4 Hipótesis

Mediante un diseño adecuado de un MRP se podrá determinar la cantidad exacta de MP, para la empresa dedicada a la elaboración de empaques de cartón corrugado y a su vez a empresas que se dediquen a la fabricación de un producto que tengan problemas de inventario.

Un MRP ayudará a determinar un plan de producción adecuado para realizar un reabastecimiento eficiente. Durante sus meses de producción altos que son: febrero, marzo, abril y mayo.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Historia del MRP⁵

El MRP nace en los Estados Unidos en la segunda guerra mundial y el gobierno decide ejecutar programas especializados que surgen en la década de los años 40 para tener un control de la logística y organización del ejército para sus combates. Y estas soluciones tecnológicas se las conocen como los primeros sistemas para la planeación de requerimientos de materiales, pero allí no acaba todo, en los años 50 el MRP tiene acogida en los sectores productivos para poder tener un control de inventario de MP.

Por otro punto el avance tecnológico era impresionante lo cual iban de la mano ya que las computadoras contaban con la capacidad de almacenar y recuperar datos que faciliten su proceso. En la década de los 60, el MRP evolucionó como un paquete informático capaz de dar respuestas puntuales al cálculo y planificar las necesidades de materiales para la fabricación de un producto.

Joseph Orlicky uno de los pioneros en realizar el lanzamiento del libro “**Material Requirement Planning**”, en 1975. Para ayudar a las empresas a reducir los niveles de inventario de los materiales que utilizaban en su proceso productivo.

Las técnicas MRP son una solución nueva para los clásicos problemas que existen en producción con la finalidad de controlar y coordinar los materiales disponibles sin necesidad de tener un inventario excesivo para la empresa.

2.2 Plan de Requerimientos de Materiales (MRP)⁵

La planificación de requerimientos de materiales es un sistema de planificación de la producción de necesidades y de gestión de stocks que responde a las siguientes preguntas esenciales para su ejecución:

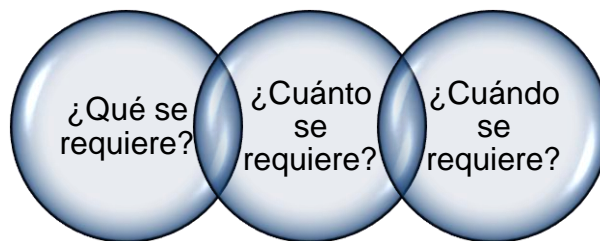


Figura 2.1: Preguntas Esenciales del MRP

Para la fabricación de productos y aprovisionamiento de materia prima para la producción.

El MRP está basado esencialmente en dos ideas principales:

1. **Demanda Independiente¹**.- Es aquella que se genera a partir de decisiones ajenas de la empresa, por ejemplo, la demanda de cierto producto terminado, puesto que son los clientes los que generan esta demanda y está independientemente de la producción de la empresa.

2. **Demanda Dependiente**¹.- Es aquella que se genera a partir de decisiones tomadas por la empresa, por ejemplo, si se realiza la pronosticación de una demanda, en un horizonte de tiempo T.

2.2.1 Objetivos del MRP^{1,7}

- ✓ Mejorar el servicio al cliente con la finalidad de cumplir las promesas de entrega en el horizonte de tiempo T planeado.
- ✓ Reducir inventario debido a que el MRP ayuda a sincronizar la compra y producción de los distintos materiales que se van a requerir en determinado momento.
- ✓ La eficiencia del MRP proporciona una coordinación entre el departamento y los centros de trabajos a medida que la integración del producto avanza a través de ellos.

2.2.2 Características Básicas del MRP^{1,7}

- ✓ Está orientado a los productos, ya que a partir de las necesidades de éstos, se planifica que componentes son necesarios.
- ✓ Es prospectivo, porque se basa en las necesidades que se tendrán en el futuro.
- ✓ Es una base de datos que debe ser empleada por las diferentes áreas de una compañía.

2.2.3 Ventajas del MRP²

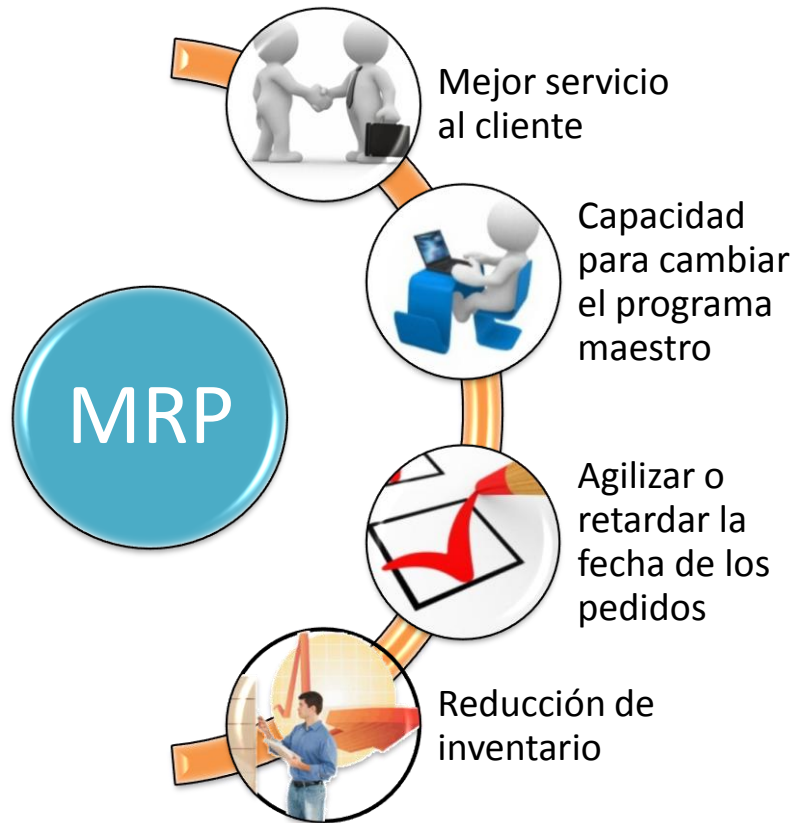


Figura 2.2: Ventajas del MRP²

2.3 Componentes del Sistema MRP¹

Dentro del sistema del MRP contamos con tres factores claves que son:

- ✓ Plan maestro de producción.
- ✓ Estado de inventario.
- ✓ Lista de materiales.

2.3.1 Plan Maestro de Producción (MPS)⁶

En el plan maestro de producción (MPS) se detallan los productos que se deben fabricar y los plazos respectivos para tenerlos terminados, este resultado se basa en los pedidos recurrentes de los clientes y en base a una predicción de demanda. Otro aspecto importante dentro de un plan maestro de producción es el calendario, en el cual se indican las fechas que tienen que estar disponibles los productos para la entrega al cliente.

En un MPS es necesario puntualizar el horizonte de tiempo, por ejemplo en algunas empresas se ha tomado una semana como unidad de tiempo para trabajar en el plan maestro de producción, esta unidad de tiempo se debe respetar durante el horizonte de tiempo planteado, por esta razón que se debe tener mucho cuidado y responsabilidad con la elección del intervalo de tiempo básico del MPS.

Es importante tener claro que un MPS no es una proyección de ventas, sino un cálculo de productos factibles para la fabricación. Por tanto un plan de producción tiene el objetivo de ajustar la producción en la planta, ejemplo.

Plan Maestro de Producción						
Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total de productos
A1	125	86	190	93	115	609
A2	150	94	165	52	98	559
A3	105	100	150	68	100	523
A4	110	75	135	75	140	535
A5	100	80	145	43	135	503
Total días laborados	21	21	21	21	21	

Tabla 2.1: Ejemplo de un Plan Maestro de Producción

2.3.2 El Estado del Inventario

El estado de inventario dentro de una empresa es de suma importancia, ya que mediante éste se puede saber las existencias de los materiales que la empresa tiene almacenado para la producción de un determinado artículo, o las existencias del producto para la entrega al cliente. El principal objetivo del estado de inventario es determinar la cantidad de existencia que se debe tener dentro de una bodega para poder abastecer las necesidades de la producción.

En lo que respecta al estado de inventario puede haber diferentes tipos de existencias entre los cuales se destacan:

- ✓ **Materia Prima.-** Son todos los componentes necesarios que se destinan al proceso productivo.
- ✓ **Productos Semiterminados.-** Son productos que la empresa ha fabricado, pero no están listos para la entrega al consumidor final, porque falta algún otro proceso.
- ✓ **Productos Terminados.-** Son productos que están listos para la entrega al consumidor final.
- ✓ **Mercaderías.-** Son materiales que la empresa adquiere para la venta, pero sin ninguna transformación.
- ✓ **Envases, embalajes y otros aprovisionamientos.**

Conocer el nivel de inventario dentro de una empresa es de gran alcance, ya que mediante ésta se puede evitar rupturas de stock, posibles diferencias entre el ritmo de producción y distribución y quizá lo más importante tener un

adecuado aprovisionamiento de producto mediante compra de lotes grandes, esto implica obtener descuentos.

Dentro del nivel de inventario se debe conocer lo siguiente:

- ✓ **Stock Máximo.**- La mayor cantidad de productos que se pueden mantener dentro de un almacén o bodega.
- ✓ **Stock Mínimo.**-Es la menor cantidad de productos que se puede mantener dentro de un almacén o bodega, a este stock también se le denomina como Stock de seguridad.
- ✓ **Plazo de Entrega.**- Es el tiempo que transcurre desde que se hace un pedido hasta la recepción física del mismo, también se lo conoce como Lead Time.
- ✓ **Punto de Pedido.**-Es un nivel de producto establecido por la empresa, en el cual se debe hacer un pedido para un correcto aprovisionamiento, pero se debe tener en cuenta el plazo de entrega para no quedarse con productos por debajo del stock de seguridad.

El estado de inventario necesita ser muy completo, es decir, debe haber coincidencia en todo momento con las existencias de material teórica con las reales, esto es indispensable para poder tener un buen manejo de inventario y poder controlar el aprovisionamiento.

Dentro del análisis del estado del inventario es importante conocer una política óptima de inventario para conocer de forma exacta el volumen o la cantidad de pedido de materia prima para que minimice el costo total de la gestión de inventario.

Entre las políticas de inventario más conocidas están:

- ✓ Lote económico de pedido (EOQ)
- ✓ Justo a tiempo (JIT)

2.3.2.1 Lote Económico de Pedido (EOQ)

Lote económico de pedido (EOQ), su función es encontrar un tamaño de pedido óptimo, que minimice costos totales de reabastecimiento. Para el análisis de este problema se necesita de los siguientes inputs:

- ✓ Demanda
- ✓ Lead time
- ✓ Costo de pedido
- ✓ Costo de almacenamiento
- ✓ Costo de escases

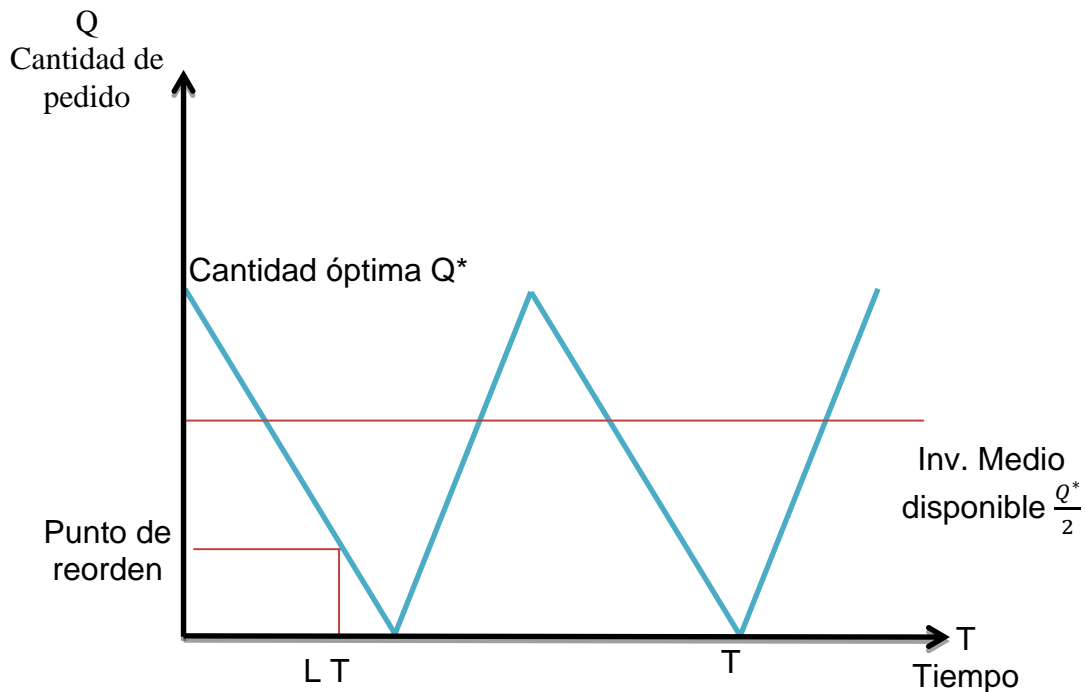


Figura 2.3: Representación Esquemática de un EOQ

De la figura anterior se explica lo siguiente:

- ✓ **Cantidad Óptima Q^* .**- Es la cantidad optima de pedido que se necesita hacer para cumplir la demanda.
- ✓ **Inventario Medio disponible $\frac{Q}{2}$.**- Es la mitad de la cantidad optima de inventario disponible.
- ✓ **Lead Time.**- Es el tiempo que transcurre desde que se hace el pedido hasta que llegue el pedido a la empresa.
- ✓ **Punto de Reorden.**- Es la cantidad de producto que se tiene en stock, y es un indicativo que es momento de hacer un pedido, para un reabastecimiento.

La fórmula para obtener la cantidad óptima de pedido es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * S * D}{g}}$$

Dónde:

- ✓ $s = \text{costo fijo}$
- ✓ $D = \text{demanda}$
- ✓ $g = \text{costo de almacenamiento}$

2.3.2.2 Justo a Tiempo (JIT)

Ésta política de inventario se maneja muy a menudo en empresas de gran escala, ésta básicamente se fundamenta en que el cliente haga un pedido, en base a ese pedido la empresa puede empezar a fabricar. Las características de JIT son:

- ✓ **Reducir las Existencias del Inventario.**- Debido a que la producción se hace en base al pedido del cliente, esto trae como consecuencia que en cuanto esté listo el producto se entregue al instante y por ende no hay exceso de inventario.
- ✓ **Reducir los Plazos de Producción y de Entrega.**- Teniendo en cuenta que se produce solo bajo pedido la empresa no va a tener problemas en el momento de entrega y podrá hacer una planificación de producción.
- ✓ **Flexibilidad.**- En cuanto al trabajo se puede manejar de forma eficiente al personal y sus respectivas funciones.[4]

2.3.3 La Lista de Materiales (BOM)¹

La lista de materiales (BOM) es especificar de forma detallada los componentes que intervienen en la elaboración de un producto final, mostrando las etapas sucesivas de la fabricación.

La lista de materiales de un producto, debe ser enlistada de forma completa y precisa con cada uno de los componentes y cantidades.

La representación del BOM por lo general es mediante un árbol, en el cual el nodo raíz representa el producto que se está analizando, y en los demás

enlaces llamados ramas se encuentra los materiales y cantidades que se requiere para la elaboración del producto que se encuentra en el nodo raíz, o en el nodo alterno respectivamente.

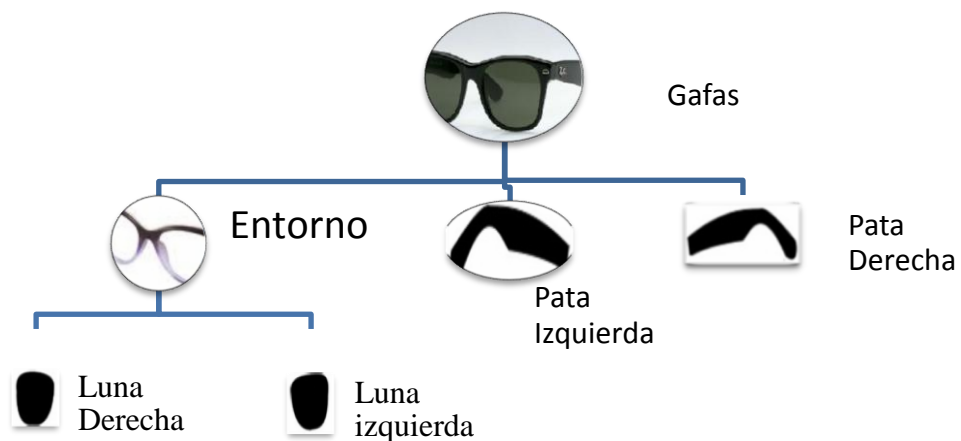


Figura 2.4: Ejemplo de una Lista de Materiales

Como se mencionó antes, el nodo raíz es el producto que se desea elaborar y cada una de las ramas que se despliegan son los nombres de los componentes y lo que está entre paréntesis son las cantidades de los componentes necesarios para fabricar el producto.

En conclusión se puede mencionar que una adecuada lista de materiales es de gran importancia dentro de un departamento de producción, ya que esta da la información fundamental para tener una buena programación de materiales y control de la producción y por ende un buen manejo efectivo de la organización.

2.4 Desarrollo Esquemático de un MRP

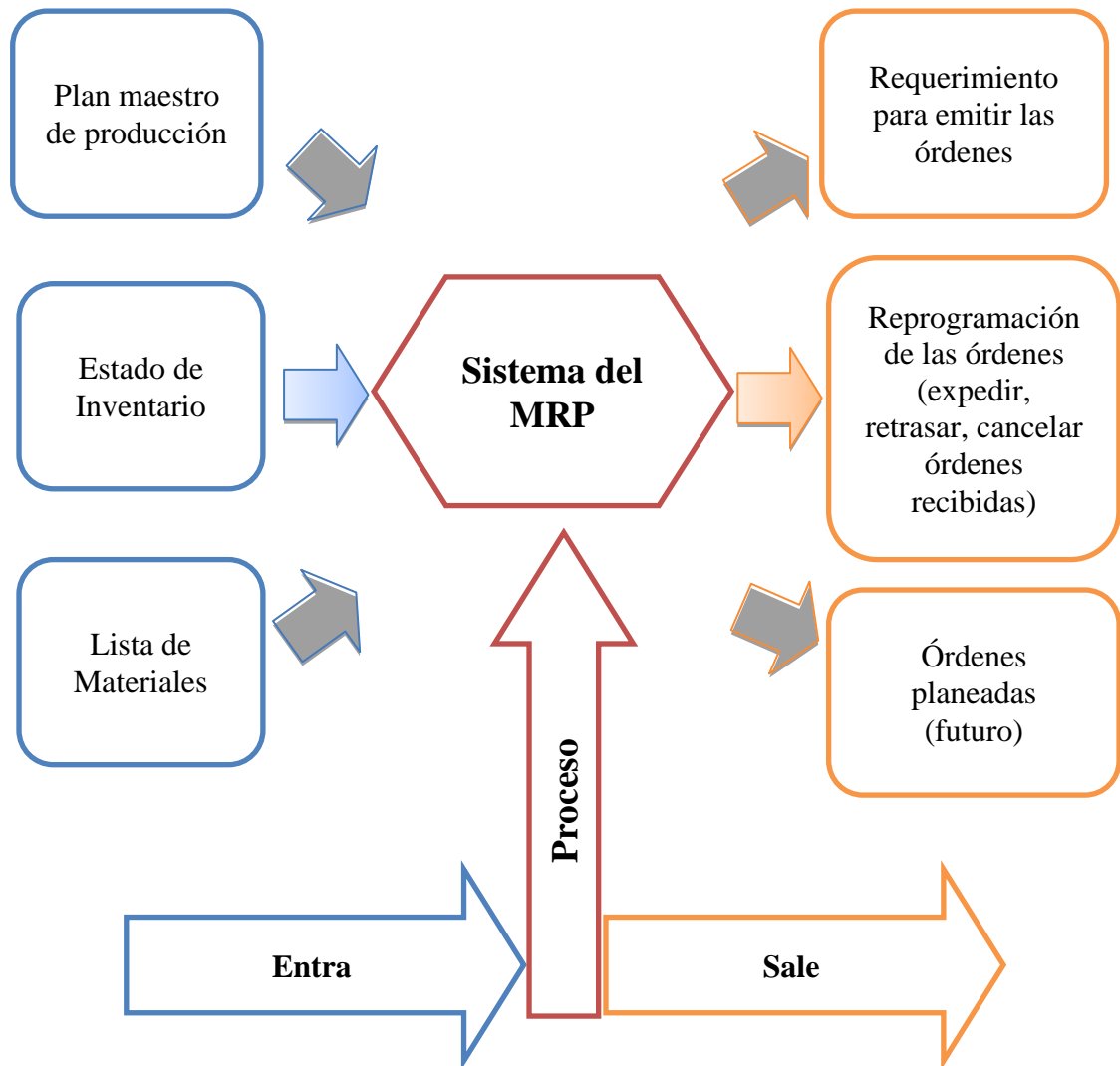


Figura 2.5: Desarrollo Esquemático de un MRP

2.5 Formulación Matemática para Elaborar un MRP⁹

El objetivo principal de un MRP es poder determinar la cantidad de MP que se necesita para poder elaborar un producto y en qué tiempo se necesita. El cual se desarrollará por medio de un modelo matemático:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^P \sum_{t=1}^T (T-t) * x_{i,t} \quad (1.1)$$

$$\text{Restricciones: } \sum_{\lambda=1}^{t-LT(i)} x_{i,\lambda} + I_{i,0} - \sum_{\lambda=1}^t (D_{i,\lambda} + \sum_{j=1}^P R_{i,j} * x_{j,\lambda}) \geq 0 \quad \forall i, t \quad (1.2)$$

$$x_{i,t} \geq w_{i,t} * LS_i \quad \forall i, t \quad (1.3)$$

$$M * w_{i,t} \geq 0 \quad \forall i, t \quad (1.4)$$

$$x_{i,t} \leq w_{i,t} * capmax \quad \forall i, t \quad (1.5)$$

$$Invf_i = \sum_{\lambda=1}^t x_{i,\lambda} + I_{i,0} - \sum_{\lambda=1}^t (D_{i,\lambda} + \sum_{j=1}^P R_{i,j} * x_{j,\lambda}) \quad \forall i \quad (1.6)$$

$$Invf_i \geq \sum_t x_{i,t} * \%st \quad \forall i \neq 1 \quad (1.7)$$

$$Invf_{producto} \geq \sum_t x_{i,t} * \%st1 \quad (1.8)$$

$$x_{i,t} \text{ variable positiva} \quad (1.9)$$

$$w_{i,t} \in \{0,1\} \quad (1.10)$$

2.5.1 Desarrollo del Modelo Matemático de un MRP

2.5.1.1 Inputs para la Formulación de un MRP

Los inputs necesarios para poder elaborar la formulación matemática de un MRP son:

LT_i Lead time

LS_i Número de tamaño de lote para los SKU's

$D_{i,t}$ Demanda independiente

$I_{i,0}$ Inventario inicial

M Un número muy grande

$R_{i,j}$ Cantidad de recurso i que se requiere para producir j

$Capmax$ Capacidad máxima de producción que tiene la empresa

$\%st, \%st1$ Porcentaje de stock de seguridad que la empresa desee poseer, tanto para el producto final y para la materia prima.

2.5.1.2 Variables de Decisión

Las variables de decisión en una programación matemática representan las acciones que se desean evaluar o cuantificar para optimizar recursos.

Para resolver un MRP las variables de decisión involucradas son:

$x_{i,t}$ = Es la cantidad de SKU's para producir u ordenar en un periodo T

$Invf_i$ Inventario final del producto y materia prima.

$$w_{i,t} = \begin{cases} 1, & \text{Si el SKU } i \text{ se produce en el periodo } t \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$$

2.5.1.3 Función Objetivo (1.1)

El objetivo principal de un MRP es minimizar la cantidad de SKU's a pedir en un determinado período de tiempo, pero que la cantidad que se pida para un reabastecimiento sea el necesario para la producción.

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^P \sum_{t=1}^T (T - t) * x_{i,t}$$

2.5.1.4 Restricciones

Las restricciones permiten delimitar los recursos que posee un modelo matemático, para el problema de estudio las restricciones a analizar son:

2.5.1.4.1 Demanda y Requerimiento de Materiales (1.2)

Esta restricción permite crear un balance de inventario, en el cual se pueda garantizar que la cantidad de MP que se pida más de las existencias de inventario para el producto i en el periodo de tiempo t debe de ser igual o mayor a la demanda en el correspondiente período y su respectivo producto i .

$$\sum_{\lambda=1}^{t-LT(i)} x_{i,\lambda} + I_{i,0} - \sum_{\lambda=1}^t (D_{i,\lambda} + \sum_{j=1}^P R_{i,j} * x_{j,\lambda}) \geq 0 \quad \forall i, t$$

2.5.1.4.2 Tamaño de Lote (1.3)

Con la aplicación de esta restricción se puede garantizar que al momento de producir o realizar un reabastecimiento del producto i en el periodo t , éste puede ser 0, ósea no hacer pedido, o pedir el tamaño de lote.

$$x_{i,t} \geq w_{i,t} * LS_i \quad \forall i, t$$

2.5.1.4.3 Contingencia (1.4)

Mediante esta restricción se puede asegurar que al momento de realizar una producción o de reabastecimiento éste va ser mayor o igual a cero.

$$M * w_{i,t} \geq 0 \quad \forall i, t$$

2.5.1.4.4 Capacidad Máxima (1.5)

Con esta restricción se podrá garantizar que la cantidad de producción sea menor o igual que la capacidad máxima de producción que la empresa tiene.

$$x_{i,t} \leq w_{i,t} * capmax \quad \forall i, t$$

2.5.1.4.5 Inventario Final (1.6)

Esta restricción permite determinar la cantidad de inventario de producto o materia prima que queda al final de un periodo.

$$Invf_i = \sum_{\lambda=1}^{t-LT(i)} x_{i,\lambda} + I_{i,0} - \sum_{\lambda=1}^t (D_{i,\lambda} + \sum_{j=1}^P R_{i,j} * x_{j,\lambda}) \quad \forall i$$

2.5.1.4.6 Stock de Seguridad (1.7, 1.8)

Estas dos restricciones permiten determinar un nivel de inventario de seguridad que una empresa puede poseer, en este caso el nivel de stock es un porcentaje del total de producción en un periodo determinado, la primera restricción es solo para materia prima, mientras que la segunda es solo para el producto final.

$$Invf_i \geq \sum_t x_{i,t} * st\% \quad \forall i \neq 1$$

$$Invf_{producto} \geq \sum_t x_{p,t} * st1\%$$

2.5.1.4.4 Restricciones Lógicas

2.5.1.4.4.1 Variables Positivas (1.9)

$x_{i,t}$ variable positiva

$Invf_i$ variable positiva

Sólo puede tomar valores mayores que cero en la solución

2.5.1.4.4.2 Variables Binarias (1.10)

Sólo pueden tomar valores discretos 0 y 1, el cero significa que no se puede tomar una acción determinada y el uno significa que si se puede tomar la acción.

$$w_{i,t} \in \{0,1\}$$

2.6 Estado Previo del Arte⁸

En la Facultad de Ciencias Administrativas de la Escuela Politécnica Nacional, se elaboró un proyecto sobre el Diseño de un MRP, en el año 2007, realizado por: Daysi del Carmen Pérez Salguero y Johanna Alexandra Salazar Cela.

El resumen de este proyecto se detalla a continuación:

“El objetivo de este proyecto de titulación es diseñar un Sistema de Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP), para controlar el proceso de producción en la empresa CEDAL S.A, coordinando las decisiones sobre inventarios, compras y producción que resultan de gran

utilidad para evitar las demoras en la producción, fijando fechas límites a los pedidos del cliente.

Los sistemas de Planificación de necesidades de materiales (MRP, materials requirements planning), es un método sencillo y fácil de comprender para el problema de la determinación del número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir el artículo final, también proporciona el programa de tiempo que especifica ¿Cuándo hay que pedir o producir? Para cada uno de los materiales o piezas.

Es interesante resaltar que mediante esta técnica se consigue coordinar conjuntamente las actividades de las distintas áreas de la empresa, lo cual está de acuerdo con la concepción sistemática de la misma y es la mejor forma de conseguir beneficios sustanciales del MRP.

El diseño del MRP para CEDAL S.A se desarrolló en Excel, el mismo que nos proporciona información automatizada sobre ¿qué?, ¿cuánto? y ¿cuándo? Adquirir el material para la producción planificada.”

2.6.1 Análisis de Caso de Estudio

En la empresa CEDAL S.A se implementó un MRP, con la finalidad de tener una correcta planificación de materiales, con la cual pudieron optimizar sus recursos y así obteniendo una eficiencia en el área de producción, ya que mediante el MRP se pudo obtener información de forma detallada, sean éstas, las fechas y tamaños de pedidos para sus proveedores.

Con la aplicación del MRP esta empresa pudo tener coordinación entre las decisiones sobre inventarios, compras y producción que es de gran beneficio

para agilizar el proceso de producción y así brindar un buen nivel de servicio a sus clientes.

2.7 Herramientas Informáticas

Las herramientas a utilizar en éste proyecto son dos:

Excel.- Es una hoja electrónica que pertenece a Microsoft, en la cual se puede hacer múltiples cálculos usando diferentes funciones. Esta hoja de cálculo es de gran ayuda porque permite calcular, organizar, todo tipo de información.

Gams.- Es un paquete informático que posee diferentes solvers, en este proyecto específico se usará el solver CPLEX el cual es de gran ayuda para poder resolver problemas aplicando sistemas de programación matemática con el fin de llegar a dar respuestas que optimicen recursos o maximicen ganancias.

Capítulo 3

Caso de Aplicación

3.1 Introducción

Dentro de una organización, tener orden en un proceso de producción es parte fundamental para poder mantener en pie a una empresa, esto se puede lograr de manera eficiente realizando un buen proceso que sea eficaz para poder lograr las metas en la producción, para cumplir todo este proceso la empresa debe tener en claro cuatro puntos importantes: Planeación, Organización, Dirección y Control.

Un proceso de producción es un método por medio del cual se realizan acciones para la transformación de materia prima y convertirlos en producto final, con la finalidad de cumplir con lo requerido por el cliente. De esta manera toda empresa que se dedica a la elaboración de un determinado producto debe tener un proceso de producción establecido dentro de su plan de trabajo.

3.2 Flujo de Información de la Cadena de Abastecimiento

En general toda empresa debe tener un flujo de información, es decir, saber cuáles son las etapas de su proceso, para poder controlar y evaluar su proceso industrial, esto con el fin de poder vigilar las áreas y sus funciones dentro de una empresa, con la finalidad de obtener flexibilidad y rapidez de información en el proceso logístico.

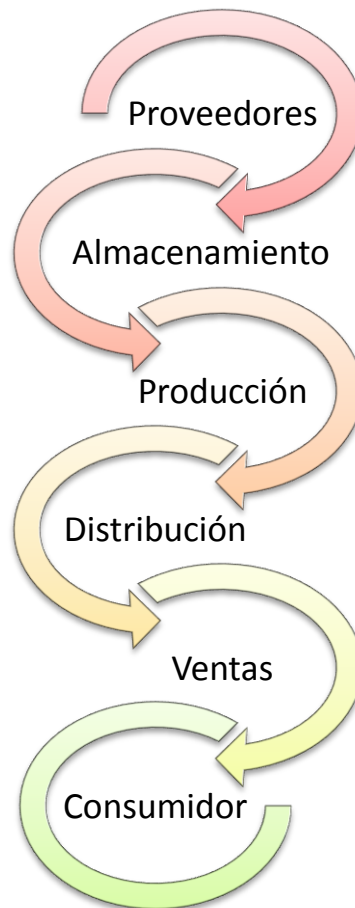


Figura 3.1: Flujo de Información en la Cadena de Abastecimiento

3.2.1 Flujo de Información para el Área de Producción

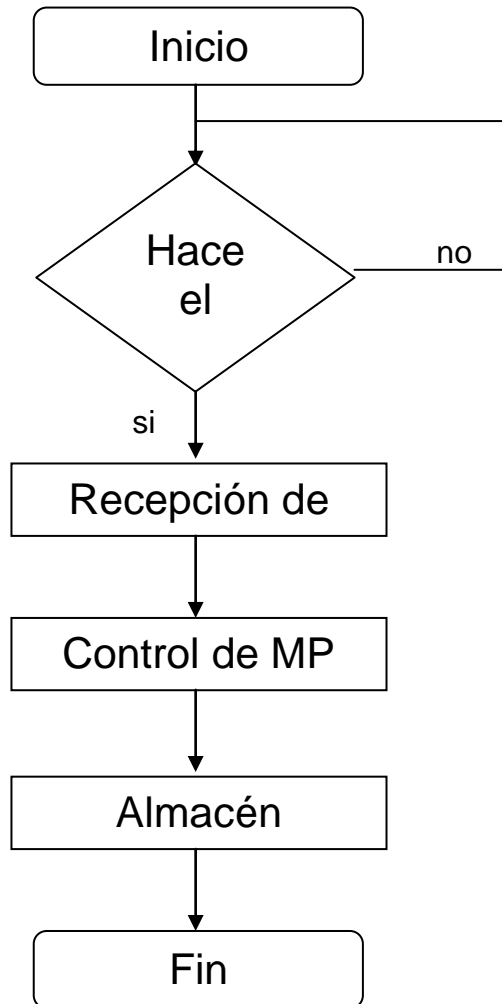


Figura 3.2: Flujo de Información para el Área de Producción

La empresa emite una orden de compra a sus proveedores nacionales e internacionales, una vez hecho el pedido se espera la recepción de la materia prima para luego pasar por un control de calidad, es decir, verificar que la materia prima esté en condiciones apropiadas para la producción de empaques de cartón corrugado, finalmente se procede a realizar el almacenamiento de la misma.

3.3 Proceso de Producción para la Elaboración de Empaques de Cartón Corrugado para el Sector Bananero³.

Para la elaboración de empaques de cartón corrugado se realiza la transformación de papeles en láminas de cartón, con la finalidad de elaborar diferentes modelos de empaques con sus características correspondientes que son:

- ✓ Forma
- ✓ Color
- ✓ Tamaño
- ✓ Impresión

Según las necesidades del cliente con el objetivo de entrar un producto en excelentes condiciones y en el tiempo requerido.

3.3.1 Planeamiento³

El personal del área de planeamiento mantiene una buena comunicación con el departamento de comercialización, con la finalidad de que ellos informen los requerimientos de MP, para poder definir la cantidad y el tipo de materia prima e insumos que se requieran para la producción del empaque de cartón, con la finalidad de poder realizar pedidos.

3.3.2 Ingreso y Control de la Materia Prima³

Se recibe la MP de sus proveedores tanto nacional como internacional, realizando un control de calidad por medio de departamento de control de calidad, una vez verificado la MP y toda la documentación del producto, se procede hacer el ingreso correspondiente a la empresa. Y que esté lista para utilizarse para empezar a fabricar el empaque de cartón corrugado.

3.3.3. Corrugado Materia Prima³

En esta etapa para dar forma al ondulado del papel se hace mediante láminas de liner, creando de esta manera el corrugado del cartón, el cual se lo realiza en dos fases. Para luego realizar la inspección de los diferentes productos para verificar si hay algún error y poderlo controlar a tiempo, para evitar pérdidas en la producción.

3.3.3.1 Primera Fase³

Elemento Tapa.- Está compuesto por dos papeles liner importados y un papel corrugado nacional que se forma en ondas en la flauta tipo c, estos tres componentes se unen con goma para formar una pared sencilla; de esta manera se elabora la tapa del empaque del cartón corrugado para el banano.

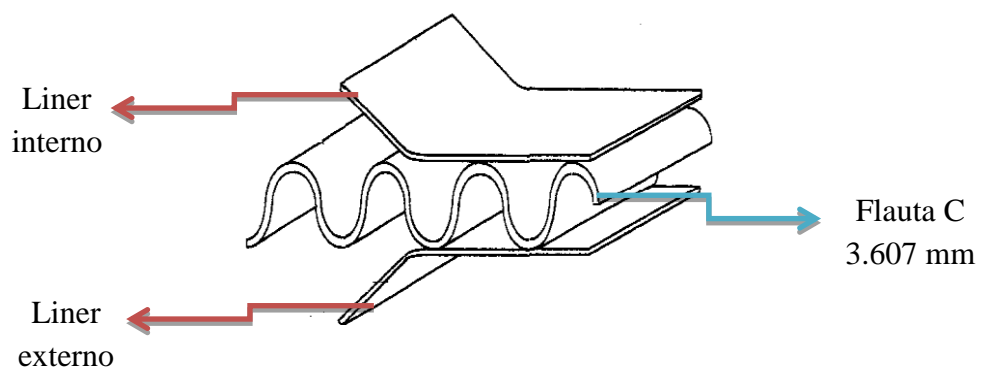


Figura 3.3: Elemento Tapa del Empaque del Cartón Corrugado³

3.3.3.2 Segunda Fase³

Elemento Base.- Está compuesto por tres papeles liner importados y dos papeles corrugados que se forman en la flauta c y la flauta b respectivamente, siendo el corrugado de la flauta c de mayor altura que el corrugado de la flauta b, ambos componentes forman una pared doble; de esta manera se elabora la base del empaque del cartón corrugado para el banano.

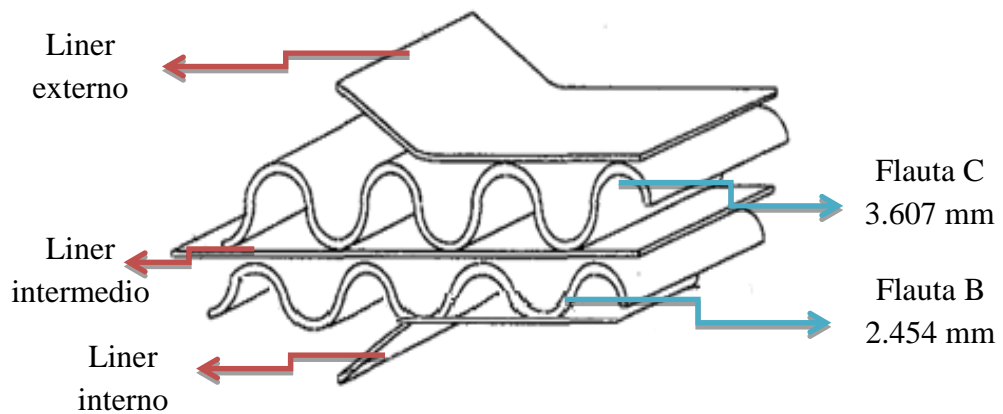


Figura 3.4: Elemento Base del Empaque del Cartón Corrugado³

3.3.4 Terminado de Materia Prima³

En esta estación el empaque pasará a su transformación final mediante el diseño gráfico y diseño del empaque.

- ✓ **Diseño de Empaque.-** se desarrolla el diseño estructural del empaque del cartón corrugado solicitado por el cliente.
- ✓ **Diseño Gráfico.-** En esta área se plasma la idea del cliente ya sea logos, leyendas, etc.

3.3.4.1 Impresión³

En esta estación se realiza la impresión, el troquelado, el ranurado y el corte de las cajas de cartón de banano, esto se lo hace según sean las características solicitadas por el cliente, es decir, depende del diseño de presentación y elementos que el cliente pida que esté en su caja de cartón. Cabe recalcar que en esta estación se puede hacer mezclas de colores para poder satisfacer la necesidad del cliente, la empresa maneja cuatro colores, con los cuales hacen las mezclas respectivas.

Capítulo 4

Planteamiento de la Solución

4.1 Introducción

En plena era informática es necesario solucionar los problemas logísticos de las empresas con la ayuda de algún software y la aplicación de ciertos lenguajes de programación. Para resolver este tema en especial se extraerá información de Microsoft Excel donde están los datos a requerirse para elaborar el MRP, para luego utilizar un software llamado GAMS el cual ayudará a determinar los recursos requeridos por la empresa productora de empaques de cartón corrugado, con la finalidad de tener un control desde que se inicia la producción hasta que finalice.

4.2 Situación Actual de la Empresa

Actualmente la empresa maneja sus datos de la necesidad de materia prima, demanda, inventarios, personal, horas laborables, en un archivo de Microsoft Excel, el cual les ayuda para poder tener un control de todo el proceso de producción.

La empresa con el manejo de sus datos es muy conservadora, cuidadosa y ordenada, a pesar de no tener un software especial para el control de datos ellos no tienen problema con esto, ya que son muy cuidadosos al momento de registrarlos.

En la actualidad su proceso de producción se realiza mediante un análisis de la MP a requerirse para la elaboración de cierta cantidad de producto final, basándose en datos históricos de meses anteriores, con la finalidad de mantener un margen de producción adecuado, pero este proceso que ellos mantienen no es de gran beneficio para la empresa puesto que les genera problemas al momento de reabastecerse de MP, ya que la información que ellos poseen en sus archivos, no les garantiza que esa es la manera adecuada de realizar la orden de compra de MP, debido a que siempre va a existir una variación en su demanda independiente. Por ello la empresa se ve en la necesidad de buscar alternativas de solución para la problemática que se presenta en el área de producción.

4.2.1 Plan Maestro de Producción

La empresa de estudio maneja su plan de producción en base a demandas recurrentes de años anteriores. En la siguiente tabla se muestra su MPS para los meses de estudio que son: Febrero, Marzo, Abril y Mayo, considerados de mayor producción durante el año, debido a que estos meses son temporada alta de producción de la fruta (banano).

MPS de una empresa que elabora empaques de cartón		
Meses	Láminas de Cartón	Total días Laborados
Febrero	3.960.601	20
Marzo	4.853.221	20
Abril	3.984.055	20
Mayo	4.089.312	20
Total de productos	16.887.189 Láminas	

Tabla 4.1: Resumen de un MPS para Cuatro Meses³

Días Laborados	Producción de "Láminas"			
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Día 1	193.277	194.129	196.016	191.789
Día 2	196.446	242.176	197.609	172.160
Día 3	198.426	243.146	197.211	204.875
Día 4	192.485	235.867	199.203	198.332
Día 5	200.010	245.088	220.717	226.548
Día 6	237.636	290.223	194.422	202.421
Día 7	204.763	250.912	199.203	211.417
Día 8	196.050	240.234	200.796	202.421
Día 9	189.713	232.469	190.836	245.359
Día 10	200.010	245.088	201.195	203.239
Día 11	196.050	240.234	197.211	202.421
Día 12	199.614	236.837	199.601	199.149
Día 13	198.030	242.661	199.203	199.967
Día 14	185.752	249.941	187.251	201.194
Día 15	193.277	236.837	199.203	202.012
Día 16	199.218	244.117	200.398	200.376
Día 17	192.881	239.749	194.023	199.149
Día 18	197.238	241.690	198.406	203.648
Día 19	197.634	242.176	198.804	204.057
Día 20	192.089	235.381	193.227	198.332
Total Producción	3.960.601	4.853.221	3.984.055	4.089.312

Tabla 4.2: MPS de Cuatro Meses del año 2012³

4.2.2 Estado de Inventario

El estado de inventario de materia prima se refleja en las siguientes tablas, cabe recalcar que la empresa es muy responsable con el manejo de inventario, debido a que la cantidad de MP que mantienen en existencia física, es un valor que se ve reflejado en su base de datos.

Cajas	Inventario Inicial 01 "Láminas"	Inventario Final 30 "Láminas"
Febrero	225.312	228.935
Marzo	228.935	200.232
Abril	200.232	208.965
Mayo	208.965	190.268

Tabla 4.3: Inventario de Cajas³

Tinta	Inventario Inicial 01 "Kilos"	Inventario Final 30 "Kilos"
Febrero	5.000	9.000
Marzo	9.000	6.100
Abril	6.100	4.250
Mayo	4.250	9.530

Tabla 4.4: Inventario de Tinta³

Piola	Inventario Inicial 01 "Kilos"	Inventario Final 30 "Kilos"
Febrero	110	125
Marzo	125	135
Abril	135	110
Mayo	110	135

Tabla 4.5: Inventario de Piola³

Adhesivos	Inventario Inicial 01 "Kilos"	Inventario Final 30 "Kilos"
Febrero	2.250	2.469
Marzo	2.469	3.000
Abril	3.000	1.580
Mayo	1.580	8.126

Tabla 4.6: Inventario de Adhesivos³

	PAPEL	Inventario inicial 01- Febrero “kilos”	Inventario final 30- Febrero “kilos”
Nacional	KLI-186	245.000	325.000
	KLI-205	10.500	13.500
	CM-147D155	115.000	125.000
	CM-155D165	85.000	158.000
	CM-140	35.000	35.000
	BP-250	40.125	50.125
	CM-WS-155	225.210	350.000
	CM-WS-165	242.000	270.450
Internacional	LB-175-I	410.000	550.283
	KL-170-I	638.000	787.300
	KL-175-I	950.500	1.250.000
	KL-205-I	715.000	700.600
	KL-220-I	605.500	620.730
	KL-250-I	522.000	558.316

Tabla 4.7: Inventario de Papel Mes de Febrero del año 2012³

	PAPEL	Inventario inicial 01- Marzo “Kilos”	Inventario final 30- Marzo “Kilos”
Nacional	KLI-186	325.000	250.000
	KLI-205	13.500	19.500
	CM-147D155	125.000	115.000
	CM-155D165	158.000	80.000
	CM-140	35.000	45.000
	BP-250	50.125	45.000
	CM-WS-155	350.000	200.000
	CM-WS-165	270.450	290.470
Internacional	LB-175-I	550.283	450.000
	KL-170-I	787.300	571.727
	KL-175-I	1.250.000	1.200.000
	KL-205-I	700.600	612.612
	KL-220-I	620.730	500.000
	KL-250-I	558.316	450.000

Tabla 4.8: Inventario de Papel Mes de Marzo del año 2012³

	PAPEL	Inventario inicial 01- Abril "Kilos"	Inventario final 30- Abril "Kilos"
Nacional	CM140	45.000	45.840
	KLI186	250.000	225.000
	KLI205	19.500	10.500
	CM-155D165	80.000	90.220
	CM-147D155	115.000	115.054
	BP-250	45.000	42.121
	CM-WS-155	200.000	225.650
	CM-WS-165	290.470	240.000
Internacional	LB-175-I	450.000	400.000
	KL-170-I	571.727	571.727
	KL-175-I	1.200.000	983.522
	KL-205-I	612.612	612.612
	KL-220-I	500.000	598.320
	KL-250-I	450.000	425.056

Tabla 4.9: Inventario de Papel Mes de Abril del año 2012³

	PAPEL	Inventario inicial 01- Mayo "Kilos"	Inventario final 30- Mayo "Kilos"
Nacional	CM140	45.840	43.340
	KLI186	225.000	200.000
	KLI205	10.500	11.250
	CM-155D165	90.220	75.860
	CM-147D155	115.054	135.220
	BP-250	42.121	48.000
	CM-WS-155	225.650	198.300
	CM-WS-165	240.000	100.250
Internacional	LB-175-I	400.000	350.000
	KL-170-I	571.727	585.000
	KL-175-I	983.522	102.000
	KL-205-I	612.612	625.300
	KL-220-I	598.320	575.600
	KL-250-I	425.056	450.256

Tabla 4.10: Inventario de Papel Mes de Mayo del año 2012³

		Almidón	Soda	Borax	Harlobond	Hidratye 599	Hidratye 401	Penetrante XM5	Parafina	Coragum - R55
Inventario Inicial 01	Febrero	9.505,00	226,72	165,30	1.156,68	325,50	400,20	157,37	5.500,00	150,25
	Marzo	11.065,00	235,32	166,00	1.179,36	258,60	526,80	116,20	7.140,00	175,00
	Abril	9.700,00	223,00	141,55	1.111,32	226,80	396,80	100,00	6.260,00	175,00
	Mayo	7.505,00	289,54	147,45	1.111,32	226,80	400,40	121,61	6.455,00	454,54
Inventario Final 30	Febrero	11.065,00	235,32	166,00	1.179,36	258,60	526,80	116,20	7.140,00	175,00
	Marzo	9.700,00	223,00	141,55	1.111,32	226,80	396,80	100,00	6.260,00	454,54
	Abril	7.505,00	289,54	147,45	1.111,32	226,80	400,40	121,61	6.455,00	154,54
	Mayo	9.996,00	239,63	179,10	111,32	226,80	905,50	174,76	8.080,00	454,54

Tabla 4.11: Inventario de Gomas del año 2012³

4.2.3 Lista de Materiales

La lista de materiales al igual que el inventario es manejado en Microsoft Excel, en forma de tablas, pero para este estudio se elaborará el BOM en forma de árbol, con el objetivo de poder visualizar de una mejor manera cada uno de los componentes que se necesita para elaborar un empaque de cartón corrugado.

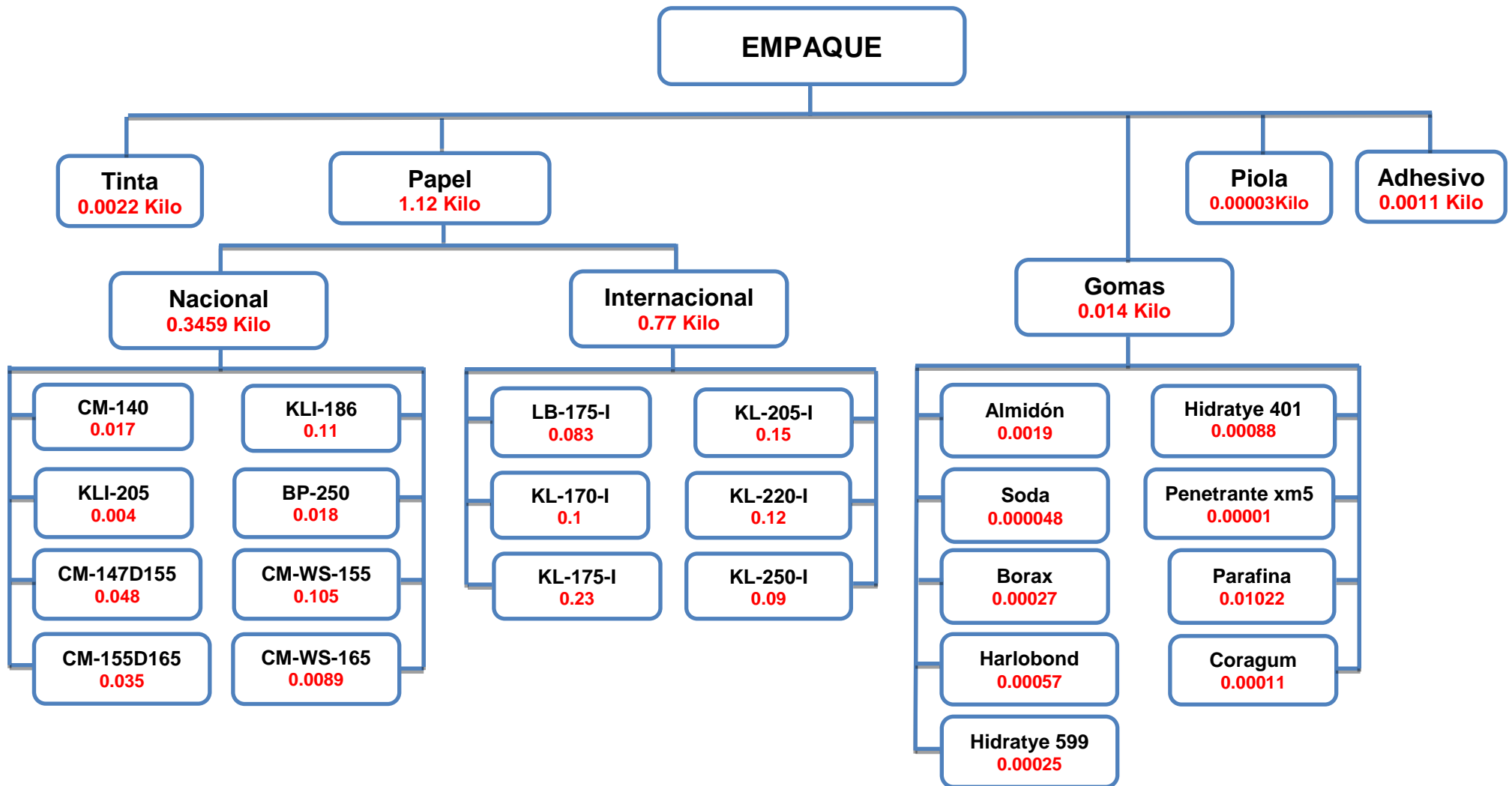


Figura 4.1: BOM para Elaborar Empaques de Cartón³

4.2.4 Lead Time

La empresa de estudio maneja el LT de los ítems de la materia prima, dependiendo del tiempo que cada uno de sus proveedores, establezcan para poder cumplir con la entrega de cada uno de los SKU's, esto es de suma importancia para planificar el tiempo de reabastecimiento.

		Lead time "Días"			
		Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Papel Nacional	cajas	1	1	1	1
	CM140	7	7	7	7
	KLI186	7	7	7	7
	KLI205	7	7	7	7
	BP250	7	7	7	7
	CM147D	7	7	7	7
	CMWS165	7	7	7	7
	CMWS155	7	7	7	7
	CM155D	7	7	7	7
Papel Internacional	LB175I	90	90	90	90
	KL205I	90	90	90	90
	KL175I	90	90	90	90
	KL170I	90	90	90	90
	KL250I	90	90	90	90
	KL220I	90	90	90	90
Gomas	Almidón	3	3	3	3
	Soda	1	1	1	1
	Borax	1	1	1	1
	Harlobond	3	3	3	3
	Hidratye599	3	3	3	3
	Hidratye401	1	1	1	1
	penetrante	1	1	1	1
	parafina	1	1	1	1
	Coragum-R55	3	3	3	3
	Adhesivos	3	3	3	3
Tinta	3	3	3	3	
Piola	3	3	3	3	

Tabla 4.12: Lead Time del año 2012³

4.2.5 Tamaño de Lote

La empresa maneja su tamaño de lote dependiendo de la capacidad en promedio que tiene la planta para producir empaques de cartón corrugado, y lo que respecta con los ítems de la materia prima es lo que la empresa de estudio solicita a sus proveedores para poder elaborar su producto.

		Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Papel Nacional "Kilos"	Cajas "Láminas"	250.000	250.000	250.000	250.000
	CM140	55.000	55.000	55.000	55.000
	KLI186	275.000	355.000	275.000	275.000
	KLI205	15.200	15.200	20.000	15.200
	BP250	50.000	55.000	50.000	50.000
	CM147D	125.000	135.000	125.000	125.000
	CMWS165	300.000	300.000	300.000	100.000
	CMWS155	250.000	450.000	250.000	250.000
	CM155D	100.000	110.000	100.000	100.000
Papel Internacional "Kilos"	LB175I	440.000	575.000	500.000	440.000
	KL205I	800.000	800.000	750.000	800.000
	KL175I	1.000.000	1.300.000	1.300.000	1.000.000
	KL170I	650.000	800.000	650.000	650.000
	KL250I	550.000	650.000	550.000	550.000
	KL220I	625.000	625.000	625.000	625.000
Gamas "Gramos"	Almidón	10.200	11.500	10.200	10.200
	Soda	400	400	400	400
	Borax	175	175	175	175
	Harlobond	1.500	1.500	1.500	1.500
	Hidratye599	400	400	400	400
	Hidratye401	450	535	450	450
	penetrante	200	200	200	200
	parafina	6.500	7.500	6.500	6.500
	Coragum-R55	225	225	225	225
	Adhesivos "Kilos"	3.500	3.500	3.500	2.500
Tinta "Kilos"	6.500	6.500	6.500	5.900	
Piola "Kilos"	150	150	150	150	

Tabla 4.13: Tamaño del Lote del año 2012³

4.3 Resolviendo el MRP

Como se mencionó antes se va a utilizar el software Gams, este programa matemático nos ayudará a obtener resultados confiables e importantes para la empresa de estudio, con la finalidad de saber: cantidad y momento adecuado de realizar el pedido de cada uno de los SKU's, para que este a su vez pase por el proceso de producción, con el propósito de tener un producto terminado en buen estado. Cabe recalcar que también se realizará un análisis al MRP para cada uno de los meses antes mencionados, con el objetivo de mantener un control de MP para realizar la producción de empaque de cartón corrugado.

Capítulo 5

Resultados Obtenidos

5.1 Introducción

Aplicando el modelo matemático del MRP descrito en el capítulo dos con el software Gams se pudieron obtener los siguientes resultados, los cuales serán de gran ayuda para poder tener un mayor orden y control dentro de la empresa de estudio.

En este capítulo también se podrá ver un análisis del nivel de inventario final que se pudo obtener aplicando el modelo matemático, y este resultado se lo relacionara con el nivel de inventario que actualmente la empresa maneja, con el objetivo de demostrar que al aplicar un modelo MRP se puede tener muchos beneficios, entre ellos el de reducción de inventario en cada periodo, en este caso los meses de febrero, marzo, abril y mayo.

		Cantidad a pedir de cada uno de Sku's y los respectivos días Gams Febero																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Papel Nacional "Kilos"	Cajas (Láminas)	255.322	300.000		250.000	250.000	250.000	278.172		250.000	250.000	293.704		250.000	250.000	271.128		250.000	250.000	269.122	
	CM140			55.000,00																	
	KLI186				275.000,00																
	KLI205						15.200,00														
	BP250				50.000,00																
	CM147D						125.000,00														
	CMWS165																				
	CMWS155				250.000,00																
	CM155D						100.000,00														
Papel Internacional "Kilos"	LB175I																				
	KL205I																				
	KL175I																				
	KL170I																				
	KL250I																				
	KL220I																				
Gomas "Kilos"	Almidon																				
	Soda	400,00					514,34						490,14					400,00			
	Borax		187,12			175,00			181,91				208,20				183,68				
	Harlobond							1.500,00													
	Hidratye599			400,00									400,00								
	Hidratye401	450,00			543,27				450,00		450,00		477,05				450,00	450,00			
	Penetrante																				
	Parafina	6.500,00				6.500,00				6.500,00			6.500,00				7.674,48				6.500,00
	Surebond																				
	Coragum-R55				294,36																
	Adhesivos (Kilos)								3.500,00												
	Tinta (Kilos)									6.500,00											
	Piola (Kilos)																	150,00			

Tabla 5.1: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Febrero

		Cantidad a pedir de cada uno de Sku's y los respectivos días Gams Marzo																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Papel Nacional "Kilos"	Cajas (Láminas)	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	267.468	300.000	300.000	300.000		250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	
	CM140	55.000,00																			
	KLI186						275.000,00														
	KLI205							15.200,00													
	BP250					50.000,00															
	CM147D			125.000,00																	
	CMWS165						300.000,00														
	CMWS155							250.000,00													
	CM155D					100.000,00															
Papel Intermacional "Kilos"	LB175I																				
	KL205I																				
	KL175I																				
	KL170I																				
	KL250I																				
	KL220I																				
Gomas "Kilos"	Almidon																				
	Soda	400,00				400,00			400,00				445,06				400,00				
	Borax	175,00			217,22			175,00			189,50			175,00		175,00					
	Harlobond						1.500,00														
	Hidratye599		470,77								446,67										
	Hidratye401		450,00		450,00		450,00		470,57			450,00		450,00		450,00		450,00		450,00	
	Penetrante																				
	Parafina		6.500,00			7.034,68			6.500,00			7.000,00			6.500,00		6.500,00				
	Surebond														110,00						
	Coragum-R55														225,00						
	Adhesivos (Kilos)						3.500,00														
	Tinta (Kilos)														6.500,00						
	Piola (Kilos)														150,00						

Tabla 5.2: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Marzo

		Cantidad a pedir de cada uno de Sku's y los respectivos días Gams Abril																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Papel Nacional "Kilos"	Cajas (Láminas)	282.104		250.000	263.545	300.000		292.827	300.000		250.000	250.000	283.266		250.000	250.000	292.030		250.000	276.127	
	CM140							55.000													
	KLI186					275.000															
	KLI205																				
	BP250					50.000															
	CM147D					125.000															
	CMWS165																				
	CMWS155			250.000																	
	CM155D					100.000															
Papel Intemacional "Kilos"	LB175I																				
	KL205I																				
	KL175I																				
	KL170I																				
	KL250I																				
	KL220I																				
Gomas "Kilos"	Almidon																				
	Soda		451,47					400,00			400,00				411,19						
	Borax	175,00				175,00			179,32				213,85				175,29				
	Harlobond							1.500													
	Hidratye599		400,00								400,00										
	Hidratye401		576,37				521,69		450,00		459,27			476,99			462,99			450,00	
	Penetrante																				
	Parafina			6.500,00			6.754,76				6.500,00			6.752,96				6.500,00			
	Surebond																				
	Coragum-R55					251,97															
	Adhesivos (Kilos)											3.500,00									
	Tinta (Kilos)											6.500,00									
	Piola (Kilos)																				

Tabla 5.3: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Abril

		Cantidad a pedir de cada uno de Sku's y los respectivos días Gams Mayo																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Papel Nacional "Kilos"	Cajas (Láminas)	250.000	260.998	300.000		300.000	300.000		250.168	300.000	300.000		250.000	260.403	300.000		300.000	300.000		250.000	
	CM140						55.000,00														
	KL1186			275.000,00																	
	KL1205						15.200,00														
	BP250					50.000,00															
	CM147D					125.000,00															
	CMWS165																				
	CMWS155			250.000,00																	
	CM155D						100.000,00														
Papel Intermacional "Kilos"	LB175I																				
	KL205I																				
	KL175I																				
	KL170I																				
	KL250I																				
	KL220I																				
Gomas "Kilos"	Almidon																10.200,00				
	Soda		400,00					403,82				400,00				405,08					
	Borax	237,02					229,55				218,81				235,21						
	Harlobond						1.500,00														
	Hidratye599		408,99								400,00										
	Hidratye401	450,00			450,00			450,00	468,43				493,15			528,00			450,00		
	Penetrante																				
	Parafina		7.784,98						8.501,68				8.104,03			8.700,92	8.700,92				
	Coragum-R55			281,33																	
	Adhesivos (Kilos)			2.783,73																	
Tinta (Kilos)						5.900,00															
Piola (Kilos)															150,00						

Tabla 5.4: Resultado en Gams de Producción y Reabastecimiento Mayo

Inventario final de cada uno de los items Gams				
Febrero				
	Solución	Situación actual	% Disminución	
Papel Nacional "Kilos"	Cajas (Láminas)	184.216,67	228.935,00	0,20
	CM140	23.368,44	35.000,00	0,33
	KLI186	88.854,60	325.000,00	0,73
	KLI205	10.021,99	13.500,00	0,26
	BP250	19.573,93	50.125,00	0,61
	CM147D	51.863,82	125.000,00	0,59
	CMWS165	207.116,42	270.450,00	0,23
	CMWS155	63.662,11	350.000,00	0,82
	CM155D	47.817,37	158.000,00	0,70
Gomas "Kilos"	Almidón	2.057,94	11.065,00	0,81
	Soda	204,51	235,32	0,13
	Borax	175,00	166,00	-0,05
	Harlobond	422,56	1.179,36	0,64
	Hidratye599	145,62	258,60	0,44
	Hidratye401	450,00	526,80	0,15
	Penetrante	118,11	116,20	-0,02
	Parafina	6.500,00	7.140,00	0,09
	Coragum-R55	225,00	175,00	-0,29
	Adhesivos (Kilos)	1.438,55	2.469,00	0,42
Tinta (Kilos)	2.877,09	9.000,00	0,68	
Piola (Kilos)	142,41	125,00	-0,14	
	Promedio		35%	

Tabla 5.5: Nivel de Inventario final del Mes de Febrero

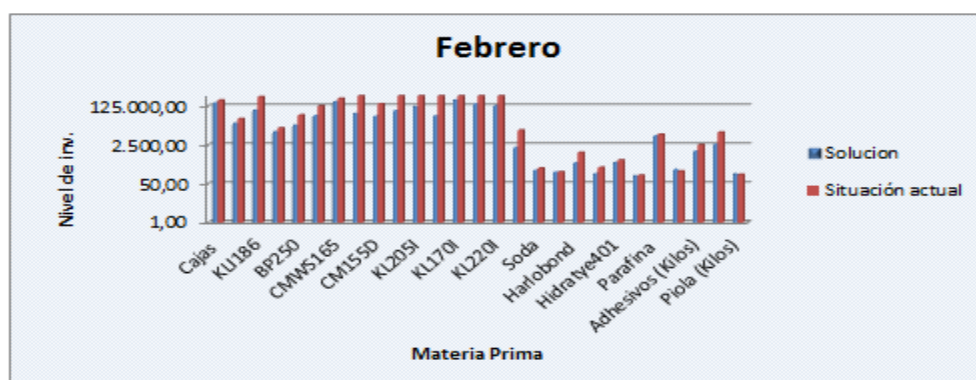


Figura 5.1: Gráfica solución vs situación actual mes de Febrero

Inventario final de cada uno de los items Gams				
Marzo				
	Solución	Situación actual	% Disminución	
Papel Nacional "Kilos"	Cajas (Láminas)	70.051,07	200.232,00	0,65
	CM140	10.608,79	45.000,00	0,76
	KLI186	86.292,18	250.000,00	0,65
	KLI205	10.019,72	19.500,00	0,49
	BP250	16.063,72	45.000,00	0,64
	CM147D	25.836,59	115.000,00	0,78
	CMWS165	228.886,36	290.470,00	0,21
	CMWS155	109.642,54	200.000,00	0,45
	CM155D	94.547,51	80.000,00	-0,18
	Gomas "Kilos"	Almidón	2.191,87	9.700,00
Soda		155,23	223,00	0,30
Borax		175,00	141,55	-0,24
Harlobond		94,63	1.111,32	0,91
Hidratye599		400,00	226,80	-0,76
Hidratye401		251,25	396,80	0,37
Penetrante		69,50	100,00	0,31
Parafina		3.900,58	6.260,00	0,38
Coragum-R55		165,83	454,54	0,64
Adhesivos (Kilos)		831,92	3.000,00	0,72
Tinta (Kilos)	5.225,84	6.100,00	0,14	
Piola (Kilos)	134,90	135,00	0,00	
	Promedio		38%	

Tabla 5.6: Nivel de Inventario final del Mes de Marzo

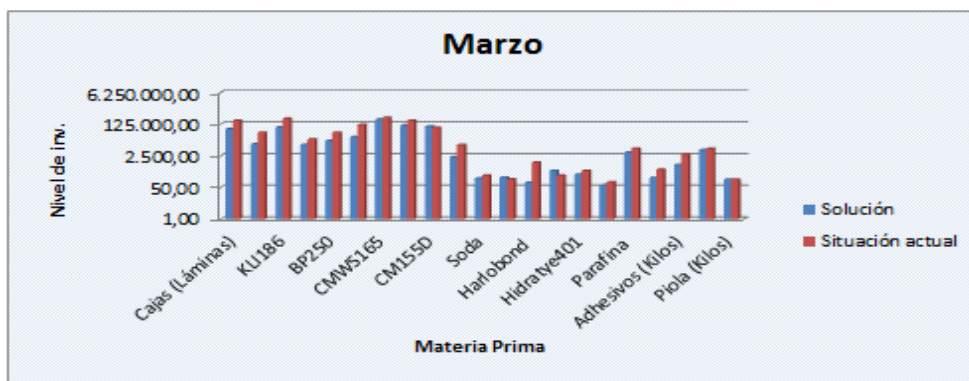


Figura 5.2: Gráfica solución vs situación actual mes de Marzo

Inventario final de cada uno de los items Gams			
Abril			
	Solución	Situación actual	% Disminución
Papel Nacional "Kilos"			
Cajas (Láminas)	156.845,96	208.965,00	0,25
CM140	33.340,47	45.840,00	0,27
KLI186	93.673,61	225.000,00	0,58
KLI205	3.815,40	10.500,00	0,64
BP250	24.419,32	42.121,00	0,42
CM147D	51.784,85	115.054,00	0,55
CMWS165	255.571,77	240.000,00	-0,06
CMWS155	38.279,36	225.650,00	0,83
CM155D	42.759,79	90.220,00	0,53
Gomas "Kilos"			
Almidón	2.249,82	7.505,00	0,70
Soda	400,00	289,54	-0,38
Borax	58,61	147,45	0,60
Harlobond	376,27	1.111,32	0,66
Hidratye599	48,09	226,80	0,79
Hidratye401	450,00	400,40	-0,12
Penetrante	60,79	121,61	0,50
Parafina	2.226,39	6.455,00	0,66
Coragum-R55	225,00	154,54	-0,46
Adhesivos (Kilos)	2.186,74	1.580,00	-0,38
Tinta (Kilos)	3.973,47	4.250,00	0,07
Piola (Kilos)	17,37	110,00	0,84
	Promedio		36%

Tabla 5.7: Nivel de Inventario final del Mes de Abril

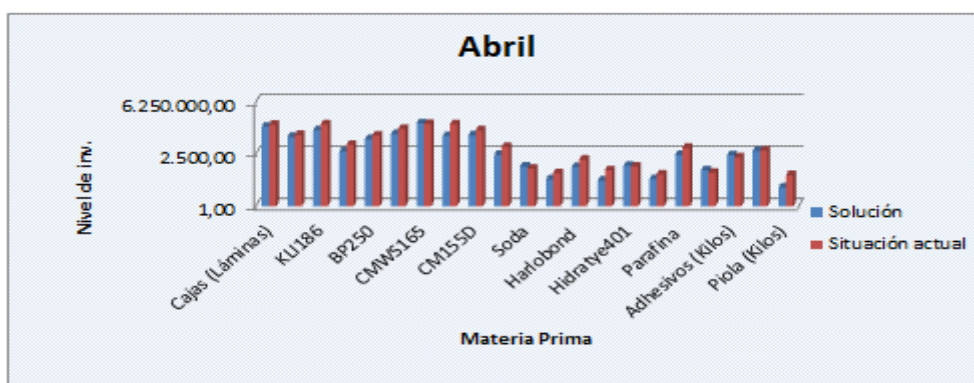


Figura 5.3: Gráfica solución vs situación actual mes de Abril

Inventario final de cada uno de los items Gams				
Mayo				
	Solución	Situación actual	% Disminución	
Papel Nacional "Kilos"	Cajas (Láminas)	115.280,25	190.268,00	0,39
	CM140	33.261,91	43.340,00	0,23
	KLI186	62.730,06	200.000,00	0,69
	KLI205	9.799,27	11.250,00	0,13
	BP250	20.567,73	48.000,00	0,57
	CM147D	49.245,30	135.220,00	0,64
	CMWS165	104.620,88	100.250,00	-0,04
	CMWS155	58.255,96	198.300,00	0,71
	CM155D	51.088,65	75.860,00	0,33
	Gomas "Kilos"	Almidón	10.152,16	9.996,00
Soda		200,04	290,63	0,31
Borax		210,23	179,10	-0,17
Harlobond		345,46	405,32	0,15
Hidratye599		94,79	456,80	0,79
Hidratye401		450,00	905,50	0,50
Penetrante		81,86	174,76	0,53
Parafina		7.823,30	8.080,00	0,03
Coragum-R55		225,00	454,54	0,50
Adhesivos (Kilos)		2.550,00	8.126,00	0,69
Tinta (Kilos)	1.404,60	9.530,00	0,85	
Piola (Kilos)	140,74	135,00	-0,04	
	Promedio		37%	

Tabla 5.8: Nivel de Inventario final del Mes de Mayo

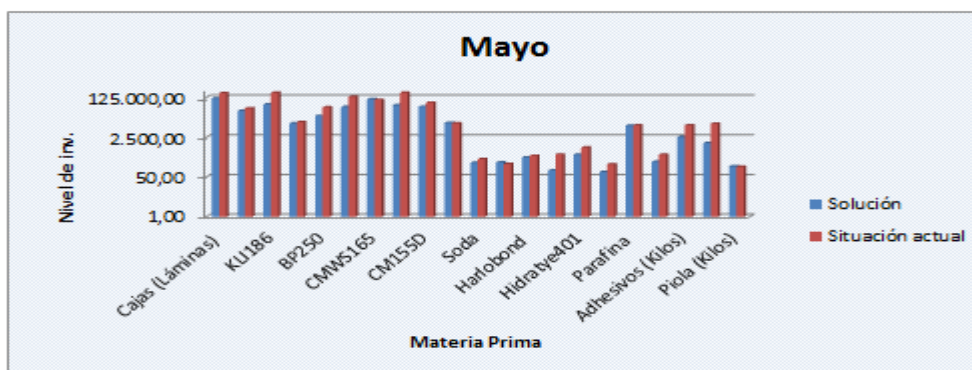


Figura 5.4: Gráfica solución vs situación actual mes de Mayo

5.2 Análisis de los Resultados.

En las tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 anteriores se pueden observar los resultados luego de aplicar el modelo matemático del MRP en Gams. Si la empresa de estudio maneja este modelo, podrá tener más orden y control en su producción.

Aplicando este modelo podrá saber qué días con exactitud se podrán hacer las órdenes de compra y las cantidades respectivas de pedido, y sobre todo los días que se tiene para la producción, cabe resaltar que la empresa de estudio en estos meses de análisis producen todos los días, debido a que son los meses de más alta producción, ya que es temporada alta de cosecha de banano, mientras que los fines de semanas (sábados y domingos) lo utilizan para poder dar un mantenimiento adecuado de las máquinas que se utilizan para realizar el empaque de cartón corrugado.

Realizando el análisis a los datos obtenidos de la empresa se puede observar:

- ✓ En los meses de Febrero, Abril y Mayo se producirá los días especificados en cada una de las tablas respectivas, pero como se puede observar hay días que no se produce, esto debido a que con lo que se produce más lo que se tiene en inventario puede cubrir la demanda, y esto es de gran ayuda, porque ya no se tendrá que utilizar los fines de semanas para el mantenimiento de la máquina, sino los días que no se producen, pero esto se lograra como se puede ver en las tablas trabando las maquinas Full Time, es decir,

fabricando ciertos días la capacidad máxima de producción que es de trescientas mil láminas de cartón corrugado.

- ✓ En el mes de Marzo cambian los días de producción, debido a que es el mes de mayor demanda de empaques de cartón, lo cual empuja a que en este mes la empresa produzca más días, y solo le quede libre dos días, los cuales serán utilizados para el mantenimiento, pero éstos no serán suficientes para poder hacer un buen mantenimiento, lo cual implica que en este mes específico, si se usaran algunos fines de semana para realizar mantenimientos. Al igual que en los meses anteriores habrá días que las máquinas deberán trabajar a Full Time, para cubrir las demandas respectivas.

Con estos resultados obtenidos proporcionados por GAMS se puede observar con claridad los días exactos que ellos tienen que hacer su pedido para poder cubrir con sus demandas dependientes e independientes en cada uno de los meses de estudio respetando su LT para la producción.

De esta manera la empresa mantendrá un orden al momento de la producción de empaques de cartón corrugado. Es importante mencionar que estos resultados son de gran beneficio para la empresa de estudio, debido a que normalmente el proceso de producción se manejaba por simple inspección, es decir, basando en lo que probablemente podría faltar de MP para hacer el pedido y esto ocasionaba que en ciertos momentos se tenga un exceso o déficit de MP.

En las tablas 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, anteriores se puede ver el nivel de inventario que queda al final de cada mes analizado, en una columna están los valores del inventario que se obtuvieron mediante un modelo matemático en el software Gams, y en la otra columna están los valores que la empresa maneja actualmente, es evidente ver como disminuye notablemente los niveles de inventario, esto se lograra si se hace un correcto pedido, es decir, pedir la cantidad necesaria y suficiente para poder cubrir la demanda dependiente e independiente, cabe recalcar que en los resultados obtenidos, se respetó una cantidad de stock de seguridad, esto con el objetivo de que la empresa de estudio siempre mantenga un inventario para poder cubrir los siguientes meses de estudio, ya que ninguna empresa puede tener un inventario final de cero, cabe aclarar que en ciertos ítems no se ha disminuido el inventario final, si no que se lo ha aumentado, esto ocurre por el tamaño de lote que se pide, ya que para realizar este proyecto se trabajó con lotes promedios, debido a que la empresa no tiene una cantidad fija de pedido de cada uno de los ítems.

Es necesario mencionar que se ha hecho el análisis solo para ítems nacionales, no ítems internacional, debido a que la empresa de estudio maneja una política de reabastecimiento directa con sus proveedores internacionales, y la empresa no desea cambiar esta política, a pesar de que tengan demasiado inventario, pero ellos creen que es mejor tener mucho a que en algún momento por problemas aduaneros se queden sin stock suficiente para cubrir la demanda.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Introducción

Dentro de cualquier empresa que se dedique a la fabricación de cierto producto es necesario tener un plan de requerimientos de materiales, debido a que éste ayudara a tener un orden y control de cada materia prima, elaboración de su producto y además podrá ayudar a tener un control en el inventario,

En el presente capítulo se detallarán las conclusiones que se han podido obtener luego del análisis del modelo matemático del MRP, así como también se darán ciertas recomendaciones que se puede usar no solo para la empresa de estudio, sino para cualquier empresa que se dedique a la producción y que tenga problemas similares a la empresa que se está analizando.

6.2 Conclusiones

En este proyecto se aplicó un modelo matemático para resolver la problemática de la empresa que eran los altos niveles de inventario y la realización de los pedidos en forma desordenada. Basándose en los resultados obtenidos, se puede observar que sí se puede mejorar esta problemática y se tiene las siguientes conclusiones:

- ✓ Por medio del modelo se puede constatar que sí se puede lograr bajar los niveles de inventario de la empresa, debido a que ya solo se pedirá cuando se necesite, no basándose en lo que probablemente faltará, y esto traerá como consecuencia que se reduzcan costos de almacenamiento, y haya una mayor rotación de cada una de la materia prima.
- ✓ El modelo MRP ayuda notablemente a disminuir el nivel de inventario final de cada mes analizado, en promedio de los cuatro meses el nivel de inventario disminuye en un 36%.
- ✓ El MRP aplicado en un software matemático GAMS es eficaz porque determina los días exactos que se tienen que hacer pedido para poder cubrir con las demanda y respetando el LT.
- ✓ Al tener un orden al momento de comprar la MP o producirla, facilitará a la empresa a tener un mayor control en los diferentes departamentos, es decir, se podrán planificar presupuestos de compra, cantidad de personal, que se requiere para la producción.

6.3 Recomendaciones

- ✓ Utilizar el MRP, que se ha diseñado en este proyecto para que este a su vez les facilite la información necesaria que se requiere de materia prima para la producción.
- ✓ Utilizar un software especializado para la creación de base de datos con la finalidad que puedan mantener los datos de manera confiable, segura y ordenada para que puedan tener un mejor control sobre el registro de su producto final y materia prima, de esta manera obtendrán una buena planificación, control y coordinación de la misma.
- ✓ Utilizar en forma sistemática el MRP para que las áreas de trabajo de la empresa se integren, mediante reuniones periódicas con el personal encargado de las áreas de producción y compras, con la finalidad de tener una buena comunicación entre los empleados, para así poder tener un proceso de producción eficiente. También aplicarlo a los diferentes sectores que la empresa posee.



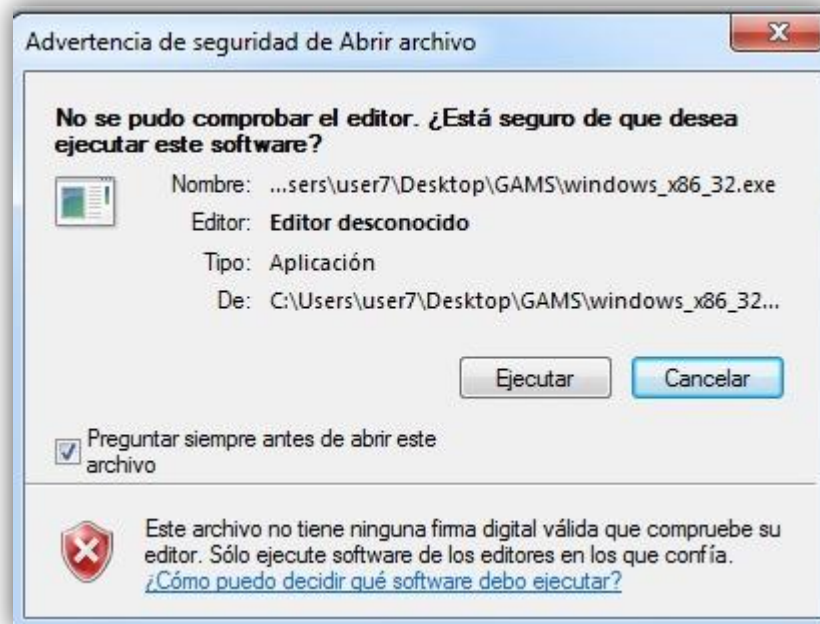
Instalación del GAMS

Gams está diseñado específicamente para problemas de optimización lineal, no lineal o enteros mixtos. Se lo puede instalar en diferentes computadoras la versión actual (23.9.1) se lo puede instalar en Windows para plataformas de Windows Intel (95/98/ME/XP y W7).

La versión que se obtiene es gratuita para estudiantes, en caso que se requiera de modelos de mayor tamaño, es decir, que exceda su número de filas (300), columnas (300), elemento no lineales (1000) y variables discreta (50) se procederá adquirir la licencia correspondiente.

En el CD se puede encontrar el programa de instalación GAMS

- ✓ Se procede a dar clic y aparece la pantalla con lo siguiente:



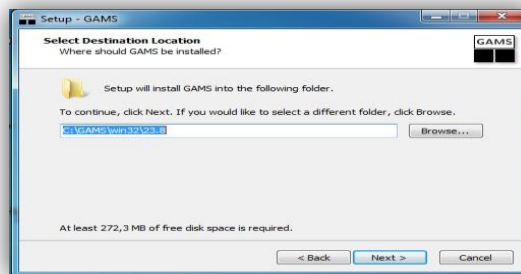
A.1: Paso 1 ejecución del programa

Se procede a dar click en ejecutar.



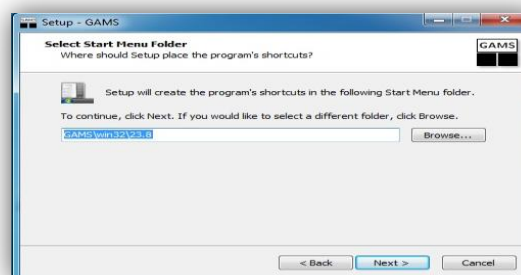
A.2: Paso 2 click en next para instalar

A continuación pregunta si se desea instalar GAMS y se da click en next (siguiente).



A.3: Paso 3 ubicación de la carpeta del programa

Esta ventana indica que GAMS se instalara en la carpeta correspondiente, o el usuario puede seleccionar la carpeta de ubicación y se da click en next (siguiente)



A.4: Paso 4 sistema hace la creación de la carpeta en el menú

El sistema creará el programa en la carpeta en el menú principal, o el usuario puede seleccionar una carpeta diferente y se da click en next (siguiente)



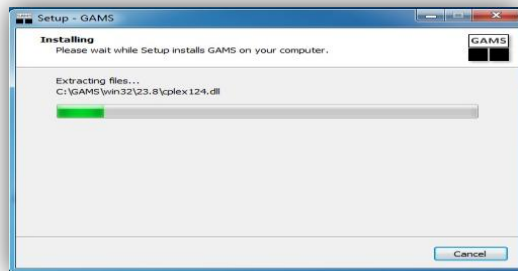
A.5: Paso 5 se selecciona las opciones a instalar

Se hace la selección de las opciones a instalar y se da click en next (siguiente).



A.6: Paso 6 comienza la instalación del programa

Se da click en install (instalar) para que comience la instalación del software.



A.7: Paso 7 instalación del programa

Se puede observar cómo se inició la instalación del programa.



A.8: Paso 8 se finaliza la instalación

El sistema ha terminado la instalación de gams sobre el ordenador y en caso de que tenga la licencia se procede a colocar y se da click en finish (terminar)



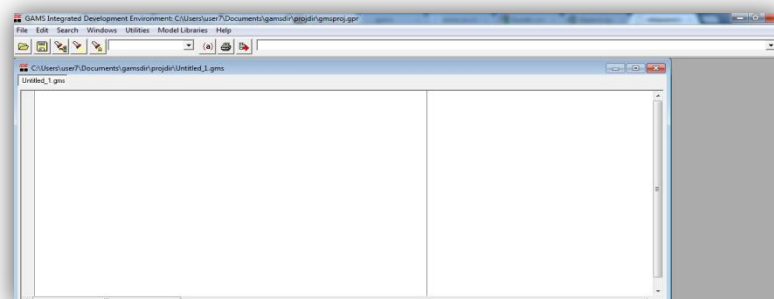
A.9: Paso 9 página principal de GAMS

Se puede observar la portada del programa



A.10: Paso 10 como obtener una hoja de trabajo

Eliendo la opción File – New, se obtendrá una pantalla



A.11: Paso 11 se observa la hoja de trabajo

Una vez dado click en new, se podrá observar la hoja de trabajo en GAMS.

Estructura de un modelo GAMS

A continuación se va a colocar un modelo matemático que se resolverá en gams, esto con el objetivo de especificar los comandos necesarios para poder modelar en este programa

```
$Ontext
Problema de Transporte
$Offtext
Option Limcol=0, Limrow=0;
Option Solprint=off;
Set
i Depósitos de los productos /Guayaquil,Quito,Cuenca/
j Clientes /Cliente1, Cliente2, Cliente3,Cliente4/
Table C(i,j) Costos que se incurre al hacer la Transportación
      Cliente1  Cliente2  Cliente3  Cliente4
Guayaquil    4         8         5         3
Quito         3         3         2         4
Cuenca        2         4         3         3;
Parameters
Capacidad (i) Capacidad del depósito i
/Guayaquil  500
 Quito     200
 Cuenca    200/
Demanda (j) Demanda del cliente j
/Cliente1  400
 Cliente2  300
 Cliente3  200
 Cliente4  250/;
Variables
Z          Costo Total de realizar la Transportación
X(i,j)     Cantidades a Transportar desde el deposito i al cliente j
Positive Variable X;
Equations
Costos      Función Objetivo
Oferta(i)   Capacidad del depósito i
Dem(j)      Demanda del cliente j;
Costos..    Z=E=Sum[(i,j),C(i,j)*X(i,j)];
Oferta(i).. sum[(j),x(i,j)]=e=capacidad(i);
Dem(j)..    sum[(i),x(i,j)]=l=demanda(j);
Model       Transporte/All/;
Solve       Transporte using LP minimizing Z
Display X.l,Z.l
```

A.12: Ejemplo sobre problema de transporte

Declaraciones en GAMS

- ✓ **Set.**-Sirve para declarar un conjunto de índices, los cuales ayudan a especificar la el nombre de los productos o elementos que se va a analizar, y estos formarán parte de las variables de decisión y de otros comandos.
- ✓ **Parameters.**- Sirve para declarar vectores que dependen de un solo índice, en este comando se pondrá los datos de entrada del modelo matemático, pero que sea un vector.
- ✓ **Table.**- Sirve para declarar tablas o matrices que dependen de dos o más índices, para cada matriz declarada hay que usar la sentencia Table, en este comando se pondrá los datos que tienen doble entrada.
- ✓ **Variables.** - Sirve para declarar las variables de decisión del modelo, es decir, en esta parte se pondrá las variables a analizar, aquí se debe usar otras letras que no estén usadas en el set, parameter, table, ya que GAMS puede confundir esto.
- ✓ **Positive Variable.**- En este comando se declarara cuáles son las variables positivas, es decir las variables que tomaran valores mayores que cero en la solución.
- ✓ **Binary Variable.**- Este comando permite determinar que las variables que estén en este grupo, solo pueden tomar valores discretos 0 y 1, el cual significa que si la variable toma cero no se realiza una actividad y si toma uno si la realiza.

Equations.- Sirve para declarar los nombres de las ecuaciones que se analizan en el modelo y describir cada una de ellas en forma matemática.

Model.- Este comando se asigna un nombre al modelo y entre los slash (//) se pone /All/ significa que se van a utilizar todas las ecuaciones.

Solve.- Sirve para declarar que tipo de modelo se va a resolver, y además colocar cual es el objetivo del modelo, es decir, minimizar o maximizar.

Los tipos de modelos en GAMS son:

- ✓ Modelos Lineales **LP**.
- ✓ Modelos no-lineales **NLP**.
- ✓ Modelos Mixtos Lineales **MIP**.
- ✓ Modelos Mixtos no-lineales **MINLP**.
- ✓ Modelos Mixtos Lineales relajados **rMIP**.
- ✓ Modelos Mixtos no-lineales relajados **rMINLP**.
- ✓ Modelo no-lineal con discontinuidad en la derivada **DNLP**.
- ✓ Modelo Mixto de complementariedad **MCP**.
- ✓ Sistema no-lineal restringido **CNS**.

Display.- Muestra las soluciones del modelo de una manera más entendible.

Para ello se pone el nombre de las variables que se desea mostrar seguidas de .I

Datos Externos

Datos de un archivo txt:

\$Include.- permite llamar a un archivo .txt externo, en el cual puede estar la información de los datos necesarios para el modelo, y así no se colocaría los datos dentro del gams, sino directo en un archivo txt.

Datos de un archivo de Microsoft Excel:

1. **\$Call Gdxxrw.** - Este comando permite llamar a un archivo de Excel externo, en el cual puede estar los inputs del modelo analizado, en este comando se debe colocar lo siguiente:

- ✓ Nombre de la hoja de Excel en la que están los datos de entrada.
- ✓ par = "el nombre del parámetro o tabla a la elección del usuario".
- ✓ rng="rango de datos del parámetro anterior de la hoja de Excel".
- ✓ dim="2" si es matriz y "1" si en vector.
- ✓ Cdim y Rdim=los dos comandos tendrán el valor de "1", si es una matriz y si es vector Cdim="0"y Rdim="1"

Si son varias tablas o vectores de datos de entrada se repetirá las instrucciones anteriores desde "par" y todos los datos a llamar deben estar en la misma línea, es decir todo lo anterior descrito debe ir en una sola línea solo separada cada comando por un espacio.

2. **\$Gdxin.-** este comando ira en una línea diferente que el comando 1, y se pondrá lo siguiente:

- ✓ \$ Call Gdxin "Nombre del documento donde están guardados los datos, con su respectiva extensión."

- ✓ En la siguiente línea: el nombre de cada uno de los nombres que se declaró en el paso 1 en la parte de par, es decir el nombre de los parámetros. (Cano Arenas, 2011)
- ✓ En la siguiente línea se cierra volviendo a poner \$Gdxin.

3. Finalmente se pone display de todos los parametros, el cual permitirá mostrar los datos.

Cabe mencionar que para que el programa corra sin ningún problema es necesario guardar el archivo de datos dentro de la carpeta del gams, es decir, en la carpeta gamsdir.

```
Parameters
LeadTime(i),LoteSize(i), InventarioI(i),R(i,j),demanda(i,t),Lote;

$CALL GDXXRW datosproyectomrp.xls par=R rng=Abril!A33:AC61 dim=2 Cdim=1 Rdim=1 par=demanda rng=Abril!A64:U92 dim=2 Cdim=1 Rdim=1

$GDXIN datosproyectomrp.gdx
$LOAD LeadTime,LoteSize,InventarioI,R,demanda,Lote
$GDXIN

display LeadTime,LoteSize,InventarioI,R,demanda,Lote;
```

A.13 Comando para llamar a un archivo externo de excel

Operadores

=L= Menor igual.

Not No

=G= Mayor igual.

AND y

=E= Igual.

SUM Suma

LimCol=0, LimRow=0 Sirven para que no se muestren las ecuaciones del modelo

\$Ontext ----- \$Offtext Sirve para colocar títulos, comentarios, etc.

Card y Ord Sirve solo para conjuntos y es para manejar los índices de forma detallada, ejemplo:

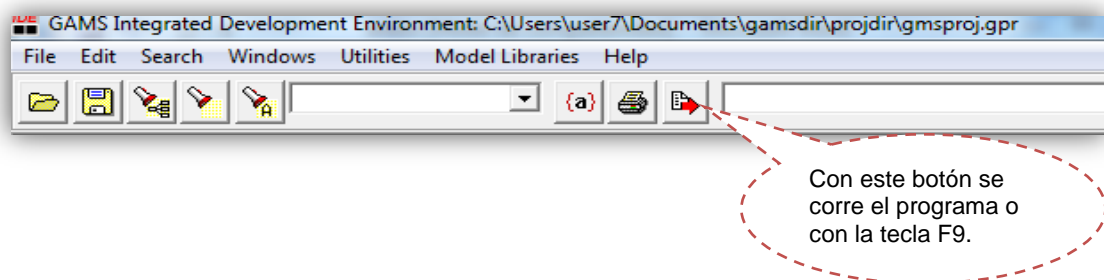
Set i /1*3/

Card(i) cardinalidad del conjunto i,

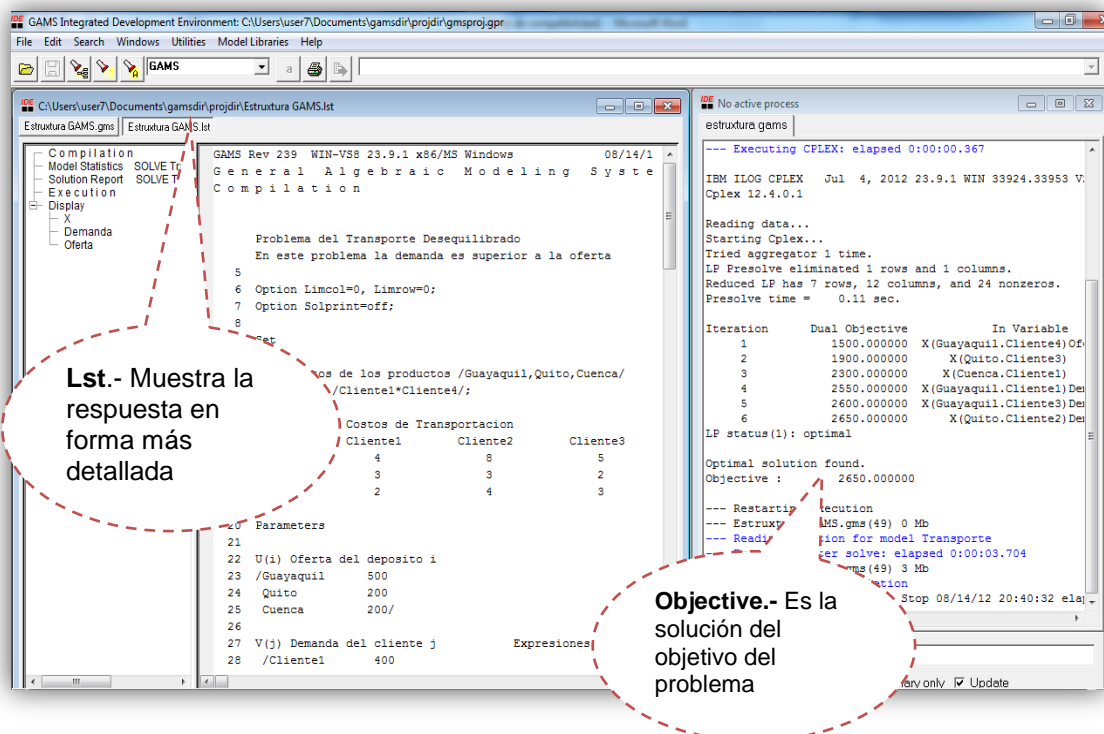
Ord(i) puede ser 1, 2 0 3

en este caso es 3.

Resultados en GAMS



A.14 Como se corre el programa



A.15 Función objetivo y lst.

The screenshot shows the GAMS Integrated Development Environment (IDE) interface. The main window displays the output of a GAMS model execution. On the left, a tree view shows the 'Display' window selected, with sub-items 'X' and 'Z'. A red dashed circle highlights the 'Display' window, with a callout box containing the text: 'Display.- Muestra soluciones del modelo de una manera más entendible de las variables'.

The main window displays the following output:

```

**** REPORT SUMMARY :          0  NONOPT
                          0  INFEASIBLE
                          0  UNBOUNDED

GAMS Rev 239 WIN-VSB 23.9.1 x86/MS Windows      08/15/12 10:28:
General Algebraic Modeling System
Execution

----  46 VARIABLE X.L  Cantidades a Transportar desde el deposito i
                          e j

                          Cliente1  Cliente2  Cliente3  Cliente4

Guayaquil    200.000          50.000    50.000    250.000
Quito         200.000          50.000    150.000
Cuenca        200.000

----  46 VARIABLE Z.L  = 2650.000 Costo Total e
                          ar la Transp

EXECUTION TIME      =      0.031 SECONDS      3 Mb WIN239-239 Jul

USER: Gary Goldstein      G010614:2121CA-WIN
      Decision Ware, Inc.      DC2807

**** FILE SUMMARY

Input      C:\Users\user7\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_1.gms
Output     C:\Users\user7\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_1.lst

```

A.16 Display

Bibliografía

1. Everett, E. A., & Ronald, J. B. (s.f.). Administración de la producción y las operaciones. Pearson 4ta Edición.
2. Ing Corres, A. G. (12 de Octubre de 2010). Docstoc. Recuperado el 31 de Mayo de 2012, de <http://www.docstoc.com/docs/108016037/MRP>
3. Ing Santos Peñafiel, J. M. (07 de Junio de 2012). Ingeniero. (J. G. Lara Estrella, & L. Á. Tenemaza Morocho, Entrevistadores)
4. Ing Vizoso, J. (s.f.). Colegio Maristas. Recuperado el 02 de Junio de 2012, de <http://centros.edu.aytolacoruna.es/maristas/62-68.pdf>
5. Juan, J., & Anaya, T. (s.f.). Logística Integral: La gestión operativa de la empresa. ESIC 4ta Edición.
6. Karlos, H.-K. (12 de Mayo de 2012). Scribd. Recuperado el 03 de Junio de 12, de <http://es.scribd.com/doc/94172871/MRP>
7. Malermo. (12 de Enero de 2010). Scribd. Recuperado el 30 de Mayo de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/44439903/MRP>
8. Pérez Salguero, D. d., & Salazar Cela, J. A. (2007). Diseño de un MRP (Planificación de Requerimiento de Materiales), para la empresa CEDAL S.A en el Área de Producción. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

9. Cano Arenas, J. A. (2011). Modelo de un sistema MRP cerrado integrando incertidumbre en los tiempos de entrega, disponibilidad de la capacidad de fabricación de inventario. Tesis de Grado para optar al Título de Magister en Ingeniería Administrativa. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.