



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Desarrollo de un prototipo informático de soporte al enfoque de programación de la producción MRP

***“Development of a informatic prototype to
support the approach MRP production
scheduling”***

Gerardo Andres Rugeles Mosquera

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Manizales, Colombia

2011

Desarrollo de un prototipo informático de soporte al enfoque de programación de la producción MRP

“Development of a informatic prototype to support the approach MRP production scheduling”

Gerardo Andres Rugeles Mosquera

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Industrial

Director:

Doctor, Jaime Alberto Giraldo García

Línea de Investigación:

Producción y Operaciones

Grupo de Investigación:

GTA Innovación y Desarrollo Tecnológico. Código Colciencias COL0035326.

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2011

Resumen

En este proyecto se pretende presentar un software con la funcionalidad de un MRP II (*Material Requirement Planning*) que ayuda a definir cuanto, cuando y que, se debe producir para cumplir con los requerimientos de la demanda, como propuesta de una herramienta de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje del enfoque de programación de producción MRP. Ó para su uso como herramienta de apoyo al enfoque de programación de producción MRP en las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas). Para ello, el software desarrollado en este proyecto tiene una interfaz de usuario que funciona de manera intuitiva, rápida y con referencias gráficas para la introducción de los datos, una serie de ayudas del tipo tutorial guían paso a paso al usuario y muestran de manera visual (a modo de video) la utilización de las diversas herramientas incluidas en el programa. Los resultados del programa son: cálculo de necesidades de materias primas (componentes) para cada producto, requerimientos de capacidad en cada puesto de trabajo, desarrollo del MRP por niveles con diferentes opciones: MRP sin costos o MRP con dimensionamiento de lotes y costos LFL, EOQ, POQ, TPL o TML, requerimientos de capacidad CRP (en cada centro de trabajo por cada período para el MRP) y descarga a puestos de trabajo para cada uno de los puestos de trabajo con base en los datos obtenidos del MRP desarrollado a través de alguna de las cuatro opciones que allí se presentan. Estos son fáciles de obtener, además pueden ser exportados, copiados o graficados de manera rápida y son compatibles con el software Microsoft Excel, lo que brinda una mayor capacidad para el usuario de trabajar con estos. Este tipo de herramientas pueden llegar a ser muy costosas para poder ser adquiridas y usadas como soporte en el aprendizaje en diferentes carreras tales como: Ingeniería Mecánica, Ingeniería de la Producción, Administración de Empresas e Ingeniería Industrial. Para el caso específico una versión preliminar se usó en la carrera de Ingeniería Industrial con muy buena aceptación por parte del docente y sus discentes.

Palabras claves: MRP, producción, operaciones, control de Inventarios, planificación de la producción.

"Development of a informatic prototype to support the approach MRP production scheduling"

Abstract

This project is intended to provide software with the features of a MRP II as a proposal for a support tool in teaching-learning process of the approach of production scheduling MRP. That helps define how, when and which must be produced to meet demand requirements, as a proposal for a tool to support teaching-learning process of the approach MRP for production scheduling. Or for use as a tool to support the approach MRP for production scheduling in SMEs (Small and Medium Enterprises). For this, the software developed in this project has a user interface that works intuitively, quickly and with graphic references for data entry, a series of aids type tutorial, guides step by step the user and visually show (by way of video) how to use the various tools included in the program. The results of the program are: calculation of needs for raw materials (components) for each product, capacity requirements for each work center, development of MRP by levels with different options: MRP without costs or MRP batch sizing and costs LFL, EOQ, POQ, TPL or TML, capacity requirements CRP (overall capacity requirements in each work center for each period for the MRP) and download at work centers for each work center based on the results of MRP developed through any of the four options presented there. These are easily to get, can also be exported, copied, or graphed quickly and are compatible with Microsoft Excel software, which provides greater capability for the user to work with those. Such type of tools can become very expensive to be acquired and used to support learning in various careers such as Mechanical Engineering, Production, Business Administration and Industrial Engineering. For the specific case a preliminary version was used in Industrial Engineering program with very good acceptance by the teachers and their pupils.

Keywords: *MRP, production, operations, inventory control, production planning.*

Contenido

Resumen	V
Lista de figuras.....	IX
Lista de tablas	XVIII
Lista de fórmulas.....	XIX
Introducción.....	1.
Capítulo 1	5
1.1 Justificación.....	5
1.2 Planteamiento del Problema.....	7
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo General.....	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
Capítulo 2	13
2.1 Marco Teórico	13
2.1.1 Inventarios	13
2.1.2 Los sistemas MRP.....	19
2.1.3 Estructura de un MRP	22
2.1.4 Lead times o tiempos de suministro (TS)	24
2.1.5 Demanda	24
2.1.6 Plan o Programa maestro de producción (PMP) o (MPS).....	26
2.1.7 Lista de materiales (BOM).....	26
2.1.8 Lógica de cálculo de un MRP.....	28
2.1.9 Dimensionamiento de lotes y costos.....	32
2.1.10 Capacidad.....	34
2.1.11 MRP II.....	38
Capítulo 3	47
3. Metodología	47
3.1. Determinación del alcance y la estructura del software	47
3.1.1 Recopilación de información	52
3.1.2 Estudio y determinación de las técnicas y herramientas computacionales adecuadas para la creación del nuevo software	52
3.1.3 Desarrollo del prototipo informático	53
3.1.4 Interfaz de usuario.....	55
3.1.5 Capa de almacenamiento	87
3.1.6 Capa de Procesamiento de datos y estructura del programa.....	91

Capítulo 4	95
4. COMPARACION DE RESULTADOS	95
4.1 EJEMPLO 1.....	95
4.2 EJEMPLO 2.....	100
4.3 EJEMPLO 3.....	106
4.4 EJEMPLO 4.....	110
4.5 EJEMPLO 5.....	116
4.6 EJEMPLO 6.....	122
4.7 EJEMPLO 7.....	124
4.8 EJEMPLO 8.....	127
4.9 EJEMPLO 9.....	130
4.10 EJEMPLO 10.....	136
Conclusiones y recomendaciones	145
Conclusiones.....	145
Recomendaciones	147
 Bibliografía	 149
 Anexo A Certificado de participación como ponente en el Congreso LACCEI 2011...177	
Anexo B Certificado de asistencia al congreso LACCEI 2011.....	178
Anexo C Paper expuesto y publicado en el congreso LACCEI 2011 “Desarrollo de una herramienta informática como soporte en el aprendizaje del enfoque de Programación de la Producción MRP” con referencia RP#212 LACCEI 2011	179
Anexo D Manual de Usuario	180
Anexo E Código Fuente en Lenguaje Visual Studio C# versión 2010	274

Lista de figuras

Figura 2-1 Ilustración sobre la reducción de inventarios. Fuente: (Miltengurg, 2005) ..	21
Figura 2-2 Estructura básica de un sistema MRP. Fuente: Adaptado de (Gaither, 2000).....	23
Figura 2-3 Ejemplo de árbol de producto, estructura de producto, definición de producto o lista de materiales (BOM). Fuente: (Hodson, 1996)	27
Figura 2-4 Árbol de producto A. Fuente: Adaptado de (Chase Richard B., 2000).....	29
Figura 2-5 Ejemplo de desarrollo de un MRP. Fuente: Adaptado de (Chase Richard B., 2000).....	30
Figura 2-6 Estructura MRP II. Fuente: (Hodson, 1996)	40
Figura 2-7 Arquitectura de 3 capas. Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 2-8 Estructura básica de una base de datos. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 2-9 Motor de base de datos. Fuente: Elaboración propia.	44
Figura 2-10 .NET Framework. Fuente: (Microsoft, 2006)	45
Figura 3-1 Ventana principal del Programa. Funciones principales de las barras de botones, menús, pestañas y campos en el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.....	55
Figura 3-2 Barra de Menú del Programa MRProgram II. Fuente: Elaboración propia.....	56
Figura 3-3 Menú de Archivo. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 3-4 Menú de herramientas. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 3-5 Calculadora de Microsoft Windows. Fuente: Captura de Microsoft Windows 7.....	58
Figura 3-6 Ventana de consulta a Bases de datos. SQL Server. Fuente: Elaboración propia.....	60
Figura 3-7 Menú de Configuración. Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura 3-8 Ventana para la configuración del Proveedor de Bases de datos OLEDB. (Bases de datos Microsoft Access). Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 3-9 Botón “Seleccionar Imagen”. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 3-10 Ventana para seleccionar una imagen para usarla como referencia visual a una Nueva Materia Prima (MP), Producto, Operación o Almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 3-11 Botón “Consultar Bases de Datos”. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 3-12 Botón “Convertor de Unidades”. Fuente: Elaboración propia.	64

Figura 3-13 Ejemplo de datos en los campos de “Inventario Inicial” y “Unidad”. Para indicar que existe un inventario Inicial de 120 centímetros. Fuente: Elaboración propia.....	65
Figura 3-14 Ventana Simplificada del Administrador de Unidades. Fuente: Elaboración propia.....	65
Figura 3-15 Ventana Simplificada del Administrador de Unidades. Selección de Unidad a la que se desea convertir. Fuente: Elaboración propia.....	65
Figura 3-16 Ejemplo de resultados después de usar el “Conversor de Unidades”. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 3-17 Barra de herramientas para la introducir datos y Resultados. Fuente: Elaboración propia.....	66
Figura 3-18 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Material (MP / PP). Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 3-19 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Producto. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 3-20 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Producto, cuando se amplía al hacer clic en el botón “Crear Árbol de Producto”. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura 3-21 Ventana para la introducción de los datos de una Nueva Operación. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 3-22 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 3-23 Lista de ítems para las pestañas de Materias Primas, Productos, Operaciones, Almacenamientos, Demandas, Pedidos a Recibir, Capacidades Requeridas, Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 3-24 Tamaño Mínimo y Máximo para las imágenes de los ítems de las pestañas para Materias Primas, Productos, Operaciones, Almacenamientos, Demandas, Pedidos a Recibir, Capacidades Requeridas, Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.....	73
Figura 3-25 Ventana para la introducción de los datos de Demanda. Fuente: Elaboración propia.....	74
Figura 3-26 Ventana para la introducción de los datos de Pedidos a Recibir. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 3-27 Ventana para la introducción de los datos de Capacidades Requeridas. Fuente: Elaboración propia.	76
Figura 3-28 Ventana para la introducción de los datos de Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura 3-29 Ventana de resultados. Fuente: Elaboración propia.....	78
Figura 3-30 Ventana de resultados. Desarrollo del MRP por niveles. Fuente: Elaboración propia.....	79
Figura 3-31 Desarrollo del MRP por niveles con o sin acumulación de inventario de un período a otro. Fuente: Elaboración propia.	80
Figura 3-32 CRP Requerimientos de capacidad. Fuente: Elaboración propia.....	81

Figura 3-33 Descarga a puestos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.	82
Figura 3-34 Menú que aparece al hacer clic derecho en cualquiera de las tablas de la ventana de MRP y Resultados. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 3-35 Ejemplo de Gráfica de Área para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.....	83
Figura 3-36 Ejemplo de Gráfica de Líneas para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 3-37 Ejemplo de Gráfica de Columnas para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 3-38 Pestañas para consultar información. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 3-39 Listas de ítems. Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 3-40 Formato del campo de “Detalles Generales”. Fuente: Elaboración propia.....	87
Figura 4-1 Árbol estructural del producto T. Fuente: (Richard B. Chase, 2000).	95
Figura 4-2 Datos y Árbol de Producto T, usando el programa “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.	96
Figura 4-3 Cálculos de requerimientos de Materias Primas para 100 Unidades de Producto T. Fuente: (Richard B. Chase, 2000)	97
Figura 4-4 Cálculos de requerimientos de Materias Primas para 100 unidades de producto T. Usando el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura 4-5 Plan de requerimientos de materiales para 100 unidades de producto T en la semana 7. Fuente: (Chase Richard B., 2000).	98
Figura 4-6 Resultados del desarrollo del MRP por niveles para 100 unidades de producto T en la semana 7. Fuente: Elaboración propia.	98
Figura 4-7 Árbol de producto o estructura de producto para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente (Richard B. Chase, 2000)	101
Figura 4-8 Datos de Inventarios Iniciales y Lead times, para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente: (Richard B. Chase, 2000)	101
Figura 4-9 Datos y Árbol de Producto “Medidor A”, usando el programa “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.....	102
Figura 4-10 Datos y Árbol de Producto “Medidor B”, usando el programa “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.....	102
Figura 4-11 MRP para los productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente: (Richard B. Chase, 2000).	103
Figura 4-12 Resultados del MRP para los productos “Medidor A” y “Medidor B” usando el software MRProgram II. Fuente: Elaboración propia.	104
Figura 4-13 Árbol de producto o estructura de producto para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente: (Richard B. Chase, 2000).....	106
Figura 4-14 Datos y Árbol de Producto X, usando el programa “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 4-15 Desarrollo del MRP para el Producto X, para 100 unidades en la semana 10. Fuente: (Richard B. Chase, 2000).....	108

Figura 4-16 Resultados del MRP para los productos “Medidor A” y “Medidor B” usando el software MRProgram II. Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura 4-17 Árbol estructural del producto A. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	111
Figura 4-18 Requerimiento de necesidades para cada componente del Producto A. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	111
Figura 4-19 Cálculos de requerimientos de Materias Primas para 100 unidades de producto A. Usando el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.	112
Figura 4-20 Plan de requerimientos de materiales para 100 unidades de producto A en la semana 6. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).	113
Figura 4-21 Resultados del desarrollo del MRP por niveles para 100 unidades de producto T en la semana 7. Fuente: Elaboración propia.....	114
Figura 4-22 Programa maestro de producción. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	116
Figura 4-23 Demanda externa de componentes. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	116
Figura 4-24 Lista de materiales del patín (a) y del monopatín (b). Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	116
Figura 4-25 Fichero de registros de inventario. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	117
Figura 4-26 Ejemplo de cómo agregar un stock de seguridad en el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.	118
Figura 4-27 Calculo de necesidades netas de los ítems de nivel 0. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	118
Figura 4-28 Proceso de explosión de necesidades. Fuente: (Domínguez Machuca, y otros, 1995).....	119
Figura 4-29 Resultados del desarrollo del MRP por niveles para los productos P y M. Fuente: Elaboración propia.	120
Figura 4-30 Requerimientos Netos para 8 Semanas. Fuente: (Chase, y otros, 2004)..	123
Figura 4-31 Resultados a través del método LFL. Fuente: (Chase, y otros, 2004).....	123
Figura 4-32 Cálculos para hallar el valor EOQ y el costo de almacenar. Fuente: (Chase, y otros, 2004).....	125
Figura 4-33 Resultados a través del método EOQ. Fuente: (Chase, y otros, 2004)...	125
Figura 4-34 Número de períodos al año para calcular el EOQ. Fuente: Elaboración propia.	126
Figura 4-35 Requerimientos netos de un material. Fuente: (Gaither, 2000)	128
Figura 4-36 Cálculos para el valor EOQ. Fuente: (Gaither, 2000).....	128
Figura 4-37 Cálculos para el valor POQ. Fuente: (Gaither, 2000).....	128
Figura 4-38 Resultados a través del método POQ. Fuente: (Gaither, 2000).....	128
Figura 4-39. Número de períodos al año para calcular el EOQ. Fuente: Elaboración propia.	129
Figura 4-40 Aspensor para pasto #337. Fuente: (Gaither, 2000) Página 408.....	130

Figura 4-41 Programa maestro de producción para el aspersor. Fuente: (Gaither, 2000).....	131
Figura 4-42 Estructura del producto “Aspersor”. Fuente: (Gaither, 2000).....	131
Figura 4-43 Lista de materiales para una unidad del producto “Aspersor”. Fuente: (Gaither, 2000)	132
Figura 4-44 Cálculos de requerimientos de Materias Primas para un aspersor. Usando el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.	132
Figura 4-45 Reporte del estado de inventarios. Fuente: (Gaither, 2000).....	133
Figura 4-46 Desarrollo del MRP utilizando Varios Métodos (LFL, MTL “Mínimo tamaño de lote”). Fuente: (Gaither, 2000).....	134
Figura 4-47 Plan maestro de producción para los productos A y B. Fuente: (Thomas E. Vollmann, 2005) Página 360.....	137
Figura 4-48 Mano de obra directa por unidad de producto final. Fuente: (Thomas E. Vollmann, 2005).....	137
Figura 4-49 Estructuras o Arboles de producto para los productos A y B. Fuente: (Thomas E. Vollmann, 2005)	137
Figura 4-50 Requerimientos estimados de capacidad utilizando factores generales (PCFG). Fuente: (Thomas E. Vollmann, 2005).....	138
Figura 4-51 Datos de capacidad Máxima variable en cada período para el centro de trabajo 100 “CT100” en el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.	138
Figura 4-52 Datos de Ruta y tiempo estándar para los Productos A y B, y los componentes de estos. Fuente: (Thomas E. Vollmann, 2005).....	139
Figura 4-53 Ejemplo de introducción de datos de “Requerimientos de Capacidad” de Mano de Obra y Maquinaria, para una unidad de producto C en el centro de trabajo “CT100” usando el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.	139
Figura 4-54 Capacidad requerida en cada centro de trabajo para la elaboración de una unidad de producto A o B. Fuente: (Thomas E. Vollmann, 2005).	140
Figura 4-55 Cálculos de requerimientos de Capacidad requerida por centro de trabajo para una unidad de producto A. Usando el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.....	140
Figura 4-56 Cálculos de requerimientos de Capacidad requerida por centro de trabajo para una unidad de producto B. Usando el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.....	141
Figura 4-57 Requerimientos de capacidad utilizando listas de capacidad. Fuente: (Thomas E. Vollmann, 2005)	141
Figura 4-58 Ventana de presentación de resultados de Cálculos de Capacidad para los Productos A y B. Fuente: Elaboración propia.....	143
Figura 4-59 Ventana de presentación de resultados de Cálculos de Capacidad para los Productos A y B, incluyendo el dato de porcentaje de utilización para cada centro de trabajo en cada período. Fuente: Elaboración propia.....	143
Figura 4-60 Descarga a puestos de trabajo por puesto de trabajo para cada período. Fuente: Elaboración propia.	144

Figura D-1 Ventana principal del Programa MRProgram II. Fuente: Elaboración propia.	161
Figura D-2 Barra de Menú del Programa MRProgram II. Fuente: Elaboración propia.	162
Figura D-3 Menú de Archivo. Fuente: Elaboración propia.	162
Figura D-4 Ventana para la creación de una nueva base de datos MRP. Fuente: Elaboración propia.	163
Figura D-5 Ventana de advertencia para abrir una base de datos MRP, si ya se está trabajando en un MRP actualmente. También, aparece hacer clic en “Archivo / Salir”. Fuente: Elaboración propia.	164
Figura D-6 Ventana para abrir una base de datos en formato MDB o ACCDB. Fuente: Elaboración propia.	164
Figura D-7 Submenú de la lista de archivos recientes. Fuente: Elaboración propia. ...	165
Figura D-8 Botón “Salir” en el menú de archivo. Fuente: Elaboración propia.	165
Figura D-9 Menú de herramientas. Fuente: Elaboración propia.	165
Figura D-10 Administrador de imágenes. Fuente: Elaboración propia.	166
Figura D-11 Ventana para la creación de una nueva colección de imágenes. Fuente: Elaboración propia.	167
Figura D-12 Mensaje de advertencia al no seleccionar una colección. Fuente: Elaboración propia.	168
Figura D-13 Mensaje de advertencia al borrar una colección de imágenes. Fuente: Elaboración propia.	168
Figura D-14 Ventana para seleccionar archivos de imágenes. Fuente: Elaboración propia.	169
Figura D-15 Mensaje de advertencia cuando no se seleccionan imágenes. Fuente: Elaboración propia.	170
Figura D-16 Mensaje de advertencia al borrar imágenes. Fuente: Elaboración propia.	170
Figura D-17 Administrador de imágenes. Fuente: Elaboración propia.	172
Figura D-18 Ventana para la creación de una nueva unidad. Fuente: Elaboración propia.	172
Figura D-19 Mensaje de advertencia al borrar unidades. Fuente: Elaboración propia.	173
Figura D-20 Mensaje de advertencia cuando no se seleccionan unidades. Fuente: Elaboración propia.	173
Figura D-21 Mensaje de advertencia cuando se guardan los cambios en una unidad. Fuente: Elaboración propia.	181
Figura D-22 Mensaje de advertencia cuando se borran los datos de una unidad. Fuente: Elaboración propia.	181
Figura D-23 Calculadora de Microsoft Windows. Fuente: Captura de Microsoft Windows 7.	182
Figura D-24 Ventana de consulta a Bases de datos Microsoft Access. Fuente: Elaboración propia.	184

Figura D-25 Ventana para la configuración del Proveedor de Bases de datos OLEDB. (Bases de datos Microsoft Access). Fuente: Elaboración propia.....	185
Figura D-26 Ventana de consulta a Bases de datos. SQL Server. Fuente: Elaboración propia.	187
Figura D-27 Ejemplo de servidores SQL disponibles. Fuente: Elaboración propia.	187
Figura D-28 Ventana de consulta a Bases de datos. Datos XML. Fuente: Elaboración propia.	190
Figura D-29 Ventana de consulta a Bases de datos. Con Árbol de Datos XML. Fuente: Elaboración propia.....	191
Figura D-30 Ventana de consulta a Bases de datos. Microsoft Excel (XLS y XLSX). Fuente: Elaboración propia.....	192
Figura D-31 Ventana para consultar libros “bases de datos” de Microsoft Excel (XLS y XLSX). Fuente: Elaboración propia.	193
Figura D-32 Menú de Configuración. Fuente: Elaboración propia.	194
Figura D-33 Ventana para la configuración del Proveedor de Bases de datos OLEDB. (Bases de datos Microsoft Access). Fuente: Elaboración propia.....	194
Figura D-34 Botón “Seleccionar Imagen”. Fuente: Elaboración propia.....	196
Figura D-35 Ventana para seleccionar una imagen para usarla como referencia visual a una Nueva Materia Prima (MP), Producto, Operación o Almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.....	197
Figura D-36 Botón “Consultar Bases de Datos”. Fuente: Elaboración propia.....	200
Figura D-37 Botón “Conversor de Unidades”. Fuente: Elaboración propia.....	201
Figura D-38 Mensaje de advertencia cuando faltan datos por llenar en un formulario. Fuente: Elaboración propia.....	201
Figura D-39 Indicadores de que campos se deben llenar para usar el conversor de Unidades. Fuente: Elaboración propia.	202
Figura D-40 Ejemplo de datos en los campos de “Inventario Inicial” y “Unidad”. Para indicar que existe un inventario Inicial de 120 centímetros. Fuente: Elaboración propia.	202
Figura D-41 Ventana Simplificada del Administrador de Unidades. Fuente: Elaboración propia.	202
Figura D-42 Ventana Simplificada del Administrador de Unidades. Selección de Unidad a la que se desea convertir. Fuente: Elaboración propia.	203
Figura D-43 Ventana Simplificada del Administrador de Unidades. Resultado de la conversión. Fuente: Elaboración propia.	203
Figura D-44 Ejemplo de resultados después de usar el “Conversor de Unidades”. Fuente: Elaboración propia.....	203
Figura D-45 Barra de herramientas para la introducir datos y Resultados. Fuente: Elaboración propia.	204
Figura D-46 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Material (MP / PP). Fuente: Elaboración propia.....	205

Figura D-47 Mensaje de advertencia al agregar un Material (MP / PP) o Producto, con el mismo nombre de otro ya existente. Fuente: Elaboración propia. ...	205
Figura D-48 Proceso de selección de una imagen. Fuente: Elaboración propia.....	207
Figura D-49 Indicadores de que campos se deben llenar para guardar los datos de una Materia Prima (MP) o componente. Fuente: Elaboración propia.	209
Figura D-50 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Producto. Fuente: Elaboración propia.	210
Figura D-51 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Producto, cuando se amplía al hacer clic en el botón “Crear Árbol de Producto”. Fuente: Elaboración propia.	212
Figura D-52 Mensaje de Error al intentar añadir un componente a sí mismo. Fuente: Elaboración propia.	213
Figura D-53 Mensaje de Advertencia para seleccionar un nodo del Árbol de Producto. Fuente: Elaboración propia.....	214
Figura D-54 Indicadores de que campos se deben llenar para guardar los datos de un Nuevo Producto. Fuente: Elaboración propia.	216
Figura D-55 Ventana para la introducción de los datos de una Nueva Operación. Fuente: Elaboración propia.	217
Figura D-56 Mensaje de advertencia al agregar una Operación o Almacenamiento, con el mismo nombre de otro ya existente. Fuente: Elaboración propia.	218
Figura D-57 Indicadores de que campos se deben llenar para guardar los datos de una Nueva Operación. Fuente: Elaboración propia.....	219
Figura D-58 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.	220
Figura D-59 Mensaje de advertencia al agregar una Operación o Almacenamiento, con el mismo nombre de otro ya existente. Fuente: Elaboración propia.	221
Figura D-60 Indicadores de que campos se deben llenar para guardar los datos de un Nuevo Almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.	222
Figura D-61 Lista de ítems para las pestañas de Materiales, Productos, Operaciones, Almacenamientos, Demandas, Pedidos a Recibir, Capacidades Requeridas, Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.	223
Figura D-62 Tamaño Mínimo y Máximo para las imágenes de los ítems de las pestañas para Materiales, Productos, Operaciones, Almacenamientos, Demandas, Pedidos a Recibir, Capacidades Requeridas, Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.	224
Figura D-63 Ventana para la introducción de los datos de Demanda. Fuente: Elaboración propia.	225
Figura D-64 Mensaje de Advertencia, cuando los datos en la malla de datos no presentan el formato correcto. Fuente: Elaboración propia.	227
Figura D-65 Ventana para la introducción de los datos de Pedidos a Recibir. Fuente: Elaboración propia.	228
Figura D-66 Ventana para la introducción de los datos de Capacidades Requeridas Fuente: Elaboración propia.	230

Figura D-67 Ventana para la introducción de los datos del Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.....	231
Figura D-68 Ventana de resultados. Fuente: Elaboración propia.....	233
Figura D-69 Ventana de resultados. Pestaña de Cálculos de necesidades de MP. Fuente: Elaboración propia.....	234
Figura D-70 Ventana de resultados. Desarrollo del MRP por niveles. Fuente: Elaboración propia.	236
Figura D-71 Desarrollo del MRP por niveles con o sin acumulación de inventario de un período a otro. Fuente: Elaboración propia.....	237
Figura D-72 Desarrollo del MRP por el método EOQ con costos. Fuente: Elaboración propia.	237
Figura D-73 Desarrollo del MRP por el método POQ con costos. Fuente: Elaboración propia.	238
Figura D-74 CRP Requerimientos de capacidad. Fuente: Elaboración propia.....	239
Figura D-75 Mensaje de advertencia al no haber desarrollado el MRP antes de realizar los cálculos de Requerimientos de Capacidad. Fuente: Elaboración propia.	240
Figura D-76 CRP Requerimientos de capacidad. Con porcentaje de utilización. Fuente: Elaboración propia.....	241
Figura D-77 Descarga a puestos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.	242
Figura D-78 Menú que aparece al hacer clic derecho en cualquiera de las tablas de la ventana de MRP y Resultados. Fuente: Elaboración propia.	243
Figura D-79 Ejemplo de Gráfica de Área para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.....	244
Figura D-80 Ejemplo de Gráfica de Líneas para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.	244
Figura D-81 Ejemplo de Gráfica de Columnas para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.	244
Figura D-82 Pestañas para consultar información. Fuente: Elaboración propia.....	245
Figura D-83 Listas de ítems. Fuente: Elaboración propia.....	246
Figura D-84 Formato del campo de “Información específica” al seleccionar un producto. Fuente: Elaboración propia.....	247
Figura D-85 Formato del campo de “Detalles Generales” Fuente: Elaboración propia.....	248
Figura D-86 Formato del campo de “Detalles Generales” para datos de “Demanda”. Fuente: Elaboración propia.....	249
Figura D-87 Menú que aparece al hacer clic derecho en la tabla de “Detalles Generales”. Fuente: Elaboración propia.....	249

Lista de tablas

Tabla 2-1 Requerimientos de componentes para la elaboración de un pedidos de 10 unidades de Producto A.	28
Tabla 2-2 Lead Times para los componentes de Producto A.	29
Tabla 2-3 Cantidades requeridas de componentes para 100 unidades de Producto A. ..	30
Tabla 4-1 Resultados detallados del desarrollo del MRP por niveles para 100 unidades de producto T en la semana 7.....	99
Tabla 4-2 Resultados detallados del desarrollo del MRP para los productos “Medidor A” y “Medidor B” usando el software MRProgram II.....	104
Tabla 4-3 Desarrollo del MRP para el Producto X, para 100 unidades en la semana 10, usando el software “MRProgram II”	109
Tabla 4-4 Resultados detallados del desarrollo del MRP por niveles para 100 unidades de producto A en la semana 6, usando el software “MRProgram II”.....	114
Tabla 4-5 Resultados detallados del desarrollo del MRP por los productos P y M, usando el software “MRProgram II”.....	120
Tabla 4-6 Resultados detallados del desarrollo del MRP LFL, usando el software “MRProgram II”.	123
Tabla 4-7 Resultados detallados del desarrollo del MRP LFL, usando el software “MRProgram II”.	126
Tabla 4-8 Resultados detallados del desarrollo del MRP POQ, usando el software “MRProgram II”.	129
Tabla 4-9 Resultados detallados del desarrollo del MRP utilizando Varios Métodos (LFL, MTL “Mínimo tamaño de lote”) , usando el software “MRProgram II”.	135
Tabla 4-10 Resultados de requerimientos de capacidad por centro de trabajo para cada período. Usando el software “MRProgram II”.	142
Tabla D-1 Tabla de unidades predeterminada en la base de datos al crear un nuevo MRP.	174

Lista de fórmulas

Fórmula 2-1 Fórmula EOQ	33
Fórmula 2-2 Fórmula POQ	34

Introducción

Antes de que aparecieran las técnicas modernas de administración de materiales, las técnicas más populares que se usaban para la administración de inventarios eran los modelos de punto de reorden (ROP), que estaban vinculados a las técnicas para calcular las cantidades económicas de pedido, lo que llevaba al pensamiento tradicional que enseñaba que la menor inversión en inventario solo se lograba a costa de los niveles de servicio al cliente (Hodson, 1996).

Debido a la incertidumbre en estos sistemas de punto de reorden (ROP) se utilizaban amortiguadores que podían llegar a ser muy grandes, lo que ocasionaba un incremento en los costos. Era común encontrarse con que las existencias se agotaban o que por el contrario, los inventarios eran enormes. Esto repercutiendo por supuesto en incumplimientos a los clientes o en mayores costos de producción. A principios de la década de los años sesenta se volvió imperativo encontrar mejores técnicas de administración de inventarios y el MRP (*Material Requirement Planning*) fue el comienzo de un nuevo conjunto de herramientas y técnicas que apoyadas en los desarrollos computacionales, el cual se presentó como una alternativa para la administración de inventarios.

Como respuesta a se han creado diferentes herramientas a través del tiempo:

- 60's MRP (*Material Requirement Planning*) → Planeación de Requerimientos de Materiales
- 70's MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) → Planeación de Recursos de Manufactura
- 90's ERP (*Enterprise Resource Planning*) → Planeación de recursos empresariales
- 2000's ERM (*Enterprise Resource Management*) → Gerencia de recursos empresariales

El MRP permite con base en los datos del Programa Maestro de Producción (PMP) o (MPS) por su sigla en inglés "*Material Program Schedule*", definir cuanto, cuando y que, se debe producir para cumplir con los requerimientos de la demanda. Ha aportado al crecimiento de la utilización de la planeación de requerimientos de materiales, el hecho de que los fabricantes están buscando reducir los niveles de inventarios, incrementar la capacidad de producción e incrementar las utilidades (Gaither, 2000). Pero, es de todos conocidos que los sistemas MRP (MRP II, ERP, ERM) son costosos haciendo que empresas como las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) no puedan acceder a estas herramientas y no sea viable su adquisición para fines académicos por parte de las instituciones universitarias. Con esto se plantea la creación de un software MRP como soporte en el aprendizaje del enfoque de programación de producción MRP en la educación de los estudiantes universitarios en diferentes carreras tales como: Ingeniería Mecánica, Ingeniería de la Producción, Administración de Empresas e Ingeniería Industrial; este software también podría servir como herramienta de apoyo en la planeación de la producción en Pymes.

Teniendo muy presente los conceptos sobre MRP, este documento inicia describiendo un marco teórico que contempla temas concernientes al proyecto, la metodología que se utilizó para el desarrollo del software, una descripción de como el usuario puede introducir la información (materias primas (componentes), productos, operaciones, almacenamientos, pedidos, capacidades, lead times, etc.) necesaria para el desarrollo del MRP. Finalmente se muestran las interfaces donde se visualizan los resultados (cálculo de necesidades de materias primas (componentes) para cada producto, requerimientos de capacidad en cada puesto de trabajo, desarrollo del MRP por niveles con diferentes opciones: MRP sin costos o MRP con dimensionamiento de lotes y costos LFL, EOQ o POQ, tamaño de lote predeterminado (TLP) y tamaño mínimo de lote (TML); también, describe la presentación de los cálculos de requerimientos de capacidad CRP por centro de trabajo con porcentaje de utilización y descarga a puestos de trabajo) del MRP desarrollado para que el usuario pueda analizar cuál es la mejor opción en cada caso. Finalmente se presenta una comparación entre los resultados que presenta el software con los resultados de ejemplos y ejercicios resueltos de reconocidos autores en textos especializados en el tema de la investigación de operaciones.

De este proyecto se presentó una ponencia con el título “Desarrollo de una herramienta informática como soporte en el aprendizaje del enfoque de Programación de la Producción MRP”, el cual fue publicado en las memorias y expuesto en el noveno congreso Internacional *LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development*.

Esta puede consultarse en Internet en la página web del congreso, en la sección “*Refereed Papers*” con la referencia “PE212”, el cual tiene la URL:

http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/RefereedPapers/PE212_Rugeles.pdf

Este congreso se realizó en la ciudad de Medellín del 3 al 5 de Agosto del año 2011; y del cual se anexan los certificados de asistencia y participación al congreso (**Anexo A** y **Anexo B**) y el artículo presentado al congreso (**Anexo C**).

Dicho artículo tuvo buena acogida y la ponencia de este, despertó mucho interés y logró excelentes críticas entre los asistentes a la exposición.

Capítulo 1. Área problemática y objetivos

1.1 Justificación

Este proyecto es interesante y útil:

- El software de MRP puede ser interesante y útil para las PYMES, ya que el software podría servir como apoyo a quienes en estas organizaciones están a cargo del sistema productivo, pues pocas empresas cuentan con los recursos para adquirir esta clase de software (Hernández, y otros, 2008) y podría ser muy útil, gracias a que sería compatible con *Microsoft Windows XP, Vista, 7* (85.6% de los computadores en el mundo usan sistemas operativos Windows en diferentes versiones) (W3Schools, 2011) y *Microsoft Office (2003, 2007, 2010)*, permitiéndoles aplicar diferentes herramientas para ayudarse en los retos que plantea el día a día la actividad productiva.
- Para la universidad, podría ampliar el reconocimiento de esta ante otros entes académicos como otras universidades, otras sedes y ante estudiosos del tema, y organizaciones especialmente las PYMES. También, en carreras tales como: Ingeniería Mecánica, Ingeniería de la Producción, Administración de Empresas e Ingeniería Industrial; podría brindar una herramienta para conocer mejor el enfoque de programación de producción MRP, como apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje de programación de producción, para que los estudiantes valoren más este tipo de herramientas en su vida profesional.
- Para el autor la realización de este software es interesante porque permite aplicar conocimientos en informática y en ingeniería industrial al mismo tiempo; también presenta un referente importante en el desarrollo profesional del mismo, además de que con este software se pueden sentar las bases para en un futuro posiblemente

generar una empresa que produjese software para las empresas de la ciudad y la región.

Lo novedoso de este proyecto:

- Para la universidad presenta un referente en la creación de herramientas asociadas a los temas que en esta se enseñan, lo cual no es algo común, ya que al realizar búsquedas sobre el tema en el SINAB (Sistema Nacional de Bibliotecas de la Universidad Nacional de Colombia), aparecen los siguientes (entre otros, que no estén registrados aun en las bases de datos del SINAB) referentes:
 - Giraldo Zapata, William Fernando. Tesis. Análisis, diseño y programación por objetos de un sistema MRP. 1998. Facultad de Minas. Sede Medellín.
 - Adarve Vergara, Juan David. Tesis. Planeación y programación de producción de una empresa de madera. 1996. Facultad de Minas. Sede Medellín.
 - Jiménez Gutiérrez, Fredy Alberto. Tesis. MRP y CRP de una empresa de manufactura para stock. . 1995. Sede Medellín.
 - Molano Rozo, Diego Enrique. Tesis Desarrollo de una herramienta computacional que facilita el proceso de planeación de la producción. 2003. Sede Bogotá.
 - Vivas Vega, Jorge Enrique. Tesis. Planificación y control de la producción en pequeña empresa manufacturera. 2001. Sede Bogotá.
 - Bazurto Barragán, Guillermo. Tesis. Desarrollo de software didáctico para gestión de producción metalmeccánica tipo MRP. 1993. Sede Bogotá.

Como se puede observar, están enfocados específicamente en una sola empresa.

Para las PyMES presenta un software que podría instalarse en equipos de medio/bajo poder computacional, en español y fácil de usar; con referencias gráficas a las Materias Primas, Productos, etc. Otra característica novedosa serían los video tutoriales ofrecidos con el software para aprender a usarlo, característica que lo hace más amigable y entendible.

1.2 Planteamiento del Problema

“La Universidad Nacional de Colombia, es una comunidad académica cuya misión esencial es la creación, desarrollo e incorporación del conocimiento y su vinculación con la cultura”. (Universidad Nacional de Colombia, Consejo Superior Universitario., 2005).

En la sede de Manizales, se encuentra presente la carrera de Ingeniería Industrial, y los posgrados de Especialización en Dirección de la Producción y las Operaciones y la Maestría en Ingeniería Industrial que buscan formar/actualizar ingenieros con conocimientos en el diseño, planeación, instalación y mejoramiento de los sistemas socio tecnológicos que integran hombres, energía, materiales, equipos, dinero e información para la producción industrial de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la sociedad, en el marco del desarrollo sostenible. (Universidad Nacional de Colombia, Consejo Superior Universitario., 2005)

Para el 2008 el Ministerio de Comunicaciones de Colombia señala que “las MiPyMEs representan el 98% de las empresas en Colombia y que generan el 85% del empleo de la economía” (Ministerio de Comunicaciones de la República de Colombia, 2008) según datos de Confecámaras, en el 2001 existían en Colombia 43.242 pequeñas empresas y 8.041 medianas, es decir que existen aproximadamente unas 51283 PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) en Colombia (BussinesCol, 2011). Pudiendo así afirmar que las PYMES en Colombia son un sector importante de la industria Colombiana.

Y uno de los retos a los que se enfrentan día a día las personas encargadas de los sistemas de producción (Ingenieros Industriales, Ingenieros de Producción, Ingenieros Mecánicos y Administradores de empresas) en las PYMES es responder a las exigencias de la demanda de manera oportuna e incurriendo en la menor cantidad de costos posible. Y es aquí donde se hace importante que estos ingenieros comprendan mediante el empleo de herramientas informáticas sencillas el papel que juega la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) al permitir definir cuanto, cuando y que, se debe proveer/producir para cumplir con los requerimientos de la demanda.

Pero, es de todos conocido que los sistemas MRP (MRP II, ERP, ERM) son costosos. Un estudio realizado por una empresa americana llamada *Meta Group*, a pequeñas, medianas, y grandes empresas en el ramo de la industria, reveló que “el coste medio del software fue determinado en €15.000.000 Euros” (Informática Hoy, 2010), para la implantación de sistemas ERP y no solo por el costo del software, también existen otros costos que las empresas usualmente no consideran al momento de su compra, como: capacitación, integración y prueba (con otras aplicaciones de software empresarial), conversión de datos (algunas veces los datos muestran problemas al transferirlos), consultoría (para el proceso de implantación), y otros.

Estos costos de adquisición hacen que empresas como las PYMES no puedan acceder a estas herramientas. “En las MiPyMEs son la ausencia de recursos y las limitaciones de acceso al crédito las que generan un círculo vicioso, por cuanto la falta de respaldo y la informalidad no les permiten acceder a los recursos del sistema financiero, con los cuales podrían incorporar y apropiarse de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) para mejorar sus procesos” (Ministerio de Comunicaciones de la República de Colombia, 2008).

Se han realizado diversos estudios sobre el uso de las TIC y de sistemas MRP (MRP II, ERP, ERM) en las PYMES, pudiéndose concluir que:

En el estudio realizado por (Gómez Suarez, y otros, 2005) en las PYMES del sector metalmecánico de la ciudad de Manizales:

- “En las PyMES del subsector metalmecánico, no poseen un área de ingeniería, lo que dificulta el conocimiento de las organizaciones en sistemas para la gestión de la producción”.
- Se “demuestra el desconocimiento general por parte de las empresas de los sistemas (PERT-CPM, Teoría de Restricciones (TOC-DBR), tecnologías Planeación de requerimientos de Materiales (MRP), Justo a Tiempo (JIT) e inteligencia artificial)”
- “En cuanto a la planificación de la producción se observó en el desarrollo de las encuestas, que en ninguna empresa se planifica a largo plazo, ya que resulta muy

difícil mantener estables los requerimientos de producción en un mercado tan cambiante. En solo dos PyMES se hace planificación a mediano plazo. La planificación de la producción se hace a corto plazo, debido a que la mayoría de las empresas trabajan bajo pedido. Por lo general, las compañías planifican los requerimientos al comenzar la semana, logrando hacer modificaciones en el momento que se requiera.”

- “Pese a la alta flexibilidad presentada en el subsistema de operaciones (en demanda, proceso y mano de obra) en las PyMES del subsector 28 de la región; la mayoría de estas (el 80%), han expuesto haber tenido en algún momento dificultades para cumplir el plazo de entrega pactado con los clientes”
- “Pese a lo anterior, los empresarios tienen en cuenta diferentes aspectos para planear la producción. Principalmente tienen en cuenta el plan de ventas (73.3 %), de manera que puedan responder a la demanda y prever ajustes en la capacidad de la producción.”

En otro estudio realizado por la Cámara de comercio de Manizales, ACOPI, CINSET y CISCO SYSTEMS a MiPyMES en varias ciudades de Colombia (incluida Manizales) en el año 2009 se muestra que:

- “El 45% de las PYMES destinan un presupuesto \$500 USD a \$1000 USD al año para la compra, mantenimiento y servicios de Internet”, solo 3.5% poseen un presupuesto mayor a \$3000 USD. Pero el 54,5% de las PYMES tienen planes de invertir en TIC en los próximos 3 años (CISCO, ACOPI, 2009)
- “El 85% de las empresas encuestadas destinan sus inversiones a la compra de computadores. Solo el 28% de las PYMES invierten en tecnologías de redes y en promedio el 32.8% invierten en software relacionados con aplicaciones de negocios” (CISCO, ACOPI, 2009)
- El 61.5% de las PyMES poseen entre 1-20 computadores, el 14% entre 21 a 40, el 30% poseen equipos para redes (Routers o Switches) (CISCO, ACOPI, 2009)
- EL 41% de las PYMES tienen de 1 a 20 computadores conectados a Internet, y 21.5% de las PYMES entre 21 y 40 computadores conectados a Internet; el 36% de las PYMES usan un servidor y el 11% usan 2servidores (CISCO, ACOPI, 2009)

- El 23.5 % de las PYMES si tienen bases de datos, y el 34.5% usan algún software ERP, 30.5% no lo usan y 35% NS/NR (CISCO, ACOPI, 2009)
- “Los resultados del estudio demuestran que la inversión de las PYMES en TIC es mínima y que no están utilizando la tecnología como parte estratégica de sus procesos de negocio, el uso de Internet se concentra prioritariamente para uso de correo electrónico y transacciones en línea” (CISCO, ACOPI, 2009)
- “El alto nivel de respuestas “No sabe” indica el bajo nivel de conocimiento en temas relacionados a inversión y beneficios del uso de las tecnologías de información y comunicaciones.” (CISCO, ACOPI, 2009)
- “El estudio deja ver la necesidad de la PyME por conocer mejor las opciones de leasing y outsourcing como alternativas rentables para adopción de tecnología” (CISCO, ACOPI, 2009)

En resumen en el común de las empresas se realiza las labores de aprovisionamiento de materias primas de acuerdo a la experiencia de los empleados encargados del área de producción o basándose en cálculos realizados en hojas electrónicas; “muestra de esto es que el 65% de las PYMES en Colombia usan sistemas de información contable y sólo el 13% usan algún sistema MRP” (Hernández, y otros, 2008).

Hay poca inversión en tecnologías como los software MRP, que pueden llegar a ser muy costosos y aunque las empresas invierten (y tienen intenciones de seguir invirtiendo) en hardware, la inversión en software de aplicaciones de negocios es mínima. Dando como resultado que se desaprovechen las oportunidades y beneficios que brindan las tecnologías como las que brindan los software MRP. En el ámbito académico, también este tipo de herramientas pueden llegar a ser muy costosas para poder ser adquiridos y usados como apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje a nivel universitario,

Por lo tanto se pretende presentar un software con la funcionalidad aproximada de un MRP II “*Material Requirement Planning*” que da a definir cuánto, cuándo y qué, se debe producir para cumplir con los requerimientos de la demanda, como propuesta para su uso como herramienta de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje del enfoque de programación de producción MRP en carreras afines al tema; y para su uso como apoyo en la programación de producción en las PYMES.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Crear una herramienta informática MRP, como propuesta de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje de programación de producción MRP en diferentes carreras tales como: Ingeniería Mecánica, Ingeniería de la Producción, Administración de Empresas e Ingeniería Industrial; y como apoyo al proceso de programación de producción para PYMES principalmente del sector metalmecánico en Manizales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar cuál debe ser la funcionalidad con que debe contar el software propuesto, a través de la revisión bibliográfica de textos especializados en el tema y consultando con los estudiantes de la maestría y la especialización con profundización en DPO, que trabajen en el área productiva.
- Definir un marco teórico a través de la revisión de variadas fuentes bibliográficas (Internet, libros, revistas, etc.) como referente conceptual para el desarrollo de la funcionalidad que ha de incorporarse en el software propuesto.
- Determinar las técnicas y herramientas computacionales adecuadas para la creación del nuevo software y teniendo en cuenta el marco teórico, programar cada una de las herramientas que deben componer el software propuesto.
- Comparar los resultados del software con los resultados de ejercicios MRP de textos que traten el tema; para probar su desempeño e incluir ejemplos del desarrollo de un MRP en el software.
- Crear la documentación referente al uso y descripción técnica del software propuesto (Manual de usuario y tutoriales, mediante la descripción de la arquitectura de tres capas) y la documentación referente al trabajo de grado; con base en el software

desarrollado, el marco teórico y las herramientas y técnicas utilizadas en el desarrollo del proyecto.

Capítulo 2. Marco teórico

2. 1. Marco Teórico

2.1.1 Inventarios

Los inventarios o stocks, son todos aquellos recursos que la empresa almacena en espera de ser utilizados; por lo que se pueden considerar como una inversión. Prácticamente toda empresa cuenta con inventarios o stocks; en las empresas cuya labor es la manufactura de productos, esto es mucho más obvio y se presentan los inventarios en forma de “materias primas, componentes en elaboración propia o adquiridos en el exterior, productos en curso y terminados, así como herramientas, piezas de repuesto para la maquinaria y otros múltiples elementos” (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

En las empresas de servicios (almacenes de venta de artículos varios, hospitales, bancos, aerolíneas, restaurantes, etc.) también se presentan los inventarios, aunque en éstas los volúmenes son inferiores a los de las empresas fabriles (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Los inventarios son necesarios, ya que:

- No existe una certeza de la demanda futura de los clientes en fecha y en cantidades precisas, ya que existe un grado de aleatoriedad mayor o menor dependiendo del mercado de cada empresa. “Se conservan inventarios de seguridad para protegerse contra esas incertidumbres. Si se conociera la demanda del consumidor, sería factible, aunque no necesariamente económico, producir al mismo ritmo del consumo” (Schroeder, 2004).
- En algunas ocasiones resulta más económica la producción grandes de lotes de productos o se presentan ofertas en compra de materias primas, descuentos por

cantidad o los costos involucrados en el pedido son altos; por lo que se obtiene una ventaja económica al tener grandes cantidades de inventarios (Schroeder, 2004)

- Para cubrir cambios anticipados en la demanda o en la oferta; ya que el precio o la disponibilidad de una o más materias primas pueden cambiar. “Por ejemplo, almacenar acero ante una posible huelga en la industria acerera” (Schroeder, 2004).
- Para evitar interrupciones en la producción, debido a fallas en las entregas de materias primas o componentes (por factores como errores en el pedido, desastres ambientales, problemas públicos o políticos, etc.) (Domínguez Machuca, y otros, 2003).
- Las fallas en el proceso, pueden ocasionar retrasos en los planes de producción e incumplimientos a los clientes, por lo que las empresas suelen mantener stocks de seguridad (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

- **Stock de seguridad**

Es una cantidad de inventario de una materia prima, componente o producto final, que se mantiene disponible para poder hacerle frente a un eventualidad, para evitar las rupturas de stock, es decir, que se necesite una determinada materia prima, componente o producto final y no se disponga de este (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

- **La exactitud de los inventarios**

La exactitud en los datos sobre inventarios, es de gran importancia, en especial para la planificación de requerimientos de materiales; pero es común que estos datos no coincidan con la realidad por variadas razones (“retiros de material no autorizadas, movimientos de materiales anotados o anotaciones perdidas, retiradas de material anotadas y posteriormente canceladas, etc.” (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Lo que puede llevar a rupturas de stock, pues se ha planeado utilizar un insumo que no está presente. También se puede incurrir en el caso contrario, es decir, comprar insumos

cuando existe una suficiente cantidad de éste, pero no se tenía conocimiento (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Para evitar este tipo de situaciones, se puede:

- Concientizar al personal sobre la importancia de la contabilidad estricta de los stocks
- Aumentar el nivel de burocracia relacionada con la entrada y salida de los materiales, insumos y componentes
- Realizar controles de existencias con frecuencia, para buscar discrepancias entre los datos teóricos y los reales (Si el tiempo entre revisiones es demasiado largo no llegara a ser eficiente) (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Estas técnicas pueden llegar a ser funcionales, pero hay dificultades en su implementación. “Hoy día, con el desarrollo de medios informáticos, es cada vez más fácil acercarse a un control continuo” (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

- **Costos de inventarios**

La realidad es que los inventarios repercuten negativamente en la rentabilidad y en los costos. “El mantenimiento de stocks es oneroso pero también su falta en el momento en que son necesarios provoca costes en la empresa” (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Los costos por faltantes, son los que se denominan costos de ruptura. En los casos de componentes o producto en proceso, se toman como los costos derivados de las paradas en la producción, producto no satisfactorio, horas extras, subcontrataciones, pérdidas de ventas, incrementos en los costos normales de producción, pérdida de imagen de marca, etc. Determinar una cifra con una buena exactitud para este tipo de costos puede llegar a ser muy difícil, por lo que muchas empresas trabajan con datos estimados, o rangos (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

- **Costo de Almacenar**

El hecho de adquirir inventarios representa un costo como capital ocioso, pero también debe considerarse los costos adicionales del espacio que ocupa (el alquiler de bodega o impuestos de edificios), los equipos para su conservación y/o manejo (almacenamiento y

manipulación), personal, energía, deterioro, pérdida o robo, etc. (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

- **Costo de Pedir**

Otros costos son los asociados a solicitar y recibir un pedido, entre los que se presentan los costos por documentación, inspección, manipulación, transporte, etc. Cuando se trata de los componentes o producto en proceso, estos costos representan los costos asociados a la preparación de maquinaria, cambio de partes, etc. (Domínguez Machuca, y otros, 2003). Las tecnologías de la información han ayudado a reducir los costos de pedir, pero en algunos casos pueden llegar a ser considerables o elevados.

“La inversión en inventario representa uno de los usos más grandes de capital en un negocio, más de 25% de los activos totales” (Thomas E. Vollmann, 2005). Por lo que de la necesidad de planificar los requerimientos de la producción surgen diversas técnicas que van evolucionado.

Así que para todas las empresas se hace necesario establecer cuáles son sus requerimientos de materiales, para no incurrir en costos innecesarios. La planeación de requerimientos de materiales “MRP” (Material Requirement Planning) por sus siglas en inglés, “tiene como objetivo gerencial suministrar la parte correcta en el momento exacto y poder cumplir con los programas de productos terminados ” (Thomas E. Vollmann, 2005), es decir, es una técnica que básicamente permite identificar con antelación que y cuantos recursos van a ser necesarios en cada momento para cumplir con los niveles de producción que se han pronosticado o demandado sin incurrir en excesos de inventario, tiempo extra, mano de obra u otros recursos.

Antes de que aparecieran las técnicas modernas de administración de materiales, las técnicas más populares que se usaban para la administración de inventarios eran los modelos de punto de reorden (ROP), que estaban vinculados a las técnicas para calcular las cantidades económicas de pedido, lo que llevaba al pensamiento tradicional que enseñaba que la menor inversión en inventario solo se lograba a costa de los niveles de servicio al cliente. (Hodson, 1996)

Debido a la incertidumbre en estos sistemas de punto de reorden (ROP) se utilizaban amortiguadores que podían llegar a ser muy grandes, lo que ocasionaba un incremento

en los costos y el *WIP (Work In Process)*. Era común encontrarse con que las existencias se agotaban o que por el contrario, los inventarios eran enormes. Esto repercutiendo por supuesto en incumplimientos a los clientes o en mayores costos de producción. A principios de la década de los años sesenta se volvió imperativo encontrar mejores técnicas de administración de inventarios y el MRP fue el comienzo de un nuevo conjunto de herramientas y técnicas que apoyadas en los desarrollos computacionales, dan otras alternativas para la administración de inventarios. “Es una técnica sencilla, que procede de la práctica y que gracias al ordenador, funciona y deja obsoletas a las técnicas clásicas” (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Planear los requerimientos de la producción con base en las capacidades existentes de la empresa, es algo importante, pero son muchos los datos involucrados y se requiere una gran cantidad de cálculos para su desarrollo; al realizarlos manualmente son comunes los errores y las demoras en su procesamiento. En los tiempos en los que aun las computadoras no habían alcanzado el nivel de popularidad que tienen hoy en día, los cálculos se hacían a intervalos programados, lo que provocaba que el sistema productivo no respondiera a tiempo, no ajustándose a la demanda (Chase, y otros, 2004); Por lo que se hace indispensable realizarlos a través de herramientas computacionales; es aquí donde se hace importante contar con herramientas que permitan realizar los cálculos necesarios rápidamente y exactamente.

Como respuesta a estas necesidades se han creado diferentes herramientas a través del tiempo:

- 60's MRP (*Material Requirements Planning*) Planeación de Requerimientos de Materiales
- 70's MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) Planeación de Recursos de Manufactura
- 90's ERP (*Enterprise Resource Planning*) Planeación de recursos empresariales
- 2000's ERM (*Enterprise Resource Management*) Gerencia de recursos empresariales

En los años sesenta surgen herramientas como la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP), gracias a que permite con base en los datos del Programa Maestro de

Producción (PMP) o (MPS) por su sigla en inglés "*Material Program Schedule*", definir cuánto, cuándo y qué, se debe producir para cumplir con los requerimientos de la demanda (Chase Richard B., 2000).

En los años setenta, aparece el MRP II que incluye todos los elementos del MRP y planifica los elementos para llevar a cabo el PMP "Programa Maestro de Producción", teniendo en cuenta las capacidades de la fábrica. Define cuánto y qué, se va a producir, y si hay recursos disponibles para producirlo (Wight, 1981).

En los años 90 esta tecnología da un salto de nuevo, con los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) para la planeación de recursos empresariales, en donde se reúnen las cualidades del MRP II con los negocios asociados a la producción y la distribución. Algunos software también permiten el manejo de planeación de producción, compras, inventarios, proveedores, etc. (Varela, 2008).

"Un ERP es un sistema que integra (o busca integrar) toda la información y los procesos informáticos de una organización" (Muñoz Negrón, 2009). Son muy eficientes para manejar las diversas transacciones de información que se realizan a la base de datos. (Thomas E. Vollmann, 2005)

La base de que parten los ERP es la contabilidad (finanzas, compras, inventarios, etc.) también usan la planeación de la producción, ventas, administración del recurso humano y otras fuentes de información; pero, todos estos datos son combinados en una única base de datos. "Empresas como Oracle y SAP ofrecen soluciones ERP estándar para empresas pequeñas y medianas (Pymes), aunque el precio de un ERP para una Pyme en América Latina puede variar mucho (entre los \$10.000 y \$500.000 dólares estadounidenses según Gonzáles y Dalmasso 2005" (Muñoz Negrón, 2009).

En la primera década del 2000 aparece el ERM (*Enterprise Resource Management*), para la gerencia de recursos empresariales, con todas las características de un ERP aplicadas a las redes empresariales manteniendo registro y control sobre los usuarios que acceden a las herramientas que el software provee, funcionando en múltiples plataformas (Windows, Unix, Linux, ...). Entonces los sistemas ERM, básicamente permiten gestionar todos los recursos de la compañía, tanto de asuntos referentes a la producción, logística, inventarios e incluso de recursos humanos y contabilidad (Atos Origin S.A., 2011).

Los fabricantes de software se han preocupado por desarrollar herramientas operativas, que se han ido popularizando gracias a la reducción de los precios de los computadores y a los avances en los lenguajes de programación (Benites Lopez, 2004). Lo que llevó a que los MRP se pudiesen implantar en más organizaciones. Otro factor que ha impulsado la popularización de los sistemas MRP ha sido la Internet, que ha permitido el compartir y comunicar lo que los usuarios de estos sistemas han aprendido, sus experiencias y los resultados obtenidos. (Chase Richard B., 2000).

También, aportando en el crecimiento de la utilización de la planeación de requerimientos de materiales, están las empresas industriales que buscan reducir los niveles de inventarios, incrementar la capacidad de producción e incrementar las utilidades (Gaither, 2000).

Es de todos conocido que los sistemas MRP (MRP II, ERP, ERM) son costosos, y no solo por el costo del software, también existen otros costos que las empresas usualmente no consideran al momento de su compra, como: capacitación, integración y prueba (con otras aplicaciones de software empresarial), conversión/entrada de datos (algunas veces los datos muestran problemas al transferirlos), consultoría (para el proceso de implantación), y otros. Que hacen que empresas como las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) no puedan acceder a estas herramientas y no sea viable su adquisición para fines académicos por parte de las instituciones universitarias.

2.1.2 Los sistemas MRP

Como se ha mencionado el MRP o MRP II responde a las preguntas de ¿QUÉ? , ¿CUANDO? y ¿CUANTO? Producir. Consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los productos terminados, componentes y materia prima; teniendo en cuenta el plazo de fabricación o de compra de cada uno de los artículos, lo que no se consideraba en los métodos tradicionales de gestión de inventarios.

Esto se hace con el fin de que las materias primas lleguen cuando se van a necesitar en la cantidad necesitada, se fabrica los subensambles y componentes y se entregan al punto requerido en proceso de producción cuando se necesitan y se embarcan los

productos finales para que lleguen cuando sean necesarios para los clientes (Gaither, 2000).

La técnica de MRP se utiliza en una amplia variedad de industrias con un ambiente de trabajo del tipo taller en donde se combinan múltiples componentes o en las que se fabrican componentes y luego se ensamblan para formar un producto terminado sea por un diseño Standard o con especificaciones según pedido del cliente, el cual se almacena en inventario para luego satisfacer las demandas de los clientes. Cabe anotar, que el MRP no funciona bien con organizaciones que producen pocas cantidades de productos al año y que estos son costosos y complejos, con alta inversión en investigación y diseño, debido a que los plazos tienden a ser muy largos e inciertos y la configuración del producto demasiado compleja (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

- **Ventajas del sistema MRP**

Aportes a la dirección y gestión de la empresa:

A la empresa le permite actuar anticipadamente, pues los programas que saca son integrados y pueden actualizarse; permitiendo además simular las consecuencias de cualquier evento sobre dichos programas.

Impacto sobre la información:

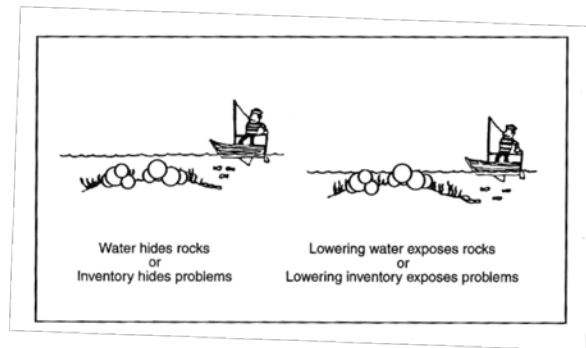
- El MRP puede detectar divergencias en la introducción y salida de datos.
- Se emplea una base de datos única en la que estos se introducen una sola vez, disminuyendo la probabilidad de error porque no se repite esta operación y no se necesitan muchos empleados para hacerlo.
- Se tratará de que los procedimientos para el manejo sean lo suficientemente claros de forma que cualquier persona que lo utilice lo entienda pueda practicarlo y aprenderlo.

Impacto sobre los inventarios:

Las claras mejoras en la programación, permiten acercarse al objetivo de disponer de los stocks necesarios justo a tiempo, por lo que se eliminan en gran medida los

stocks de seguridad y se aumenta la rotación de inventarios. Pero cuando los inventarios se reducen se exponen problemas que antes no se veían en diferentes áreas de producción en los proveedores, en las proyecciones de ventas, etc., como se ilustra en la **Figura 2-1**, (Miltengurg, 2005).

Figura 2-1 Ilustración sobre la reducción de inventarios. Fuente: (Miltengurg, 2005)



Impacto sobre la información y el nivel de servicio a clientes:

Gracias a la capacidad de programación se pueden conocer las fechas de emisión y entrega con mucha antelación, por lo que se puede proporcionar a un cliente una fecha prácticamente exacta de entrega de su pedido (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Impacto sobre la productividad del trabajo:

- Distribución más uniforme de las cargas de trabajo.
- Reducción de la frecuencia de las interrupciones.
- Mejor coordinación entre recepción de materiales y fabricación.
- Mejor programación de la producción.

Impacto sobre compras:

Reducción del papeleo mantenido por el personal de compras, mayor tiempo disponible para comprar, pues, al conocer las necesidades y sus fechas con mayor anticipación, puede negociarse con los proveedores, consiguiéndose contratos a largo plazo y comunicándoles las necesidades futuras de la empresa.

Impacto sobre los costos de transporte:

Los retrasos y urgencias en el cumplimiento de las fechas de entrega, así como la descoordinación entre producción e inventarios, hacen que se eleven en muchos casos los costos de transporte. Pero con la buena utilización de MRP esto se reduce drásticamente.

Otras ventajas:

- Mejora la posición competitiva de la empresa.
- Mejora el control de inventarios.
- Mejor estimación de los costos (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

• Desventajas del sistema MRP

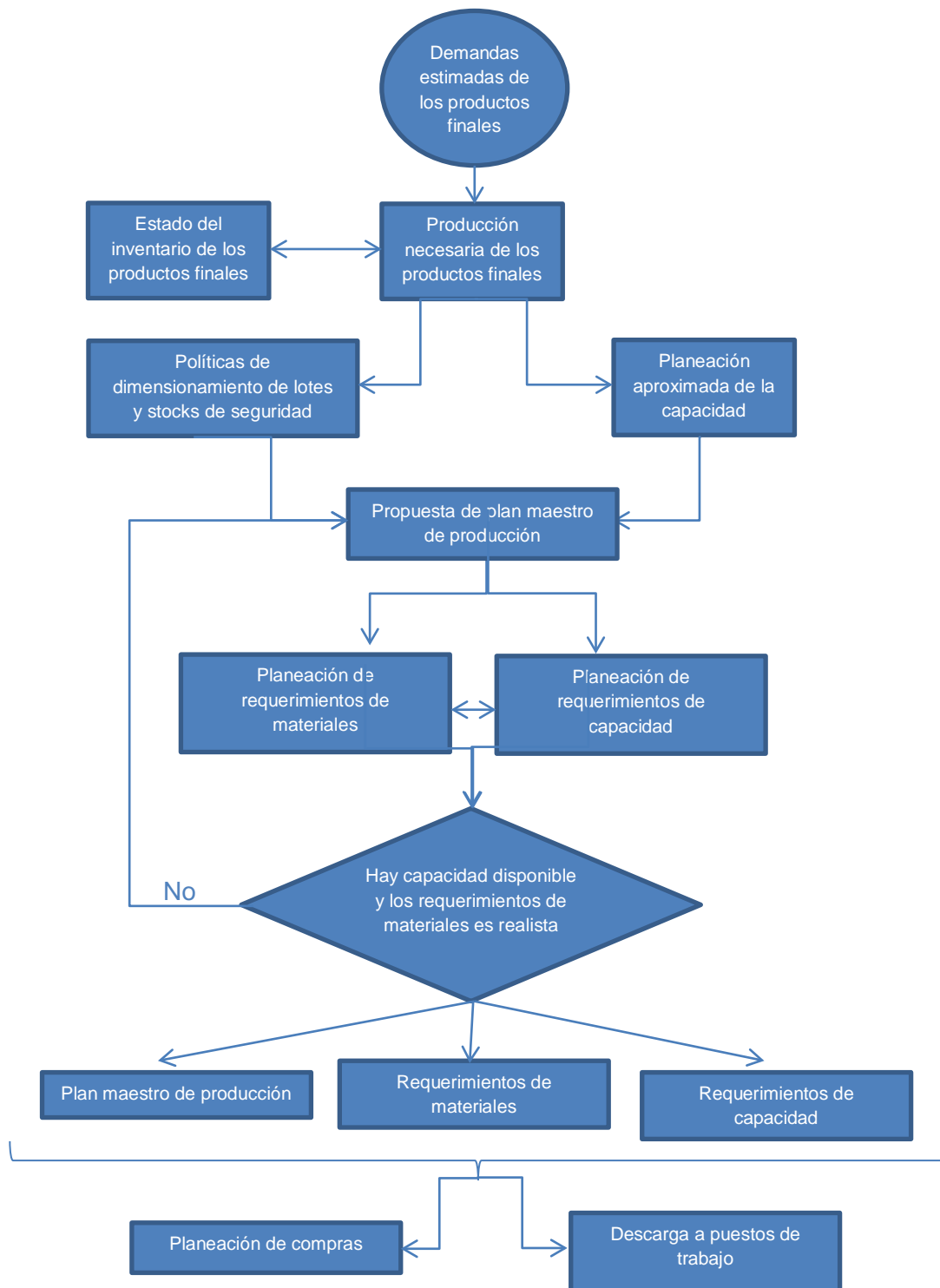
- La elaboración de programas de computador para la realización de un MRP es difícil y por lo tanto costosa para una pequeña empresa.
- Dificultad de la implementación debido a que el personal no identifica las ventajas y la importancia del MRP
- Defectos técnicos en el funcionamiento del programa (Domínguez Machuca, y otros, 2003).
- No considera fluctuaciones aleatorias en cantidades y plazos de compra y fabricación.

2.1.3 Estructura de un MRP

La estructura básica de un MRP se ilustra en la **Figura 2-2**, en la cual los pronósticos y órdenes de producción son tomados de la demanda independiente y la demanda dependiente para formar el plan o programa maestro de producción que en conjunto con la lista de materiales, estructura de producto o árbol de producto, también con el estatus del inventario sirven para saber qué cantidad de cada materia prima, componente y producto hay disponibles o ya se han usado (Thomas E. Vollmann, 2005), con el fin de obtener las necesidades de materiales (el plan de materiales) el cual es el soporte para el

cumplimiento del plan maestro de producción; que se utiliza para que las materias primas y componentes estén disponibles cuando el proceso de producción los demande, pero sin almacenar inventarios innecesarios (Muñoz Negron, 2009).

Figura 2-2 Estructura básica de un sistema MRP. Fuente: Adaptado de (Gaither, 2000)



Ampliando más en estos términos podemos definir:

2.1.4 Lead times o tiempos de suministro (TS)

Son diversas las definiciones que aparecen en los textos al respecto y varían un poco dependiendo del autor, pero pueden definirse como el tiempo que transcurre entre el momento en que se solicita un pedido y el momento de su llegada. Esto aplica tanto para las materias primas, que son solicitadas por la empresa al proveedor, donde el Lead Time se determina con base en la información histórica de las entregas del proveedor (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Como para el caso de componentes o producto en proceso y el producto terminado, que se pueden considerar pedidos internos (fabricados por la propia empresa), donde el Lead Time sería el tiempo que transcurre desde que se detecta la necesidad hasta que está disponible (Domínguez Machuca, y otros, 2003)

En cualquier caso deben existir esfuerzos por parte de la empresa para reducir los Lead Times, con el fin de incrementar la velocidad de respuesta, sea con el cliente final o con lo que se podría llamar el cliente interno, en el caso de los pedidos internos (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

Este es un dato que debe definirse lo más exactamente posible y debe reflejar la realidad, aunque su cálculo suele ser complicado. Algunas empresas suelen utilizar como base los datos históricos, aunque también se usan “la media móvil o algún otro procedimiento dinámico” (Domínguez Machuca, y otros, 2003).

2.1.5 Demanda

La demanda es influida por factores que están fuera del alcance de las decisiones de la empresa, estos factores que inducen variaciones de forma aleatoria, pero que se analizan basándose en datos históricos; tratando de crear unas proyecciones o pronósticos para determinar cómo podría comportarse en el futuro. (Thomas E. Vollmann, 2005)

Para la realización de cálculos en el MRP se hace necesaria los registros período a período, es decir, la semana anual, trimestral, mensual, semanal o diaria, según sea el caso particular para cada empresa (Thomas E. Vollmann, 2005).

La demanda independiente

Es la demanda sobre la cual no tiene control la empresa. No tiene relación con la demanda de los artículos, como los pedidos de piezas de servicio “repuestos”, así que es ajena a las decisiones de la empresa por lo tanto la demanda de los productos terminados también es una demanda independiente puesto que depende del cliente aunque la empresa puede influir en la decisión de compra a través de la publicidad, la decisión final de compra no depende de la empresa. (Thomas E. Vollmann, 2005)

La demanda dependiente

Es la demanda sobre la cual la empresa puede ejercer algún control, como en la demanda de los ítems del inventario (las materias primas y los componentes), sobre los cuales influye el control a través del diseño de productos y el plan maestro de producción. (Thomas E. Vollmann, 2005)

Pronósticos de demanda

Las empresas industriales tienen que hacer planes para el futuro, para hacer frente a las variaciones de la demanda de sus productos; para así mismo programar la producción con base en el mercado, los recursos económicos y otros factores. El proceso de pronóstico incluye el estudio de datos históricos para descubrir sus patrones y tendencias fundamentales (Hanke, y otros, 1996).

La previsión y planificación suele basarse en lo ocurrido en el pasado y los escenarios presentes y futuros, por lo tanto, generalmente el tiempo es una de las variables más importantes, ya que para estimar el valor de una variable o predecir su valor en el futuro se requiere el comportamiento de ésta en el pasado y en el presente (Canavos, 1986).

2.1.6 Plan o Programa maestro de producción (PMP) o (MPS)

Por su sigla en inglés “MPS” (*Master Production Schedule*) es la declaración de lo que se va a producir; especificando que productos se van a producir, el tiempo en que se producirán y también la cantidad; esto con base en los estudios de la demanda. Pero, el programa maestro de producción no es una declaración de la demanda, ésta es una entrada importante para el proceso de planeación que determina el PMP (Thomas E. Vollmann, 2005).

El PMP determina que se va a suministrar para cumplir con la demanda futura; no es un pronóstico de la demanda, es el plan responsable de cumplir con los requerimientos de demanda. (Thomas E. Vollmann, 2005)

Los pronósticos de demanda son una entrada para el PMP, que también debe tener en cuenta, los factores comerciales, limitaciones de capacidad, los costos de producción, recursos de personal, transporte, etc. y la planeación de ventas y operaciones. Siendo el eslabón que une el mercado con la manufactura. (Thomas E. Vollmann, 2005)

Otro aspecto importante del PMP es las unidades de tiempo que utiliza puesto que en lo que respecta al tiempo, se selecciona una unidad que permita definir las fechas programadas de manera organizada pero no excesivamente detallada, por lo general se selecciona la semana de trabajo como unidad de tiempo. Es de tener cuidado en la elección de la unidad debido a que entre más detallada sea esta, mayores serán los requerimientos de información y mayores las complicaciones para la actualización del sistema, este sería el caso de utilizar el día laboral como unidad de medida del tiempo.

2.1.7 Lista de materiales (BOM)

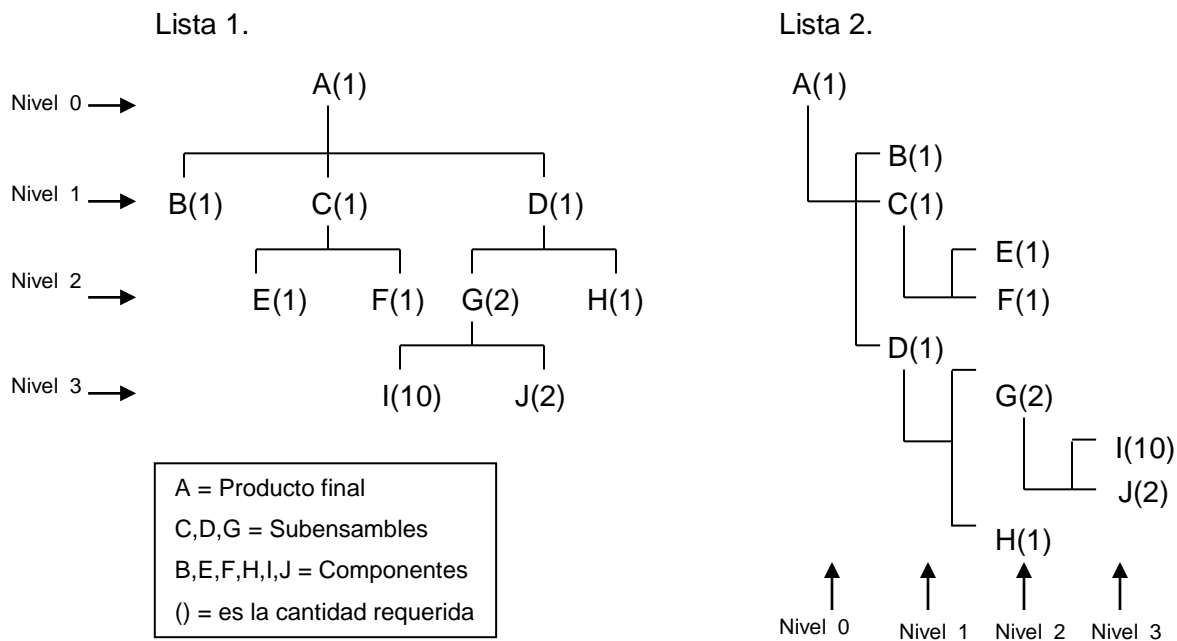
Por su sigla en inglés (*Bill of materials*) o para algunos autores también es conocida como el patrón original de definición del producto, estructura del producto o árbol de producto. Es donde se define la relación entre el producto final y los subensambles y la

relación de los subensambles con otros subensambles o con las materias primas que los componen.

“Los productos terminados y los subensambles se llaman padres y los componentes y subensambles que se usan para fabricarlos se llaman hijos. El subensamble es el hijo del producto terminado o del subensamble padre y un padre para los subensambles y componentes hijos. Cada relación jerárquica entre padre e hijo es un nivel de la lista.” (Hodson, 1996)

En la **Figura 2-3** se pueden observar un ejemplo dos listas de materiales que son la misma lista, pero una (Lista 1) es horizontal y la otra (Lista 2) es vertical, estas son listas de materiales de tres niveles:

Figura 2-3 Ejemplo de árbol de producto, estructura de producto, definición de producto o lista de materiales (BOM). Fuente: (Hodson, 1996)



Como se ilustra en la **Tabla 2-1**, para un pedido de 10 piezas de a se requiere:

Tabla 2-1 Requerimientos de componentes para la elaboración de un pedidos de 10 unidades de Producto A. Fuente: **(Hodson, 1996)**.

B	10	piezas
C	10	piezas
E	10	piezas
F	10	piezas
D	10	piezas
G	20	piezas
I	200	piezas
J	40	piezas
H	10	piezas

Para que el MRP sea confiable es imprescindible una descripción muy precisa de las existencias en cada instante de tiempo, entonces la información del estado de los inventarios ha de ser muy completa, coincidiendo en todo momento las existencias teóricas con las reales.

2.1.8 Lógica de cálculo de un MRP

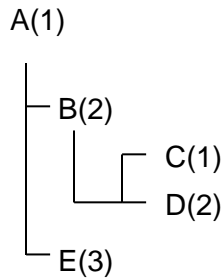
El programa de cómputo de un MRP opera de la siguiente manera:

- Basándose en el PMP o MPS determina la cantidad de productos finales necesarios para cada período de tiempo. Ubicándolos de acuerdo a los tiempo de producción necesarios para cada producto.
- Se determinan los requerimientos de los componentes y materias primas basándose en el paso anterior y la lista de materiales (BOM).
- Se consulta los niveles de inventarios tomando en consideración las cantidades existentes y en pedidos y se calculan los requerimientos netos de materiales.
- Finalmente, se colocan los pedidos en períodos anteriores tomando en cuenta los plazos en cada etapa del proceso productivo y los tiempos de entrega de los proveedores. (Gaither, 2000)

Un ejemplo sencillo de calcular un MRP es:

Se requiere según el PMP, 100 unidades de Producto A en la semana 7. La estructura del producto A se ilustra en la **Figura 2-4**:

Figura 2-4 Árbol de producto A. Fuente: Adaptado de **(Chase Richard B., 2000)**.



() = es la cantidad requerida

Los Lead times o plazos para los componentes y materias primas, se puede observar en la **Tabla 2-2**.

Tabla 2-2 Lead Times para los componentes de Producto A. Fuente: Adaptado de **(Chase Richard B., 2000)**.

Producto componente	o	Lead times o plazos
A		1
B		2
C		2
D		4
E		3

El primer paso es calcular es que cantidad de cada componente que se requiere para las 100 unidades de A, como se muestra en la **Tabla 2-3**:

Tabla 2-3 Cantidades requeridas de componentes para 100 unidades de Producto A.
Fuente: Adaptado de (Chase Richard B., 2000).

COMPONENTE	UNIDADES PARA 1	UNIDADES PARA 100
	UNIDAD DE A	UNIDADES DE A
B	2	200
C	2	200
D	4	400
E	3	300

Luego se procede a desarrollar el MRP, como se ilustra en la **Figura 2-5**:

Figura 2-5 Ejemplo de desarrollo de un MRP. Fuente: Adaptado de (Chase Richard B., 2000).

		Semanas						
		1	2	3	4	5	6	7
A	Fecha en que se requiere							100 ^a
	Fecha de colocación del pedido						100	
B	Fecha en que se requiere						200	
	Fecha de colocación del pedido				200			
E	Fecha en que se requiere						300	
	Fecha de colocación del pedido				300			
C	Fecha en que se requiere				200			
	Fecha de colocación del pedido	200						
D	Fecha en que se requiere				400			
	Fecha de colocación del pedido			400				

Pasos, según como se ilustra en los numerales de la **Figura 2-5**:

- a) Se hace la colocación del pedido del producto A en la semana 6 ya que se necesita en la semana 7 y el plazo o Lead time es de 1.
- b) Debido a que para hacer 100 unidades de producto A se necesitan 200 unidades del componente B y 300 de C, se colocan estos requerimientos en la semana 6.
- c) Se ubica los requerimientos de B y E según los Lead time de 2 y 2 semanas respectivamente.
- d) Debido a que para hacer 200 unidades del componente B se necesitan 100 unidades de componente C y 400 de D, se colocan los requerimientos en la semana 4.
- e) Se ubican los requerimientos del componente C tres semanas antes debido a su Lead time de la semana 4, es decir, se hace la colocación del pedido de 200 unidades en la semana 1.
- f) Y para el componente D, el Lead time es de 1 por lo que se coloca un pedido de 400 unidades en la semana anterior.

Lo anterior quiere decir, que se necesita tener 200 unidades de C en la semana 4 y deben ser pedidas desde la semana 1 y se necesitan 400 unidades de D en la semana 4 y deben ser pedidas en la semana 3, con el fin de empezar a producir 200 unidades del componente B en la semana 4 para que estén listos en la semana 6 en la que también se necesitan 300 unidades del componente E que deben ser pedidos desde la semana 4 para que en la semana 6 se empiece la producción de los 100 productos a que se requieren en la semana 7.

Con el ejemplo anterior se evidencia que el proceso manual de un MRP más complejo es demasiado arduo, por lo que se hace necesario el uso de los computadores.

2.1.9 Dimensionamiento de lotes y costos

En los MRP se obtiene la información concerniente a los requerimientos de materiales, estos son suministrados por los proveedores y están ligados a unos costos inherentes, así que se debe enfrentar la decisión de cuanto pedir esperando obtener el menor costo posible; a esto se le conoce como dimensionamiento de lotes y para ello se han desarrollado diversas técnicas. (Thomas E. Vollmann, 2005)

En las empresas en que se produce bajo pedido del cliente, los lotes son pequeños y por lo contrario en las empresas que producen productos estándar, los lotes son mayores debido a que se produce para inventario.

Los lotes grandes tienen las ventajas de que generan menores costos en cambios de máquina, es menor el costo de colocación de pedidos ya que se hacen menos y en las compras grandes los proveedores por lo general ofrecen descuentos, pero el tener grandes inventarios en la fábrica aumenta los costos por almacenamiento.

En cuanto a los lotes pequeños los costos de almacenamiento son bajos, se reduce el riesgo de obsolescencia, es decir, si se cambia un diseño por otro y el nuevo no requiere los materiales del anterior; si hay lotes pequeños no es tan grave, pero si hay lotes grandes se tendría mucho de un material que no se necesita. También el inventario en proceso es menor y los pedidos de los clientes generalmente se producen más rápido.

Entonces el gerente de operaciones enfrenta la decisión de elegir si usa lotes pequeños o grandes, así que se debe llegar a una cantidad adecuada, ni muy pequeña ni muy grande y para esto existen diferentes métodos para determinar los lotes que van desde ordenar según se requiera (lote por lote) hasta reglas sencillas de decisión.

El primer dato que se necesita es contar con el PMP, el cual no refleja la demanda, sino la producción requerida período a período no necesariamente siendo constante, incluso, pueden existir períodos sin requerimientos. La base de tiempo en que se plantean los MRP por lo general es diaria o semanal (Thomas E. Vollmann, 2005).

- **Dimensionamiento de lotes de lote por lote (LFL)**

También su sigla suele ser LL o L4L dependiendo del autor. Consiste en que el tamaño del lote es el tamaño de los requerimientos del PMP para el período. Produce exactamente lo necesario cada semana sin tener que trasladar a períodos futuros, minimiza el costo de mantenimiento y no tiene en cuenta los costos de preparación ni las capacidades. Por lo general obtiene un costo menor al del EOQ y similar al del POQ.

(Chase, y otros, 2004)

- **Dimensionamiento de lotes de cantidad económica de pedido (EOQ)**

“Ya que los sistemas de MRP por lo común se plantean con base diaria o semanal, el tiempo afecta las suposiciones hechas al utilizar los procedimientos de MRP para cálculo de tamaño de lote” (Thomas E. Vollmann, 2005).

El EOQ supone que el costo de pedido por unidad no depende de la cantidad que se pida, lo que no corresponde a la realidad puesto que los proveedores usualmente ofrecen descuentos en diferentes cantidades de pedido. Por lo tanto los gerentes de operaciones usualmente especifican el tamaño mínimo de lote para los cálculos haciendo coincidir éste con las promociones de los proveedores. También, supone que la demanda de un material es uniforme de una semana a otra, que los requerimientos para cada período, deberán estar disponibles al principio del mismo y que no puede retrasarse la orden (Thomas E. Vollmann, 2005)

Para su cálculo se utilizan los datos de la demanda anual total, los costos de preparación de pedidos y el costo de almacenamiento anual. Se realizan según la **Formula 2-1**:

Formula 2-1 **Formula EOQ**. Fuente: (Gaither, 2000)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \text{Demanda}_{\text{anual}} \cdot \text{Costo}_{\text{de}_{\text{preparacion}}}_{\text{de}_{\text{pedido}}}}{\text{Costo}_{\text{de}_{\text{almacenamiento}}} \cdot \text{Numero}_{\text{de}_{\text{periodos}}}_{\text{al}_{\text{año}}}}$$

D = Demanda anual, la cual se obtiene generalmente sumando las demandas y dividiéndolas entre el número de períodos, y luego multiplicando por el número de períodos al año.

- **Dimensionamiento de lotes de cantidad periódica de pedido (POQ)**

Se denomina de cantidad de orden periódica POQ, por sus siglas en inglés (*Periodic Order Quantity*). Este método se trata de que los lotes de producción sean iguales a los requerimientos netos para los períodos POQ calculados. Es usado como “una manera de reducir el alto costo de mantenimiento de inventario asociado con los tamaños fijos de lotes” (Thomas E. Vollmann, 2005)

El procedimiento requiere ordenar los requerimientos para un intervalo de tiempo P determinado, El cálculo del POQ se realiza usando el EOQ, a través de la **Formula 2-2**:

Formula 2-2 Formula POQ. Fuente: (Gaither, 2000)

$$POQ = \frac{\text{Cantidad_de_periodos_por_año}}{\text{Cantidad_de_pedidos_por_año}} = \frac{\text{Cantidad_de_periodos_por_año}}{\left(\frac{\text{Demanda_anual}}{EOQ} \right)}$$

Lo importante es comprender que el método para dimensionar un lote con el menor costo posible depende de los costos y la demanda del sistema de producción con que se esté tratando (Thomas E. Vollmann, 2005).

2.1.10 Capacidad

Se define capacidad como la cantidad de unidades de un producto, materia prima o componente que pueden recibirse, almacenarse o producirse en un almacenamiento u operación determinado en determinado período de tiempo. (Heizer, y otros, 2006)

La capacidad determina si se puede llegar a cumplir con los pronósticos de la demanda o si las instalaciones estarán subutilizadas. Si hay subutilización la instalación inactiva

añadirá costos a la producción y si no se cumple con la demanda pueden perderse clientes y en algunos casos pueden perderse mercados (Heizer, y otros, 2006).

La capacidad puede analizarse a largo, mediano y corto plazo. A largo plazo serían períodos de más de un año para generalmente añadir instalaciones y equipos, a mediano plazo sería para períodos entre tres meses a 18 meses, donde se presentan modificaciones políticas (subcontrataciones), en equipos, personal y turnos de trabajo. A corto plazo comprende un período de hasta tres meses, donde principalmente abarca la programación de trabajos, personal y maquinaria. “Resulta difícil modificar la capacidad a corto plazo; se está utilizando la capacidad que ya existe” (Heizer, y otros, 2006).

- **Capacidad diseñada o proyectada y capacidad efectiva o real**

La capacidad diseñada o proyectada, es la capacidad máxima teórica del sistema de producción en un período de tiempo definido, por ejemplo, la cantidad de toneladas de acero que se pueden producir por semana, por mes o por año; obviamente expresadas en el período de tiempo en que se realizan los cálculos para el MRP.

Algunas empresas usan una medida sencilla, la cantidad de producto o componente producido en un período de tiempo “(número de coches/semana, número de barriles de cerveza/semana, etc.)” (Domínguez Machuca, y otros, 2003). Lo que permite crear comparaciones entre la disponibilidad de capacidad y el PMP, pues estarían expresados en las mismas unidades.

Pero, en algunos casos la determinación de la capacidad no es tan simple, por ejemplo, “camas de un hospital, miembros activos (una iglesia), o el tamaño de un aula (un colegio). Otras organizaciones utilizan el tiempo total de trabajo disponible como medida de la capacidad global” (Horas / hombre u Horas / Maquina) (Heizer, y otros, 2006).

La elección de una unidad de medida para la capacidad puede llegar a ser complicado, dependiendo de la configuración productiva, variedad de producto, políticas de pedidos, etc. En algunos casos se puede utilizar una medida agregada, por ejemplo “el número

de muebles por semana o los metros de tela confeccionados al día” (Domínguez Machuca, y otros, 2003). Las cuales son medidas que expresan las cantidades de diversos productos. Un último recurso es la definición en unidades monetarias de producción o venta.

Hay empresas que entonces, se inclinan por seleccionar unidades de medida como los recursos clave empleados en la obtención de los diferentes productos o servicios, tales como las horas de mano de obra o de una máquina o centro de trabajo. (Domínguez Machuca, y otros, 2003)

Muchas empresas usan su capacidad a un nivel menor al de la capacidad proyectada. “Se debe a que han descubierto que pueden trabajar de modo más eficiente cuando sus recursos no se fuerzan al límite.” (Heizer, y otros, 2006). Lo que se denomina capacidad efectiva, es decir, la capacidad real que se alcanza dadas las limitaciones operativas.

De aquí se puede inferir la medida de utilización o porcentaje efectivamente alcanzado de la capacidad por diseño, el cual se define como:

Utilización = Producción real/capacidad proyectada (Heizer, y otros, 2006)

- **Capacidad y demanda**

Es difícil encontrar casos en los que la capacidad real disponible de la empresa se ajuste bien a la demanda real existente, puede ser que hay mayor demanda que capacidad o que hay mayor capacidad que demanda. “Cuando la demanda excede a la capacidad la empresa puede reducir la demanda simplemente con un incremento de precios” (Heizer, y otros, 2006) y cuando “la capacidad es mayor que la demanda la empresa puede intentar estimular la demanda mediante reducciones de precios o un marketing agresivo, o introduciendo cambios en sus productos” (Heizer, y otros, 2006).

La capacidad disponible se debe calcular para condiciones normales de producción teniendo en cuenta el número de turnos por jornada, horas por turno, jornadas por semana, trabajadores por turno, etc. No condiciones óptimas, pues no reflejarían la realidad del volumen que podría ser logrado en circunstancias normales en cada período de tiempo. (Miguel Angel Dominguez Machuca, 1995)

“Esta medición de la Capacidad Disponible, en horas estándar, permite una comparación más exacta y homogénea con la Carga Planificada para los casos más complejos de Planificación y Control de la Producción” (Domínguez Machuca, y otros, 1995).

- **Calculo de requerimientos de capacidad en puestos de trabajo**

Esta es una parte importante de las funciones de los cálculos de un MRP, debido a que se pueden determinar con antelación los requerimientos de mano de obra y maquinaria en cada puesto de trabajo de acuerdo a las necesidades de producción.

Debe existir correspondencia entre la capacidad requerida para ejecutar el plan de materiales y la capacidad existente del sistema, de lo contrario sería imposible ejecutar el plan. De lo contrario es necesario replantear las capacidades del sistema o cambiar el plan de materiales.

Una de las técnicas existentes para la planeación de la capacidad, es la planeación de la capacidad usando factores globales.

- **Planeación de la capacidad usando factores globales (PCFG):**

Esta es una técnica sencilla para la planeación burda de la capacidad, donde los datos de entrada proceden del plan maestro de producción (PMP o MPS) más que de los planes detallados de materiales. Su funcionamiento se basa en factores de planeación derivados de estándares o de datos históricos y cuando estos son aplicados al PMP se pueden estimar los requerimientos generales de materia prima o de capacidad en horas máquina (**Gaither, 2000**).

2.1.11 MRP II

Debido a que el MRP I suponía una capacidad infinita en las instalaciones de manufactura como en la capacidad de los proveedores, y esto no coincidía con las condiciones reales, se necesitaban ajustes en los programas y los datos de entrada o se hacía necesaria una serie de herramientas adicionales para la ejecución del plan de materiales (Hodson, 1996)

A principios de los años ochenta, aparece el término de MRP II el cual no solo abarca las funcionalidades del MRP I sino que también se encarga de gerenciar las capacidades del sistema de producción para dar como resultado un plan de materiales y colocación de pedidos más realista. Estas nuevas habilidades se conocen como CRP (Control de requerimientos de capacidad) y el SFC (Control del piso del taller).

En los años noventa se presenta una nueva generación de MRP II en la que se solventan los problemas de los antiguos MRP y MRP II los cuales tenían una interfaz de usuario difícil de usar, con una mala integración de sus componentes, carencia de actualización en tiempo real e imposibilidad para ejecutarse online (Luber, 1998)

La aparición de la nueva generación de MRP II tardó debido a las dificultades que demanda el desarrollo de un MRP II y al retraso en la evolución de software de desarrollo en la época de los ochenta. Pero a principios de los noventa la revolución de los ordenadores y la aparición de la interfaz gráfica de usuario (GUI, *Graphic User Interface*) hicieron que los usuarios cambiaran sus expectativas con respecto a cómo debía ser el software; y los desarrolladores tuvieron que responder a estas expectativas de facilidad de uso. (Luber, 1998)

- **La arquitectura de sistemas abiertos:**

No hay en si una definición aceptada acerca de lo que es un sistema abierto, pero este término se usa para describir una aplicación con los siguientes atributos:

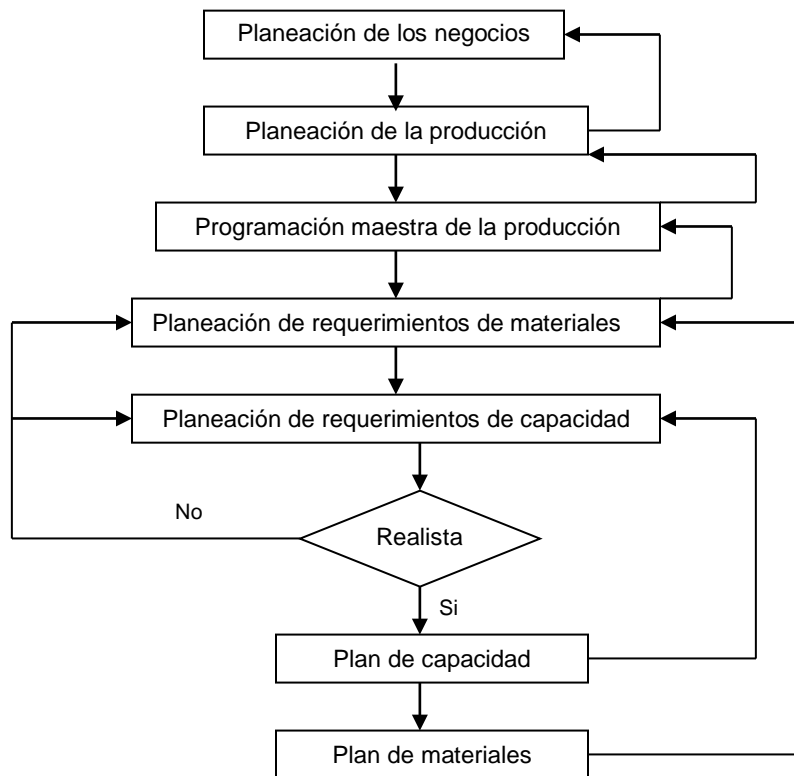
- La aplicación proporciona independencia del hardware, es decir, no es necesario que corra en un ordenador de una marca específica o con un hardware especialmente diseñado para que funcione la aplicación. La aplicación debe funcionar en un ordenador con características normales (El computador de la oficina o el hogar).

- La aplicación puede integrarse con otras fácilmente, en el programa desarrollado en este proyecto, se presenta una integración con el programa Microsoft Excel para graficar, exportar y copiar los resultados de los MRP que se realicen y Microsoft Access para guardar y manipular bases de datos, también cuenta con la capacidad de consulta (Queries) a diferentes tipos de bases de datos como SQL Server, XML, Excel (Libros, consultados como base de datos).

- La aplicación puede usarse conjuntamente con una amplia variedad de herramientas de terceros para escribir informes y soportar decisiones. Esto, también se cumple en el programa desarrollado, debido a que los resultados exportados o copiados, pueden usarse en los diferentes programas de Microsoft Office u otros similares para crear informes o presentaciones con ellos (Luber, 1998).

Aun con los perfeccionamientos técnicos en el área de los MRP II, estos todavía están basados en las filosofías empresariales de la antigua generación.

La estructura básica de un MRP II se puede observar en la **Figura 2-6**. En el cual el programa maestro de producción trata de equilibrar la demanda con la capacidad de producción de acuerdo a los objetivos de la organización, así que hay una retroalimentación entre la planeación de la producción, el plan maestro de producción, la planeación de capacidad y el plan de requerimiento de materiales; para así, generar datos realistas que se acomoden a las necesidades y capacidades del mercado y la empresa.

Figura 2-6 Estructura MRP II. Fuente: (Hodson, 1996)

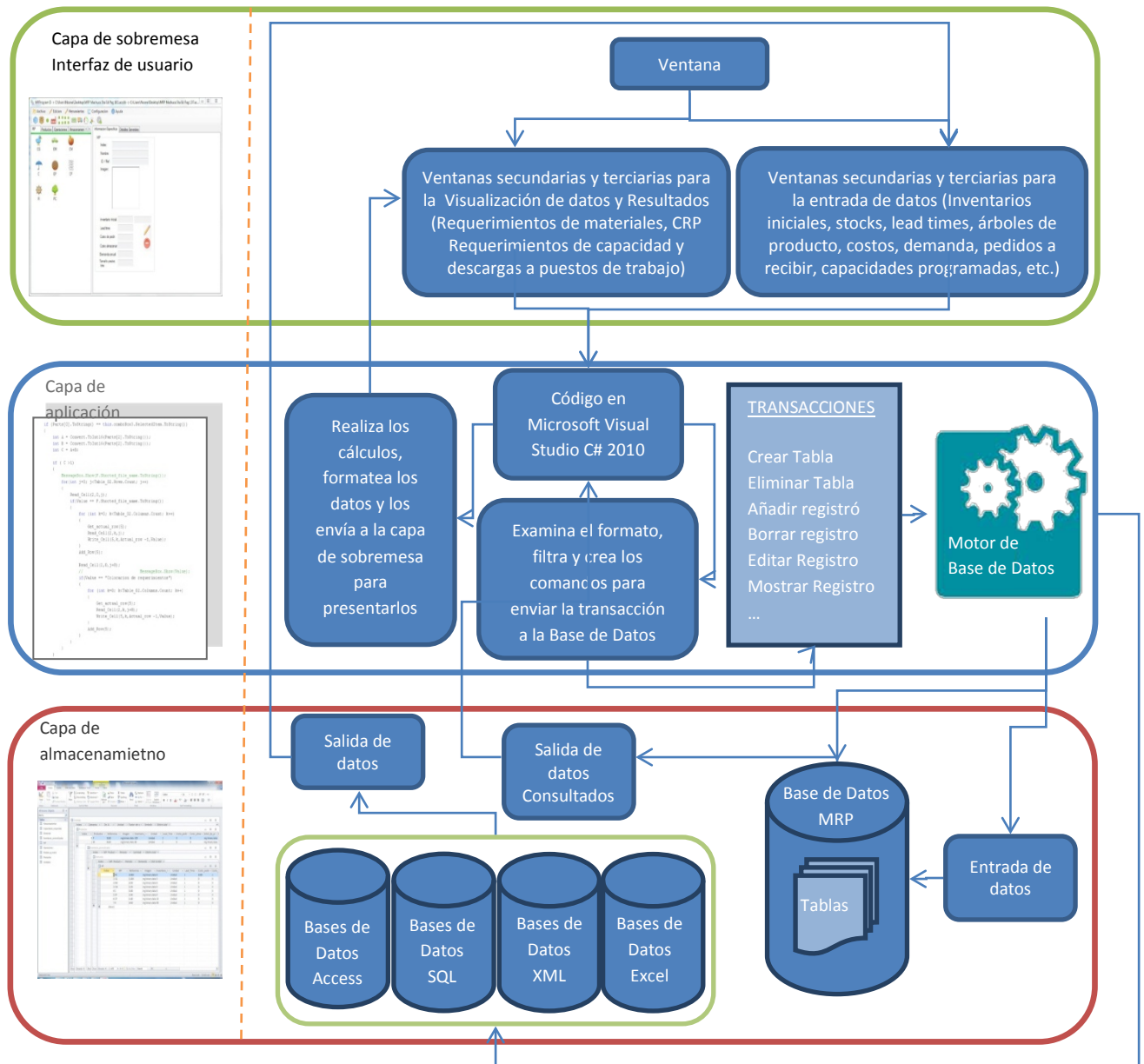
La nueva generación de MRPII debe incluir tres innovaciones técnicas importantes, que son:

- La arquitectura de aplicación de tres capas
- La conexión gráfica de usuario
- La arquitectura abierta de sistemas

- **La arquitectura de aplicación de tres capas:**

Esto se refiere al modelo conceptual para el desarrollo de la aplicación, en la cual aparecen tres capas como se ilustra en la **Figura 2-7**.

Figura 2-7 Arquitectura de 3 capas. Fuente: Elaboración propia.



• **Interfaz de usuario:**

Es la capa con la que interactúa el usuario, en la cual a través de iconos y texto se relaciona el programa principalmente con el uso del “mouse” y el teclado. En esta se introducen/presentan los datos al usuario en diversos formatos a través de números,

texto, imágenes y gráficos. Permite que el usuario navegue por el programa con el uso de menús, íconos y mandos.

La interfaz gráfica de usuario:

“Desde la perspectiva del usuario final, el desarrollo más importante de la generación de sistemas MRPII es la conexión gráfica de usuario (porque es el desarrollo más visible).” (Luber, 1998)

La conexión gráfica de usuario da al programa de MRP II una facilidad de uso que va de la mano con el sistema operativo del ordenador, por lo general Windows, que se basa también en el uso de este tipo de interfaz. Ya el usuario no debe recordar códigos para ejecutar el programa, solo con el uso del mouse y la representación gráfica de las herramientas y datos en el programa el usuario puede navegar por este.

- **La capa de aplicación:**

Esta contiene la lógica con la que se desarrollan los cálculos de la aplicación acorde a los procedimientos lógico- matemáticos previamente establecidos.

- **La capa de almacenamiento:**

Permite la entrada y salida de datos del programa, asegurando que estos no se pierden y tengan el formato adecuado, además que sean almacenados en el lugar correcto.

Base de datos:

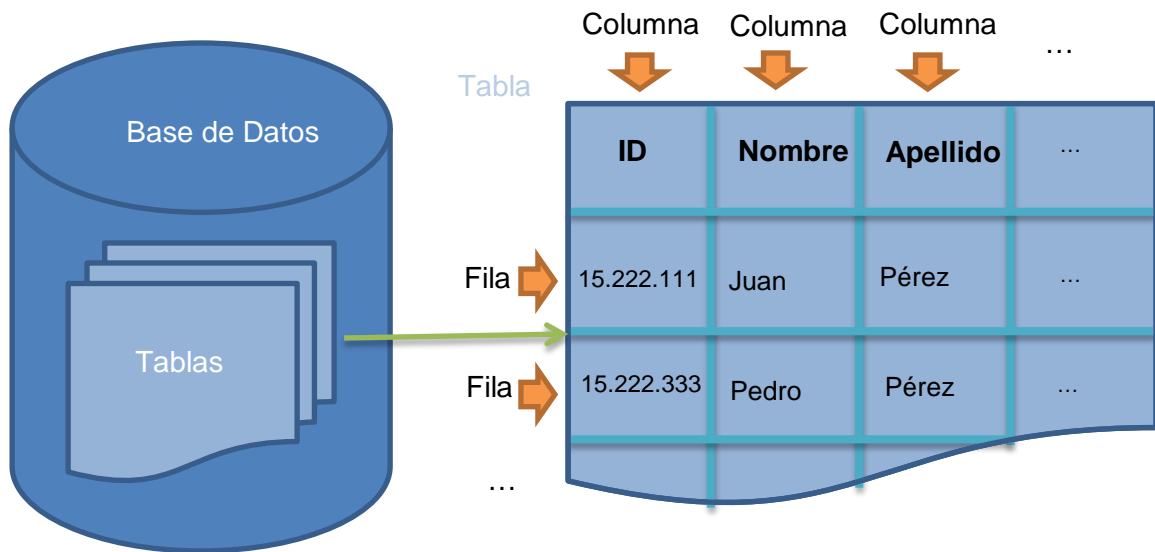
Las bases de datos (BD) son un conjunto de datos almacenados de manera ordenada de manera estructurada para que posteriormente se puedan encontrar y utilizar (Wikipedia, 2011).

Los datos son almacenados de modo que se permite la manipulación de éstos de forma digital; cada base de datos consta de una o más tablas en donde se guardan los datos, a la vez que estas tablas están compuestas por columnas y filas (Valdés, 2007).

Cada columna o “campo” de la tabla contiene la información de un dato en específico de la tabla; y no pueden existir 2 columnas con el mismo nombre, por ejemplo si se guarda

la información de los datos personales de los clientes en una tabla las columnas representarían la información de nombre, dirección, teléfono, e-mail, etc. y cada fila de la tabla conforma un registro; las tablas pueden contener cero “0” o más filas, en donde cada fila en la tabla representaría por ejemplo la información de un cliente. (Microsoft, 2006) Como se ilustra en la **Figura 2-8**.

Figura 2-8 Estructura básica de una base de datos. Fuente: Elaboración propia.



Todos los datos en una columna tiene el mismo tipo de datos, por ejemplo, todos los nombres en la columna de nombre que se ilustran en **Figura 2-8**, son datos del tipo texto, y todos los datos de la columna de identificación “ID” son números de cédula con el mismo formato, algunas columnas pueden permitir que el usuario no introduzca un valor para ese dato lo que recibe el nombre de “Valor Nulo (NULL)”, por ejemplo en el caso del e-mail, puede haber casos de personas que no posean una dirección de e-mail, pero en algunas otras columnas es esencial que no se acepten valores nulos, como en el caso de la identificación “ID”, ya que es un valor único que permite identificar a cada cliente (Microsoft, 2006).

En una tabla, es usual que una columna sea la clave principal, es decir una columna que permite identificar de manera única cada fila de la tabla, por lo que no pueden haber dos valores en las filas de esa columna con el mismo valor, por ejemplo en la tabla que se ilustra en la **Figura 2-8**, la columna de identificación “ID” puede ser la clave principal, ya

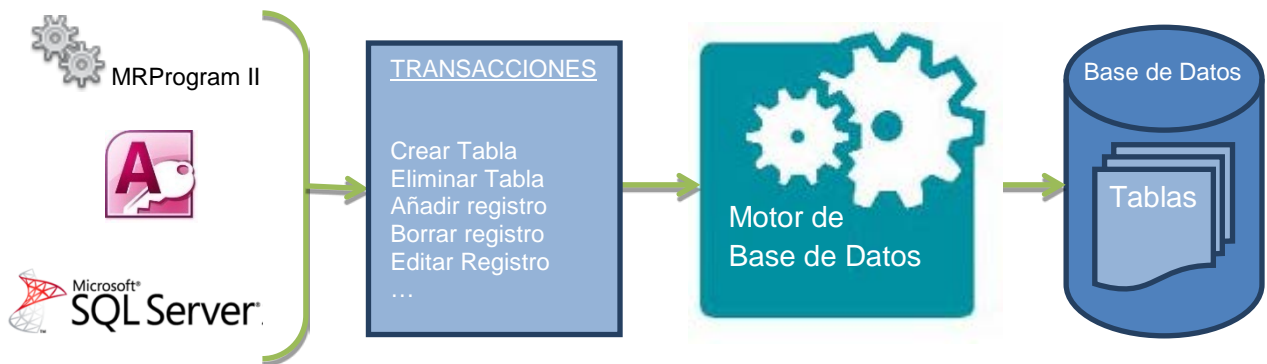
que no pueden haber dos personas “Clientes”, con el mismo número de cédula (Microsoft, 2006).

Esto también ayuda a evitar que haya más de una copia con el mismo dato, lo que se denomina “Redundancia de Datos”, lo cual se hace necesario para ahorrar espacio físico al momento de guardar los datos y también para poder modelar relaciones entre los datos de una tabla con otra (Valdés, 2007).

Motor de base de datos

El motor de base de datos es un servicio informático a través del cual un programa puede almacenar, borrar, procesar y proteger datos, como se ilustra en la **Figura 2-9**, este controla el acceso a los datos y procesa las transacciones (Añadir fila con datos, borrar fila con datos, actualizar información en una fila con datos, etc.) de manera rápida para dar cumplimiento a las necesidades de las aplicaciones que consumen los datos de la base de datos (Microsoft, 2011).

Figura 2-9 Motor de base de datos. Fuente: Elaboración propia.



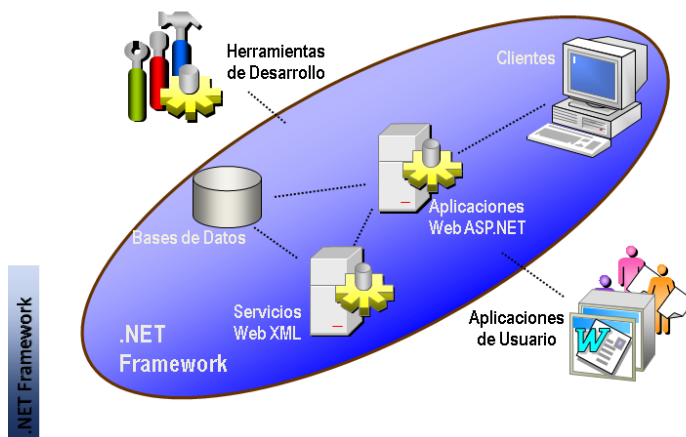
Existen distintos motores de bases de datos, creados por diferentes fabricantes por ejemplo *SQL Server*, *Access Data Base Engine*, *MySQL engine*, y otros. El motor usado por el software que se presenta en este proyecto es “*AccessDatabaseEngine*” que es distribuido a través de la página web de Microsoft, lo que permite el funcionamiento del programa “MRProgram II” aún en computadores donde no está instalado el programa Microsoft Access.

Otro de los requisitos para el funcionamiento de este software es que se instale Microsoft *.NET Framework 2.0*.

- **Framework**

Un *framework*, es un software que contiene una serie de herramientas como librerías de clases, documentación y ayuda, ejemplos, tutoriales e incluso foros de discusión, para facilitar el desarrollo de aplicaciones. “El *.NET Framework 2.0* provee las herramientas necesarias en *run-time* y *compile-time* para construir y ejecutar aplicaciones basadas en *.NET*” (Microsoft, 2006). Como se ilustra en la **Figura 2-10**.

Figura 2-10 .NET Framework. Fuente: (Microsoft, 2006)



- **XML**

Es un lenguaje similar al famoso código de páginas web HTML, fue creado al amparo del *Word Wide Web Consortium (W3C)*, que permite insertar menús, tablas, imágenes o bases de datos en los documentos, y que el usuario que maneje esos elementos como mejor le convenga, con la posibilidad de actualizar y manejar los datos en tiempo real (Microsoft, 2006).

El formato XML surge como una propuesta para estandarizar el almacenamiento de datos estructurado, es decir, las bases de datos. Este surge de la situación que se

presenta en las organizaciones donde “lo normal es que esa información esté fragmentada, en diferentes departamentos, ordenadores conectados o no, etc. El reto ahora está en interrelacionar toda esa información para rendir todo su potencial y ponerlo a trabajar para aumentar los beneficios o reducir los costes.” (Microsoft, 2006).

El lenguaje XML es un lenguaje de marcas, no un lenguaje de programación, pero también es considerado un lenguaje de computador, es decir, las marcas son códigos que indican al programa que datos está utilizando, cómo debe tratar su contenido, etc. Esto surge en los años 60's de la necesidad de la empresa IBM por trabajar con documentos en diferentes plataformas, lo cual se complicaba, pues cada programa utilizaba sus propias marcas para describir los datos (Microsoft, 2006).

Existen 3 usos básicos para el lenguaje XML:

- Las aplicaciones de bases de datos
- Tratamiento de textos (Software semejante a Microsoft Word)
- Definir contenido Web (HTML)

Este lenguaje no necesita versiones para poder funcionar, así que puede consumir datos que hayan sido creados hace varios años sin problemas de compatibilidad. Su “arquitectura más abierta y extensible”, que permite una mayor exportabilidad a otros formatos” (Microsoft, 2006).

- **Lenguaje *SQL Transact***

Este es un lenguaje que sirve para expresar un comando para el tratamiento y control de datos, en el estándar ISO con la especificación ANSI-SQL99, lo que permite que pueda ejecutarse desde cualquier producto que cumpla con los requisitos de sintaxis. (Microsoft, 2006).

El término “consulta”, se refiere a una petición desde un programa que envía la orden en formato “*Transact SQL*” al motor de datos que ejecuta la orden de búsqueda de datos almacenados en una base de datos. (Microsoft, 2006).

Capítulo 3. Metodología y Descripción de la capas de Arquitectura del software

3. Metodología

3.1 Determinación del alcance y la estructura del software

Para dar respuesta a los objetivos propuestos se plantea el desarrollo de un software con funcionalidades similares a las de un MRP II, que pueda realizar cálculos de requerimientos de materiales, requerimientos de capacidad (CRP) y descarga a puestos de trabajo, usando una interfaz que combine texto e imágenes para referenciar los datos usados; que además brinde la posibilidad de copiar, exportar y graficar los resultados obtenidos.

En principio se planteó el software como una aplicación que funcionara utilizando archivos planos de texto, dado que permitía una buena velocidad para guardar y recuperar información, además de ser conveniente por los bajos requerimientos de memoria en disco y de requisitos de procesamiento que necesitaba. Pero esto generaba que la información estuviese segmentada y se dificultaba que los archivos pudiesen ser consumidos fácilmente por otras aplicaciones, por lo que se decide cambiar el formato de escritura y recuperación de datos a la utilización de bases de datos.

Las opciones más comunes de bases de datos son:

- *MySQL*
- *SQL Server*
- *Microsoft Access*

Se decide tomar las bases de datos de formato Microsoft Access, debido a:

- Que su utilización es sencilla, lo que permite una rápida tasa de aprendizaje para usuarios que se inician en el tema.
- Cuenta con un motor de datos “*AccessDatabaseEngine*” que es distribuido de forma gratuita a través de la página web de Microsoft, lo que permite el funcionamiento del programa “MRProgram II” aun en computadores donde no está instalado el programa Microsoft Access.
- El tamaño del motor de bases de datos es en términos computacionales relativamente pequeño; además es de fácil instalación, lo que es un punto a favor si el programa va a ser utilizado por usuarios con pocos conocimientos informáticos
- Los archivos de bases de datos creados en este formato son relativamente pequeños (Dependiendo de la cantidad de datos y calidad de las imágenes; utilizados por el usuario) lo que permite que la información pueda ser más portable y pueda ser transmitida por medios como correo electrónico u en dispositivos portátiles como tarjetas de memoria USB, u otros dispositivos similares.
- Los datos podrían ser consumidos y editados con otras herramientas diferentes al programa “MRProgram II”.
- La amplia compatibilidad de este software con otras herramientas informáticas.
- La posibilidad de usar el programa sin necesidad de estar conectado el usuario a una red de área local o el Internet.

El programa presenta dos tipos de formatos principales MDB y ACCDB, por lo que se decide que el programa que debe manejar estos dos formatos por lo que es capaz de crear archivos de bases de datos en formatos MDB (para versiones de Microsoft Access anteriores a la 2007) y en formato ACCDB (para versiones de Microsoft Access a partir de 2007).

Esta característica amplia la compatibilidad del software ya que la información del MRP puede ser visualizada, editada o creada desde otros programas como Microsoft Access (en la versión adecuada), *SQL Server Management Studio*, u otros programas que usen bases de datos, con la única condición de respetar el formato de los datos usados por el programa en la sección de **Capa de Almacenamiento**.

Para que el usuario introdujera la información que consume el programa se consideró en utilizar matrices para realizar los cálculos, pues es una forma eficiente, pero la introducción de los datos es engorrosa, rutinaria y demorada; lo que puede llevar a que se produzcan errores y a que los usuarios no vean el programa como una herramienta viable y se menosprecie su potencial. Por lo que se decide utilizar una serie de ventanas a modo de formulario en donde el usuario puede introducir de modo organizado la información requerida por el programa.

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta es que este tipo de software suelen tener una apariencia muy austera, en donde es difícil leer los datos, por lo que se considera la utilización de imágenes para referenciar los datos visualmente.

El usuario puede crear o borrar fácilmente colecciones de imágenes, que se pueden usar como referencias visuales para la identificación de Materias Primas (MP), Productos, Operaciones y Almacenamientos (bodegas de materia prima, bodegas de producto terminado, almacenamientos en la planta de producción, etc.).

El usuario puede usar imágenes con tamaños desde 16 píxeles por 16 píxeles o imágenes con tamaño FULL HD de 1920 píxeles por 1080 píxeles, o incluso imágenes de mayor tamaño. De diferentes formatos, como:

- JPG ó JPEG “es usado ampliamente para fotografías e imágenes de gran tamaño y variedad de color en la web y por las cámaras digitales.” (WIKIPEDIA, 2011)
- GIF “utilizado popularmente en la web” (WIKIPEDIA, 2011)
- PNG “fue diseñado para reemplazar al GIF en la web.” (WIKIPEDIA, 2011)
- BMP “Comúnmente usado por los programas de Microsoft Windows y por el sistema operativo propiamente dicho” (WIKIPEDIA, 2011)

Los cuales al ser de uso común amplían las capacidades de compatibilidad del programa. Así que el usuario puede usar imágenes icónicas de baja resolución, incluir imágenes que baje de Internet o que tome con cámaras fotográficas de alta resolución o cámaras de celular, etc.

El programa también cuenta con funcionalidades como convertir unidades de:

- Volumen
- Longitud
- Área
- Peso
- Unidades Agregadas
- Y unidades personalizadas, lo que le permite al usuario crear nuevas unidades según sean sus necesidades
- O editar las existentes.

También, para ampliar las funcionalidades del software y debido a que es común de que en una empresa u organización se guarden los datos en distintos formatos, se incluyó la posibilidad de que el usuario pudiese consultar diversos tipos de bases de datos como:

- *Microsoft Access Database* (en formato MDB, usado para bases de datos anteriores a la versión 2007) (Microsoft, 2011)
- *Microsoft Access Database* (en formato ACCDB, usado a partir de la versión 2007) (Microsoft, 2011).
- *SQL Server (Structured Query Language)*, “es un producto de base de datos gratuito y fácil de utilizar” (Microsoft, 2005)), probado con versiones 2005 y 2008.
- Datos en formato XML (*Extensible Markup Language*, “es una forma extremadamente flexible de transferir datos” (Microsoft, 2011))
- *Microsoft Excel* (en formato XLS, de hojas de cálculo; utilizada por las Pymes (Pequeñas y Medianas Empresas) para registrar los eventos económico) (López, 2009).
- *Microsoft Excel* (en formato XLSX, para los libros de Microsoft Excel a partir de la versión 2007) (Microsoft, 2011)

A través de 4 pestañas diferentes en las que no solo se pueden visualizar los datos de la base de datos consultada sino que también se pueden filtrar los datos y realizar queries, es decir, consultas o búsquedas sencillas; para ayudar al usuario a encontrar los datos que requiere para desarrollar el MRP de manera más rápida y sencilla.

Entre los principales resultados que arroja el programa están:

- Los requerimientos de materias primas y componentes, y requerimientos de capacidad para el número de unidades que indique el usuario.
- El Desarrollo del MRP por niveles en donde se pueden visualizar los cálculos detallados del desarrollo del MRP. En donde se cuenta con varias opciones que a su vez permiten diversas variantes en su desarrollo:
 - MRP por niveles más básico (sin costos), con la opción de “No acumular inventario”, esto es para que el MRP funcione también para el caso de empresas de servicios o similares en las que los servicios (el producto) no se pueden acumular.
 - MRP por niveles con dimensionamiento de lotes por el método de Lote por Lote (LFL) con costos, también con la opción “No acumular inventario”.
 - MRP con dimensionamiento de lotes por el método de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) con costos.
 - MRP con dimensionamiento de lotes por el método de Cantidad Periódica de Pedido (POQ) con costos.
 - MRP con dimensionamiento de lotes por el método de Tamaño de Lote Predeterminado (TLP) con costos.
 - MRP con dimensionamiento de lotes por el método de Tamaño Mínimo de Lote (TML).
- Los requerimientos de capacidad (de mano de obra y maquinaria en cada puesto de trabajo por cada período, comparando el requerimiento con la capacidad máxima indicada para el puesto de trabajo en el período (La capacidad máxima puede ser variable). Si la capacidad requerida sobrepasa la capacidad máxima para el período el programa lo indica resaltando el dato en color rojo.
- Los porcentajes de utilización de cada puesto de trabajo en cada período
- La carga de trabajo para cada centro de trabajo por cada período.

Todos estos resultados pueden ser copiados, exportados en formato EXCEL y XML, y graficados. Lo que permite ampliar las posibilidades de utilización de los resultados que genere el programa.

3.1.1 Recopilación de información

Esta fase abarcó todo el tiempo de desarrollo del presente proyecto desde inicios del primer semestre del año 2011 hasta finales del segundo semestre del año 2011, y los resultados de esta recopilación de información se pueden observar en el compendio de temas en el marco teórico de este documento y en el software producto final de este proyecto.

3.1.2 Estudio y determinación de las técnicas y herramientas computacionales adecuadas para la creación del nuevo software

Se determinó que la herramienta más adecuada para el desarrollo del nuevo software era Microsoft Visual C# 2010 (C#), debido a que es un lenguaje muy orientado a objetos, de fácil manejo y a las opciones de desarrollo que brinda, es un lenguaje mucho más fácil e intuitivo que Microsoft Visual Basic y que Microsoft Visual C++ u otros similares. Además el autor del software y de este proyecto ya tenía experiencia en el desarrollo de diversos programas en este lenguaje.

El software debe ser fácil de utilizar, y C# lo es; en Internet se cuenta con numerosos ejemplos, foros y tutoriales de programación, lo que también es un punto a favor.

Por otro lado, los programas generados con C# son compatibles con la mayoría de los sistemas operativos Windows que son utilizados en aproximadamente el 93% de los computadores en el mundo y en especial compatible con Windows XP, Windows Vista y Windows 7, lo que brinda una buena tasa de compatibilidad.

Los programas generados, también son relativamente pequeños (en tamaño de archivos informáticos) y su presentación visual es llamativa, elegante y con un aspecto

profesional; lo que brinda una buena presentación al software final que se ha desarrollado.

En cuanto a la metodología utilizada para el desarrollo del software se eligió la metodología de programación extrema, la cual supone que es imposible tener todo planificado antes de empezar el proceso de programación. Es imposible tener todos los requisitos del sistema, saber qué es todo lo que tiene que hacer y hacer un diseño correcto al principio (Jeffries, 2006).

Lo común es hacer un diseño antes de empezar con la programación, y cuando se está codificando empiezan a haber faltantes o errores de diseño y se tiene que incurrir de nuevo en la planeación y diseño; implicando un gasto innecesario de tiempo y recursos. A final el programa realizado y el diseño inicial no se parecen y se debe gastar más tiempo en hacer que la documentación se parezca al código del programa.

La programación extrema en lugar de luchar con la documentación y todos los esfuerzos que esta supone, se enfoca en un método de trabajo que se adapte a las circunstancias, básicamente se trata de trabajar con el cliente haciéndole mini-versiones con frecuencia. Para el caso, los clientes fueron los estudiantes de la maestría en Ingeniería Industrial. Estas mini-versiones aplican el concepto de hacer el código lo más mínimo y simple posible para que funcione correctamente, el diseño se hace sobre la marcha del proyecto haciendo una primera mini-versión y modificándola según las historias de usuario.

“Una historia de usuario en un texto de una o dos frases en las que se dice algo que debe hacer el sistema. Además, no hay que hacer una documentación para el diseño, no hay mejor documentación que el mismo código” (Jeffries, 2006).

El código es modificado continuamente según las historias de usuario, para crear así una nueva mini-versión que se presenta otra vez a los clientes para que presenten nuevas historias de usuario.

3.1.3 Desarrollo del prototipo informático

Los resultados de esta fase se materializan en el software desarrollado, el cual contiene las herramientas de cálculo de requerimientos de materiales usando diferentes técnicas

de dimensionamiento de lotes y costos (Simple MRP, LFL, EOQ, POQ, tamaño de lote predeterminado TLP y tamaño mínimo de lote TML), cálculos de requerimientos de capacidad y descarga a puestos de trabajo por períodos de tiempo.

También, el software desarrollado en este proyecto tiene una interfaz de usuario que funciona de manera intuitiva, rápida y con referencias gráficas para la introducción de los datos, una serie de ayudas del tipo tutorial guían paso a paso al usuario y muestran de manera gráfica (a modo de video) la utilización de las diversas herramientas incluidas en el programa.

En su funcionamiento permite trabajar con datos de 32 bits lo que quiere decir con enteros que van desde -2.147.483.648 hasta 2.147.483.647 y fraccionarios con 15 dígitos de precisión que van desde $5,0 \times 10^{-324}$ hasta $1,7 \times 10^{308}$.

Los resultados del programa son fáciles de obtener, además pueden ser exportados, copiados o graficados de manera rápida y son compatibles con el software Microsoft Office y otras herramientas similares, lo que brinda una mayor capacidad para el usuario de trabajar con los resultados finales.

El solo requiere guardar los cambios en los datos y esto se hace con oprimir un botón al lado de las tablas de datos. Si se interrumpe el programa por alguna razón o error (por ejemplo una interrupción en la corriente eléctrica) los datos asociados a los elementos generales del MRP, los productos y los componentes, no se pierden.

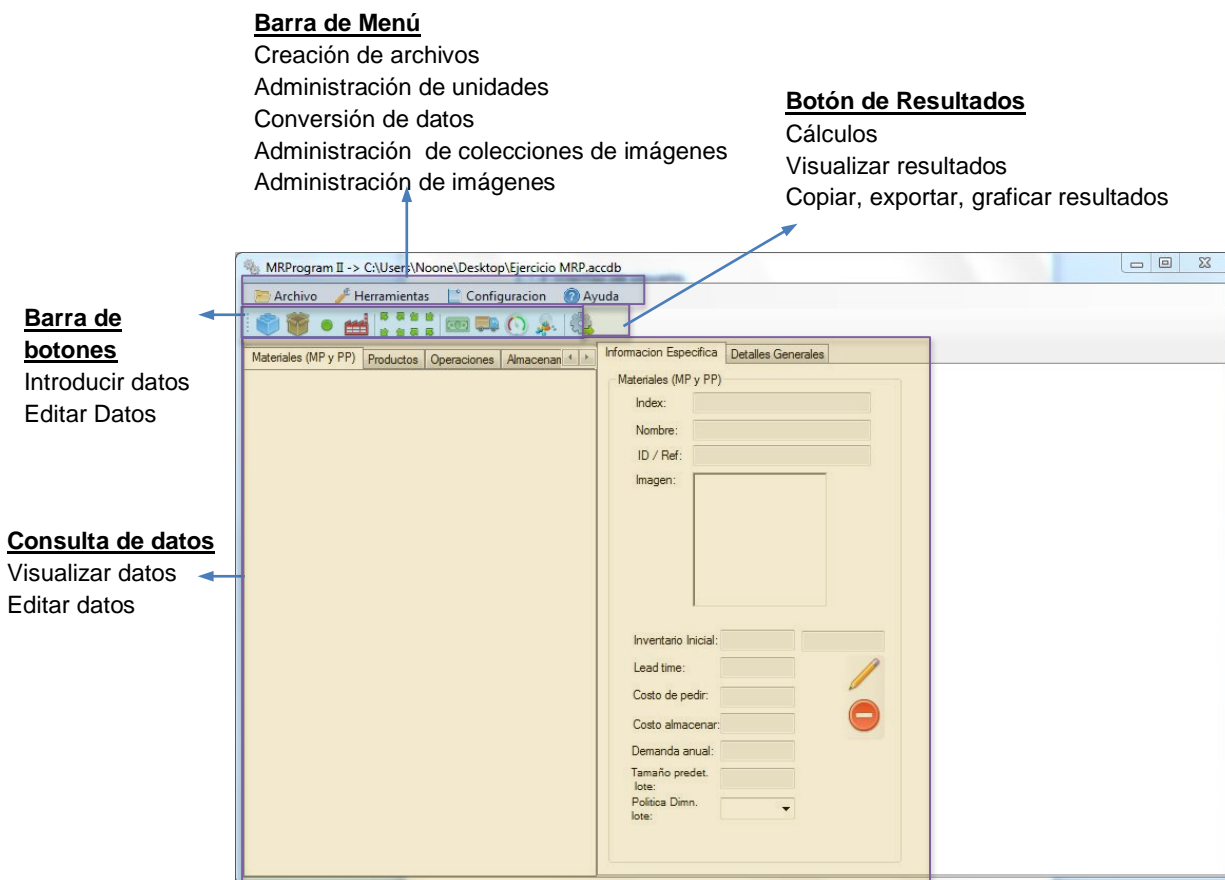
Está desarrollado para presentar diversos tipos de informes de errores en su ejecución y uso, sin interrumpirse o cerrarse. La instalación del programa, debido a se generó usando *Microsoft Visual Studio .NET C#*, es necesario instalar también en el sistema el programa Microsoft Framework en su versión 2.0, este programa es de libre utilización y es ofrecido en la página Web de Microsoft. Y también es necesario contar con el motor de bases de datos OLEDB para *Microsoft Access (Microsoft Access Database Engine)* el cual también es ofrecido en la página Web de Microsoft.

A continuación se describe cada una de las capas que constituyen el prototipo informático desarrollado:

3.1.4 Interfaz de usuario.

En la interfaz de usuario del software producto de este proyecto, el programa “MRProgram II”, se encuentra una ventana principal, 12 ventanas secundarias, y una serie variable de ventanas terciarias dependiendo de la función que ejecute el usuario. A través de estas ventanas el usuario puede, introducir datos, consultar, convertir y filtrar datos, eliminar datos, calcular resultados, copiar, exportar y graficar los resultados. A través de diferentes botones, pestañas y campos; que permiten abrir nuevas ventanas con más funciones, como se ilustra en la **Figura 3-1**.

Figura 3-1 Ventana principal del Programa. Funciones principales de las barras de botones, menús, pestañas y campos en el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.



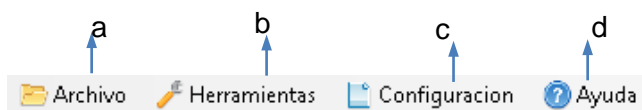
- **Barra Título**

En la barra de Título aparece el nombre del programa “MRProgram II” y la ruta del servidor en donde se encuentra ubicada la base de datos del MRP.

- **Barra de Menú**

Aquí se encuentran los botones de “Archivo”, “Herramientas”, “Configuración” y “Ayuda” como se ilustra en la **Figura 3-2**. Estos sirven para abrir o crear nuevos ejercicios de MRP (la base de datos que usa el MRP para guardar y recuperar los datos), acceder a las herramientas para administrar las imágenes y las unidades, para consultar y ejecutar comandos en bases de datos de distintos formatos (Microsoft Access antiguo “MDB” y nuevo “ACCDB”, *SQL Server* probado en versiones 2005 y 2008, XML “*extensible markup language*” y libros de Excel antiguo “XLS” y nuevo “XLSX”) y acceder a los tópicos de ayuda.

Figura 3-2 Barra de Menú del Programa MRProgram II. Fuente: Elaboración propia.



a. Archivo:

Aquí se pueden encontrar cuatro diferentes opciones, como se ilustran en la **Figura 3-3**.

Figura 3-3 Menú de Archivo. Fuente: Elaboración propia.

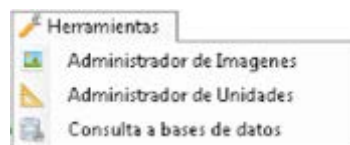


En este menú se encuentran las funciones necesarias para crear nuevos MRP, abrir los existentes, ver la lista de los MRP que se han usado recientemente y la función de salir, como opción extra para cerrar el programa. El uso y los detalles técnicos de estas funciones se detallan e ilustran en el Manual de Usuario (**Anexo D**) en la sección de **Archivo**.

b. Herramientas:

Aquí se pueden encontrar tres diferentes herramientas, tal como se ilustra en la **Figura 3-4**.

Figura 3-4 Menú de herramientas. Fuente: Elaboración propia.



El administrador de imágenes permite crear o borrar colecciones de imágenes, que son grupos de imágenes, donde se añaden o borran cuantas imágenes se desee. Y que se pueden usar como referencias visuales para la identificación de Materias Primas (MP), Productos, Operaciones y Almacenamientos (bodegas de materia prima, bodegas de producto terminado, almacenamientos en la planta de producción, etc.).

El programa acepta imágenes con tamaños desde 16 píxeles por 16 píxeles o imágenes con tamaño *FULL HD* de 1920 píxeles por 1080 píxeles, o incluso imágenes de mayor tamaño en diferentes formatos (JPG, JPEG, GIF, PNG y BMP). Los cuales al ser de uso común, amplían la compatibilidad del programa. Así que el usuario puede usar imágenes icónicas de baja resolución, incluir imágenes que descargue de Internet o que tome con cámaras fotográficas de alta resolución o cámaras de celular, etc. El uso detallado de esta herramienta se detalla e ilustra en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Administrador de imágenes:**

En el “Administrador de unidades” el usuario puede administrar las diferentes unidades en que se expresan las cantidades de productos, materias primas,

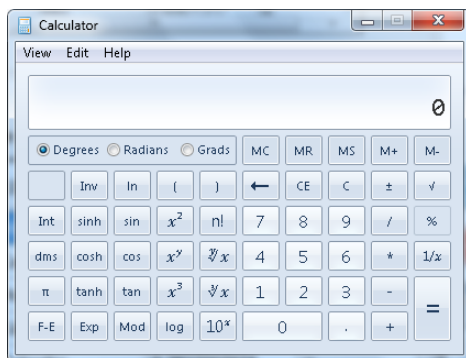
capacidades de almacenamientos y requerimientos de capacidad de las operaciones. Además puede convertir estas unidades de manera sencilla. En la siguiente lista aparecen las diferentes categorías de unidades:

- Volumen
- Longitud
- Área
- Peso
- Unidades Agregadas
- Y la colección de unidades personalizadas, que aparece cuando el usuario añade una nueva unidad. El usuario puede añadir unidades personalizadas o editar o eliminar las existentes. (Aunque esto puede afectar la realización de los cálculos del MRP, no afecta el programa, pues se editan o eliminan las unidades de la base de datos del MRP y no la información sobre unidades en el programa)

Los datos sobre los factores de conversión y símbolos utilizados para las unidades predeterminadas en el programa se consultaron en la página web del *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, como se ilustra en la **Tabla D-0-1** Tabla de unidades predeterminada en la base de datos al crear un nuevo MRP.

Desde el administrador de unidades, el usuario también puede acceder a la calculadora de Microsoft Windows, como se ilustra en la **Figura 3-5**. Como apoyo para el usuario en caso de necesitar desarrollar cálculos manuales sobre factores de conversión.

Figura 3-5 Calculadora de Microsoft Windows. Fuente: Captura de Microsoft Windows 7.



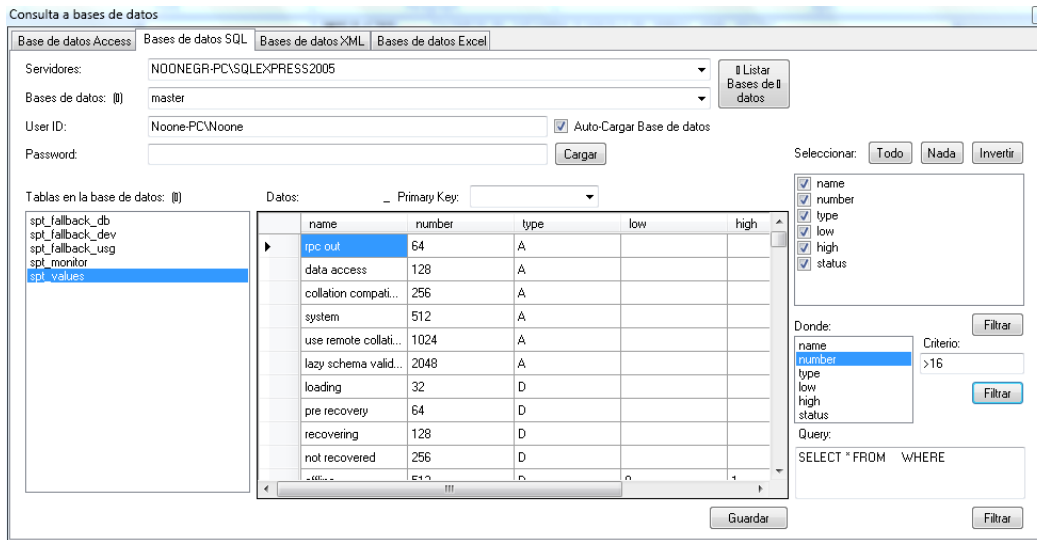
En la herramienta de “Consulta a bases de datos” el usuario puede consultar diversos tipos de bases de (MDB, ACCDB, SQL Server, XLS y XLSX). No solo se pueden visualizar los datos de la base de datos consultada, sino que también se pueden filtrar los datos, es decir, realizar “*queries*” o consultas o búsquedas sencillas; para ayudar al usuario a encontrar los datos que requiere para desarrollar el MRP de manera más rápida y sencilla.

También se puede configurar las opciones para la lectura y escritura en bases de datos del tipo Microsoft Access, lo que permite hacer el programa pueda configurarse para usar futuras versiones del *Microsoft Access Engine*.

El usuario puede realizar búsquedas y filtrar la información sin necesidad de conocer lenguajes de bases de datos como “*SQL Transact*” SQL (*SQL Language*) que es un DML (*Data Manipulation Language*) o lenguaje para la manipulación de datos, lo cual es un punto a favor al momento de ser usado por usuarios sin conocimientos previos de bases de datos, a través de las funciones que se ilustran en la **Figura 3-6** Pero también permite usar comandos en lenguajes “*SQL Transact*” y “*XQuery*”, para usuarios con conocimientos de nivel intermedio o avanzado en bases de datos, a través de las funciones que se ilustran en la **Figura 3-6**.

Cada botón, campo, y pestaña de esta ventana se detallan e ilustran en el Manual de usuario (**Anexo D**) en la sección de **Consulta a bases de datos**.

Figura 3-6 Ventana de consulta a Bases de datos. SQL Server. Fuente: Elaboración propia.



El programa también permite consultar bases de datos o simples archivos en formato XML (*Extensible Mark-up Language*). Para ayudar al usuario a visualizar archivos en formato XML que no hayan sido guardados como una tabla de datos, se incluye un botón “Load tree” que permite visualizar los datos como un árbol de datos.

Además de esto, se puede seleccionar el libro electrónico archivo de Microsoft Excel como “bases de datos” de formato *Microsoft Excel (XLS y XLSX)*. Las hojas de cálculos “tablas” que existen en el libro de Excel “base de datos” seleccionada, aparecen en la lista de tablas. Al seleccionar una tabla de esta lista, automáticamente el programa carga los datos en la Malla de datos. Para estos datos, se puede usar el sistema de filtrado simple que ofrece el software “MRProgram II” o usando la sintaxis del lenguaje SQL (*SQL Language*) que es un DML (*Data Manipulation Language*) o lenguaje para la manipulación de datos

Esta clase de sintaxis puede llegar a ser un poco compleja para algunos usuarios, por lo que se presentan otras opciones para filtrar los datos. La explicación sobre el uso detallado e ilustrado de estas herramientas se presenta en el Manual de Usuario (**Anexo D**) en la sección de **Consulta a bases de datos**.

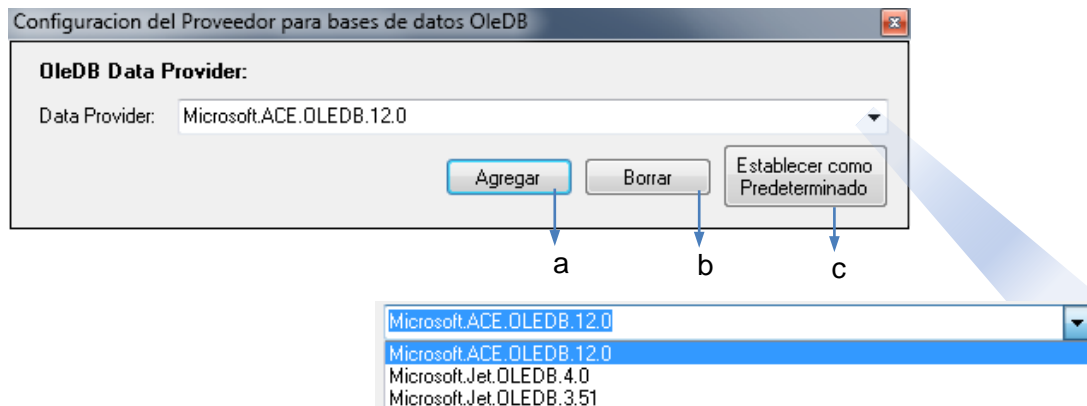
c. Configuración:

En este menú que se ilustra en la **Figura 3-8**, se puede acceder a la configuración para el Motor de bases de datos OLEDB del tipo *Microsoft Access*, a través de la ventana que se ilustra en la **Figura 3-9**.

Figura 3-7 Menú de Configuración. Fuente: Elaboración propia.



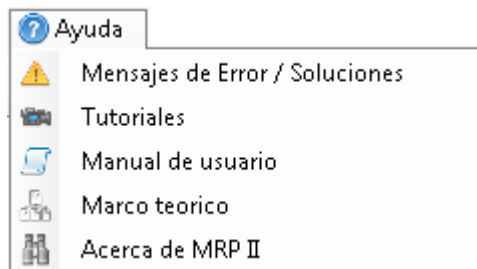
Figura 3-8 Ventana para la configuración del Proveedor de Bases de datos OLEDB. (Bases de datos Microsoft Access). Fuente: Elaboración propia.



A través de la ventana de la **Figura 3-9**, el usuario puede agregar, eliminar o establecer que motor de datos utilizar, para la lectura y escritura en bases de datos de *Microsoft Access*.

El usuario puede añadir el nombre de un nuevo “*Data Provider*” o motor de base de datos; lo que permite al programa utilizar un motor diferente si aparece una nueva versión de Microsoft Office sin tener que usar parches de software o actualizaciones al programa. El uso de esta herramienta se detalla en el Manual de Usuario (**Anexo D**) en la sección **Configuración**.

d. Ayuda



En este menú se presentan las diferentes ayudas del programa. En el botón de mensajes de error, se puede acceder a la lista de errores que pueden surgir para iniciar el programa. El botón de tutoriales muestra la lista de video tutoriales para aprender a manejar el software “MRProgram II”. El botón de “Manual de usuario”, muestra el manual de usuario (**Anexo D**) en formato PDF y con el botón de “Marco Teórico”, se muestra el marco teórico de este documento en formato PDF. El botón “Acerca de” muestra información acerca del programa.

Antes de empezar con la sección en la que se encuentran los botones y otras herramientas para introducir y editar datos es necesario aclarar que algunas funciones son compartidas por varias herramientas, estas funciones son:

- **Botón “Seleccionar Imagen”:**

En el botón “Seleccionar Imagen” que se ilustra en la **Figura 3-11**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-11**, la cual es prácticamente idéntica a la ventana del Administrador de Imágenes, excepto por el botón de añadir Imagen en la parte inferior de la pantalla.

Figura 3-9 Botón “Seleccionar Imagen”. Fuente: Elaboración propia.

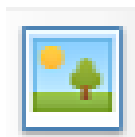
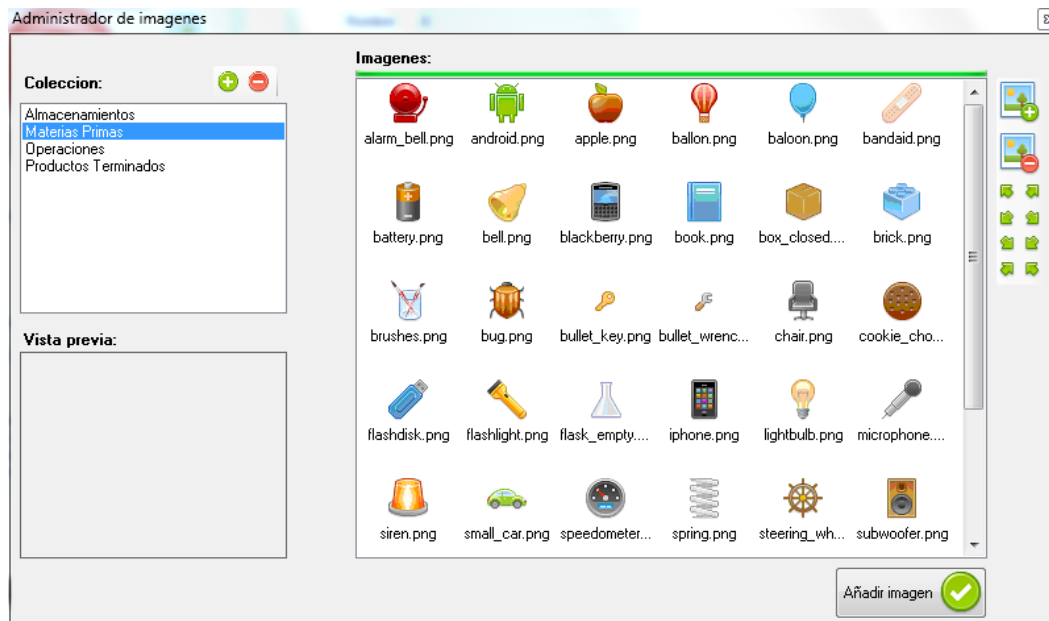


Figura 3-10 Ventana para seleccionar una imagen para usarla como referencia visual a una Nueva Materia Prima (MP), Producto, Operación o Almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.



De manera predeterminada en la sección de Colecciones, aparecen 4 colecciones predeterminadas:

- Almacenamientos
- Materiales (MP / PP)
- Operaciones
- Productos terminados

Que contienen imágenes variadas en formato PNG de tamaño 32 píxeles por 32 píxeles, que se ofrecen de manera gratuita en la página web <http://www.freeiconsweb.com/>.

El usuario puede crear o borrar colecciones fácilmente, y a estas colecciones añadir o eliminar imágenes con tamaños desde 16 píxeles por 16 píxeles o imágenes con tamaño FULL HD de 1920 píxeles por 1080 píxeles, o incluso imágenes de mayor tamaño de diferentes formatos (JPG o JPEG, PNG, GIF Y BMP).

Cuenta con botones para agrandar o reducir el tamaño en se muestran las imágenes, y cuenta con un campo de “*preview*” que muestra más grande la imagen que el usuario seleccione. Al hacer clic en el botón “Añadir Imagen”, el programa carga automáticamente la imagen seleccionada en el campo correcto en la ventana desde donde se solicitó añadir una imagen. El funcionamiento de esta herramienta se presenta con mayor detalle en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Botón “Seleccionar Imagen”**.

- **Botón “Consultar Bases de Datos”:**

En el botón “Consultar Bases de Datos” que se ilustra en la **Figura 3-12**, le permite al usuario abrir la ventana de “Consulta a base de datos”. Para que el usuario pueda fácilmente consultar los datos que sobre inventarios, lead times, costos, etc. que necesite para terminar de llenar la información de la Materia Prima, Producto, Operación, Almacenamiento, Demanda, Inventarios, etc. Esta herramienta se muestra con mayor detalle en el Manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Consulta a bases de datos:**

Figura 3-11 Botón “Consultar Bases de Datos”. Fuente: Elaboración propia.



- **Botón “Conversor de Unidades”:**

El botón “Conversor de unidades” que se ilustra en la **Figura 3-13**, sirve para convertir un valor de una unidad a otra, pero solo dentro de la misma categoría. Puede convertir, unidades de longitud, masa / peso, volumen y unidades agregadas y personalizadas.

Figura 3-12 Botón “Conversor de Unidades”. Fuente: Elaboración propia.



Por ejemplo el usuario, ingreso valores de 120 cm, como se ilustra en la **Figura 3-14**; al oprimir el botón “Convertor de Unidades”, se abre la ventana del “Administrador de Unidades”, pero con una apariencia más simplificada como se ilustra en la **Figura 3-15**.

Al hacer clic en la lista de unidades a las que se puede convertir, aparecen listadas solo las unidades a las que se puede convertir. En este ejemplo, se están convirtiendo centímetros que es una unidad de longitud, y como se observa en la lista de la **Figura 3-16**, solo se puede convertir a otras unidades de longitud.

Figura 3-13 Ejemplo de datos en los campos de “Inventario Inicial” y “Unidad”. Para indicar que existe un inventario Inicial de 120 centímetros. Fuente: Elaboración propia.

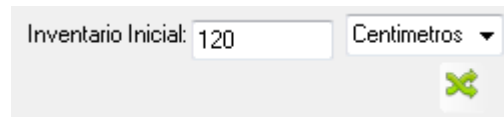


Figura 3-14 Ventana Simplificada del Administrador de Unidades. Fuente: Elaboración propia.

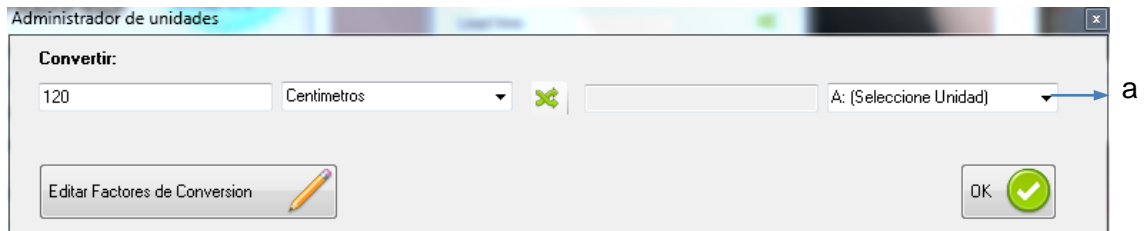
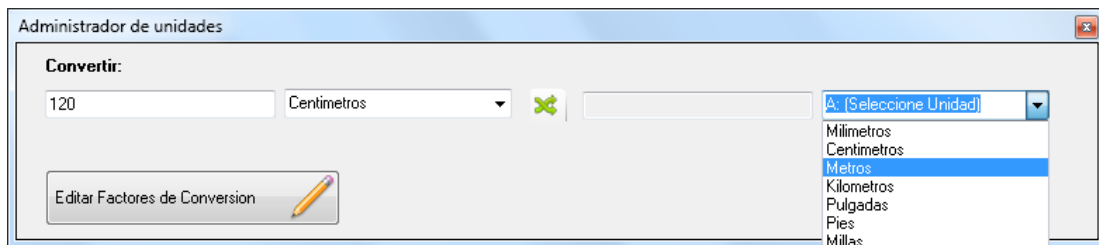


Figura 3-15 Ventana Simplificada del Administrador de Unidades. Selección de Unidad a la que se desea convertir. Fuente: Elaboración propia.



Al hacer clic en el botón “OK”, los resultados son enviados a los campos indicados de la ventana en la que se solicitó la conversión, como se ilustra en la **Figura 3-17**.

Figura 3-16 Ejemplo de resultados después de usar el “Convertor de Unidades”.
Fuente: Elaboración propia.

El uso más detallado de esta herramienta se puede consultar en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Botón “Convertor de Unidades”**.

- **Barra de herramientas para introducir datos**

En la barra de herramientas de la **Figura 3-18**. Se encuentran los botones para ingresar de manera ordenada los datos sobre materias primas (MP), productos, operaciones, almacenamientos, demanda, pedidos a recibir, capacidades requeridas (para manufacturar o almacenar una materia prima, componente o producto en una operación o en almacenamiento, variables para cada período) y stock final deseado (Stocks de seguridad variables para cada período o inventarios asignados a otras funciones que deben quedar al final de un período) que son guardados en una única base de datos en formato Microsoft Access y los cuales son necesarios para que el programa realice los cálculos para el desarrollo del MRP.

Estos botones se encuentran ordenados de izquierda a derecha siguiendo un orden lógico para la introducción de los datos y la obtención de resultados.

Figura 3-17 Barra de herramientas para la introducir datos y Resultados. Fuente: Elaboración propia.



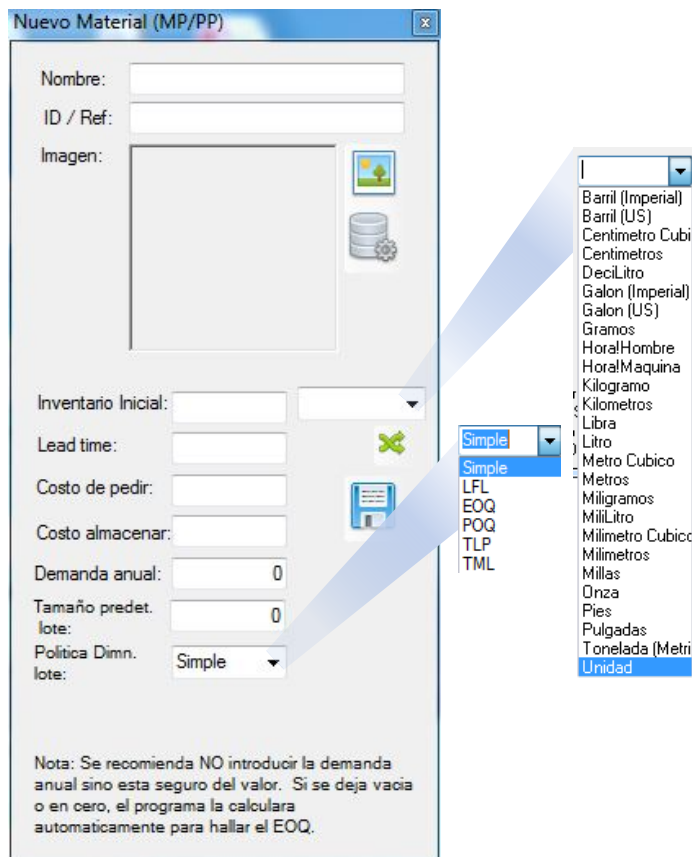
Cada uno de estos botones abre diferentes formularios para introducir estos los respectivos datos. Pero estos formularios poseen funciones comunes como lo son:

a. Nuevo Material (MP / PP):

El botón “Nuevo Material” que se ilustra en la **Figura 3-18-a**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-19**, y a través de la cual se puede ingresar la información de una nueva Materia Prima. Como lo es el inventario inicial, el lead time, los costos de almacenar y pedir, la demanda anual, el tamaño predeterminado de lote, asociarle una imagen, darle un nombre y una referencia (únicas, es decir, ninguna otra materia prima o producto pueden llevar el mismo nombre o referencia). Esta misma ventana se usa para editar la información de una materia prima que ya se encuentra en el sistema. El código cuenta con algoritmos para filtrar los datos, de modo de que el usuario no pueda entrar datos que generen errores.

Información más detallada e ilustrada sobre el uso de esta herramienta se encuentra en el manual de usuario (**Anexo D**), en la sección **Nuevo Material (MP / PP)**.

Figura 3-18 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Material (MP / PP). Fuente: Elaboración propia.

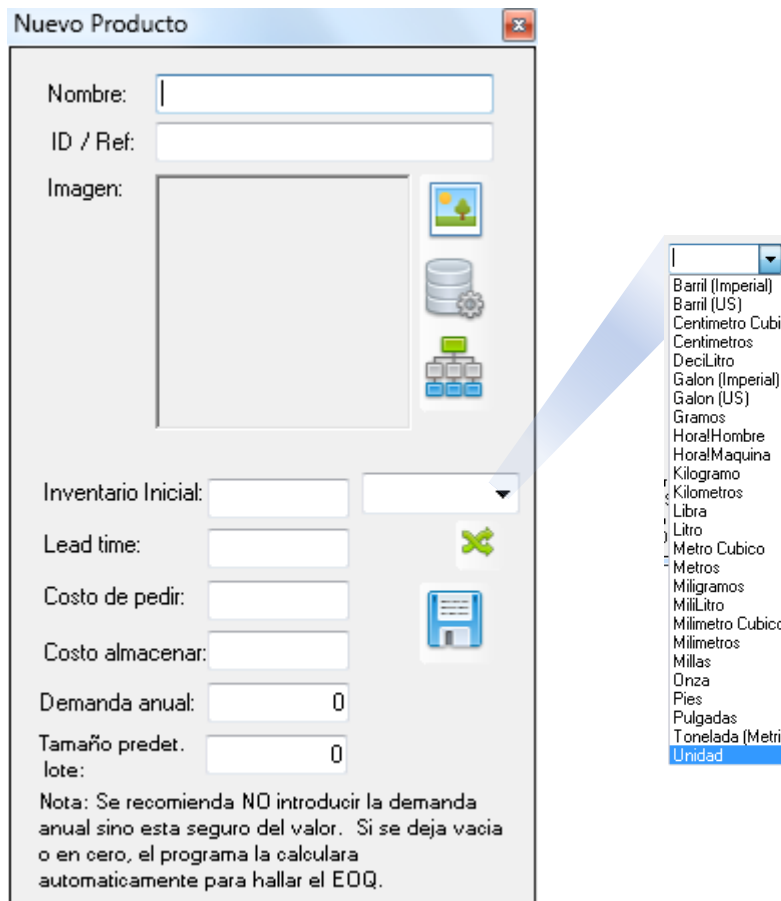


The screenshot shows a software window titled "Nuevo Material (MP/PP)". It contains several input fields and a dropdown menu. The fields are: "Nombre:" (text), "ID / Ref:" (text), "Imagen:" (image icon), "Inventario Inicial:" (text), "Lead time:" (text), "Costo de pedir:" (text), "Costo almacenar:" (text), "Demanda anual:" (text, value 0), "Tamaño predet. lote:" (text, value 0), "Política Dimn. lote:" (dropdown, value Simple). A dropdown menu for "Unidad" is open, showing a list of units: Barril (Imperial), Barril (US), Centimetro Cubi, Centimetros, Decilitro, Galon (Imperial), Galon (US), Gramos, Hora!Hombre, Hora!Maquina, Kilogramo, Kilometros, Libra, Litro, Metro Cubico, Metros, Miligramos, Mililitro, Milimetro Cubico, Milimetros, Millas, Onza, Pies, Pulgadas, Tonelada (Metri, Unidad. At the bottom, there is a note: "Nota: Se recomienda NO introducir la demanda anual sino esta seguro del valor. Si se deja vacia o en cero, el programa la calculara automaticamente para hallar el EOQ."

b. Nuevo Producto:

El botón “Nuevo Producto” que se ilustra en la **Figura 3-18-b**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-20**, y a través de la cual se puede ingresar la información de un Nuevo Producto. Esta ventana es prácticamente igual a la usada para la creación de una nueva materia prima o componente, pero contiene un botón más, el que se usa para la creación del Árbol de Producto o estructura de producto, dependiendo del autor. El resto de la información que se solicita es el inventario inicial, el lead time, los costos de almacenar y pedir, la demanda anual, el tamaño predeterminado de lote, asociarle una imagen, darle un nombre y una referencia (únicas, es decir, ninguna otra materia prima o producto pueden llevar el mismo nombre o referencia).




Figura 3-19 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Producto. Fuente: Elaboración propia.




Nuevo Producto


Nombre:

ID / Ref:

Imagen:   

Inventario Inicial:

Lead time: 

Costo de pedir: 

Costo almacenar:

Demanda anual: 0

Tamaño predet. lote: 0

Nota: Se recomienda NO introducir la demanda anual sino esta seguro del valor. Si se deja vacia o en cero, el programa la calculara automaticamente para hallar el EOQ.

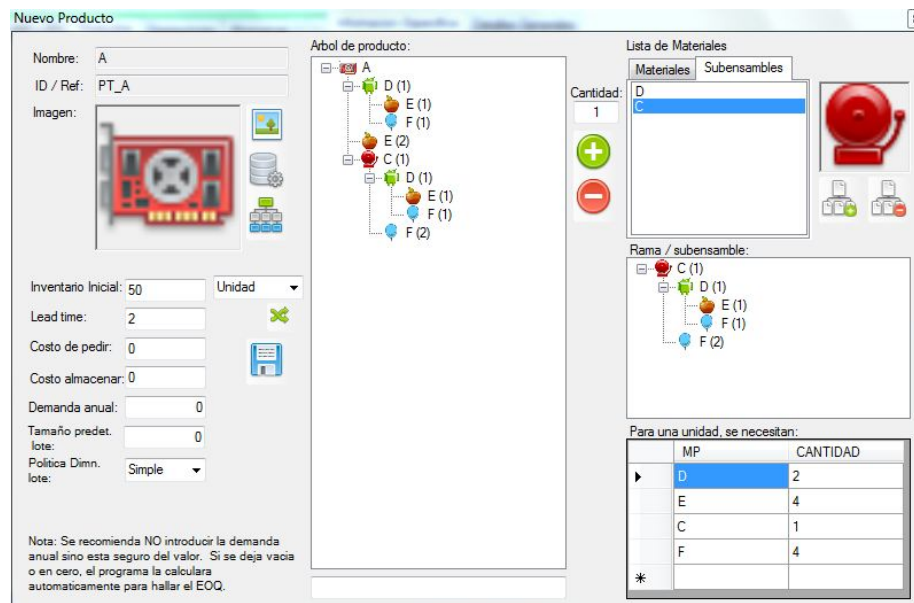
Baril (Imperial)
Baril (US)
Centimetro Cubico
Centimetros
DeciLitro
Galon (Imperial)
Galon (US)
Gramos
HoralHombre
HoralMaquina
Kilogramo
Kilometros
Libra
Litro
Metro Cubico
Metros
Miligramos
Mililitro
Milimetro Cubico
Milimetros
Millas
Onza
Pies
Pulgadas
Tonelada (Metric)
Unidad

Esta misma ventana se usa para editar la información de un producto que ya se encuentra en el sistema. El código cuenta con algoritmos para filtrar los datos, de modo de que el usuario no pueda entrar datos que generen errores.

El botón “Crear Árbol de Producto”, amplía la ventana de Nuevo Producto de la forma en que se ilustra en la **Figura 3-21**.

En la sección en que se amplía la ventana, sirve para introducir los datos de la estructura del nuevo producto, donde de manera gráfica, se puede visualizar los componentes (materias primas) y las cantidades necesarias de cada materia prima para una unidad del producto. En esta nueva sección de la ventana se ilustra una lista de las materias primas que ha creado el usuario, para añadirlas al árbol, estas también se pueden identificar usando imágenes. Además se presentan los cálculos de requerimientos de materiales para una unidad del producto que se está creando.

Figura 3-20 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Producto, cuando se amplía al hacer clic en el botón “Crear Árbol de Producto”. Fuente: Elaboración propia.



Información más detallada sobre el uso de esta herramienta se puede consultar en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Nuevo Producto**.

c. Nueva Operación:

El botón “Nueva Operación” que se ilustra en la **Figura 3-18-c**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-22**, y a través de la cual se puede ingresar la información de una Nueva Operación, indicando las capacidades máximas de mano de obra y maquinaria y las unidades en que estas se expresan.

Información detallada e ilustrada sobre esta ventana se puede consultar en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Nueva Operación**:

Figura 3-21 Ventana para la introducción de los datos de una Nueva Operación. Fuente: Elaboración propia.

Periodo	Capacidad Mano de Obra	Cantidad Maquinaria
*		

d. Nuevo Almacenamiento:

El botón “Nuevo Almacenamiento” que se ilustra en la **Figura 3-18-d**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-23**, y a través de la cual se puede ingresar la información de un Nuevo Almacenamiento, indicando las capacidades máximas de mano de obra y maquinaria y las unidades en que estas se expresan.

Información detallada e ilustrada sobre esta ventana se puede consultar en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Nuevo Almacenamiento**:

Figura 3-22 Ventana para la introducción de los datos de un Nuevo Almacenamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Nuevo Almacenamiento

Nombre:

ID / Ref:

Imagen:

Unidad de Mano de Obra:

Unidad de Maquinaria:

Nota: Si la capacidad es constante solo agregue la capacidad del periodo 1.

	Periodo	Capacidad Mano de Obra	Cantidad Maquinaria
*			

Unidad

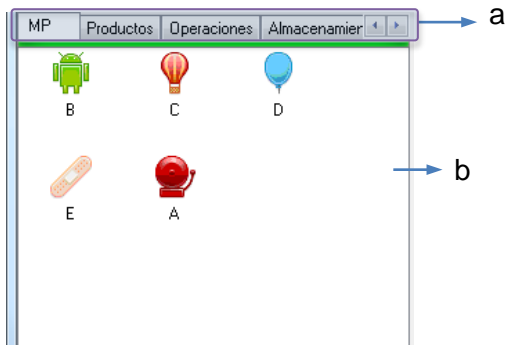
e. Agrandar Imágenes:

El botón “Agrandar Imágenes” que se ilustra en la **Figura 3-18-e**, sirve para aumentar el tamaño de las imágenes que aparecen en la lista de elementos seleccionados en la serie de pestañas en la **Figura 3-24-a**, que sirven para visualizar la información de:

- Materiales (MP / PP)
- Productos
- Operaciones
- Almacenamientos
- Demanda
- Pedidos a Recibir
- Capacidades Requeridas
- Stock final deseado

Al seleccionar una de estas pestañas, como por ejemplo los Materiales (MP / PP), aparecen los elementos relacionados en el campo que se ilustra en la **Figura 3-24-b**, es decir la lista de Materias Primas con la respectiva imagen que referencia cada ítem, como se ilustra en la **Figura 3-24**.

Figura 3-23 Lista de ítems para las pestañas de Materias Primas, Productos, Operaciones, Almacenamientos, Demandas, Pedidos a Recibir, Capacidades Requeridas, Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.

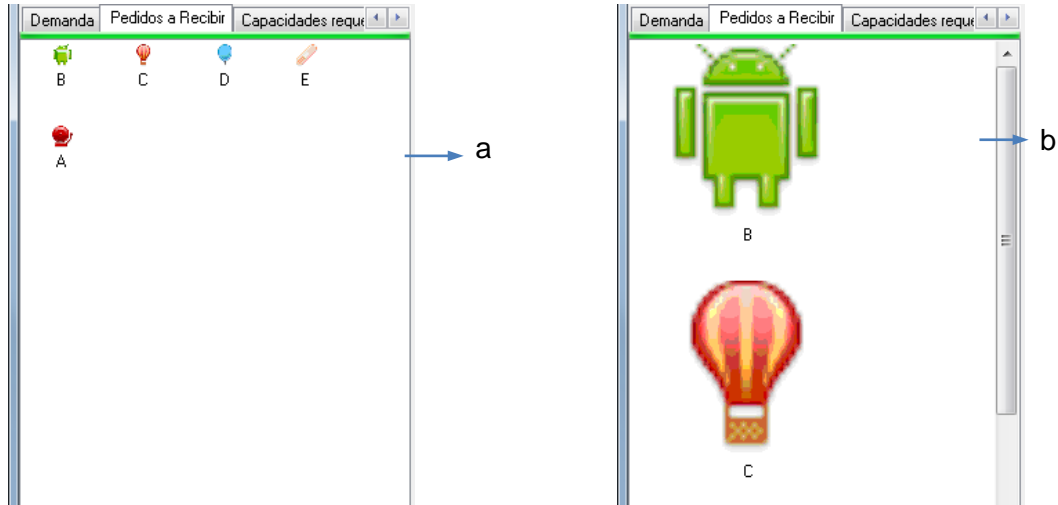


Al oprimir el botón “Agrandar Imágenes” que se ilustra en la **Figura 3-18-e**, las imágenes aumentan su tamaño 8 píxeles por cada clic. El tamaño máximo son 256 píxeles como se ilustra en la **Figura 3-25-a** y el mínimo son 16 píxeles, como se ilustra en la **Figura 3-25-b**.

f. Reducir Imágenes:

El botón “Reducir Imágenes” que se ilustra en la **Figura 3-18-f**, sirve para reducir el tamaño de las imágenes que aparecen en la lista de elementos seleccionados en la serie de pestañas en la **Figura 3-24-a**, los tamaños mínimo y máximo de las imágenes se ilustran en la **Figura 3-25**.

Figura 3-24 Tamaño Mínimo y Máximo para las imágenes de los ítems de las pestañas para Materias Primas, Productos, Operaciones, Almacenamientos, Demandas, Pedidos a Recibir, Capacidades Requeridas, Stock final deseado. Fuente: Elaboración propia.



g. Demanda:

El botón “Demanda” que se ilustra en la **Figura 3-18-g**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-26**, y a través de la cual se puede ingresar la información de demanda para los productos o materias primas, solo seleccionando la materia prima o producto de la lista correspondiente y añadiendo los datos de período y cantidad de demanda para el período. También se pueden introducir o editar los datos de Tamaño de lote Predeterminado y demanda anual que en un principio se añadían al crear una materia prima o producto.

Información más detallada e ilustrada acerca de esta ventana se puede consultar en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección de **Demanda**:

Figura 3-25 Ventana para la introducción de los datos de Demanda. Fuente: Elaboración propia.

Demanda

! Seleccione el Producto / componente:

MP Productos

PD2

Demanda Anual: 0

Tamaño predet. de lote: 200

Demanda anual:
((Suma de las demandas)/
No periodos)*No Periodos al
año

Nota: La demanda anual se usara para calcular el EOQ.

Nota: Se recomienda NO introducir la demanda anual sino esta seguro del valor. Si se deja vacia o en cero, el programa la calculara automaticamente para hallar el EOQ.

Periodo	Demanda
1	130
2	160
3	120
4	260
5	130
6	120
7	185
8	115

MP Productos

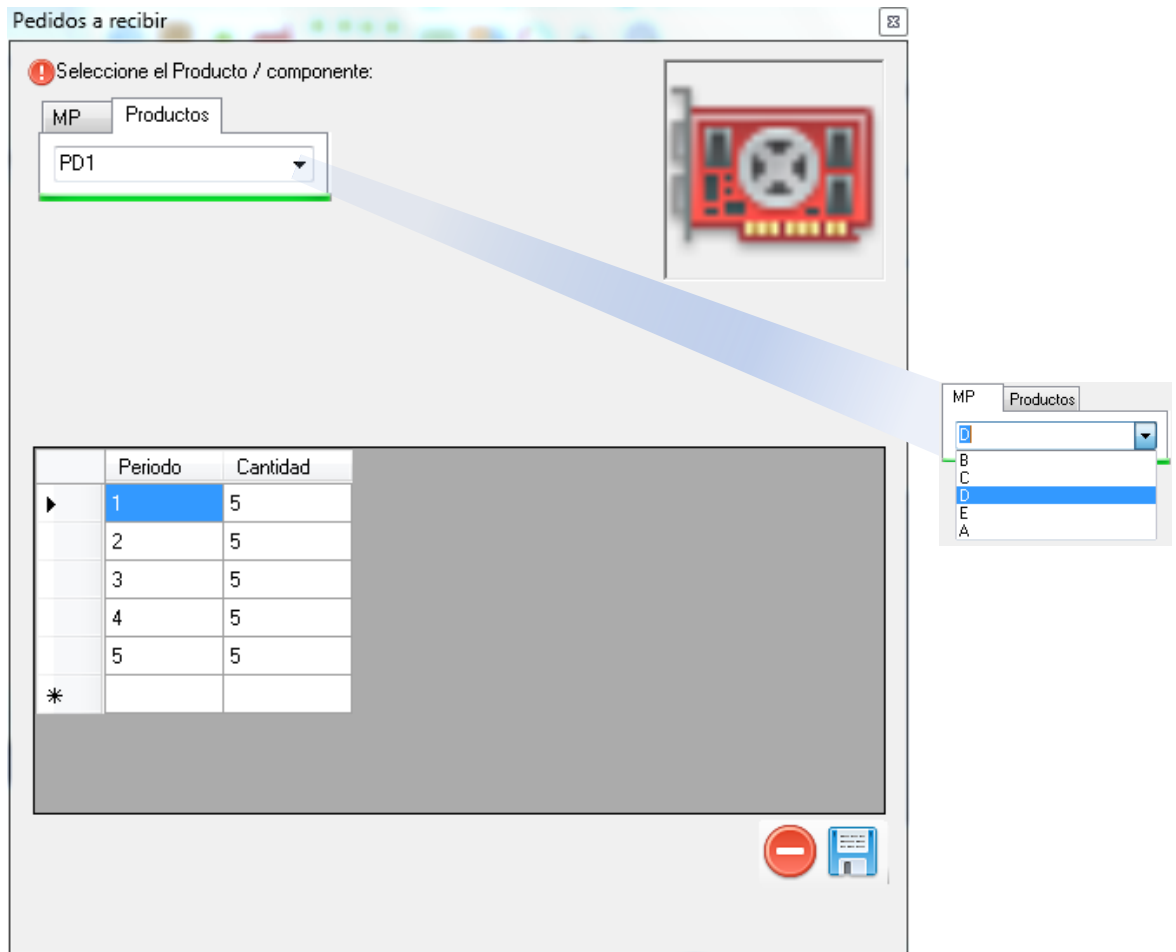
B
C
D
E
A

h. Pedidos a Recibir:

El botón “Pedidos a Recibir” que se ilustra en la **Figura 3-18-h**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-27**, y a través de la cual se puede ingresar la información de que pedidos se va a Recibir para los Productos, componentes o Materias Primas. En el caso de los productos, los pedidos a recibir son para empresas que subcontratan parte de su producción y esperan recibir pedidos de los productos que también fabrican.

Información más detallada e ilustrada acerca de esta ventana se presenta en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Pedidos a Recibir**:

Figura 3-26 Ventana para la introducción de los datos de Pedidos a Recibir. Fuente: Elaboración propia.



Esta ventana al igual que la de demanda y la de stock final deseado poseen filtros que garantizan que los datos que el usuario ingrese sean consumibles por el programa y no tengan problemas de formato. El programa le advertirá de esto al usuario si no se cumple con los requisitos y no se guardaran datos hasta que el formato sea el correcto.

i. Capacidades Requeridas:

El botón "Capacidades Requeridas" que se ilustra en la **Figura 3-18-i**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-28**, y a través de la cual se puede ingresar la información de los requerimientos de capacidad por unidad de cada materia prima, componente o producto en los puestos de trabajo (Operaciones y Almacenamientos).

Información más detallada e ilustrada se presenta en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Capacidades Requeridas**:

Figura 3-27 Ventana para la introducción de los datos de Capacidades Requeridas.
Fuente: Elaboración propia.

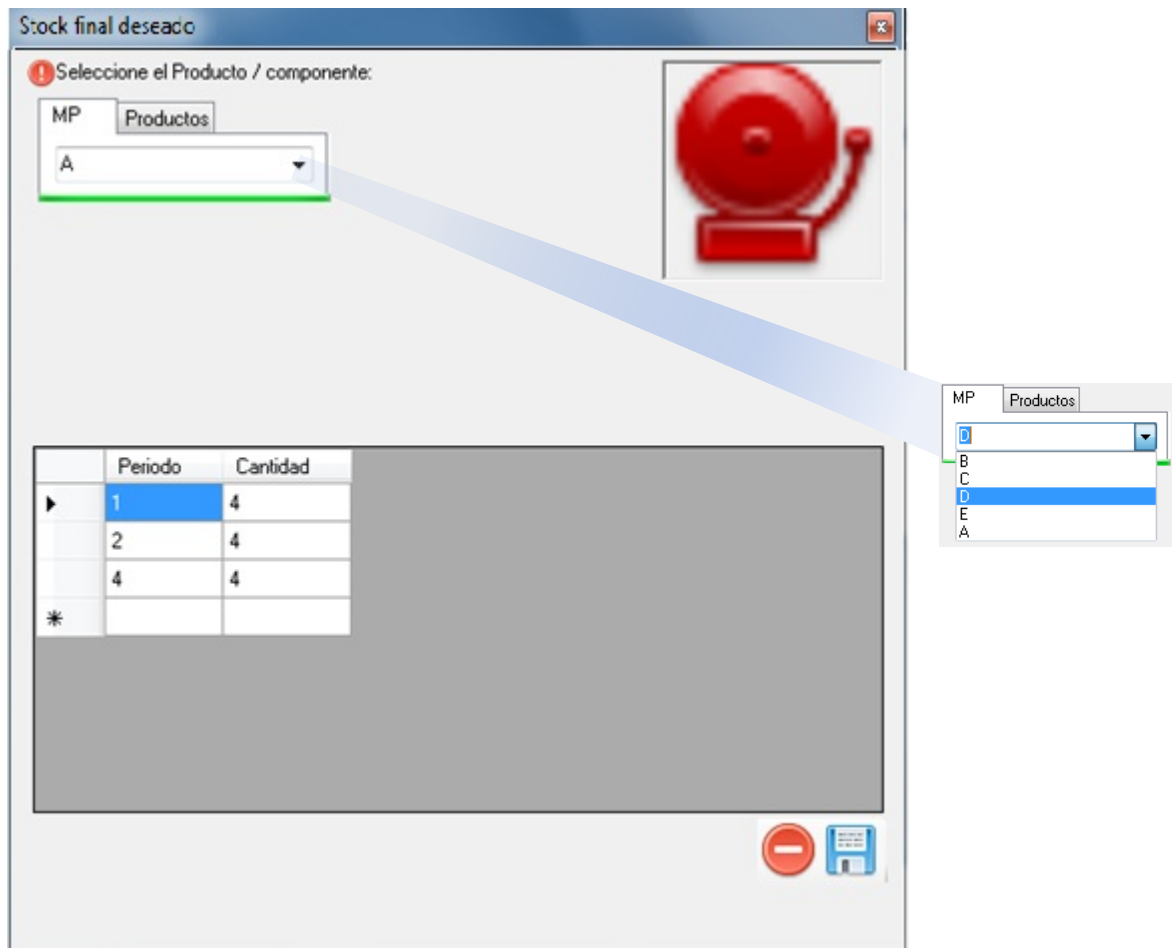
The screenshot shows a software window titled "Capacidad Requerida". It features a "Material" tab and a dropdown menu with "C" selected. A red bell icon is positioned to the right. Below, the "Operaciones" tab is active, with a dropdown menu showing "CT200". A calculator icon is to the right. Two input fields are present: "Capacidad requerida Mano Obra:" with the value "0.6" and "Capacidad requerida Maquinaria:" with the value "0.6". A save icon is at the bottom right. Two callout boxes are shown: one pointing to the "Operaciones" dropdown menu with a list of options (B, C, D, E, A) and "D" selected; another pointing to the "Almacenamientos" dropdown menu with options "ST_MP" and "ST_PT".

j. Stock final deseado:

El botón "Stock final deseado" que se ilustra en la **Figura 3-18-j**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-29**, y a través de la cual se puede ingresar la información de los inventarios que deben quedar al final de cada período para los productos y las materias primas o componentes. Aquí se pueden ingresar valores cambiantes período a período de stocks de seguridad.

Información más detallada e ilustrada se puede consultar en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **Stock final deseado**.

Figura 3-28 Ventana para la introducción de los datos de Stock final deseado.
Fuente: Elaboración propia.



k. MRP y Resultados:

El botón “MRP y Resultados” que se ilustra en la **Figura 3-18-k**, abre la ventana que se ilustra en la **Figura 3-29**, y a través de la cual se accede a los diferentes resultados que proporciona el Programa “MRProgram II”.

Esta ventana está dividida en 4 pestañas:

- Cálculos de necesidades de MP y capacidades para la fabricación de un determinado número de unidades del producto seleccionado
- Desarrollo del MRP por niveles a través de los métodos simple, LFL, EOQ, POQ, TLP Tamaño de Lote Predeterminado y TML Tamaño Mínimo de Lote.

- CRP Requerimientos de Capacidad por centro de trabajo para cada período, indicando excesos de capacidad y calculando el porcentaje de utilización del centro de trabajo en cada período
- Descarga a Puestos de Trabajo


Figura 3-29 Ventana de resultados. Fuente: Elaboración propia.

Salida de datos

Calculo de Necesidades de MP Desarrollo de MRP por Niveles CRP Requerimientos de Capacidad Descarga a puestos de Trabajo

Nombre: PD1 Para 1 de PD1 son necesarias:

ID / Ref: Prod001

Imagen: 

Arbol de producto:

```

graph TD
    PD1[PD1] --- A[A (2)]
    PD1 --- B[B (2)]
    PD1 --- C[C (1)]
    PD1 --- D[D (3)]
    PD1 --- E[E (4)]
  
```

MP	CANTIDAD
A	2
B	2
C	1
D	3
E	4
*	

Los requerimientos de capacidad son:

Puesto_de_trabajo	Requerimiento_Ma	Requerimiento_Ma
ST_MP	4	4
OP1	4	4
OP2	10	3
ST_PT	8	11
*		

Cálculos de necesidades de MP:

En la primera pestaña con el título de “Cálculos de necesidades de MP”, se pueden visualizar los cálculos para los requerimientos de materias primas y componentes; y también, los requerimientos de capacidad (de mano de obra y maquinaria) en cada puesto de trabajo.

Información más detallada e ilustrada se presenta en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección de **Cálculos de necesidades de MP**.

- **MRP:**

Como se ilustra en la **Figura 3-32**, esta opción sirve para calcular el MRP por niveles, usando las políticas de dimensionamiento de lotes que el usuario haya seleccionado para cada materia prima, componente o producto en proceso y para los productos, al momento de crearlos o editarlos. Se genera al oprimir el botón “OK”. En esta opción, también se encuentra una casilla de “No acumular inventario”, al seleccionarla y oprimir “OK” se resuelve el MRP sin acumular inventario de un período a otro, esto es para que el MRP funcione también para el caso de empresas de servicios o simulares en las que los servicios (el producto) no se pueden acumular.

Figura 3-31 Desarrollo del MRP por niveles con o sin acumulación de inventario de un período a otro. Fuente: Elaboración propia.

The image displays two screenshots of a software interface for MRP calculation. The left screenshot shows a dialog box titled 'MRP Dimensionamiento de lotes' with a checkbox labeled 'No acumular inventario de un periodo a otro' and a text input field for 'Numero de periodos al año' containing the value '50'. An 'OK' button is visible. The right screenshot shows a similar dialog box with dropdown menus for 'Material (MP/PP)' and 'Productos', a 'Política de dimensionamiento:' dropdown menu set to 'LFL', and a 'Cambiar' button.

- **CRP Requerimientos de Capacidad:**

En esta sección se pueden visualizar los resultados del desarrollo de los cálculos de Requerimientos de Capacidad (CRP), como se ilustra en la **Figura 3-33**.

Figura 3-32 CRP Requerimientos de capacidad. Fuente: Elaboración propia.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PD1												
Colocacion de requerimientos		40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PD3												
Colocacion de requerimientos		90	55	45	40	50	58	50	57	55	0	0
PD2												
Colocacion de requerimientos		390	260	130	120	185	115	0	0	0	0	0
Requerimientos de capacidad de Mano de Obra												
OP2		2080	1300	700	640	940	692	200	228	220	0	7000
OP1		2080	1300	700	640	940	692	200	228	220	0	7000
ST_MP		5200	3250	1750	1600	2350	1730	500	570	550	0	17500
ST_PT		4160	2600	1400	1280	1880	1384	400	456	440	0	14000
												45500
Requerimientos de Capacidad de Maquinaria												
OP2		2080	1300	700	640	940	692	200	228	220	0	7000
OP1		2080	1300	700	640	940	692	200	228	220	0	7000
ST_MP		1560	975	525	480	705	519	150	171	165	0	5250
ST_PT		5720	3575	1925	1760	2585	1903	550	627	605	0	19250
												38500

Al oprimir este botón “Calcular” el programa calcula los requerimientos totales de capacidad en cada centro de trabajo por cada período. Para el desarrollo del CRP, es necesario que el usuario haya desarrollado el MRP en la sección anterior a través de alguna de las cuatro opciones que allí se presentan.

Cuando la capacidad requerida excede la capacidad indicada por el usuario al introducir los datos de Capacidades en la sección Nueva Operación y Nuevo Almacenamiento, sobre la malla aparecerá en rojo la celda como se ilustra en la **Figura 3-33**.

El botón “% de Utilización Off / On” muestra u oculta los porcentajes de utilización del puesto de trabajo en cada período.

Información más detallada e ilustrada se presenta en el manual de usuario (**Anexo D**) en la sección **CRP Requerimientos de Capacidad**:

- **Descarga a Puestos de Trabajo:**

Como se ilustra en la Figura 3-34, esta opción sirve para visualizar los resultados del desarrollo de los cálculos de Descarga a puestos de trabajo (Operaciones y Almacenamientos) período a período. Al seleccionar un puesto de trabajo el programa calcula la carga de trabajo para cada centro de trabajo por cada período. Para el desarrollo de estos cálculos, es necesario que el usuario haya desarrollado el MRP en la sección anterior a través de alguna de las cuatro opciones que allí se presentan

Información más detallada e ilustrada se presenta en el manual de usuario (**Anexo D**) en la **Figura D-0-79**.

Figura 3-33 Descarga a puestos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Salida de datos

Calculo de Necesidades de MP | Desarrollo de MRP por Niveles | CRP Requerimientos de Capacidad | Descarga a puestos de Trabajo

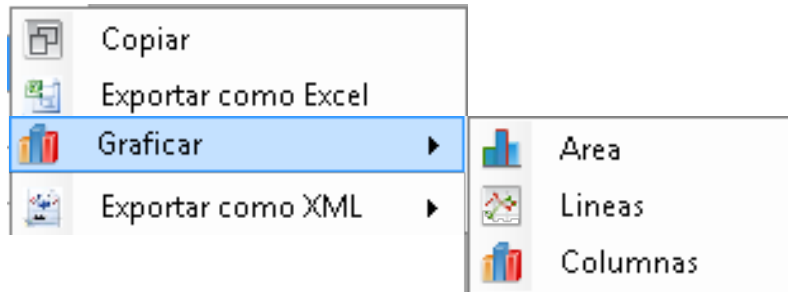
Descarga a puestos de trabajo:
OP2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶ B												
Colocacion de requerimientos	1388	440	655	461	100	114	110	0				
C												
Colocacion de requerimientos	127	90	80	100	116	100	114	110	0			
D												
Colocacion de requerimientos	520	300	348	300	342	330	0	0				
*												

- **Menú (Clic Derecho):**

En todas las tablas de esta sección al hacer clic derecho aparece el menú que se ilustra en la **Figura 3-35**.

Figura 3-34 Menú que aparece al hacer clic derecho en cualquiera de las tablas de la ventana de MRP y Resultados. Fuente: Elaboración propia.



Este menú sirve para copiar los datos de las tablas, exportarlos al programa Microsoft Excel, exportar los datos en formato XML (para ser usados en otras bases de datos o aplicaciones online) o graficarlos a través de alguna de las siguientes opciones:

- Gráfica de Área (como se ilustra en la **Figura 3-36**)
- Gráfica de Líneas (como se ilustra en la **Figura 3-37**)
- Gráfica de Columnas (como se ilustra en la **Figura 3-38**)

Figura 3-35 Ejemplo de Gráfica de Área para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.

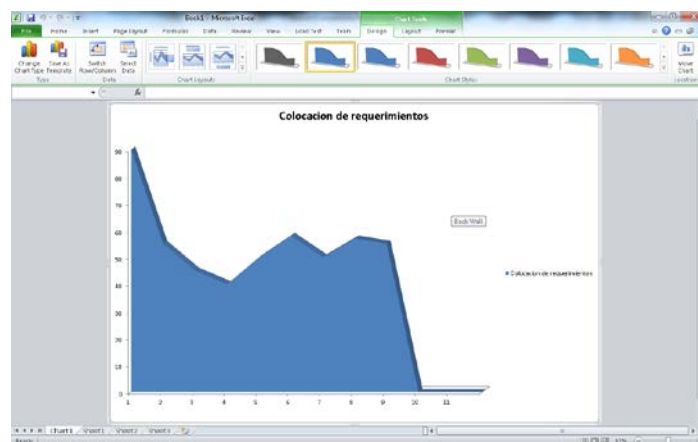


Figura 3-36 Ejemplo de Gráfica de Líneas para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.

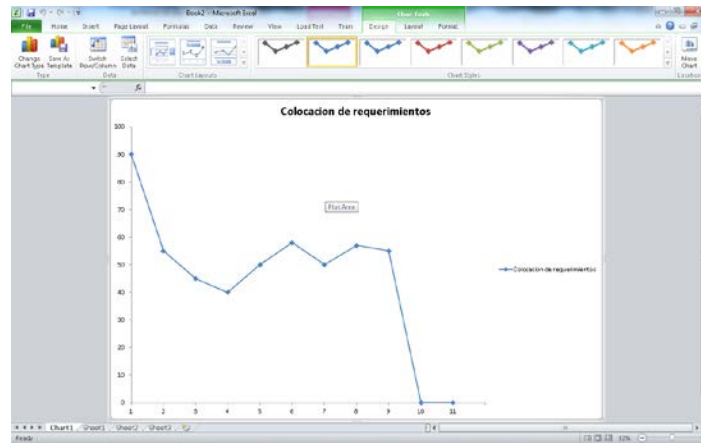
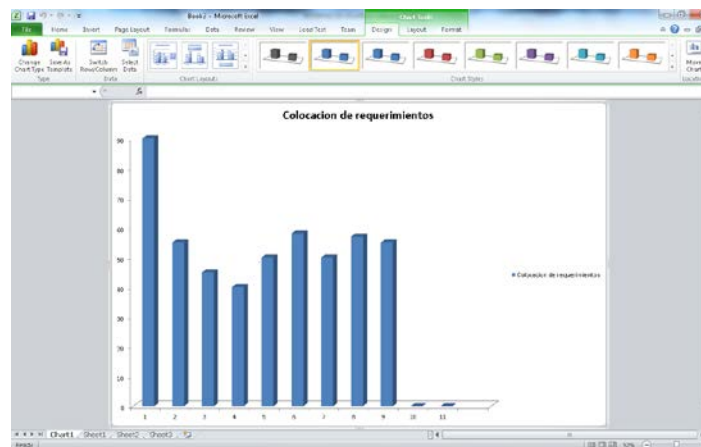


Figura 3-37 Ejemplo de Gráfica de Columnas para la colocación de requerimientos de un producto. Fuente: Elaboración propia.



En la **Figura 3-35-d** se ilustra el botón “Exportar como XML”, que sirve para que el usuario pueda guardar la información de la tabla en la que se hizo clic derecho en formato XML, el cual Microsoft describe como: “una forma extremadamente flexible de transferir datos” (Microsoft, 2011)).

- **Pestañas para la visualización de información.**

El usuario puede consultar la información sobre cada uno de los ítems que se describen en la barra de herramientas (5.3.)

En esta barra se puede consultar la información concerniente a:

- Materiales (MP / PP)
- Productos
- Operaciones
- Almacenamientos
- Demanda
- Pedidos a recibir
- Capacidades Requeridas
- Stock final deseado

Como se ilustra en la **Figura 3-39**

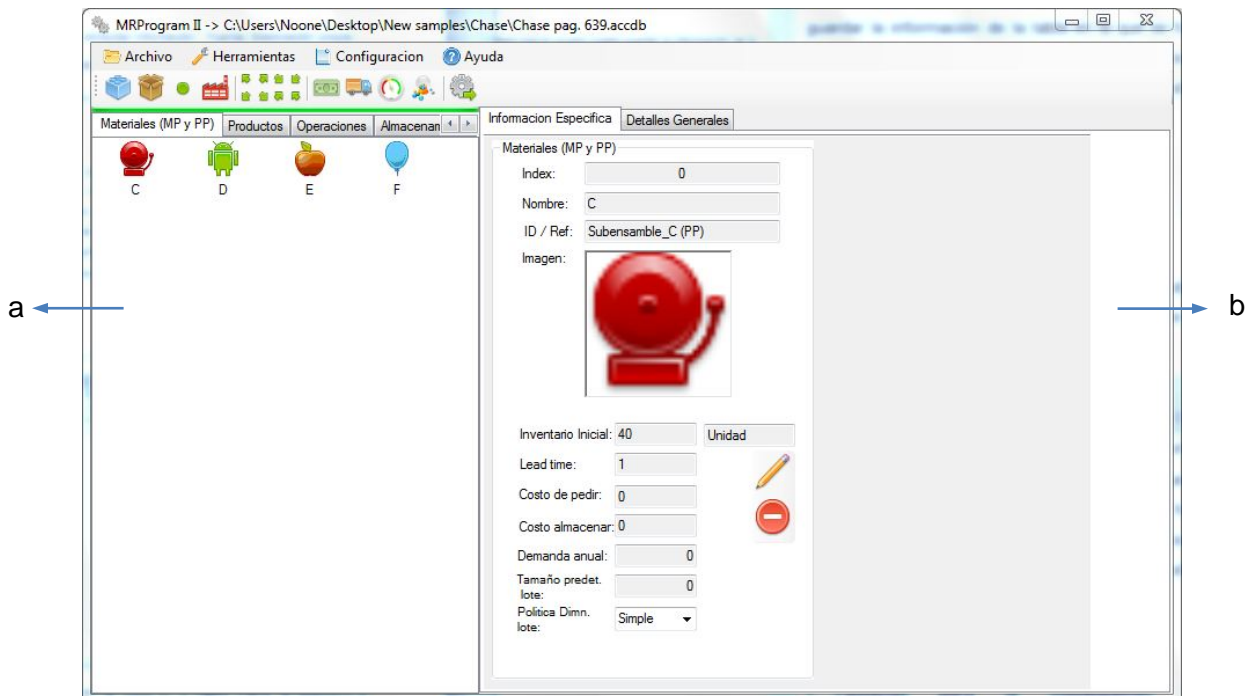
Figura 3-38 Pestañas para consultar información. Fuente: Elaboración propia.



Visualizar datos que ya han sido ingresados o también elegir que datos borrar o editar.

Al seleccionar una pestaña, por ejemplo Materiales (MP / PP), inmediatamente el programa consulta en la base de datos del MRP las materias primas y componentes; y las lista en el espacio que se ilustra en la **Figura 3-40-a**. De igual manera se listarán los elementos de otras pestañas, al seleccionar la pestaña de productos en la **Figura 3-40-a** aparecerán los productos, etc. Estos ítems aparecen identificados con el nombre y la imagen asociada por el usuario al momento de su creación.

Figura 3-39 Listas de ítems. Fuente: Elaboración propia.



Si se seleccionó la pestaña de Materiales (MP / PP), entonces los ítems son materias primas y componentes, al seleccionar un ítem (como se ilustra en la **Figura 3-40-a**, cualquier materia prima del espacio de la **Figura 3-40-a**, inmediatamente cambia el formato en el que se presenta la “Información Específica” como se ilustra en la **Figura 3-40-b**, haciendo que sea idéntico al formato de creación de la pestaña seleccionada, por ejemplo en este caso al formato de la ventana para la creación de un “Nuevo material (MP / PP)” pero con los datos correspondientes a la materia prima que se seleccionó en la lista que se ilustra en la **Figura 3-40-a**.







De igual manera sucedería con otros ítems, si por ejemplo en las pestañas que se ilustran en la **Figura 3-39** se seleccionara “Productos” en el campo que se ilustra en la **Figura 3-40-a** aparecerá la lista de los productos en la base de datos, y si el usuario seleccionara un producto el campo que se ilustra en la **Figura 3-40-b** cambiaría de formato al formato de la ventana de nuevo producto, pero con los datos del producto seleccionado.

Y así sucesivamente para el caso para cada pestaña. La única diferencia con las ventanas para la creación de información (Nuevo Material, Nuevo Producto,

Nueva Operación, etc.) es que en el lugar del botón de “Guardar” aparecen dos botones “Editar” y “Borrar”.

Esto le permite al usuario consultar fácilmente la información sobre un dato específico o datos generales de los datos que se encuentran en la base de datos del MRP. La información en la tabla de “Detalles Generales” que se ilustra en la **Figura 3-41** puede ser copiada o exportada; simplemente haciendo clic derecho, y seleccionando la opción.

Figura 3-40 Formato del campo de “Detalles Generales”. Fuente: Elaboración propia.

Información Especifica		Detalles Generales									
Index	MP	Referencia	Imagen	Inventario_inicial	Unidad	Lead_Time	Costo_pedir	Lead_Time	Costo_pedir	Costo_almacenar	Demanda_anual
0	A	MP001		37	Gramos	2	80	2	80	1	0
1	B	MP002		0	Gramos	2	80	2	80	3	0
2	C	MP003		0	Gramos	1	90	1	90	4	0
3	D	MP004		0	Gramos	2	80	2	80	5	0
4	E	MP005		0	Gramos	1	80	1	80	7	0
▶*											

Para más detalles puede consultar en el manual de usuario (**Anexo D**) la sección de Listas de ítems.

3.1.5 Capa de almacenamiento

Permite la entrada y salida de datos del programa, asegurando que estos no se pierden y tengan el formato adecuado, además que sean almacenados en el lugar correcto.

Los datos del programa son guardados en Bases de datos en formato Microsoft Access MDB Y ACCDB, que son creadas al crear un nuevo MRP. El nombre de la base de datos puede variar pues es definido por el usuario, pero las tablas que se crean en esta son:

- **Productos**

La cual contiene los siguientes campos:

- Index
- Productos
- Referencia

- Imagen
- Inventario inicial
- Unidad
- Lead Time
- Costo pedir
- Costo almacenar
- Árbol de producto
- Demanda anual
- Tamaño predeterminado lote

- **MP**

La cual contiene los siguientes campos:

- Index
- MP
- Referencia
- Imagen
- Inventario inicial
- Unidad
- Lead Time
- Costo pedir
- Costo almacenar
- Demanda anual
- Tamaño predeterminado lote

- **Almacenamientos**

La cual contiene los siguientes campos:

- Index
- Almacenamientos
- Referencia
- Imagen
- Capacidades mano de obra
- Unidad mano de obra

- Capacidades maquinaria
- Unidad maquinaria

- **Operaciones**
La cual contiene los siguientes campos:
 - Index
 - Operaciones
 - Referencia
 - Imagen
 - Capacidades mano de obra
 - Unidad mano de obra
 - Capacidades maquinaria
 - Unidad maquinaria

- **Demanda**
La cual contiene los siguientes campos:
 - Index
 - MP Productos
 - Período
 - Demanda

- **Pedidos a recibir**
La cual contiene los siguientes campos:
 - Index
 - MP Productos
 - Período
 - Cantidad

- **Capacidades requeridas**
La cual contiene los siguientes campos:

- Index
- MP Productos
- Puesto de trabajo
- Tipo
- Capacidad requerida Mano de obra
- Capacidad requerida Maquinaria

- **Stock final deseado**

La cual contiene los siguientes campos:

- Index
- MP Productos
- Período
- Cantidad

- **Unidades**

La cual contiene los siguientes campos:

- Index
- Categoría
- De A
- Unidad
- Factor de conversión
- Símbolo

- **Subensambles**

La cual contiene los siguientes campos:

- Index
- Subensambles
- Arboles subensambles

3.1.6 Capa de Procesamiento de datos y estructura del programa

- **Ventana principal**

En la ventana principal que se ilustra en la Figura 3-1, se pueden visualizar los datos que hay en la base de datos del MRP actual. Desde aquí también se abren las ventanas para crear o editar los datos sobre:

- Materiales (Materias primas y Producto en Proceso “Componentes”)
- Productos
- Operaciones
- Almacenamientos
- Demanda
- Pedidos a recibir
- Capacidades requeridas
- Stock final deseado (que deben quedar al final de cada período)

Y también se abre la ventana para visualizar los resultados, el código se presenta en el **Anexo E Código ventana principal**.

- **Ventana para la creación de materias primas, componentes y productos**

Esta es la misma ventana, solo que cuando se invoca la creación de un producto se hacen visibles más botones, campos, funciones y controles, que sirven para la creación y edición de los datos. Esta ventana posee algoritmos que ayudan a verificar que no falten campos por llenar y que el formato de la información sea el correcto.

El código fuente de esta ventana se presenta en el **Anexo E Código ventana de creación / edición de materias primas, componente y productos**.

- **Ventana para la creación / edición de información sobre operaciones y almacenamientos**

Se usa la misma ventana para la creación y edición de la información concerniente a las operaciones y almacenamientos. Esta ventana posee algoritmos que ayudan a verificar que no falten campos por llenar y que el formato de la información sea el correcto.

El código fuente de esta ventana se presenta en el **Anexo E Código ventana de creación / edición de operaciones y almacenamientos.**

- **Ventana para la creación / edición de datos de demanda, pedidos a recibir y stocks finales deseados.**

Se usa la misma ventana pero con variaciones en su composición y funciones, dependiendo de para que se invocó. . Esta ventana posee algoritmos que ayudan a verificar que no falten campos por llenar y que el formato de la información sea el correcto.

El código fuente de esta ventana se presenta en el **Anexo E Ventana creación / edición de demanda, pedidos a recibir y stock final deseado.**

- **Ventana para la creación / edición de los requerimientos de capacidad**

Debido a la configuración compleja en código, pero simple para el usuario en la que se presenta una muy sencilla interfaz para la rápida introducción de estos datos, esta ventana es única. Cuenta con los filtros para el formato de los datos presentes en las otras ventanas y el código de esta se presenta en el **Anexo E Ventana creación / edición de capacidades requeridas.**

- **Ventana para los resultados de los cálculos de MRP.**

En esta ventana se presentan todos los cálculos que el programa puede generar. El código se presenta en el **Anexo E Ventana resultados MRP**.

- **Ventana para administrar las imágenes / añadir (seleccionar) imagen como referencia visual a una materia prima, componente, producto, operación o almacenamiento**

Esta ventana puede ser invocada desde muchas otras ventanas y cumple una doble función. Administra las colecciones de imágenes y las imágenes y si es invocada desde la creación de otro tipo de información permite al usuario seleccionar una imagen para ser añadida como referente visual al ítem que se éste creando.

El código fuente de esta ventana se presenta en el **Anexo E Ventana administrador de imágenes**.

- **Ventana para administrar unidades y convertir unidades**

Esta es otra ventana que se puede invocar desde muchas otras ventanas y que cumple varias funciones. Esta ventana permite crear, modificar, borrar y añadir unidades; incluso unidades agregadas y personalizadas.

Al ser invocada desde otra ventana permite convertir los datos a otras unidades, por ejemplo de centímetros a metros, de gramos a kilogramos, etc. Siempre y cuando la unidad a la que se desea convertir pertenezca a la misma categoría que la unidad de origen.

El código fuente para esta ventana se presenta en el **Anexo E Ventana administrador de unidades**.

- **Ventana para la consulta a bases de datos**

Esta es una de las ventanas más importantes pues le agrega la posibilidad al programa de acceder fácil y rápidamente a una gran cantidad de datos en bases de datos de formatos:

- *Microsoft access* (MDB Y ACCDB)
- SQL (probado con las versiones 2005 y 2008)
- XML (*extensible mark-up language*)
- Y libros en formato *Microsoft Excel* (XLS Y XLSX)

Para que el usuario pueda conseguir la información necesaria para el desarrollo del MRP sin necesidad de estar cambiando constantemente de programa.

El código fuente para esta ventana se presenta en el **Anexo E Ventana de consulta a bases de datos en formatos Microsoft Access (MDB Y ACCDB), SQL (versiones 2005 y 2008), XML (*extensible mark-up language*) y libros de Microsoft Excel como bases de datos en formatos (XLS Y XLSX).**

Capítulo 4. Comparación de los resultados obtenidos con software con los resultados de libros

4. COMPARACION DE RESULTADOS

En esta sección se comparan los resultados generados por el software producto de este trabajo de grado con el nombre de “MRProgram II”, con los resultados de ejercicios resueltos que se pueden consultar en textos especializados en el tema.

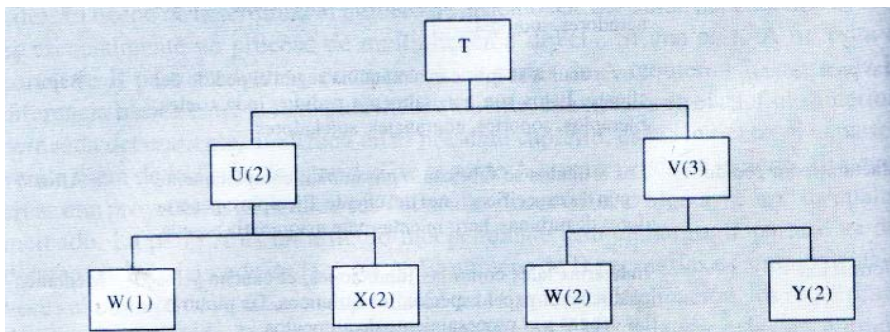
A continuación se presentan una serie de ejemplos tomados de diferentes textos y su comparación con los resultados del software “MRProgram II”.

4.1. EJEMPLO 1

“Suponga que se va a fabricar el producto T que consta de dos partes de U y tres partes de V. La parte U, a su vez, consta de una parte de W y dos partes de X. La parte V consta de dos partes de W y dos partes de Y”. El árbol estructural del producto T, se ilustra en la

Figura 4-1 del libro (Richard B. Chase, 2000). Página 628. Se requieren 100 unidades del producto T en la semana 7.

Figura 4-1 Árbol estructural del producto T. Fuente: (Richard B. Chase, 2000).



El primer paso es agregar los datos de las materias primas al programa, los únicos datos con los que se cuenta es con los Lead Times:

- Plazo para T = 1 semana
- Plazo para U = 2 semanas
- Plazo para V = 2 semanas
- Plazo para W = 3 semanas
- Plazo para X = 1 semana
- Plazo para Y = 1 semana

AL haber creado todas la materias primas, se crea el producto T, de la forma en que se ilustra en la **Figura 4-2**. Las imágenes de las materias primas y del producto han sido seleccionadas al azar ya que el ejemplo no cuenta con imágenes de referencia para las Materias Primas o Productos.

Figura 4-2 Datos y Árbol de Producto T, usando el programa “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.

The screenshot shows the 'Nuevo Producto' window with the following details:

- Nombre:** T
- ID / Ref:** PD_T
- Imagen:** [Image of a red electronic device]
- Arbol de producto:** A hierarchical tree showing product T composed of:
 - U (2)
 - W (1)
 - X (2)
 - V (3)
 - W (2)
 - Y (2)
- Lista de Materias Primas y Productos:** A list with 'Y' selected. A quantity of '2' is entered next to it.
- Table:** A table titled 'TV (3) Para una unidad, se necesitan:' showing the required quantities for each material (MP):

MP	CANTIDAD
U	2
V	3
W	8
X	4
Y	6
*	
- Form Fields:**
 - Inventario Inicial: 0
 - Lead time: 1
 - Costo de pedir: 0
 - Costo almacenar: 0
 - Demanda anual: 0
 - Tamaño predet. lote: 0

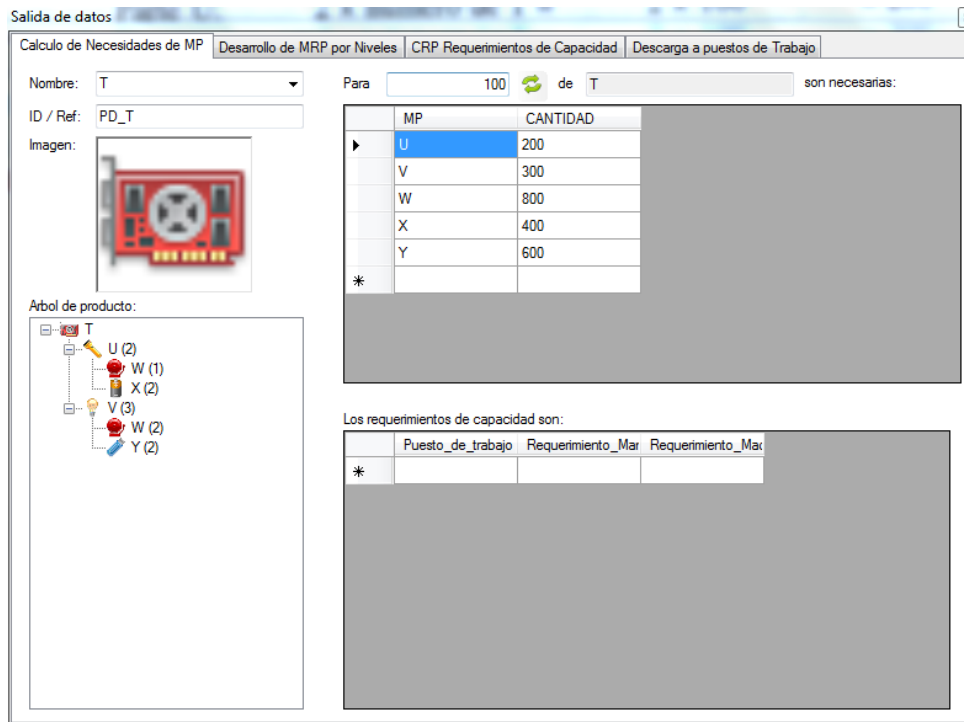
A blue arrow labeled 'a' points to the right side of the table.

Como se ilustra en la **Figura 4-2-a** el programa calcula automáticamente los requerimientos de materia prima para una unidad. En el ejemplo se presentan los requerimientos para 100 unidades de producto T, como se ilustra en la Figura 4-3; estos cálculos pueden ser fácilmente realizados a través de la primera pestaña de resultados del software “MRProgram II”, como se ilustra en la Figura 4-4, donde los requerimientos para 100 unidades de producto T, son idénticas a las que aparecen en el libro.

Figura 4-3 Cálculos de requerimientos de Materias Primas para 100 Unidades de Producto T. Fuente: (Richard B. Chase, 2000)

Parte U:	$2 \times \text{número de T} =$	2×100	$= 200$
Parte V:	$3 \times \text{número de T} =$	3×100	$= 300$
Parte W:	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \times \text{número de U} = \\ +2 \times \text{número de V} = \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \times 200 \\ +2 \times 300 \end{array} \right.$	$= 800$
Parte X:	$2 \times \text{número de U} =$	2×200	$= 400$
Parte Y:	$2 \times \text{número de V} =$	2×300	$= 600$

Figura 4-4 Cálculos de requerimientos de Materias Primas para 100 unidades de producto T. Usando el software “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.



En la **Figura 4-5** se ilustra el desarrollo del MRP por niveles para 100 unidades de producto T en la semana 7. Los mismos resultados, pero creados utilizando el software MRProgram II, se ilustran en la **Figura 4-6**. Como no se alcanzan a observar completos los resultados en la ventana, se ilustran en la **Tabla 4-1**.

Figura 4-5 Plan de requerimientos de materiales para 100 unidades de producto T en la semana 7. Fuente: (Chase Richard B., 2000).

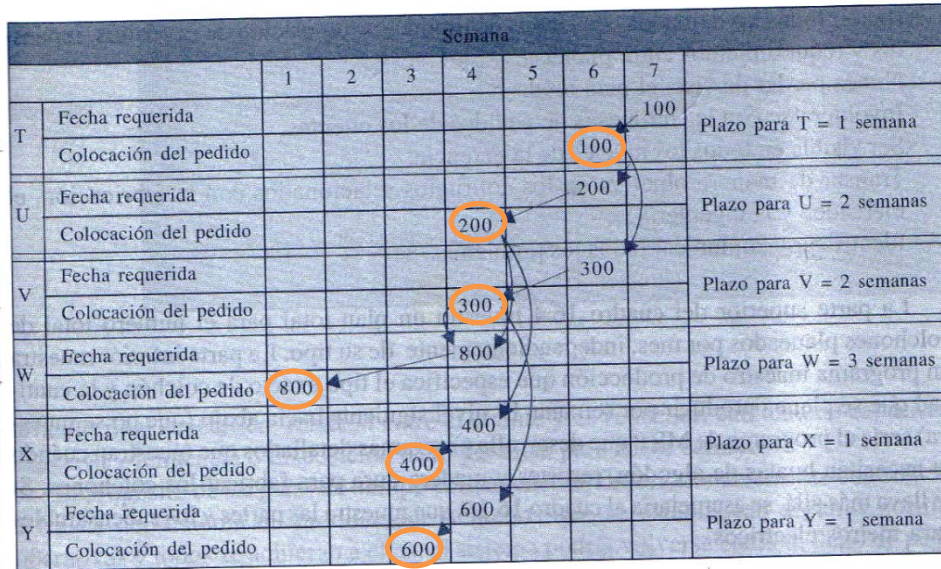


Figura 4-6 Resultados del desarrollo del MRP por niveles para 100 unidades de producto T en la semana 7. Fuente: Elaboración propia.

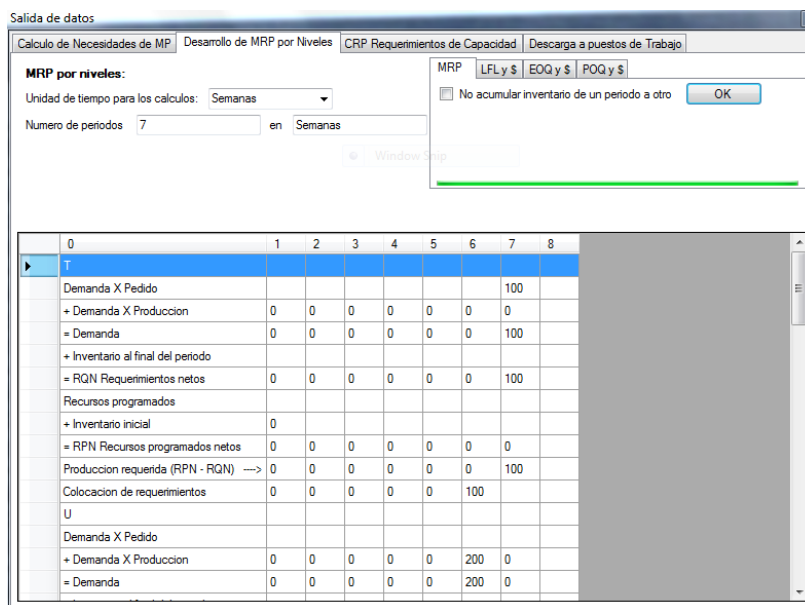


Tabla 4-1 Resultados detallados del desarrollo del MRP por niveles para 100 unidades de producto T en la semana 7. Fuente: Elaboración propia.

	1	2	3	4	5	6	7	8
T								
Demanda X Pedido							100	
+ Demanda X Producción	0	0	0	0	0	0	0	
= Demanda	0	0	0	0	0	0	100	
+ Inventario al final del período								
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	0	0	0	100	
Recursos programados								
+ Inventario inicial	0							
= RPN Recursos programados netos	0	0	0	0	0	0	0	
Producción requerida (RPN - RQN) ---->	0	0	0	0	0	0	100	
Colocación de requerimientos	0	0	0	0	0	100		
U								
Demanda X Pedido								
+ Demanda X Producción	0	0	0	0	0	200	0	
= Demanda	0	0	0	0	0	200	0	
+ Inventario al final del período								
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	0	0	200	0	
Recursos programados								
+ Inventario inicial	0							
= RPN Recursos programados netos	0	0	0	0	0	0	0	
Producción requerida (RPN - RQN) ---->	0	0	0	0	0	200	0	
Colocación de requerimientos	0	0	0	200	0			
V								
Demanda X Pedido								
+ Demanda X Producción	0	0	0	0	0	300	0	
= Demanda	0	0	0	0	0	300	0	
+ Inventario al final del período								
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	0	0	300	0	
Recursos programados								
+ Inventario inicial	0							
= RPN Recursos programados netos	0	0	0	0	0	0	0	
Producción requerida (RPN - RQN) ---->	0	0	0	0	0	300	0	
Colocación de requerimientos	0	0	0	300	0			
X								
Demanda X Pedido								
+ Demanda X Producción	0	0	0	400	0	0	0	
= Demanda	0	0	0	400	0	0	0	
+ Inventario al final del período								
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	400	0	0	0	

Recursos programados								
+ Inventario inicial	0							
= RPN Recursos programados netos	0	0	0	0	0	0	0	
Producción requerida (RPN - RQN) ---->	0	0	0	400	0	0	0	
Colocación de requerimientos	0	0	400	0	0	0		
W								
Demanda X Pedido								
+ Demanda X Producción	0	0	0	800	0	0	0	
= Demanda	0	0	0	800	0	0	0	
+ Inventario al final del período								
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	800	0	0	0	
Recursos programados								
+ Inventario inicial	0							
= RPN Recursos programados netos	0	0	0	0	0	0	0	
Producción requerida (RPN - RQN) ---->	0	0	0	800	0	0	0	
Colocación de requerimientos	800	0	0	0				
Y								
Demanda X Pedido								
+ Demanda X Producción	0	0	0	600	0	0	0	
= Demanda	0	0	0	600	0	0	0	
+ Inventario al final del período								
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	600	0	0	0	
Recursos programados								
+ Inventario inicial	0							
= RPN Recursos programados netos	0	0	0	0	0	0	0	
Producción requerida (RPN - RQN) ---->	0	0	0	600	0	0	0	
Colocación de requerimientos	0	0	600	0	0	0		

Comparando los resultados resaltados del libro con óvalos de color naranja que se ilustran en la **Figura 4-5**, con los resultados resaltados en color naranja de la **Tabla 4-1**, se notan que son iguales, solo que los resultados de la **Tabla 4-1**, son más detallados.

4.2. EJEMPLO 2

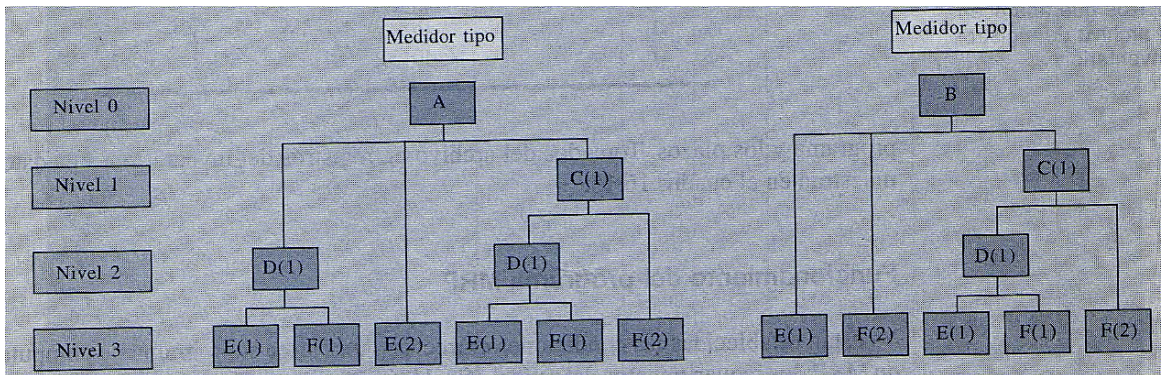
Ampere, Inc. Produce una línea de medidores eléctricos instalados en edificios residenciales por las compañías de servicios eléctricos para medir en consumo de energía. Además de los medidores algunas partes y sub-ensambles se venden por

separado. (Richard B. Chase, 2000). Página 639. La proyección de demanda para los medidores y sub-ensambles, es:

- Medidor A 1,250
- Medidor B 460
- Sub-ensamble D 270
- Parte E 380

Los arboles de producto o estructura de producto para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”, se ilustran en la **Figura 4-7**.

Figura 4-7 Árbol de producto o estructura de producto para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente (Richard B. Chase, 2000)



Se cuenta, con los datos de Inventarios Iniciales y Lead Times, como se ilustra en la **Figura 4-8** :

Figura 4-8 Datos de Inventarios Iniciales y Lead times, para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente: (Richard B. Chase, 2000)

Artículo	Inventario disponible	Plazo (semanas)
A	50	2
B	60	2
C	40	1
D	30	1
E	30	1
F	40	1

Al haber creado todas la materias primas, se crean los Productos “Medidor A” de la forma en que se ilustra en la **Figura 4-9** y “Medidor B”, de la forma en que se ilustra en la **Figura 4-10**. Las imágenes de las materias primas y de los productos han sido seleccionadas al azar ya que el ejemplo no cuenta con imágenes de referencia para las Materias Primas o Productos.

Figura 4-9 Datos y Árbol de Producto “Medidor A”, usando el programa “MRProgram II”.

Fuente: Elaboración propia.

Nuevo Producto

Nombre: A
 ID / Ref: PD_A
 Imagen:

Inventario Inicial: 50 Unidad:
 Lead time: 2
 Costo de pedir: 0
 Costo almacenar: 0
 Demanda anual: 0
 Tamaño predet. lote: 0

Nota: Se recomienda NO introducir la demanda anual sino esta seguro del valor. Si se deja vacia o en cero, el programa la calculara automaticamente para hallar el EOQ.

Arbol de producto:

```

    graph TD
      A[A] --> D1[D (1)]
      A --> E1[E (1)]
      A --> F1[F (1)]
      D1 --> C1[C (1)]
      D1 --> D2[D (1)]
      D2 --> E2[E (1)]
      D2 --> F2[F (1)]
      C1 --> E3[E (2)]
      C1 --> F3[F (2)]
    
```

Cantidad: 2
 +
 -

Lista de Materias Primas y Productos:

MP

MP	CANTIDAD
D	2
C	1
E	4
F	4
*	

Figura 4-10 Datos y Árbol de Producto “Medidor B”, usando el programa “MRProgram II”.

Fuente: Elaboración propia.

Nuevo Producto

Nombre: B
 ID / Ref: PD_B
 Imagen:

Inventario Inicial: 60 Unidad:
 Lead time: 2
 Costo de pedir: 0
 Costo almacenar: 0
 Demanda anual: 0
 Tamaño predet. lote: 0

Nota: Se recomienda NO introducir la demanda anual sino esta seguro del valor. Si se deja vacia o en cero, el programa la calculara automaticamente para hallar el EOQ.

Arbol de producto:

```

    graph TD
      B[B] --> E1[E (1)]
      B --> F2[F (2)]
      B --> C1[C (1)]
      C1 --> D1[D (1)]
      C1 --> E2[E (1)]
      C1 --> F1[F (1)]
      D1 --> F3[F (2)]
    
```

Cantidad: 2
 +
 -

Lista de Materias Primas y Productos:

MP

MP	CANTIDAD
E	2
F	5
C	1
D	1
*	

En la **Figura 4-5** se ilustra el desarrollo del MRP por niveles para para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”. Los mismos resultados, pero creados utilizando el software MRProgram II, se ilustran en la **Figura 4-12**. Como no se alcanzan a observar completos los resultados en la ventana, los datos de los resultados aparecen en la **Tabla 4-2**.

Figura 4-11 MRP para los productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente: (Richard B. Chase, 2000).

Artículo	Semana									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A Requerimientos brutos Disponibles 50 Requerimientos netos (Plazo = 2) Recibo de pedidos planeados Expedición de pedidos planeados						1,250				850
						50				
						1,200				
				1,200		1,200				
B Requerimientos brutos Disponibles 60 Requerimientos netos (Plazo = 2) Recibo de pedidos planeados Expedición de pedidos planeados						460				360
						60				
						400				
				400		400				
C Requerimientos brutos Disponibles 40 Requerimientos netos (Plazo = 1) Recibo de pedidos planeados Expedición de pedidos planeados				400						
				1,200						
				40						
				1,560						
			1,560	1,560						
D Requerimientos brutos Disponibles 30 Requerimientos netos (Plazo = 1) Recibo de pedidos planeados Expedición de pedidos planeados			1,560	1,200		270				250
			30	0		0				
			1,530	1,200		270				
		1,530	1,200	1,200		270				
					270					
E Requerimientos brutos Disponibles 30 Requerimientos netos (Plazo = 1) Recibo de pedidos planeados Expedición de pedidos planeados		1,530	1,200	400	270	380				430
		30	0	0	0	0				
		1,500	1,200	2,800	270	380				
		1,500	1,200	2,800	270	380				
		1,530	1,200	2,800	270	380				
F Requerimientos brutos Disponibles 40 Requerimientos netos (Plazo = 1) Recibo de pedidos planeados Expedición de pedidos planeados			3,120							
		1,530	1,200	800	270					
		40	0	0	0					
		1,490	4,320	800	270					
		1,490	4,320	800	270					

Demanda X Pedido									
+ Demanda X Producción	0	0	0	0	0	0	1600	0	0
= Demanda	0	0	0	0	0	0	1600	0	0
+ Inventario al final del período									
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	0	0	0	1600	0	0
Recursos programados									
+ Inventario inicial	40	40	40	40	40	40	40		
= RPN Recursos programados netos	40	40	40	40	40	40	40	0	0
Producción requerida (RPN - RQN) ---->							1560	0	0
Colocación de requerimientos	0					1560	0	0	
D									
Demanda X Pedido									270
+ Demanda X Producción	0	0	0	0	0	1560	1200	0	0
= Demanda	0	0	0	0	0	1560	1200	0	270
+ Inventario al final del período									
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	0	0	1560	1200	0	270
Recursos programados									
+ Inventario inicial	30	30	30	30	30	30			
= RPN Recursos programados netos	30	30	30	30	30	30	0	0	0
Producción requerida (RPN - RQN) ---->						1530	1200	0	270
Colocación de requerimientos	0				1530	1200	0	270	
E									
Demanda X Pedido									380
+ Demanda X Producción	0	0	0	0	1530	1200	2800	270	0
= Demanda	0	0	0	0	1530	1200	2800	270	380
+ Inventario al final del período									
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	0	1530	1200	2800	270	380
Recursos programados									
+ Inventario inicial	30	30	30	30	30				
= RPN Recursos programados netos	30	30	30	30	30	0	0	0	0
Producción requerida (RPN - RQN) ---->					1500	1200	2800	270	380
Colocación de requerimientos	0			1500	1200	2800	270	380	
F									
Demanda X Pedido									
+ Demanda X Producción	0	0	0	0	1530	4320	800	270	0
= Demanda	0	0	0	0	1530	4320	800	270	0
+ Inventario al final del período									
= RQN Requerimientos netos	0	0	0	0	1530	4320	800	270	0
Recursos programados									
+ Inventario inicial	40	40	40	40	40				
= RPN Recursos programados netos	40	40	40	40	40	0	0	0	0
Producción requerida (RPN - RQN) ---->					1490	4320	800	270	0
Colocación de requerimientos	0			1490	4320	800	270	0	

Comparando los resultados resaltados del libro con óvalos de color naranja que se ilustran en la **Figura 4-11**, con los resultados resaltados en color naranja de la **Tabla 4-2**, se notan que son iguales, solo que los resultados de la **Tabla 4-2**, son más detallados. La única diferencia es un error del libro, no del software, que se ilustra en la **Figura 4-11-a** en donde el valor de los pedidos planteados para la semana 5 era de 1500 unidades del componente E, pero la colocación “Expedición de pedidos planteados” se realiza en la semana 4, por un valor mayor de 1530 unidades. El resultado que presenta el software “MRProgram II” es correcto.

4.3. EJEMPLO 3

“El producto X está hecho de dos unidades de Y y tres de Z. Y está hecho de una unidad de A y dos unidades de B. Z esta hecho de dos unidades de A y cuatro unidades de C. El plazo para X es de una semana; Y, dos semanas; Z, tres semanas; A, dos semanas; B, una semana y C, tres semanas.

- Dibuje la lista de materiales (árbol estructural del producto).
- Si en la semana diez se necesitan 100 unidades de X, desarrolle un programa de planeación” (Richard B. Chase, 2000) página 659.

Los únicos datos con los que se cuenta son con los Lead Times:

- Plazo para X = 1 semana
- Plazo para Y = 2 semanas
- Plazo para Z = 3 semanas
- Plazo para A = 2 semanas
- Plazo para B = 1 semana
- Plazo para C = 3 semanas

El árbol de producto, se ilustra en la **Figura 4-13**. Al haber creado todas la materias primas, se crea el producto X, de la forma en que se ilustra en la en la **Figura 4-15** se ilustra el desarrollo del MRP por niveles para para el Producto X. Los mismos resultados, pero creados utilizando el software “MRProgram II”, se ilustran en la **Figura 4-12**. Como no se alcanzan a observar completos los resultados en la ventana, los datos de los resultados aparecen en la **Tabla 4-3**. Las imágenes de las materias primas y del producto han sido seleccionadas al azar ya que el ejemplo no cuenta con imágenes de referencia para las Materias Primas o Productos.

Figura 4-13 Árbol de producto o estructura de producto para los Productos “Medidor A” y “Medidor B”. Fuente: (Richard B. Chase, 2000)

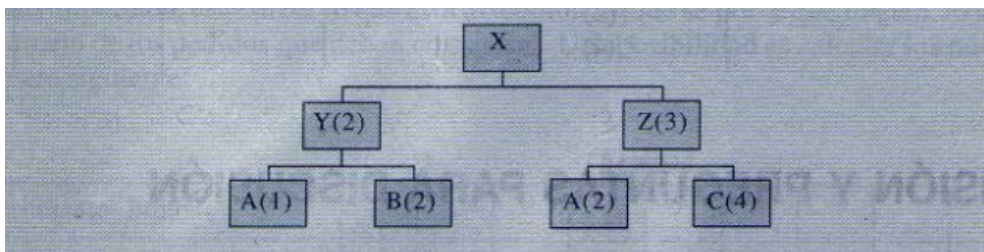
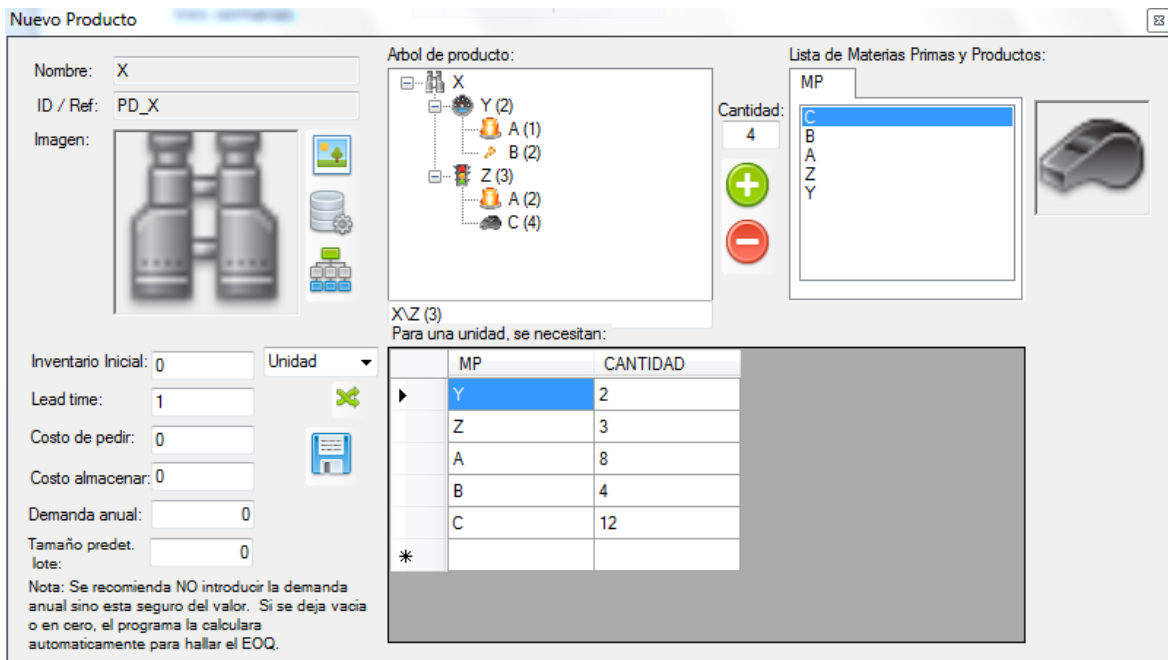


Figura 4-14 Datos y Árbol de Producto X, usando el programa “MRProgram II”. Fuente: Elaboración propia.



En la **Figura 4-15** se ilustra el desarrollo del MRP por niveles para para el Producto X. Los mismos resultados, pero creados utilizando el software “MRProgram II”, se ilustran en la **Figura 4-12**. Como no se alcanzan a observar completos los resultados en la ventana, los datos de los resultados aparecen la en la **Figura 4-15** se ilustra el desarrollo del MRP por niveles para para el Producto X. Los mismos resultados, pero creados utilizando el software “MRProgram II”, se ilustran en la **Figura 4-12**. Como no se alcanzan a observar completos los resultados en la ventana, los datos de los resultados aparecen en la **Tabla 4-3**. En la **Figura 4-15** se ilustra el desarrollo del MRP por niveles para para el Producto X. Los mismos resultados, pero creados utilizando el software “MRProgram II”, se ilustran en la **Figura 4-12**. Como no se alcanzan a observar completos los resultados en la ventana, los datos de los resultados aparecen en la **Tabla 4-3**.