

PLAN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIAL (MRP) EN EXCEL



HERBER YOPASA PEÑA

LEIDY ALEJANDRA RIAÑO FUENTES

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**POLITÉCNICO
GRANCOLOMBIANO**

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C

2017

PLAN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIAL (MRP) EN EXCEL

HERBER YOPASA PEÑA

LEIDY ALEJANDRA RIAÑO FUENTES

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR:

ING. OSCAR JAVIER PARRA ORTEGA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C

2017

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVOS.....	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos.....	7
1. ESTADO DEL ARTE	8
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. MRP (Material Requirements Planning)	11
2.2. Información para un MRP	12
2.3. Estructura del MRP.....	15
3. INSTRUCTIVO DE USO DE LA HERRAMIENTA.....	23
3.1. Información necesaria para el uso del aplicativo.....	23
3.2. Uso del aplicativo	24
CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS	34

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
POLITÉCNICO
GRANCOLOMBIANO

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Fuentes de entrada de un sistema MRP	12
Ilustración 2. Explosión de materiales.....	14
Ilustración 3. Bienvenida a la herramienta.	25
Ilustración 4. Formulario para número de periodos y componentes.....	25
Ilustración 5. Formulario para nombre de los periodos de tiempo.	26
Ilustración 6. Formulario de información para cada componente.	27
Ilustración 7. Ejemplo de datos terminados de introducir.	28
Ilustración 8. Mensaje para la inserción de datos en las matrices.....	28
Ilustración 9. Matriz de relación entre componentes y periodos de tiempo para demanda.	29
Ilustración 10. Matriz de relación entre componentes y periodos de tiempo para entregas programadas.	30
Ilustración 11. Matriz relación componente a componente para la explosión de materiales.....	31
Ilustración 12. Informe Final.	32
Ilustración 13 Guardar Histórico	¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

Tabla 1. Cantidades según el MPS.....	15
Tabla 2. Información para el MRP.....	16
Tabla 3. Cálculos de MRP para el producto A.....	16
Tabla 4. Información necesaria para la herramienta propuesta.....	23



INTRODUCCIÓN

Con el constante cambio del mercado, los requerimientos de la calidad y la satisfacción del cliente, las empresas deben cambiar su manera de atender a la demanda mejorando los procesos en toda la cadena de suministro a través de la eliminación de desperdicios, reproceso u otro factor que determinen una deficiencia en el funcionamiento de cada proceso. Uno de los principales métodos para dicha mejora es la planeación de sus diferentes suministros y/o materiales, la cual permite la disminución de errores en inventarios y sus costos, y desperdicios de recursos.

En la actualidad, hay diferentes herramientas que permiten la planeación como software especializado en este campo, ligados a los diferentes departamentos de una empresa. Debido al elevado costo, en que se incumbe al adquirir, implementar y poner en funcionamiento un software para una organización, algunas de ellas no acceden a estos y permanecen en los programas de libre acceso, sin licencias (en algunos casos) o que representan un bajo costo en adquisición e implementación. De allí, surge la necesidad de crear mejores herramientas a través de dichos programas para las pequeñas empresas que no tienen la capacidad económica para adquirir un software robusto para la mejora de sus procesos y que tienen la intención de mejorar sus procesos o comenzar a dar un enfoque más organizativo.

La planeación de requerimiento de materiales (MRP) es una de tantas herramientas que permiten la disminución de errores o sobre costos por inventarios. Para esto se realizará una herramienta asequible, en el programa Microsoft Office Excel de Microsoft Corp., usando Visual Basic (VBA), que es lenguaje de programación para dicho programa. Esta permitirá realizar la planeación de los requerimientos, enfocado a las unidades de material sin su relación económica.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un aplicativo de MRP a través del lenguaje de programación de Excel (Visual Basic) para la planeación de los componentes de un producto teniendo como entrada un formato a diligenciar y como salida, un informe asociado a la colocación de pedidos.

Objetivos específicos

- Conocer los datos básicos acerca de un MRP y su funcionamiento a través de una investigación del tema, y con ello, identificar los datos necesarios para la planeación de materiales.
- Elaborar un aplicativo para MRP mediante el lenguaje de programación de Excel (Visual Basic), planteando macros que se encarguen de los cálculos y demás procedimientos para el lanzamiento de pedidos.

1. ESTADO DEL ARTE

Según la investigación de Flores Dávila Ana Laura. (Dávila, 2008) arroja que, en la Segunda Guerra Mundial, cuando el gobierno estadounidense empleó programas especializados que se ejecutaban en las enormes y complejas computadoras recién surgidas en el principio de la década de los años 40, para controlar la logística u organización de sus unidades en acciones bélicas. Estas soluciones tecnológicas, son conocidas como los primeros sistemas para la planeación de requerimiento de materiales.

Para el final de los años 50, los sistemas MRP brincaron las trincheras del ejército para hallar cabida en los sectores productivos en especial de los Estados Unidos de América. Las compañías que los adoptaron se dieron cuenta de que estos sistemas les permitían llevar un control de diversas actividades como control de inventario, facturación, y pago y administración de nómina.

De manera paralela, la evolución de las computadoras favoreció el crecimiento de estos sistemas en cuanto al número de empresas que optaban por ellos. Claro que esas computadoras eran muy rudimentarias, pero contaban con la capacidad de almacenamiento y recuperación de datos que facilitaban procesar transacciones, es decir, manejar información y canalizarla de manera apropiada a aquellas áreas que, al integrarla, podían ejecutar acciones mucho más rápidas.

Por otra parte, según la investigación de Luciano Silva (Silva, 2013) en las décadas de los años 60 y 70, los sistemas MRP evolucionaron para ayudar a las empresas a reducir los niveles de inventario de los materiales que usaban, esto porque, al planear sus requerimientos de insumos con base en lo que realmente les demandaban, los costos se reducían, ya que se compraba sólo lo necesario.

El objetivo principal de estos sistemas es controlar el proceso de producción en empresas cuya actividad se desarrolla en un entorno de fabricación. La producción en este entorno supone un proceso complejo, con múltiples etapas intermedias, en las que tienen lugar procesos industriales que transforman los materiales empleados, se realizan montajes de componentes para obtener unidades de nivel superior que a su vez pueden ser componentes de otras, hasta la terminación del producto final, listo para ser entregado a los clientes externos. La complejidad de este proceso es variable, dependiendo del tipo de productos que se fabriquen, (Dávila, 2008).

(Francisco, 2013) Los sistemas básicos para planificar y controlar estos procesos constan todos ellos de las mismas etapas, si bien su implantación en una situación concreta depende de las particularidades de la misma. Pero todos ellos abordan el problema de la ordenación del flujo de todo tipo de materiales en la empresa para obtener los objetivos de producción eficientemente: ajustar los inventarios, la capacidad, la mano de obra, los costes de producción, los plazos de fabricación y las cargas de trabajo en las distintas secciones a las necesidades de la producción.

Las técnicas MRP son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se hallen a punto cuando son precisos y al propio tiempo sin necesidad de tener un excesivo inventario.

La gran cantidad de datos que hay que manejar y la enorme complejidad de las interrelaciones entre los distintos componentes trajeron consigo que, antes de los años sesenta, no existiera forma satisfactoria de resolver el problema mencionado, lo que propició que las empresas siguiesen, utilizando los stocks de seguridad y las técnicas clásicas, así como métodos informales, con el objeto de intentar evitar en lo posible problemas en el cumplimiento de la programación debido a falta de stocks, por desgracia, no siempre conseguían sus objetivos, aunque casi siempre incurrían en elevados costos de posesión.

Hubo que esperar a los años sesenta para que la aparición del ordenador abriera las puertas al MRP, siendo ésta, más que una simple técnica de gestión de Inventarios. El MRP no es un método sofisticado surgido del ambiente universitario, sino que, por el contrario, es una técnica sencilla, que procede de la práctica y que, gracias al ordenador, funciona y deja obsoletas las técnicas clásicas en lo que se refiere al tratamiento de artículos de demanda dependiente. Su aparición en los programas académicos es muy reciente. Alrededor de la década de 80 el MRP que abordaba el concepto de la planificación de recursos de producción y la necesidad de ensanchar la gestión a otras áreas de la empresa. Dicha evolución ha dado lugar a los actuales sistemas de gestión integral de la empresa ERP (Anonimo, 2010).

Por otra parte, en los 1990 según la investigación que realizó Delgado y Marín (2000) establece que los sistemas MRP se adaptan para la identificación de problemas de capacidad que se presentan en la producción, ofreciendo analizar diferentes opciones para el plan de producción.

Por último, para nuestros días ha estado en constante evolución debido a su importancia.

La popularidad creciente de esta técnica es debida no sólo a los indiscutibles éxitos obtenidos por ella, sino también a la labor publicitaria realizada por la A.P.I.C.S. (American Production and Inventory Society), que ha dedicado un considerable esfuerzo para su expansión y conocimiento, encabezado por profesionales como J. Orlicky, O. Wight, G. Plossl y W. Goddard. Todo ello ha propiciado que el número de empresas que utilizan esta técnica haya crecido en forma rapidísima (Dávila, 2008).

2. MARCO TEÓRICO

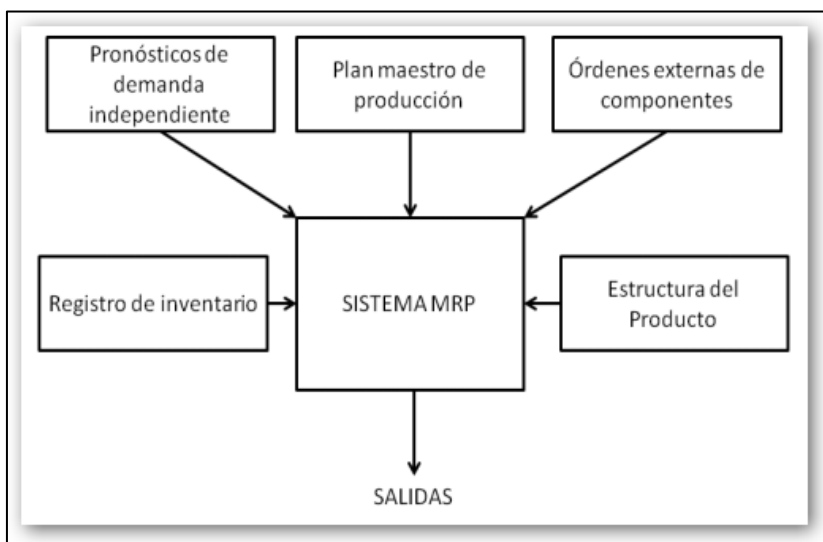
El marco teórico, que se desarrolla a continuación proporcionara una idea más clara acerca de la planificación de los requerimientos de materiales, ya que se abarca los conceptos básicos y los aspectos importantes del desarrollo de este proyecto.

2.1. MRP (Material Requirements Planning)

De acuerdo con las necesidades de los clientes y la demanda de una gran variedad de productos, las empresas buscan mejorar las estrategias y con ello, mejorar la cadena de suministro. Una de las estrategias se centra en la planeación de la producción partiendo de la demanda y demás factores que pueden influir en ésta.

Para instalar un sistema MRP hay varios requisitos esenciales. Estos incluyen un pronóstico preciso y realista, una curva de la demanda de unidades continua, un sistema de control de inventario preciso y una lista de materiales precisa. Además, con el fin de calcular y distribuir datos útiles en forma oportuna, se requiere un sistema informático para generar los informes de excepción y reprogramación. Otro aspecto de los requisitos esenciales para un buen sistema MRP es el elemento humano, los empleados deben ser adecuadamente educados, receptivos y comprometidos con el sistema, con el fin de desarrollar plenamente el potencial de la inversión en un sistema MRP. (Wong, 2011)

Ilustración 1. Fuentes de entrada de un sistema MRP¹



2.2. Información para un MRP

Para la realización de un MRP se debe tener en cuenta información que ayudara a tener una mejor planificación, a continuación, podremos observar de donde proviene dicha información.

2.2.1. Programa maestro de producción.

Esta herramienta nos permite conocer cuáles son las cantidades por unidades de producto y las fechas de entrega de cada una de ellas, en un tiempo específico. Además de ello, se debe tener en cuenta que la relación entre el plan agregado y este programa deben estar afinados para lograr las metas establecidas.

De acuerdo con las necesidades de los clientes y la demanda de una gran variedad de productos, las empresas buscan mejorar las estrategias y con ello, mejorar la cadena de suministro. Una de las estrategias se centra en la planeación de la producción partiendo de la demanda y demás

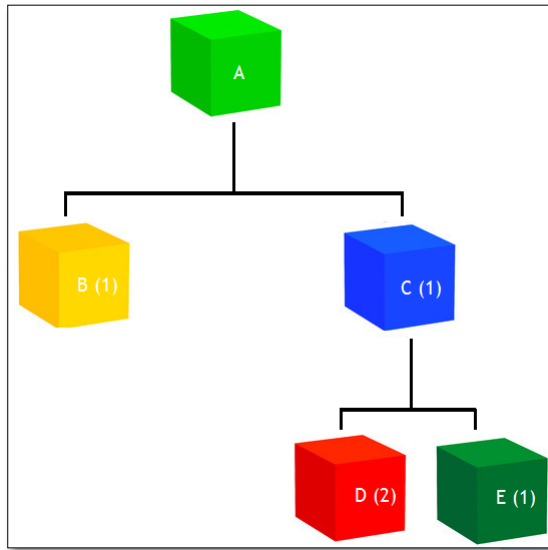
¹ Orlicky, J. (1994). *Orlicky's Material Requirements Planning*. 311 Pages.

factores que pueden influir en ésta. El programa maestro de producción debe tener en cuenta el pronóstico, el plan de producción, y otras consideraciones importantes, como los pedidos de clientes, la disponibilidad de materiales, la disponibilidad de capacidad, y las políticas y objetivos de gestión. Su programación se hace a través de un formato que incluye periodos de tiempo (fechas), los pronósticos de ventas, pedidos de clientes, saldo de inventario disponible proyectado, disponible para promesa, y la cantidad necesaria de cada tipo de producto (APICS, 2008).

2.2.2. Lista de materiales (BOM, Bill of Material)

Esta lista nos permite conocer cada uno de los componentes del producto junto con sus características tales como unidades de medida, dimensiones, cantidad (con respecto al producto), procesos y su materia prima. Para poder diferenciar los componentes y tener una imagen más clara del desglose, se realiza la explosión de materiales, en la cual, se relaciona cada uno de los componentes y se establece por niveles jerárquicos muy similar a un organigrama de una empresa; pero partiendo de que el nivel más alto es el producto terminado y los subniveles son los demás componentes y sub ensambles.

Ilustración 2. Explosión de materiales.²



En la ilustración 1, se muestra un ejemplo del mapa jerarquizado por cada uno de los componentes y su nivel inicial que sería el producto terminado.

2.2.3. Inventarios.

Un factor importante son los inventarios, los cuales deben estar lo más exactos y reales posibles, pues de ellos depende el buen funcionamiento del MRP. Cualquier error presente en los inventarios puede cambiar el MRP y provocar resultados erróneos, además de los posibles efectos adversos para la planeación y la producción de los productos.

² López, B. S. (2016). *www.ingenieriaindustrialonline.com*. Recuperado el 19 de 11 de 2017, de PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES - MRP (MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING): <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/planeaci%C3%B3n-de-requerimientos-de-materiales-mrp/>

2.2.4. Entregas programadas.

Son las unidades de cada uno de los componentes que ya fueron compradas y que están destinadas a llegar en un tiempo determinado.

2.2.5. Tiempo de entrega para cada uno de los componentes

Es el tiempo en que el proveedor de cada uno de los componentes demora en tener listos los pedidos que se le realicen.

2.3. Estructura del MRP.

Actualmente la tecnología y el avance en sistemas de planeación para una empresa ha permitido que la mayoría de programas sean computarizados y la forma manual quede obsoleta. Aunque esté olvidada, es la mejor manera para representar el funcionamiento del MRP.

Se debe tener en cuenta el tiempo establecido por el MPS, las unidades por producto (QMPS), inventarios (Disponibles, ID y/o stock de seguridad, SS), los tiempos de entrega de los componentes (Lead Time) y su cantidad (generalmente es lote por lote). A continuación, en las tablas 1 y 2, se representa un ejemplo de esta información teniendo en cuenta 6 productos cualquiera (A, B, C, D) y que el tiempo por unidades será por semana según el MPS.

Tabla 1. Cantidades según el MPS.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad	0	100	0	60	0	0	40	55

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2. Información para el MRP.

Producto	ID	EP	Lote	LT	SS
A	75	50(1)	50	1	0
B	40	0	45	2	10
C	50	0	100	1	0
D	110	200(2)	300	1	0

Fuente: Elaboración Propia.

Para realizar dicha representación, normalmente se usan tablas con los siguientes datos:

- Requerimiento bruto (RB): Las unidades establecidas por el MPS.
- Entregas programadas (EP): Entregas relacionadas anteriormente.
- Inventario (ID y SS): Inventario disponible y stock de seguridad.
- Requerimientos netos (RN): Requerimientos verdaderamente a ser pedidos.
- Plan de recibir órdenes (PRO): Unidades para las órdenes a realizar.
- Plan de colocar órdenes (PCO): Unidades para las ordenes a realizar contando con el Lead

Time.

A continuación, se representará la tabla para el producto A, teniendo en cuenta las tablas.

Tabla 3. Cálculos de MRP para el producto A

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
RB	0	100	0	60	50	0	40	55
EP	50	0	0	0	0	0	0	0
ID (75)	125	25	25	0	0	0	0	0
RN	0	0	0	35	50	0	40	55
PRO	0	0	0	35	50	0	40	55
PCO	0	0	35	50	0	40	55	0

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.1. Modelo matemático de un MRP

A continuación, se aborda la formulación del modelo matemático planteado por Liliana Delgado Hidalgo y Liliana Delgado Hidalgo (2010). Posteriormente se presentan los resultados del modelo aplicado a un caso de estudio. Desarrollo del modelo matemático Se asume conocer el valor de requerimiento de productos finales, como resultado de un plan maestro de producción (PMP); el costo de mantenimiento de inventario (CMic) empleado en los parámetros del modelo es el producto entre el factor costo del valor unitario del ítem C_c (\$/unidad) y el costo de llevar el inventario expresado en %/año o en \$/(\$*año); el modelo es multiproducto; se permite el almacenamiento de inventario de componentes/materia prima y se asumen costos fijos en el tiempo, tanto de adquisición como de ordenar; el lead time, bien sea de producción o de suministro, se da por conocido con certeza y que además corresponde a un número entero de periodos de planeación considerados en el modelo.

$$\sum_{c \in CMP} \sum_{i \in P} CO_c \times Y_{ic} + \sum CF \times A_i + \sum_{c \in CMP} \sum_{i \in P} \sum_{j > i, j \in P} C_c \times x_{ijc} \quad (1)$$

En la ecuación 1, podemos observar la representación de los costos fijos asociados a ordenar y costos variables de producción, la cual, consta de los parámetros:

- CMP= Conjunto de componentes
- i, j, s= Conjunto de periodos
- CO_c = Costo de ordenar el componente c
- Y_{ic} = Variable binaria asociada a ordenar el componente c en el periodo i.
- CF = Costo fijo de ordenar
- A_i = Variable binaria asociada a ordenar en el periodo i.
- C_c = Costo de producción.

El primer término hace referencia al costo marginal de una orden por incluir componentes tipo c , mientras que el segundo considera el costo fijo por el solo hecho de ejercer la acción de ordenar independientemente del tipo de componente. El tercer término hace referencia al costo de producir todo tipo de componentes en cualquier periodo para ser usado en cualquier otro periodo posterior. En vista de que el modelo considera la opción de comprar o producir componentes en periodos anteriores a aquellos en que se requiere, estos componentes se almacenarían como inventario, por lo cual existe un costo asociado a ello, considerado en la ecuación.

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in P: j \geq i + LT_c} \sum_{c \in CMP} CMI_c X(j - i - LT_c) x X_{ijc} + \sum_{i \in P} \sum_{c \in CMP} CMI_c X \left(II_c - \sum_{j: j \leq i} invini_{jc} \right) \quad (2)$$

Para la ecuación 2, podemos observar los siguientes parámetros:

- CMI_c = Costo de mantenimiento de inventario del componente c .
- LT_c = Valor esperado del tiempo de producción/entrega del componente c
- X_{ijc} = cantidad del componente c a producir/comprar en el periodo i para abastecer la demanda del periodo j
- $invini_{jc}$ = Cantidad del inventario inicial del componente tipo c que será usado para satisfacer la demanda del periodo j .
- II_c = *Inventario inicial del componente c en el periodo de inicio del horizonte de planeación.*
- i, j, s = Conjunto de periodos

Considerado la ecuación 2, que resulta de la multiplicación del costo de los componentes a ordenar por el costo de mantener dicho inventario durante un periodo, multiplicado por el número de periodos que estaría almacenado, es decir, la diferencia de tiempo entre el periodo en que se usará y el periodo en que se ordenó. La segunda parte de esta ecuación hace referencia al costo

del almacenamiento de las unidades del inventario inicial que van quedando luego del uso que se le haya dado a éste en periodos anteriores.

Restricciones impuestas al modelo

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in P: j > i} (X_{ijc} + invini_{jc}) = DC_{cj}, \forall j \in P, \forall c \in CMP \quad (3)$$

Para la ecuación 3, tenemos los siguientes parámetros:

- DC_{cj} = Es un parámetro indirecto, pues el usuario ingresa la demanda del producto final y la lista de materiales y con base en esta última la herramienta calcula la demanda de componente c en el periodo j usada en el modelo.
- i, j, s = Conjunto de periodos.
- $invini_{jc}$ = Cantidad del inventario inicial del componente tipo c que será usado para satisfacer la demanda del periodo j.
- X_{ijc} = Cantidad del componente c a producir comprar en el periodo i para abastecer la demanda del periodo j.
- CMP = Conjunto de componentes.

En la ecuación 3, se asegura que la demanda de un componente c para un periodo j debe ser satisfecha a partir de la cantidad del componente ordenado en periodos anteriores, en conjunto con la cantidad de componentes del inventario inicial que se haya destinado para usar en dicho periodo j. Nótese que en la anterior ecuación no se ha formulado el retraso de la demanda de componentes con respecto al LT, pues como se explicará más adelante el parámetro DC_{cj} , se retrasa un periodo igual al LT mediante la herramienta computacional.

$$\sum_{c \in CMP} UR_c X \left(\sum_{j \in P; (j > s)} inv_ini_{jc} + \sum_{i < s, j \in P; (i + LT_c) < s} X_{ijc} \right) \leq CAPA, \forall S \in P \quad (4)$$

Para la 4 ecuación podemos observar los siguientes parámetros:

- CMP = Conjunto de componentes
- i, j, s = Conjunto de periodos
- $invini_{jc}$ = Cantidad del inventario inicial del componente tipo c que será usado para satisfacer la demanda del periodo j .
- LT_c = Valor esperado del tiempo de producción/entrega del componente c
- X_{ijc} = Cantidad del componente c a producir comprar en el periodo i para abastecer la demanda del periodo j
- UR_c = Volumen ocupado por el componente c .
- $CAPA$ = Capacidad de almacenamiento de la bodega

En cuanto a la ecuación 4, se debe a que se implica que la capacidad de almacenamiento en un periodo dado debe ser mayor o igual a lo ocupado por los componentes que estén en almacenamiento en ese momento.

$$\sum_{c \in CMP} \sum_{j \in P; (j > i)} LT_c \times X_{ijc} \leq CAPP_i, \forall i \in P \quad (5)$$

Para la ecuación 5 se requiere los siguientes parámetros:

- CMP = Conjunto de componentes
- $CAPP_i$ = Capacidad de producción en el periodo i
- LT_c = Valor esperado del tiempo de producción/entrega del componente c
- X_{ijc} = Cantidad del componente c a producir comprar en el periodo i para abastecer la demanda del periodo j

Con relación a la ecuación 5, se establece que la capacidad de producción (o capacidad de suministro, si fuera el caso de compra) en unidades de tiempo en un periodo dado i , debe ser mayor o igual al tiempo usado en la producción de componentes en dicho periodo. Esta restricción ha de entenderse como la limitante de la capacidad de producción o de la capacidad del proveedor.

$$\sum_{j \in P} invini_{jc} \leq II_c \forall C \in CMP \quad (6)$$

Por su parte la ecuación 6, establece los siguientes parámetros:

- $invini_{jc}$ = Cantidad del inventario inicial del componente tipo c que será usado para satisfacer la demanda del periodo j.
- II_c = inventario inicial del componente c en el periodo de inicio del horizonte de planeación
- CMP = Conjunto de componentes

La ecuación 6 garantiza la concordancia de la distribución que se realiza del inventario inicial para satisfacer la demanda de los diferentes periodos.

$$\sum_{j \in P} X_{ijc} \leq \sum_{j \in P} DC_{cj} X Y_{ic}, \forall i \in P, \forall C \in CMP \quad (7)$$

En la ecuación 7, se puede observar los siguientes parámetros:

- X_{ijc} = Cantidad del componente c a producir comprar en el periodo i para abastecer la demanda del periodo j
- DC_{cj} = Es un parámetro indirecto, pues el usuario ingresa la demanda del producto final y la lista de materiales y con base en esta última la herramienta calcula la demanda de componente c en el periodo j usada en el modelo.
- Y_{ic} = Variable binaria asociada a ordenar el componente c en el periodo i.
- CMP = Conjunto de componentes

En la ecuación 7, se debe notar que, si el modelo determina que no se debe ordenar el componente tipo c en el periodo i, la variable binaria Y_{ic} tomará el valor cero, lo cual implica que la cantidad a ordenar del componente c en el periodo i para satisfacer cualquier periodo también

debe ser igual a cero. De otro modo, si la variable binaria Y_{ic} toma el valor 1, la restricción implica que la cantidad máxima a ordenar en un periodo dado i será la suficiente para abastecer la totalidad de la demanda en el horizonte de planeación futuro.

$$\sum_{c \in CMP} Y_{ic} \leq |CMP| x A_i, \forall i \in P \quad (8)$$

En la ecuación 8, se requiere los siguientes parámetros:

- Y_{ic} = Variable binaria asociada a ordenar el componente c en el periodo i .
- CMP = Conjunto de componentes
- A_i = Variable binaria asociada a ordenar en el periodo i .

La ecuación 8 es del mismo tipo que la ecuación 7, y controla la posibilidad o no de ordenar (cualquier componente) en un periodo dado i . El máximo valor que tomará la sumatoria de binarias será el total de número de componentes, por lo cual se usa la cardinalidad del conjunto de componentes

$$X_{ijc} \geq 0 (\forall j, c), Y_{ic}, A_i \in \{0,1\} \quad (9)$$

En la ecuación 9, se requiere los siguientes parámetros:

- A_i = Variable binaria asociada a ordenar en el periodo i .
- Y_{ic} = Variable binaria asociada a ordenar el componente c en el periodo i .
- X_{ijc} = Cantidad del componente c a producir comprar en el periodo i para abastecer la demanda del periodo j

Por último, la ecuación 9 establece el dominio sobre las variables de decisión.

3. INSTRUCTIVO DE USO DE LA HERRAMIENTA

A continuación, se describirá la manera en que se debe usar la herramienta propuesta.

3.1. Información necesaria para el uso del aplicativo.

En la siguiente tabla se describirá la información necesaria para la herramienta propuesta.

Tabla 4. Información necesaria para la herramienta propuesta.

Número de periodos	Cantidad de periodos acordes a la demanda (Preferiblemente que se tenga palabra semana)
Número de componentes	Cantidad de componentes que están ensamblados en el producto principal
Nivel por componente	El nivel superior es el nivel 0 y a medida que desciende, va aumentando el nivel, los artículos que están por encima de un nivel, se denominan padres; los que están abajo se llaman hijos.
Inventario inicial por componente	Cantidades disponibles por cada componente.
Stock de seguridad por componente	Stocks iniciales del producto final y de cada uno de los materiales o componentes que lo conforman.
Lead Time por componente	Tiempo que se necesita desde que se solicita un componente o material hasta que se obtiene
Demanda con relación a periodo componente	Demanda total que se requiere por componente.
Entregas programadas con relación al periodo componente	Entregas que se tienen registradas con referencia al periodo y componente.
Explosión de materiales componente a componente	Cantidad de piezas, ensamble que se requiere para construir el siguiente nivel.
Porcentaje de pérdidas para cada componente	Porcentaje de pérdidas de acuerdo a producción o por transporte para cada uno de los componentes.
Tipo de lote por componente	De acuerdo con el componente, se especifica las cantidades en lote para fabricar o pedir, sin embargo, cuando no haya lote especificado se deberá colocar el número 1.

Fuente: *Elaboración Propia.*

Como sugerencia al momento de usar la herramienta, en caso de que, los valores para el tiempo de entrega (lead time) tengan incertidumbre se pueden reemplazar por unidades en el stock de seguridad. Por otra parte, si no se tienen definidos los porcentajes de perdidas, de igual manera, se pueden representar en unidades en el stock de seguridad.

Además, al momento de completar la información para la herramienta, se da por entendido que toda esta información ya ha sido recolectada, con ayuda de la planeación agregada y el programa maestro de producción que asocian otros temas como pronósticos, capacidad, recursos e inventarios, con lo que, el MRP se encargará de obtener el informe para el lanzamiento de pedidos para cada componente y será netamente determinístico.

3.2. Uso del aplicativo

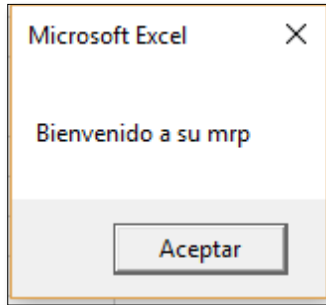
En primer lugar, el MRP permite visualizar la hoja denominada como “INICIAL”, en ésta se guardarán los datos como número de periodos y los nombres; número de componentes y los nombres, y de acuerdo con cada componente, se guardará el nivel al que pertenece según el árbol de explosión, el inventario inicial, stock de seguridad y lead time. Además, se puede observar, el valor denominado como “tiempo de ciclo” que será calculado por la herramienta.

Por otra parte, dicha hoja permite visualizar un botón con el nombre de “Ingresar datos”, al proceder a dar clic sobre él, aparecerá una caja de texto dando la bienvenida a la herramienta, tal como se puede ver en la ilustración 2.

En caso que las hojas contengan alguna información, al lado del botón “ingresar datos”, se encontrara un botón con el nombre “Limpiar campos”, el cual, permitirá borrar toda la información que se encuentre en las hojas donde se introduzca información o se realicen cálculos

y así, dejarlo en condiciones normales para uso (Para la hoja de históricos, no se borrará la información).

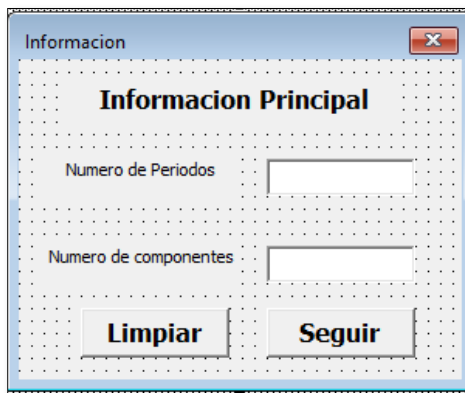
Ilustración 3. Bienvenida a la herramienta.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de dar en “Aceptar” en dicha caja, se abrirá automáticamente un formulario, con el nombre de “información principal”, que pedirá los datos acerca del número de periodos de tiempo (determinados por la demanda o el programa maestro de producción) y el número de componentes (determinados de acuerdo con el árbol de explosión). Dicho formulario se puede observar en la ilustración 3. En caso de que los valores estén mal escritos el formulario permite limpiar los campos y se podrá volver a ingresar los valores. En la hoja se puede observar un espacio con el nombre de “Tiempo de ciclo”, este campo lo completara la herramienta.

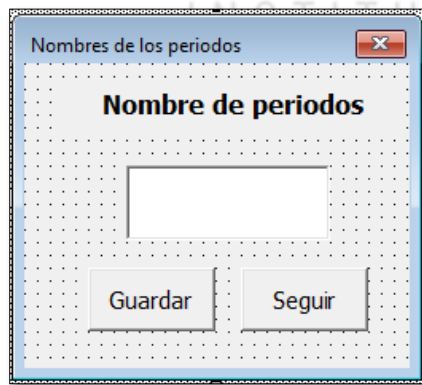
Ilustración 4. Formulario para número de periodos y componentes.



Fuente: Elaboración propia.

Al ingresar los dos valores del anterior formulario, se procede a dar clic en el botón de “seguir”, y este abrirá otro formulario denominado como “Nombre de los periodos”, el cual, permite introducir los nombres para la cantidad de periodos de tiempo que se coloca en el formulario inicial. Estos nombres se deben colocar en forma ascendente, es decir, desde el periodo menor hasta el periodo mayor. Al mismo tiempo, que se ingresan los nombres, se puede visualizar como quedan guardados. Se debe tener en cuenta que se ingresa un nombre a la vez, se da clic en “guardar”, y así, este queda guardado. En ese momento, se puede proceder a escribir el siguiente nombre y repetir el proceso hasta registrar todos los periodos de tiempo. Este formulario se puede observar en la ilustración 4. Preferiblemente usar términos como semana o mes para los nombres de los periodos.

Ilustración 5. Formulario para nombre de los periodos de tiempo.

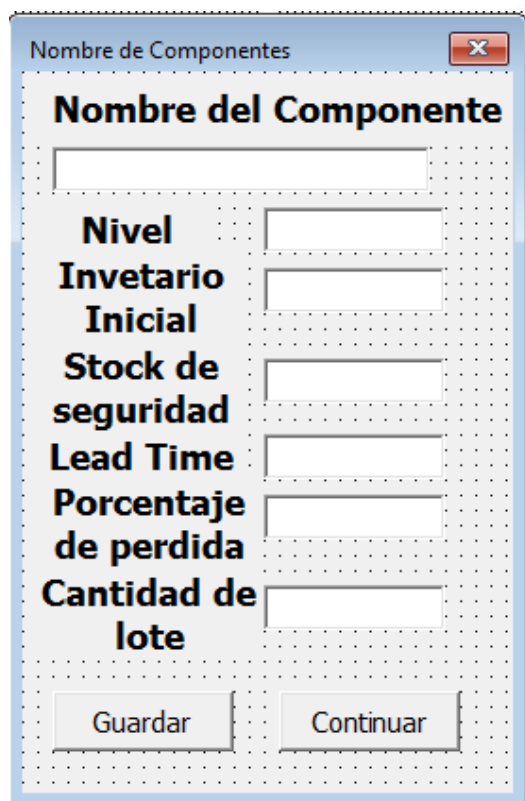


Fuente: Elaboración propia.

Luego de introducir los nombres de los periodos de tiempo, se puede continuar con ayuda del botón denominado como “seguir”, y, por consiguiente, aparecerá un nuevo formulario con el nombre de “Nombre de componentes”. En dicho formulario, se puede introducir información como nombre del componente, el nivel respecto al árbol de explosión de materiales, inventario inicial, stock de seguridad, lead time, porcentaje de perdida y la cantidad de lote para fabricar o

pedir (se debe tener en cuenta que si no hay una cantidad de lote especificada, el espacio deberá ser completado con el número 1). Se debe tener en cuenta que la información es por cada componente, y, por tanto, se debe guardar con el botón “Guardar” y así, repetir el procedimiento para todos los componentes del árbol. Además, se debe realizar de acuerdo con el nivel jerárquico, es decir, iniciar con el nivel 0 y seguir con los niveles restantes hasta llegar al último nivel. La estructura del formulario se puede observar en la ilustración 5.

Ilustración 6. Formulario de información para cada componente.



Nombre de Componentes

Nombre del Componente

Nivel

Inventario Inicial

Stock de seguridad

Lead Time

Porcentaje de perdida

Cantidad de lote

Fuente: Elaboración propia.

Después de completar los datos, se podrán visualizar todos en la hoja inicial. En la ilustración 6, se puede observar un ejemplo de cómo quedan archivados los datos.

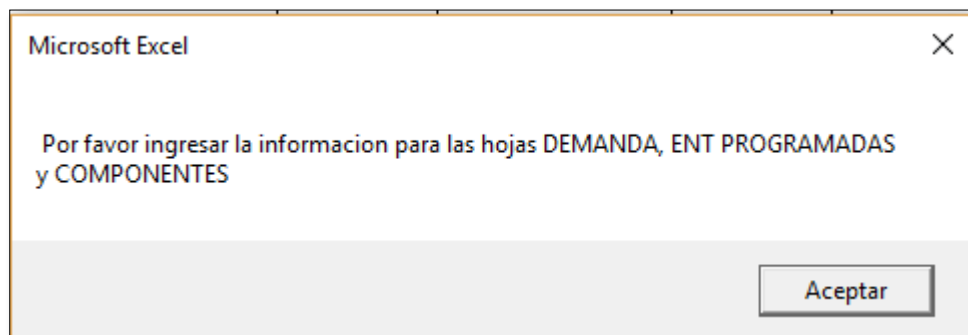
Ilustración 7. Ejemplo de datos terminados de introducir.

INFORMACIÓN INICIAL							Ingresar datos	
							PERIODOS	10
							COMPONENTES	5
							TIEMPO DE CICLO	7
PERIODOS	NOMBRE DEL COMPONENTE	NIVEL	INVENTARIO INICIAL	STOCK DE SEGURIDAD	LEAD TIME	PORCENTAJE DE PERDIDA	LOTE DE PEDIDO	
semana 1	x	0	40	0	2	0,01	1	
semana 2	a	1	60	0	3	0,01	50	
semana 3	b	1	20	0	1	0,01	20	
semana 4	c	2	10	0	2	0,01	20	
semana 5	d	2	20	0	2	0,01	10	
semana 6								
semana 7								
semana 8								
semana 9								
semana 10								

Fuente: Elaboración propia.

Para seguir con el proceso de inserción de información en la herramienta, se da clic en el botón “Continuar” del último formulario, se desplegará un cuadro de texto, el cual, indica que se debe completar la información para las matrices de las hojas “DEMANDA”, “ENT PROGRAMAS” y “COMPONENTES”. Se prosigue a dar clic en el botón “Aceptar” y automáticamente, se desplazará a la hoja “DEMANDA”. En la ilustración 7, se muestra el cuadro de texto nombrado anteriormente.

Ilustración 8. Mensaje para la inserción de datos en las matrices.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 9. Matriz de relación entre componentes y periodos de tiempo para demanda.

Fuente: Elaboración propia

Para pasar a la siguiente hoja, en la parte superior derecha de la hoja “DEMANDA”, se encuentra un botón con el nombre “Siguiente”, se da clic en él. Luego de esto, se desplazará a la hoja “ENT PROGRAMADAS”, en donde, puede observar una matriz con la relación entre componentes y periodos de tiempos, pero la información que se debe colocar son las entregas y/o recepciones programas para los diferentes componentes y en los diferentes periodos definidos. Además, en la parte superior, se encuentra un enunciado que indica que información se debe introducir. En la ilustración 9, se puede observar la matriz mencionada.

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en la hoja “DEMANDA”, también se encuentra un botón en la parte superior derecha con el nombre “Siguiente”, al dar clic, se desplazará a la hoja “COMPONENTES”. En esta hoja, se muestra una matriz de la relación componente a componente, con lo que, se debe colocar la información del árbol de explosión de materiales. Se debe diligenciar teniendo en cuenta que los padres estarán en la columna inicial y los hijos en la fila inicial. Con esto, se entiende que en la intersección entre padre e hijo indicaría la cantidad de un componente hijo con respecto al padre. Dicha matriz se observa en la ilustración 10.

[illegible]

Por último, en la parte superior derecha se encuentra un botón denominado “Para generar el informe del MRP, oprima AQUI”, al dar clic en él, la herramienta realizara los cálculos de requerimiento bruto, inventario, requerimiento neto y lanzamiento de pedidos, y pasara a la hoja con el nombre de “INFORME”. En dicha hoja, se presentará los resultados importantes como requerimiento neto, lanzamiento de pedidos para cada componente en cada periodo de tiempo contando con los periodos de tiempo de ciclo y según la cantidad de lote las unidades a pedir o producir. A continuación, se puede observar un ejemplo del informe en la ilustración 11.

Ilustración 12. Informe Final.

INFORME FINAL													
x	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
REQUERIMIENTO NETO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62
LANZAMIENTO DE PEDIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62
PEDIDO SEGUN LOTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62
a	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
REQUERIMIENTO NETO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-
LANZAMIENTO DE PEDIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-
PEDIDO SEGUN LOTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
b	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
REQUERIMIENTO NETO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	-
LANZAMIENTO DE PEDIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	-	-
PEDIDO SEGUN LOTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-
c	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
REQUERIMIENTO NETO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106	-
LANZAMIENTO DE PEDIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106	-	-	-
PEDIDO SEGUN LOTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	-	-	-
d	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
REQUERIMIENTO NETO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124	-	-
LANZAMIENTO DE PEDIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124	-	-	-
PEDIDO SEGUN LOTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 13. Guardar Histórico

INFORME FINAL															
Semana -5	Semana -4	Semana -3	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	127
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	127	0	0
Semana -5	Semana -4	Semana -3	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	364	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	364	-	0	0	0	0
Semana -5	Semana -4	Semana -3	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	192	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192	0	0	0
Semana -5	Semana -4	Semana -3	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.811	-	641	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	1.811	-	641	-	0	0	0	0
Semana -5	Semana -4	Semana -3	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1261	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.261	-	0	0	0	0

Guardar informe

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se contará con un botón con el nombre “Guardar informe”, que permitirá guardar los datos del informe que se haya obtenido y está localizado en la parte superior derecha. Esta información se encontrará en la hoja denominada como “HISTORIAL” y para esta, los datos nunca se borrarán. Los informes guardados tienen como limite la cantidad de 60 componentes con sus respectivos datos, esto con el fin que el usuario pueda observar las posibles variaciones que este tiene.

CONCLUSIONES

- Con el aporte que brinda esta herramienta se logra optimizar desde la solicitud de los pedidos hasta el control de la operación, lo que nos permite generar eficiencia en cada proceso de dicha operación ya sea minimizando sus tiempos o generando una mejor distribución de carga laboral en cada recurso.
- El control de la planeación es el pilar fundamental que garantiza el flujo del proceso debido a que desde este punto parte el Just time a nuestros clientes finales y con esta herramienta garantizamos que cada pedido llegue con la calidad necesaria y con el tiempo requerido.
- Esta herramienta fue desarrollada en Visual Basic la cual ha generado conocimientos previos para diseñar e implementar en formularios, permite desarrollar grandes y complejas aplicaciones, también provee realizar prototipos rápidos, dichos conocimientos que se han desarrollado proporcionan una compensación para la vida laboral.

REFERENCIAS

- Anonimo. (9 de 06 de 2010). *Olaya's Blog*. Recuperado el 20 de 11 de 2017, de EVOLUCIÓN EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA EMPRESA. (Tema 7):
<https://ogilarranz.wordpress.com/2010/06/09/evolucion-en-los-sistemas-de-gestion-de-la-empresa/>
- APICS. (2008). *Dictionary*. 12th edition.
- Dávila, A. L. (01 de 02 de 2008). *GestioPolis*. Recuperado el 16 de 11 de 2017, de Sistema Kanban: <https://www.gestiopolis.com/sistemas-mrp-materials-requirement-planning/>
- Díaz, L. D. (2010). plicación de un modelo de programación lineal en la optimización de un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) de dos escalones con restricciones de capacidad. En *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN* (págs. 168-173).
- Francisco, L. d. (2013). Implantación de un sistema de aprovisionamiento automático en una empresa del sector aeronáutico. . En L. d. Francisco, *Sistemas de planificación: planificación de necesidades MRP*. (pág. 34).
- HEIZER , J., & BARRY RENDER. (2009). *PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION DE OPERACIONES*. MEXICO : PEARSON EDUCACION.
- Lopez, B. S. (2016). *Ingenieria Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/planeaci%C3%B3n-de-requerimientos-de-materiales-mrp/>
- López, B. S. (2016). *www.ingenieriaindustrialonline.com*. Recuperado el 19 de 11 de 2017, de PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES - MRP (MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING):
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/planeaci%C3%B3n-de-requerimientos-de-materiales-mrp/>
- Orlicky, J. (1994). *Orlicky's Material Requirements Planning*. 311 Pages.
- Silva, J. L. (04 de 02 de 2013). *Issuu*. Recuperado el 17 de 11 de 2017, de Planificacion de los requerimientos de los Materiales:
https://issuu.com/joseluciano.saucedo/docs/planificaci_n_de_los_requerimientos_de_materiales
- STEVEN, N. (2007). *ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y LAS OPERACIONES*. MEXICO D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

Wong, C. K. (2011). *Fundamentals of material requirements planning, Management Research News*. Volume 24 Number 3/4.

