UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

“Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras en una empresa especializada en la producción de galletas dulces y de tostadas”

Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Industrial

Iriani Ileana Lorena
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata – 18 de Diciembre de 2012

RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.
Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.
A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

“Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras en una empresa especializada en la producción de galletas dulces y de tostadas”

Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Industrial

Iriani Ileana Lorena
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata – 18 de Diciembre de 2012

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORAS EN UNA EMPRESA ESPECIALIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS DULCES Y DE TOSTADAS

Autor: Ileana Lorena Iriani

Director: Mg. Ing. Adolfo E. Onaine – Departamento de Ingeniería Industrial – FI - UNMdP

Co-director: Ing. Mariela Ambrústolo – Departamento de Ingeniería Industrial – FI - UNMdP

Tribunal Evaluador: Mg. Ing. Claudia Zárate - Ing. Alejandra Esteban - Ing. Daniel Laville
Departamento de Ingeniería Industrial – FI - UNMdP

ÍNDICE

RESUMEN 7

INTRODUCCIÓN 8

SITUACIÓN ACTUAL 9

MARCO TEÓRICO 27

OBJETIVOS 40

MARCO DE REFERENCIA 41

DESARROLLO 42

RESULTADOS 47

CONCLUSIONES 48

ANEXOS 51

ANEXO I: PROGRAMACIÓN POR METAS 52

ANEXO II: CÁLCULO DE INVENTARIO DE SEGURIDAD 61

ANEXO III: DEFINICIONES DE MRP 68

ANEXO IV: RESOLUCIÓN DEL CASO 70

ANEXO V: MANUAL DE USO DE PRODUCTION MANAGEMENT V 1.0 97

ANEXO VI: MANUAL DE PROCESO DE SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROVEEDORES 128

ANEXO VII: EJEMPLO LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES. 150

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1: Requerimiento de mano de obra por turno. 21

Tabla 2: Demanda de los productos para un mes determinado. 45

Tabla 3: Requerimientos netos corregidos 46

Tabla 4: SS y Existencias de los productos. 57

Tabla 5: Demanda de los productos para un mes determinado. 57

Tabla 6: Coeficiente de producción de cada producto. 58

Tabla 7: Cálculo de E(z) para cada producto. 63

Tabla 8: Cálculo del SS. Productos con demanda independiente. 63

Tabla 9: Kilogramos de producto por caja. 64

Tabla 10: SS real para cada producto en base a cantidad de kg/caja. 64

Tabla 11: SS para los ingredientes de la gama A. 66

Tabla 12: SS para los ingredientes de la gama B, no incluidos en gama A. 67

Tabla 13: SS para los ingredientes de la gama B, no incluidos ni en gama A, ni en B. 67

Tabla 14: Datos producto X1 cargado en MP. 70

Tabla 15: Datos producto X2 cargado en MP. 70

Tabla 16. Datos producto X3 cargado en MP. 71

Tabla 17: Datos producto X4 cargado en MP. 71

Tabla 18: Datos producto X5 cargado en MP. 72

Tabla 19: Datos producto X6 cargado en MP. 72

Tabla 20: Datos producto X7 cargado en MP. 73

Tabla 21: Datos producto X8 cargado en MP. 73

Tabla 22: Resumen diario de producción cargado en MP. 74

Tabla 23: Planificación de la producción. Resultado del modelo de PM. 79

Tabla 24: Planificación de la producción en horas. Resultado del modelo de PM.....79

Tabla 25: Requerimientos netos corregidos. 84

Tabla 26: Lista de materiales que componen los 8 productos 86

Tabla 27: Requerimientos brutos.....86

Tabla 28: Recepciones Programadas.....87

Tabla 29: Emisión de pedidos a realizar la 1 semana.....95

Tabla 30: Tiempo insuficiente para realizar el pedido.....95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la empresa. 9

Figura 2: Diagrama en bloques de la distribución en planta. 11

Figura 3: Sector de almacenamiento de harina y azúcar. 15

Figura 4: Silos de almacenamiento de harina y azúcar 15

Figura 5: Diagrama de flujo de galletas dulces. Envasado tubular. 19

Figura 6: Diagrama de flujo de galletas dulces. Envasado 3 costuras. 19

Figura 7: Diagrama de proceso. Sistema de información actual. 25

Figura 8: Tabla de Robert Brown para el cálculo de z en función de E(z). 65

Figura 9: Mermas del proceso de cada producto. 75

Figura 10: Datos de entrada. Impresión de pantalla del módulo ‘Programación’. 75

Figura 11: Primer corrida en Solver del modelo propuesto. 77

Figura 12: Segunda corrida en Solver del modelo propuesto. 78

TABLA DE SIGLAS

F.O.: Función objetivo

FOQ: Cantidad de pedido fija

I.P.M.: Inventario proyectado a la mano

M.O.: Mano de obra

MRP: Material Requirement Planning

LxL: Lote por lote

P.M.: Programación por metas

P.O.Q: cantidad de pedido periódica

R.B.: Requerimientos brutos

R.N.: Requerimientos netos

R.N.*: Requerimientos netos ajustados

SS: inventario de seguridad

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el análisis de la situación actual y en la propuesta de mejoras en el área de gestión de la producción de una empresa especializada en la producción de galletas dulces y tostadas. La problemática es la inexistencia de una metodología de planeación y control de la producción y de una herramienta informática que facilite su gestión. Luego, el objetivo es mejorar la eficiencia en la gestión del área producción a fin de lograr un inventario óptimo con carga de trabajo nivelada. En respuesta a esto, se implementa un sistema de gestión de la producción compuesto por un manual de evaluación y selección de proveedores y el diseño de una herramienta informática que permite la programación de la producción, la planificación de requerimientos de materiales en base a ésta y el cálculo de las mermas de proceso de cada producto. Se tiene como resultado un sistema integral de gestión de la producción alineado con los objetivos estratégicos de la empresa y con importantes beneficios para ella: minimización de los niveles de inventario; nivelación de la mano de obra; paradas de planta; aseguramiento de la calidad final; confiabilidad hacia el cliente, importante reducción de costes operativos y; aumento considerable de la rentabilidad.

Palabras claves:

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN, PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, PLANIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PROVEEDORES, CÁLCULO DE MERMAS, INVENTARIO DE SEGURIDAD.

INTRODUCCIÓN

En la presente década, el éxito de las organizaciones exige una continua adaptación a su entorno altamente competitivo tratando de lograr la máxima eficiencia en su funcionamiento interno y un enfoque estratégico hacia el cliente.

Los sistemas productivos deben estar orientados a lograr la cantidad y calidad requerida de sus producciones en el tiempo establecido, responder a las necesidades del mercado con la rapidez y flexibilidad y, a minimizar de los costos tal que le permita elevar sus niveles de eficacia y eficiencia.

En este trabajo se estudia una empresa perteneciente al rubro alimenticio, dedicada a la producción de galletas dulces y tostadas, para marca propia y para terceros. La misma posee una trayectoria reconocida de 6 años y se localiza en la ciudad de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires. La empresa se crea a partir del aporte de capitales, conocimiento y experiencia locales. Reconoce la falta de un sistema de gestión para planificación y control de la producción que ocasiona una baja productividad a pesar de los excelentes niveles de calidad de sus productos.

En función de lo expuesto el trabajo comprende: un diagnóstico de la problemática en el área de producción; un estudio de procesos y el relevamiento de las principales causas de baja productividad; un diseño de la organización de la producción y el desarrollo de una herramienta informática para sistematizar el diseño de la producción. Para ello, y con el objeto de no redundar en contenido, se considera únicamente a la línea de producción de galletas dulces. Con ello se espera diseñar un sistema de gestión de la producción acorde a las necesidades y características de la empresa a fin de aportar mayor eficiencia y eficacia en la gestión de la producción con una orientación exclusiva hacia el cliente y que permita su réplica en otra línea o en nuevos procesos en el futuro.

SITUACIÓN ACTUAL

En este apartado se desarrolla los aspectos más importantes que describen a la compañía en su totalidad. La lectura de los mismos permite obtener una visión global de la situación actual de la empresa.

1. Productos que se comercializan

La empresa produce ocho variedades de galletas dulces, de las cuales cinco se producen para terceros y las tres restantes, para la marca propia. Tres de ellas son producidas a base de miel con diferentes agregados, también se producen galletas de vainilla con chips, galletas de chocolate con chips, polvorones y surtidas.

Asimismo, la empresa cuenta con una línea de producción de tostadas de mesa, con y sin sal, con cereales y dulces.

2. Organigrama funcional

En la figura 1 se muestra el organigrama de la empresa. Puede observarse la estructura jerárquica con la existencia de dos funciones de apoyo comúnmente llamadas “*staff*”. Estas brindan asesoría contable y legal. Se distinguen en el esquema, por las líneas punteadas de sus conectores.

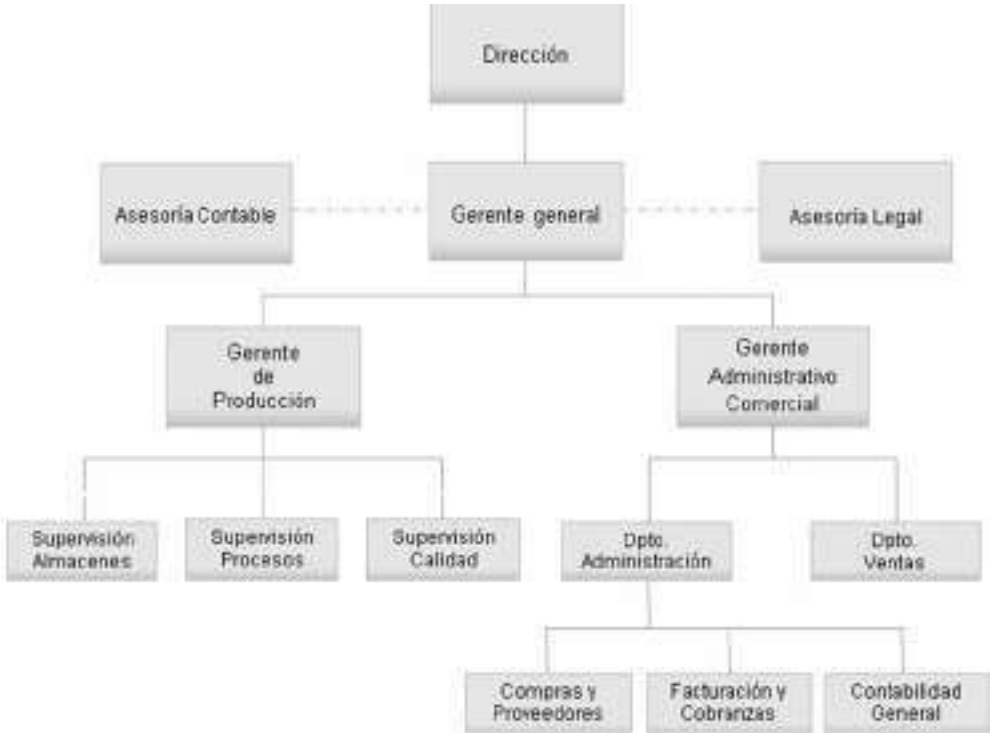


Figura 1: Organigrama de la empresa.

3. Recursos humanos

La empresa está dotada de personal con alta trayectoria y experiencia en los niveles superiores de la estructura organizacional. Estos niveles comprenden cuatro puestos:

- Director general: a cargo de las ventas y finanzas.
- Gerente general: responsable de la planificación de las compras y lo referente a administración; recibiendo asesoría contable y legal de terceros.
- Gerente administrativo comercial: encargado de las operaciones de compra y venta de la empresa.
- Gerente de producción: encargado de llevar el control de la producción y asegurar que el producto final esté disponible en tiempo y forma. Este delega responsabilidades en tres supervisores; uno de almacenes, quien se encarga de la recepción de materias primas e insumos, del empaque y despacho de mercaderías a clientes; otro de producción, responsable del correcto funcionamiento de las líneas de producción; y el tercero de calidad, quien tiene a su cargo un ayudante de laboratorio y juntos realizan todas las funciones correspondientes al control de calidad tanto de materias primas como de productos terminados.

En el nivel operativo, la empresa cuenta con 46 operarios que realizan tareas tales como recepción de materia prima, dosificación de ingredientes, envasado, empaque y expedición, entre otras. Los mismos operan en dos turnos continuos de ocho horas cada uno, y se distribuyen de la siguiente manera:

- Línea de Galletas dulces: 12 operarios/turno
- Línea Pan y Tostadas: 11 operarios/turno

4. Distribución en Planta

La industria se emplaza en un predio de 4500 m^2 y cuenta con una superficie cubierta de más de 3050 m^2. Se divide en distintos sectores: producción, depósito de materias primas, depósito de material de empaque, depósito de producto terminado, depósito de producto en proceso, laboratorio de calidad y áreas de servicio. La distribución de la superficie es: Producción: 1900 m^2; Áreas de servicio: 250 m^2; Laboratorio de calidad: 50 m^2; Depósito de materias primas: 200 m^2; Depósito de productos terminados: 400 m^2;

Depósito de material de empaque y embalaje: 200 m^2; Depósito de productos en proceso: 50 m^2.

En la figura 2 se muestra un diagrama en bloques representativo de la distribución de la planta.

Figura 2: Diagrama en bloques de la distribución en planta.
Fuente: Elaboración propia.

5. Caracterización del proceso productivo

El proceso productivo de las galletas dulces se caracteriza por ser continuo, es decir, las máquinas, trabajadores y materiales se distribuyen de acuerdo con la secuencia de operaciones requeridas para obtener el producto final. El proceso instalado es semiautomático con la mayoría de sus partes automatizadas. La dosificación de harina y azúcar es automática mientras que el resto de los ingredientes se dosifican manualmente.

Luego el amasado, el conformado de galletas, y el horneado son operaciones automáticas. En cuanto al envasado, si es automático de cabezales múltiples: requiere mano de obra para la alimentación de materias primas, cambio de rollo de empaque y retiro del producto. Igualmente, si el envasado es de paquetes tubulares, se requiere tarea manual para fraccionar las hileras de galletas yuxtapuestas en la longitud especificada dependiendo del tamaño del envase, introducirla en la correspondiente máquina, y retirar el producto envasado.

Tecnología incorporada en el sistema de producción

En el 2006, cuando se funda la empresa, se adquiere la última tecnología disponible en el mercado. Se instala en primera instancia una línea de producción de galletas dulces con envasado automático de cabezales múltiples que permite presentar las galletas en bolsas de tres costuras, en diversos tamaños. Un año más tarde, se incorpora la línea de producción de tostadas y a modo de flexibilizar la comercialización de los productos, se decide adicionar a la línea de galletas dulces, una nueva máquina de envasado al vacío que permite presentar al producto en paquetes tubulares. Nuevamente, los equipos incorporados son de alta tecnología respecto a la oferta en el 2007.

6. Sistemas de gestión

La empresa no posee implementado sistemas de gestión bajo normas internacionales. No obstante, la mayoría de sus procesos se rigen por los lineamientos de HACCP[1] y se tienen en cuenta conceptos básicos sobre gestión de calidad, seguridad y medioambiente. Esto le permite cumplir con los requisitos del mercado y las reglamentaciones para su habilitación como establecimiento industrial. Por lo mencionado anteriormente, La empresa posee un estricto control en las distintas etapas del proceso en lo que a inocuidad de alimentos se refiere a fin de cumplir con los más altos estándares impuestos por su mayor cliente; una de las empresas alimenticias líderes en el mercado. No obstante, la seguridad alimenticia es en el único aspecto que se considera; no se tiene implementado un sistema de gestión de la calidad. La empresa reconoce esta falla y muestra interés en aplicar mejoras en este aspecto en un futuro cercano. Los miembros de los niveles superiores dicen no tener tiempo para dedicarse a estos asuntos ya que la cantidad de trabajo que tienen los sobrepasa. [2]

[1] El Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP, por sus siglas en inglés) es un proceso sistemático preventivo para garantizar la seguridad alimentaria, de forma lógica y objetiva.
[2] Entrevista personal al gerente de producción de la planta. Noviembre 2011.

7. Abastecimiento de materias primas e insumos

Las principales materias primas de las galletas dulces son: harina común, harina de trigo, avena arrollada, salvado de trigo, azúcar, agua de red, bicarbonato de sodio y de amonio, esencias en polvo, chips de chocolate, cacao en polvo, grasa vacuna, huevo en polvo, jarabe de glucosa, colorantes, leche descremada en polvo, sal fina, otras.

En tanto, los insumos que se utilizan para empaque y embalaje son: cinta de desgarre, cinta adhesiva transparente, celofán en rollos, etiquetas en rollo, cajas de cartón corrugado y *film stretch*[3] para el sobreembalaje[4] luego de la paletización.

En cuanto a los proveedores, la empresa mantiene relación comercial con dos o tres de ellos por cada materia prima e insumo. En su mayoría son locales. Hasta el momento, no se ha desarrollado una metodología para evaluar el desempeño de los mismos, simplemente se basan en el precio y en la disponibilidad de material para abastecer a la empresa en un momento determinado. No obstante, la gerencia[5] reconoce la importancia de crear valor y mantener la competitividad del negocio al integrar a la empresa verticalmente; es decir, al incorporar a los proveedores a su cadena suministro. La gerencia se muestra interesada en mejorar este aspecto ya que sostiene que la calidad de las materias primas es un factor determinante de la calidad de los productos finales.

Para realizar los pedidos de cada materia prima e insumo se sigue la siguiente política: en base al requerimiento de productos componentes[6] se considera la capacidad de abastecimiento del proveedor sumado al tiempo que se requiere para que el pedido arribe a la empresa desde el momento en que se efectúa el pedido (plazo de reposición o *"lead time*"), sin descuidar la calidad y el precio de los productos.

El plazo de reposición de las materias primas varía según el tipo. En el caso del azúcar, la miel de abeja, los cereales y sus derivados, es de una semana. En cambio para la grasa vacuna, los chips de chocolate, las esencias, los bicarbonatos, la sal, el cacao, la leche y el huevo en polvo, ese tiempo es de dos semanas. Los pedidos en todos los casos, se realizan según requerimiento semanal basado en el plan de producción confeccionado semanalmente, pero se pide un 50% más de lo que se requiere. El plazo de reposición para

[3] *Film stretch* es fabricado en base a polietileno de baja densidad cuya resistencia mecánica y bajo espesor lo definen como un material ideal para paletizar por su alto rendimiento y prestación en la contención de cargas.

[4] En la empresa al sobreembalaje que se realiza luego del paletizado de las cajas de cartón corrugado se lo denomina rappeado.

[5] Entrevista personal al gerente de producción de la empresa, Diciembre de 2011.

[6] Producto componente: toda materia prima o insumo necesario para obtener el producto final.

las cajas y flexibles es de 1 mes. Cuando se realiza un pedido, se estima la cantidad necesaria para dos meses.

Como se puede ver, la empresa lleva registros de los tiempos de entrega de cada proveedor. Sin embargo, no cuentan con registros de demoras de los mismos. Se hace mención a las demoras ya que, a lo largo de su trayectoria, la empresa se ha enfrentado repetidas veces a este hecho que ocasionó problemas de diversas índoles tales como: cambio en la planificación de la producción, aumento en los costos, mano de obra ociosa, entre otros.

8. Proceso Industrial

8.1. Recepción y almacenamiento de materias prima

8.1.1. Recepción y almacenamiento de harina y azúcar

La harina y el azúcar se reciben en bolsas de 50 kilos transportadas en camiones de 20 a 40 toneladas.

Primeramente se presenta el camión en portería. Luego se realiza la toma de muestras. Una vez aprobados los controles de calidad, se deriva el camión al área de recepción de mercadería y se procede a la descarga. Las bolsas se disponen sobre pallets en los lugares establecidos de almacenamiento mediante un auto elevador (figura 3). Las mismas se abren manualmente y son volcadas en un sistema de transporte neumático que conduce hacia los silos de almacenamiento (figura 4). En el ingreso a dicho sistema existe una trampa magnética a los efectos de eliminar residuos metálicos que, potencialmente, puede contener la harina.

8.1.2. Recepción y almacenamiento de grasas y aceites vacunos

La grasa y el aceite arriban a la empresa en camiones de 20 a 40 toneladas.

Primeramente se presenta el camión en portería. Luego se realiza la toma de muestras. Una vez aprobados los controles de calidad, se deriva el camión al área de recepción de mercadería y se procede a la descarga. El material se dispone en los lugares establecidos para almacenamiento de dichas materias primas.

Figura 3: Sector de almacenamiento de harina y azúcar.
Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 4: Silos de almacenamiento de harina y azúcar.
Fuente: Fotografía tomada por el autor.

8.1.3. Recepción y almacenamiento de materias primas fraccionadas

A la planta ingresan materias primas e insumos fraccionados en los más diversos envases, como bolsas por 10, 12, 25 y 50 kg, cajas de cartón corrugado de varios pesos, bidones, films, etiquetas, otras. En todos los casos, las recepciones se efectúan bajo el cumplimiento de las especificaciones de calidad correspondientes.

Las materias primas en sus envases originales se transportan al depósito de materias primas e insumos, y allí se trasvasan a contenedores de plásticos desde los cuales se realiza el fraccionamiento de las mismas en las cantidades adecuadas de acuerdo a las recetas de cada uno de los productos a elaborar.

El almacenaje se realiza en las áreas asignadas para cada producto, debidamente registrados de modo que los consumos se efectúan en estricto orden de llegada y respetándose en todos los casos, las fechas de vencimiento.

8.2. Descripción del proceso productivo de las galletas dulces

Amasado

La harina y el azúcar son trasladadas desde los silos de almacenamiento hasta la amasadora en sus correspondientes transportes neumáticos. A la amasadora también llega el agua potable. Las cantidades a introducir en ésta de los tres ingredientes se programan desde el tablero general. Luego, desde la amasadora se controla el tiempo y la velocidad de amasado.

Los amasijos pesan entre 130 y 200 kg dependiendo del producto a elaborar. La operación posee una duración aproximada de 5 minutos. Concluido el amasado, se descarga la masa en forma de grumos en una tolva suspendida y desde allí, cae a la formadora de galletas que se encuentran a la entrada del horno.

Moldeado

La masa desciende al cabezal formador el cual posee una tolva inferior que va depositando la masa sobre dos cilindros enfrentados. El primer cilindro (formador) recibe la masa comprimiéndola y depositándola sobre el otro cilindro que termina la formación de la galleta y la coloca sobre la cinta que avanza hacia al horno. Esta etapa del proceso no produce mermas por recortes.

Horneado

A medida que se forman las galletas, mediante una cinta de transporte, salen de la máquina de moldeado y se dirigen al horno de quemadores de gas natural. Las galletas se cuecen mientras atraviesan las cavidades del horno. Durante la cocción, se tiene en cuenta dos variables de ajuste; estas son: la velocidad de la cinta de transporte y la temperatura del horno. Una dispersión en dichas variables puede traer aparejadas mermas tales como color más tostado de lo aceptable, falta de cocción, espesores o diámetros fuera de los límites establecidos.

A la salida del horno, la galleta pierde temperatura durante el transporte en la pista de enfriamiento camino al sector de empaque. Esta operación se caracteriza por darle continuidad a la cinta de transporte, teniendo ésta, la longitud adecuada para garantizar el logro de la temperatura esperada al finalizar la línea de horneado.

Durante la operación de horneado, además de emitirse a la atmósfera los gases de combustión, se evapora el agua utilizada durante el amasado (28% del peso de la masa cruda) y parte de la humedad ligada de las materias primas (aproximadamente el 8% del peso del producto) lo que constituye un 40% aproximado del peso total del producto final.

Envasado

Al finalizar la línea de horneado se envasan las galletas. Como se ha explicado, es un proceso semiautomático ya que se requiere mano de obra para fraccionar la cantidad de galletas que conforman un paquete tubular y, en el caso particular de las galletas surtidas, éstas son elevadas mediante una cinta a la envasadora automática de cabezales múltiples.

Una vez que se envasan, los paquetes se pasan por el detector de metales y se colocan de forma manual en cajas; las cuales, una vez completas, se encintan con una cerradora de cajas, se paletizan[7] y se hace el rappeado[8].

Depósito

Los productos terminados son trasladados al depósito de productos terminados.

[7] Paletizar es la acción y efecto de disponer mercancía sobre un pallet para su almacenaje y transporte.

[8] Se denomina rappeado a la acción de envolver la mercadería apilada sobre un pallet mediante papel film.

En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo del proceso de galletas dulces con envasado tubular.

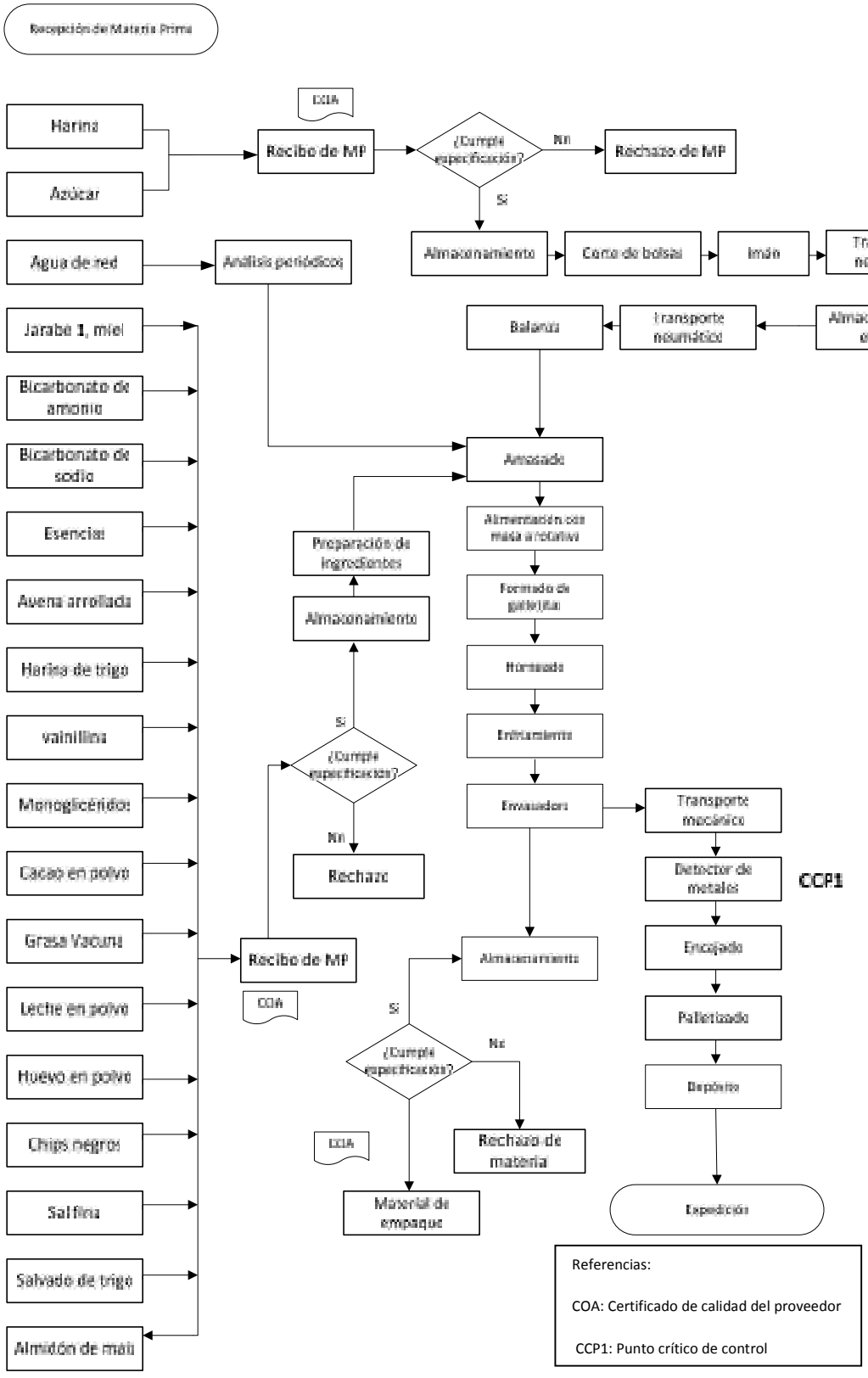


Figura 5: Diagrama de flujo de galletas dulces. Envase tubular.
Fuente: elaboración del autor.

En la figura 6 se presenta el diagrama de flujo de las galletas dulces con envasado de tres costuras.

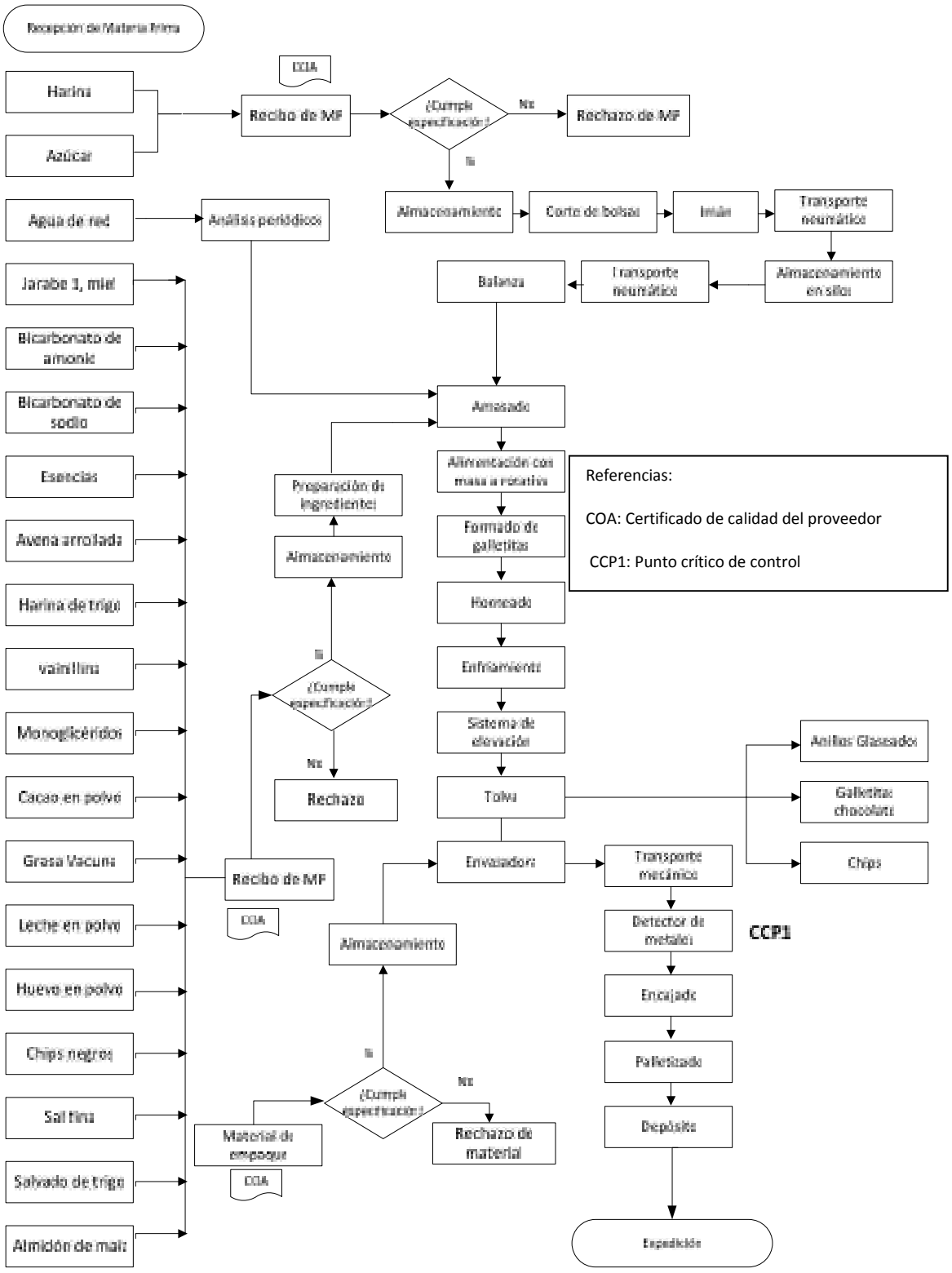


Figura 6: Diagrama de flujo de galletas dulces. Envasado 3 costuras.
Fuente: elaboración del autor

9. Trazabilidad

Se mantiene una eficiente trazabilidad a lo largo del proceso, desde que ingresan los productos componentes a la planta, siguiendo por su transformación en el proceso productivo, y finalizando con los productos listos para ser despachados.

El material es identificado una vez que entra a la planta y se lo mantiene registrado a lo largo del proceso, con los cambios pertinentes, hasta que el material se expide como producto terminado. Este proceso se realiza por escrito mediante fichas individuales. No se tiene un sistema informático que cubra dicho seguimiento.

10. Planificación de la producción

10.1. Parámetros de referencia

La planificación de la producción se basa en dos pilares fundamentales. Estos son:

- Demanda (productos de marca propia y para terceros)

En cuanto a la demanda, la gerencia afirma que no posee una tendencia estacional; sino que fluctúa levemente sobre un valor medio de un mes al siguiente. [9]

- Capacidad de respuesta a la demanda
  - Capacidad productiva

La capacidad máxima de producción es de 600 kg/hora y está dada por la velocidad de la cinta transportadora la cual varía para cada producto en particular.

  - Disponibilidad de mano de obra

Se realizan 2 turnos diarios de 8 horas cada uno. Si la demanda de producción es tal que se justifique adicionar un turno, se contrata operarios temporarios.

En la tabla 1 se muestra la mano de obra necesaria por turno dividida en las dos áreas: producción y envasado.

[9] Entrevista personal al gerente de producción. Noviembre 2011.

Línea de galletas dulces	M. O./turno	Producción	Envasado
Productos para otras marcas	12	3	9
Productos para marca propia	5	2	3

Tabla 1: Requerimiento de mano de obra por turno.

10.2. Metodología que aplica la empresa para planear la producción

Es política de la firma asegurar el abastecimiento de las empresas clientes sin descuidar al mercado propio. Por lo tanto, en base a datos históricos de las ventas de los productos propios, la empresa puede estimar la capacidad de respuesta a la demanda de las empresas cliente y acordar así, cantidades que satisfagan a ambos tipos de clientes.

De este modo, se acuerda con las empresas clientes las cantidades a elaborar en el mes entrante y ellas le proveen un pronóstico para los dos siguientes. Una vez asegurados los recursos necesarios para cumplir con lo acordado, se planifica la fabricación de los productos de marca propia en función de las órdenes de compra emitidas por los clientes y la media de las demandas históricas de esos productos. A partir de esa información la demanda mensual se distribuye semanalmente.

Un parámetro que puede alterar la planificación realizada es la disponibilidad de productos componentes requeridos para la producción planificada. Cada vez que el gerente planifica la producción envía una planilla al encargado de almacenes con los requerimientos de productos componentes, éste verifica si se tiene las cantidades necesarias y comunica el estado del inventario de los mismos. En caso de algún faltante, se re-planifica la producción.

De la entrevista con el gerente de producción, se concluye que este sistema de planificación carece de una sólida gestión de stock. Lo cual, al no poseer un seguimiento y control de las existencias de los productos componentes, se dificulta el cumplimiento de las cantidades a vender acordadas con las empresas clientes, y se tiene una importante pérdida de tiempo al re-planificar la producción en base a la disponibilidad de productos componentes.

10.3. Organización de la producción

10.3.1. Horas de producción

La empresa trabaja de lunes a viernes dos turnos de 8 horas y los sábados un solo turno de 8 horas. En consecuencia, las horas brutas semanales de trabajo ascienden a 88.

10.3.2. Tiempo muerto – Limpieza

El realizar limpieza a los equipos se traduce en tiempo muerto para la producción. Por tanto, este es un factor importante a tener en cuenta al planificar la elaboración de los distintos productos; un cambio repentino en la producción de un producto al siguiente implica cierto tiempo dedicado a la limpieza de la línea lo que conlleva a mano de obra ociosa y pérdida de producción entre otros, lo cual se traduce en costos.

En cuanto a la metodología de higiene industrial, se establece una limpieza en seco una vez al día al finalizar el segundo turno, ya que la planta se para hasta el día siguiente y no se puede comenzar una nueva jornada de fabricación con restos orgánicos. Esto implica que la producción diaria se reduzca a 15.5 horas pues, se dedica 30 minutos a dejar la línea en condiciones para retomar la actividad al día siguiente. En los casos donde la cantidad demandada implica la incorporación de un tercer turno, la limpieza en seco no es necesaria ya que la producción es continua.

En general, se fabrica una misma familia o tipo de producto durante una semana. Para productos de la misma familia no se requiere la limpieza en seco entre uno y otro si se respeta un orden pre-establecido. Por ejemplo, si se decide producir una familia de galletas con miel, se puede pasar de producir clásicas a con avena y luego, a con avena y pasas de uva sin realizar limpieza entre variedades. Cualquier otro orden, conlleva limpieza previa.

Además se realiza una limpieza profunda mensual, que demanda 4 horas el sábado de la semana 4.

De lo expuesto anteriormente, surge que las horas productivas útiles se reducen a 85 en las semanas 1, 2 y 3, y a 81,5 en la semana 4.

10.4. Requerimientos de productos componentes

En cuanto al cálculo de requerimiento de productos componentes, el gerente de producción se basa en una planilla de Excel donde tiene registrado aproximadamente las proporciones de cada materia prima e insumo necesarias para cierta unidad de producto.

10.5. Mermas

Se tienen mermas para cada producto que se utilizan al calcular los requerimientos de cada materia prima e insumo y los costos asociados a ellos. No obstante, las mermas están establecidas intuitivamente. No se ha realizado ningún análisis detallado para asignarle un valor más representativo.

10.6. Reproceso de galletas rotas

Se tiene un 3% de las galletas dulces defectuosas reprocesadas.

10.7. Soporte informático de planeación de la producción

El gerente de producción, quien es el encargado de llevar a cabo esta etapa, no cuenta con herramienta alguna para planificar la producción; sus decisiones se rigen en base a su experiencia.

11. Políticas de control de Inventario

11.1. Inventario de productos con demanda independiente

La empresa fabrica en base a los pedidos de los productos destinados a otras marcas y produce para inventario los de marca propia. Las ventas de los productos propios se llevan a cabo siempre y cuando se disponga de la cantidad requerida por el cliente. Esto se traduce en niveles bajos de inventario para los primeros y un nivel más elevado para los segundos.

11.2. Inventario con demanda dependiente

Se mantiene en inventario los insumos correspondientes a dos meses de producción, mientras que el inventario de materias primas es el equivalente a una semana de producción, dependiendo de los productos que se planean producir en dicha semana.

11.3. Inventario de seguridad

Otro tópico importante a tratar en este apartado es que la empresa tiene la política de salvaguardar inventario tanto de materia prima e insumo como de productos finales para poder satisfacer la demanda ante posibles fluctuaciones.

No obstante, no se tienen especificados los niveles adecuados para cada producto, la empresa mantiene unidades físicas de reserva a fin de cubrir cualquier eventualidad; como se menciona en el ítem ‘abastecimiento de materias primas e insumos’ del presente trabajo, cada vez que se realiza un pedido en base a la producción semanal planeada se pide un 50% destinado a cubrir cualquier eventualidad.

11.4. Control

No se realiza un recuento de existencias de forma periódica para contrastar las reales con las estimadas.

11.5. Documentación

No se tiene un sistema informático que lleve el registro de las entradas, salidas, pérdidas, defectos, entre otros aspectos del inventario. Tampoco cuentan con documentos escritos de ello. Es decir, no se lleva registro de los movimientos de inventario.

Al no tener registro del consumo de las materias primas e insumos en un período de tiempo, los pedidos de éstos no son exactos ni aproximados a las necesidades reales de pedido, lo que conlleva un considerable costo para la empresa.

12. Almacenamiento

El lugar asignado para el almacenamiento de materias primas, insumos, producto en proceso y producto final supera ampliamente las necesidades actuales de espacio.

Depósito de galletitas sin envasar: no tienen. La empresa posee una línea de producción continua donde la etapa de envasado tiene la capacidad suficiente como para no ser el cuello de botella de la línea. Existen galletitas demoradas en la producción de galletas surtidas, pero las mismas son envasadas en su totalidad al finalizar la jornada laboral.

12.1. Fecha de vencimiento de los productos elaborados

- Productos para terceros: 12 meses.
- Productos marca propia: 6 meses.

Esta diferencia en la fecha de vencimiento se debe al uso de distintos conservantes y distintas calidades en alguna de sus materias primas en la elaboración de productos para marca propia y para terceros.

13. Sistema de información

A continuación se describe la cadena de información y los recursos implementados, presentando la interacción entre las distintas áreas de la empresa. Se destaca que la empresa posee muy pocos registros de las acciones y decisiones tomadas. Ver figura 7.

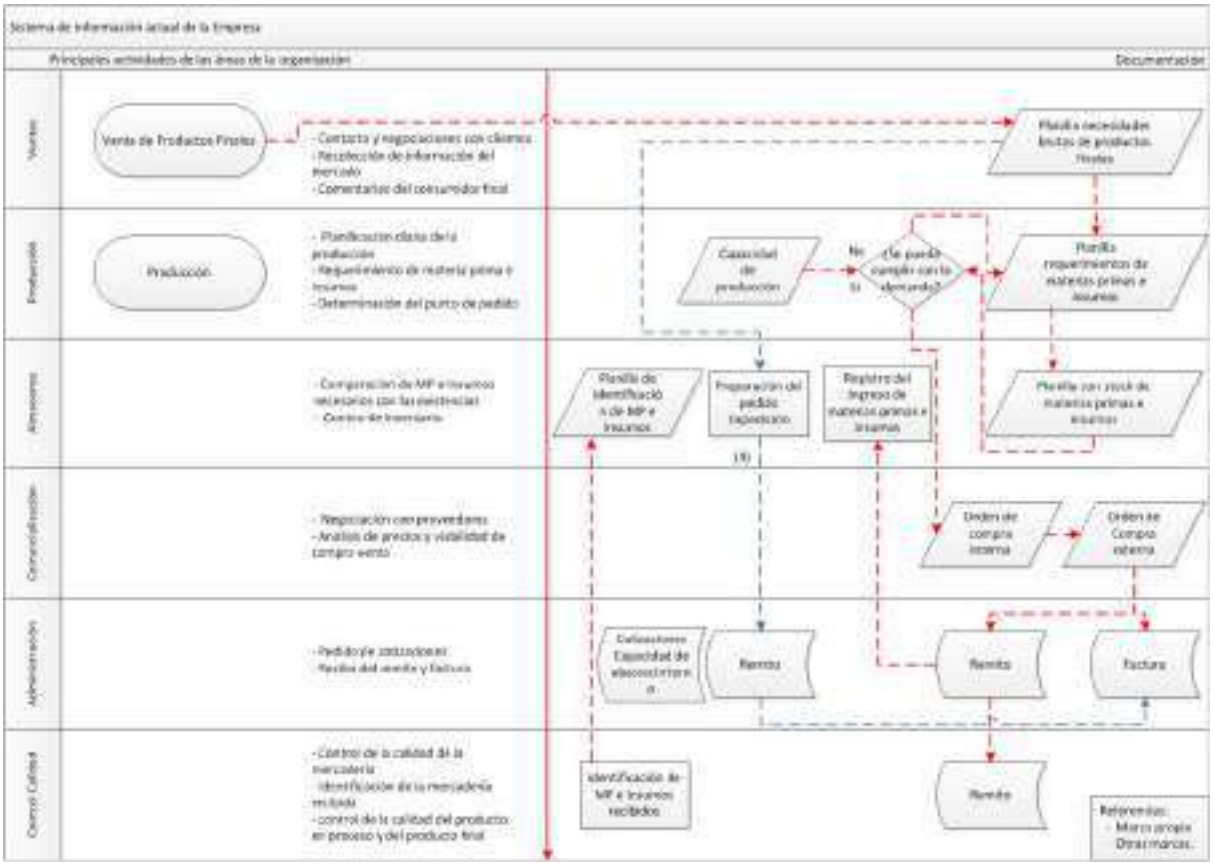


Figura 7: Diagrama de proceso. Sistema de información actual.

El sistema comienza con la planificación de la producción, para ello el gerente de producción, confecciona una planilla interna de requerimientos de productos componentes y determina el punto de pedido de materiales al departamento de almacenes. El Departamento Almacenes verifica los insumos faltantes y confecciona una planilla interna de Stock de materias primas e insumos que se la envía al Gerente de Producción. Este coteja con el punto de pedido, realiza una orden de compra interna, y la envía al Gerente General que es el que se encarga del trato con los proveedores, del pedido de cotizaciones, del análisis de los precios y de la confección de una planilla interna donde carga las órdenes de compra con detalle de insumos y precios.

Una vez que la mercadería solicitada arriba a la planta, el remito y la factura recibida se envían al área administrativa y se carga a pagos pendientes; luego se saca una fotocopia del remito y se lo entrega a control de calidad, quien le asigna un numero interno de identificación para hacer el seguimiento de la mercadería recibida.

En cuanto a las ventas, no poseen vendedores propios. Se manejan con representantes distribuidos en todo el país que son los encargados de realizar las ventas a distribuidores o a supermercados, también realizan la cobranza (salvo en los casos en que los clientes efectúan depósitos directos). Estos representantes son empresas externas que

cobran comisión sobre las ventas realizadas. Las solicitudes de pedido las realizan vía mail. También son los encargados de transmitir a la Gerencia General todo lo referido a la información del mercado y los comentarios del consumidor.

Los clientes a los que se provee el servicio de producción y envase con su marca son gestionados de forma directa a través del departamento de ventas.

Para atender a los grandes supermercados se utiliza una plataforma de intercambio de documentos comerciales, en la que los clientes cargan las órdenes de compra y el sistema las envía a la empresa informando vía e-mail que tiene órdenes de compra cargadas en el sistema. Una vez controladas, el encargado del departamento de ventas confecciona una planilla interna de pedidos a despachar que la envía al departamento de almacenes, que prepara el pedido y envía copia de la planilla junto con el remito (emitido por cuadruplicado) al departamento administrativo para que efectúe la facturación. El pedido se despacha a través de medios de transportes tercerizados junto a cuatro remitos y la factura original. Los pedidos se entregan y facturan directamente al cliente (no a los representantes).

Cabe aclarar que la empresa no posee un sistema de información que integre los pedidos realizados con el movimiento de inventario. A consecuencia de ello, está produce, almacena y luego despacha cumpliendo con los pedidos en la medida en que esto resulta factible dependiendo de la disponibilidad de cada producto en stock. A raíz de esto, se ha tenido muchos inconvenientes en cuanto a la falta de mercadería no pudiendo cumplir con órdenes de compra recibidas. No se observa la adopción de ninguna medida para solucionar esta situación.

Otro inconveniente detectado es que no emiten informes para la toma de decisiones, las mismas se toman de forma intuitiva. Tampoco se realiza un planeamiento para la toma de decisiones y el control.

MARCO TEÓRICO

En la actualidad, debido al entorno empresarial altamente competitivo, el mercado exige celeridad y eficacia en respuesta a sus requerimientos. Es por ello que toda empresa debe orientarse hacia la mejora continua[10]; esto es, aplicar mejoras graduales en aspectos puntuales de la organización. Un buen punto de partida es establecer un sistema de gestión que permita asegurar la productividad, flexibilidad y competitividad necesarias para permanecer en el mercado. Este se puede efectuar sobre una o varias áreas de la empresa a la vez. Para ello, es fundamental considerar a la empresa como un sistema[11] en el cual los distintos departamentos se interrelacionan entre sí, logrando una eficaz gestión global y de cada subsistema[12] en particular. Por tanto, si se aplican mejoras en un área, se afecta de algún modo a las demás; esto puede resultar altamente beneficioso para la empresa en su totalidad si se lo hace de forma estratégica.

Hoy en día, gran porcentaje de las Pymes pertenece a una cadena productiva que las presiona para mejorar su eficiencia a fin de mantener la competitividad de la cadena, lo que hace indispensable que las organizaciones adopten sistemas de gestión. Ante la imponente ventaja de implementar un sistema de gestión, las pequeñas y medianas empresas encuentran como obstáculo la incapacidad de la oferta actual para adaptarse a sus necesidades, a un precio accesible. Una nota publicada en el blog de AV consultores PYMES describe la problemática descrita anteriormente y resalta la importancia de que éstas adopten un sistema de gestión de la producción (Parsimotion, 2010). Adelso Díaz (1993) plantea al respecto que "la gestión de la producción se ha convertido en un arma fundamental para la mejora de la competitividad en las que se hayan inmersas la mayoría de las empresas. Es necesario disminuir el nivel de existencias, hay que realizar una mejor planificación, es preciso conseguir, para la empresa, una imagen de calidad... son frases que continuamente pueden escucharse en los despachos de dirección" (Campaña, 2000). Por tanto, las empresas logran importantes beneficios al aplicar mejoras en esta área. Es indispensable detectar las oportunidades de mejora y hacer hincapié en aquellas en las cuales una pequeña mejora genere cambios significativos para la empresa.

[10] Mejora continua: ciclo regular de identificación, solución y evaluación de problemas considerando que un problema no está nunca totalmente resuelto porque siempre hay una manera de mejorarlo aún más.

[11] Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.

[12] Un subsistema es un conjunto de elementos interrelacionados que, en sí mismo, es un sistema, pero a la vez es parte de un sistema superior.

Dentro del área de gestión de la producción, como se aprecia en la afirmación de Campaña (2000), se tienen ciertos pilares fundamentales que deben ser considerados a la hora de evaluar posibles mejoras. Uno de ellos es la planificación de la producción y la planeación de los requerimientos de materiales puesto que son factores indispensables para dar respuesta a las solicitudes de los clientes. Como el área de producción es el corazón de toda empresa manufacturera, una buena planificación y secuenciación de la producción garantiza el buen funcionamiento de la misma. Otro pilar fundamental es asegurar altos estándares la calidad de la materia prima, un precio conveniente y la entrega puntual de la misma lo cual se logra afianzando la relación con los proveedores; manteniendo una relación de confianza con ellos.

Con respecto a la planificación y control de la producción (Machuca, 1995), una empresa debe determinar su estrategia productiva, caracterizada por un conjunto de decisiones estructurales interrelacionadas, las cuales marcan la actividad productiva a medio y corto plazo. Una vez determinada ésta, la empresa conoce qué productos va a elaborar y mediante qué procesos; asimismo, ha decidido la capacidad a largo plazo, los equipos necesarios para conseguirla, la localización de la actividad productiva y la distribución en planta del equipo y del factor humano. A esta altura, el dónde queremos llegar, cómo y con qué medios son completamente conocidos. A ello se lo llama estrategia productiva.

A partir del marco de referencia que brinda la definición de una estrategia productiva, resulta necesario para el medio y corto plazo:

- Concretar los objetivos
- Decidir respecto a los productos a elaborar, cantidades y momentos de tiempo que permitan alcanzar dichos objetivos (planificación).
- Determinar qué ítems producir o adquirir, y en qué momentos para conseguir satisfacer lo establecido para los productos (programación).
- Ver qué actividades deberían desarrollarse en las distintas unidades productivas, y en qué momentos, con el objeto de cumplir con los requerimientos de componentes (programación a corto plazo).
- Tener en cuenta, en todos los niveles, los recursos disponibles, es decir, considerar la problemática de la capacidad de forma que se elaboren planes y programas factibles.

- Considerar los requerimientos de productos terminados, materias primas y componentes intermedios para fabricación, de acuerdo con la planificación y programación elaborada (planificación, gestión y control de inventarios).

Por tanto, la función de producción se refiere a proyectar el futuro deseado, los medios necesarios y la actividad a desarrollar para conseguirlo. Resuelto esto, se pasa a la fase de ejecución, y se llevan a cabo los controles necesarios, que permiten detectar y corregir las posibles desviaciones entre los resultados obtenidos y los distintos objetivos establecidos.

A partir de la aplicación de las herramientas adecuadas en cada una de las fases mencionadas anteriormente, es posible alcanzar los objetivos planteados por la gerencia. Es decir, en primera instancia se debe definir los objetivos propios de producción en base a los objetivos estratégicos definidos por la alta gerencia según las prioridades competitivas de la empresa. Luego se planifica la producción para un cierto horizonte de tiempo a fin de dar respuesta a los objetivos de producción planteados. Una de las problemáticas que enfrenta la gerencia en la actualidad, es la necesidad de lograr más de un objetivo al mismo tiempo, en orden a sus prioridades. Una de las herramientas más utilizadas para hacer frente a dicha problemática es la programación por metas; modelo de optimización que permite considerar más de un meta y acercar la solución tanto como sea posible el resultado esperado. Luego, la herramienta empleada para lograr una planificación eficiente es la programación por metas.

Una vez que se tiene la cantidad a producir de cada producto en determinado momento, el paso siguiente es programar la producción de forma tal de cumplir con la planificación de la producción. Para llevar a cabo la programación de la producción, se aborda en el presente trabajo la técnica de planeación de requerimientos de materiales (MRP); herramienta completa que permite determinar la necesidad de materiales por unidad de tiempo, generalmente semanas (Krajewski et al., 2008). La misma permite reducir los niveles de inventario de seguridad al conocer los momentos justos en que se requiere cada material y en qué cantidades. Esto es posible si se logra consolidar la relación con los proveedores (la empresa programa cuándo y cuánto necesita de cada material, y el proveedor asegura la entrega puntual de estos y el cumplimiento de los requisitos impuestos por la empresa). La orientación estratégica hacia los proveedores es crucial para mantener al mínimo los niveles de inventario. Estos disminuyen drásticamente al recibir los materiales en el momento justo a ser utilizados, cumpliendo con los requisitos impuestos por la empresa a fin de evitar las devoluciones y consecuentemente, la interrupción imprevista de la producción. Por lo cual, es indispensable una eficiente gestión de inventarios a fin de lograr los mejores resultados al implementar las técnicas propuestas en la presente obra.

Retomando la planificación de la producción, en general, la mayoría de las situaciones reales se caracterizan por metas y objetivos múltiples, más que por un simple objetivo. Estas metas pueden ser complementarias, pero frecuentemente son conflictivas y también inconmensurables. En situaciones típicas de la toma de decisiones, las metas establecidas por la administración pueden ser alcanzadas solo a expensas de otras. Por tanto, es necesario establecer una jerarquía entre ellas.

De acuerdo a lo explicado anteriormente, comenzaremos por decir que la Programación por Metas (Render et al., 2006), es una de las herramientas de la Investigación Operativa que se ha desarrollado para analizar problemas de decisión con criterios múltiples, que involucran la asignación de recursos escasos. Desarrollada dentro de la estructura general de la programación lineal, proporciona al tomador de decisiones la oportunidad de incluir los objetivos o metas de la formulación del problema que no pueden reducirse a una sola dimensión. Permite que las metas inconmensurables y conflictivas sean especificadas y conduzcan a una solución óptima en términos de las metas prioritarias.

Puede afirmarse que la programación por metas es una extensión de la programación lineal y su formulación es similar a un modelo de programación lineal (Hamdy, 2004). Por lo cual, las suposiciones básicas que caracterizan al modelo de programación lineal se aplican igualmente al modelo de programación por metas. La diferencia principal es que la programación por metas no intenta minimizar o maximizar la función objetivo, sino que minimiza las desviaciones entre las metas deseadas y los resultados reales de acuerdo a las prioridades asignadas. Entonces, se puede expresar que la finalidad de la programación por metas es alcanzar un nivel satisfactorio de múltiples objetivos. No se optimiza, se acerca tanto como sea posible al logro de las metas, se logra una solución eficiente.

En el anexo I se presenta la formulación del modelo matemático y la aplicación a la problemática desarrollada en el presente trabajo.

Con respecto a la gestión de inventarios (Morán, 2001), esta comprende una serie de políticas, técnicas y controles que permiten especificar cuánto y cuándo ordenar a los efectos de optimizar la cadena logística interna, asegurando la disposición de los elementos necesarios.

Las principales causas por las cuales las empresas mantienen cierto nivel de inventario son: aleatoriedad en la demanda, aleatoriedad en los aprovisionamientos, elevado tiempo de puesta a punto de las máquinas y/o equipos, paradas no programadas, falta de versatilidad del personal, fallas de calidad, fallas administrativas, entre otras.

El inventario es uno de los activos más caros de muchas empresas; a veces llega a representar el 40% del total del capital invertido (Heizer y Render, 2001). Los directores de operaciones afirman desde hace mucho tiempo que la gestión de inventarios es fundamental. Una empresa puede reducir costos, reduciendo sus inventarios; por otro lado, la producción puede llegar a interrumpirse y afectar al servicio a los clientes cuando se agota el stock de un artículo. Por eso, hay que conseguir un equilibrio entre la inversión en inventario y el servicio al cliente. No se puede conseguir una estrategia de producción a bajo costo, sin una buena gestión del inventario.

Las empresas mantienen cuatro tipos de inventarios:

1. *Inventarios de materias primas:* Ha sido adquirido, pero todavía no ha sido procesado. Sus artículos pueden servir para desconectar o separar del proceso productivo a los proveedores. Sin embargo, es preferible eliminar la variabilidad de los proveedores en calidad, cantidad o plazo de entrega, de forma que no sea necesaria esta separación, o sus cantidades sean mínimas.

2. *Inventarios de productos en curso (en proceso o semielaborados):* Incluye componentes y materias primas que han sufrido algún tipo de transformación, pero que todavía no están terminadas. Este inventario se mantiene durante el tiempo que se tarda en fabricar un producto (llamado duración del ciclo). Reduciendo la duración del ciclo se reduce el inventario.

3. *Inventarios MRO (Mantenimiento-Reparación-Operación):* Como su nombre lo expresa, están compuestos por artículos de mantenimiento, reparación y operación, necesarios para mantener la maquinaria y el proceso productivo. Se requieren porque el tiempo necesario para el mantenimiento y la reparación de algunos equipos o la necesidad de realizar algunas operaciones son a veces imprevisibles.

4. *Inventarios de productos terminados:* se compone de los productos que están listos y esperando ser entregados a los clientes. A veces hay que inventariar productos terminados porque no se conoce la demanda de procedente de futuros clientes.

Asimismo, las existencias pueden hacer frente a dos tipos de demanda (Morán, 2001):

- *Demanda Independiente*: Se entiende por demanda independiente a la demanda de un artículo no relacionada con otro artículo y afectada principalmente por las condiciones del mercado.

- *Demanda dependiente*: Se entiende por demanda dependiente a la demanda de una unidad que se deriva de la demanda de otra.

La primera es generalmente aleatoria y se debe pronosticar, mientras que la dependiente es determinística y se debe calcular. Disponemos de la Teoría de Stocks para demandas independientes y la Planificación de los Requerimientos de Materiales para demandas dependientes (MRP, sigla en inglés de *"Materials Requirement Planning"*).

Como se ha mencionado resulta crucial definir los niveles de inventarios óptimos para cada componente o producto. Cuando nos referimos a demandas independientes se emplea para ello, modelos de optimización, seleccionándose el que mejor se adapte a las necesidades de la empresa. Estos modelos tratan de determinar la política de reaprovisionamiento que minimice el costo total de la gestión, o bien que permita alcanzar un determinado nivel de servicio. Debido a la diversidad de situaciones que se pueden presentar, se dispone de una variedad de modelos y es función del analista determinar en cada caso cuál es el que mejor se adapta a sus necesidades.

En el presente trabajo se impulsa la utilización de modelos de optimización para el cálculo de los inventarios de seguridad usando niveles de servicio. Se entiende por nivel de servicio al número de unidades demandadas que se pueden suministrar de las existencias.

El inventario de seguridad (Mascó y Torrent, 2000) se establece para reducir el riesgo de faltante cuando la demanda o el plazo de entrega, o ambos, son aleatorios. Es una protección frente a una tasa de demanda mayor que la pronosticada y un plazo de entrega mayor al previsto. El stock de seguridad se puede determinar de dos formas:

- Sobre la base del costo del faltante.
- A partir de un nivel de servicio del cliente, especificado como una decisión de política de la empresa.

Para el cálculo del stock de seguridad usando niveles de servicio se deben seguir los pasos descriptos en el anexo II. Allí se desarrolla el cálculo de los requeridos para el desarrollo del trabajo.

Para el manejo de los inventarios de demanda dependiente los sistemas de planificación de requerimiento de materiales (MRP) han sido instalados casi universalmente en las empresas de manufactura, aun en aquellas consideradas pequeñas ya que la tecnología de las computadoras lo ha hecho posible (Krajewski et al., 2008). La razón es que el sistema MRP es una aproximación a una solución lógica y fácil de entender al problema de determinar el número de partes, componentes, y materiales necesarios para

producir cada ítem. Proporciona también, la programación de los tiempos en los cuales cada uno de estos materiales, partes y componentes deben ser ordenados o producidos.

Todas las compañías deben mantener una lista de materiales, que es una simple secuencia de todo lo que integra el producto final, muestra el orden para ir creando el producto. Además, deben tener un archivo de los ítems, esta base de datos también contiene especificaciones acerca de cada ítem, dónde es producido o comprado y cuánto tiempo toma disponerlo en la fábrica desde el momento en que se efectúa el pedido. El MRP es en su forma más básica es un programa de computadora que determina cuándo y cuánto de cada ítem se necesita para completar un determinado número de unidades, en un cierto espacio de tiempo. Este sistema logra hacer esto utilizando el archivo de partes del producto y los registros de inventario para crear una programación de tiempo y el número de unidades necesarias en cada etapa del proceso.

Se podría decir que el principal objetivo del MRP es determinar los requerimientos -la demanda discreta de cada componente en cada intervalo de tiempo-. Los cuales se usan para generar la información necesaria para la compra correcta de materiales para la planta de producción a fin de tener disponible la cantidad necesaria en el momento planeado. Sus ventajas son:

- Permite que las empresas reduzcan sus niveles de inventario, utilicen mejor su mano de obra y sus instalaciones, y mejoren su servicio al cliente.

- Calcula la demanda dependiente de componentes de los programas de producción de sus elementos padres (producto manufacturado a partir de uno o varios componentes), con lo cual proporciona un pronóstico más acertado de los requisitos de componentes.

- Proporcionan a los administradores información útil para planificar las capacidades y estimar los requisitos financieros. Los programas de producción y las compras de materiales pueden traducirse en requerimientos de capacidad y en montos monetarios, y también pueden proyectarse en los períodos de tiempo en los cuales se van a presentar.

- Cada vez que se produce un cambio en los programas de producción de los elementos padres, los sistemas MRP permiten actualizar rápidamente la demanda dependiente y los programas de reabastecimiento del inventario de componentes.

Para la implementación del MRP los principales datos de entrada que se requieren son:

- *Programas maestros de la producción* (MPS del inglés *“Master Production Schedule”*)

  En este programa se detallan cuántos elementos se producirán dentro de períodos de tiempo específicos. Las cantidades iniciales del MPS se utilizan en el sistema MRP para determinar los componentes necesarios para respaldar el programa.

- *Lista de materiales* (BOM del inglés *“Bill Of Materials”*)

  La lista de materiales es un registro donde figuran las todos los componentes de un artículo, las relaciones padre-componente y las cantidades de uso requeridas derivadas de los procesos. De esta manera, si se conoce la demanda independiente de los productos definitivos, se puede calcular la demanda dependiente de los artículos que forman dicho producto.

- *Registros de inventario*

  Los registros de inventarios son el insumo final del MRP, y las transacciones de inventario representan los bloques de construcción fundamentales de los registros actualizados. Entre esas transacciones figuran la expedición de nuevos pedidos, la recepción de las entregas programadas, el ajuste de las fechas de vencimiento de las recepciones programadas, los retiros de inventario, la cancelación de pedidos, la corrección de los errores de inventario, el rechazo de embarques y la verificación de las pérdidas por concepto de desperdicio y por la devolución de elementos de inventario.

  El propósito de un registro de inventario consiste en seguir la pista de los niveles de inventario y las necesidades de reabastecimiento de componentes. La información que aparece en dicho registro, clasificada en etapas de tiempo, está conformada por lo siguiente:

  1. Requerimientos brutos
  2. Recepciones programadas
  3. Inventario proyectado a la mano

4. Recepciones planeadas

5. Emisiones planeadas de pedidos

En el anexo III se describen cada uno de estos elementos.

Existen factores de planificación que desempeñan un rol muy importante para el rendimiento general del sistema MRP los cuales se detallan a continuación:

- *Planificación del tiempo de entrega.*

Estimación del período de tiempo que transcurre entre el momento en que se presenta un pedido para comprar un articulo y el momento en que éste es recibido en el inventario. Este tiempo también recibe el nombre tiempo de adelanto, del inglés *“lead time”*. Puede ser determinístico o estocástico.

- *Tamaño del lote.*

Se presentan seguidamente, tres reglas sobre el tamaño de lote:

– *Cantidad de pedido fija* (FOQ): se mantiene la misma cantidad de pedido cada vez que se emite un pedido.

– *Cantidad de pedido periódica (POQ):* se puede solicitar cantidades distintas de pedido en cada uno de los períodos, pero los pedidos se realizan a intervalos de tiempos determinados.

En ambos casos, la cantidad de pedido es equivalente a la cantidad necesaria del artículo durante el tiempo entre pedidos previamente determinado y debe ser lo suficientemente grande para evitar la escasez hasta que se reciba el siguiente lote.

– *Lote por lote (L*L):* es un caso especial de POQ según el cual el tamaño del lote solicitado en el pedido satisface los requerimientos brutos de una sola semana.

- *Inventario de seguridad (SS) para artículos de demanda dependiente*

Es importante únicamente cuando son inciertos los requerimientos brutos futuros, las fechas o la magnitud de las recepciones programadas, y la cantidad de desperdicio.

La política habitual consiste en usar un inventario de seguridad para los artículos finales y para los elementos comprados como medio de protección contra la incertidumbre

generada por las fluctuaciones en los pedidos de los clientes y por la poca fiabilidad de los proveedores de componentes la cual puede corregirse mediante la implementación de una política de evaluación y selección de proveedores.

El inventario de seguridad se puede implementar en un sistema MRP si se programa una recepción programada cada vez que el inventario disponible para su uso desciende por debajo del SS deseado. Al inventario disponible para su uso (Krajewski et al., 2008) lo denomina Inventario Proyectado a la Mano (IPM).

Los sistemas MRP generan informes, programas y avisos destinados a ayudar los administradores a controlar los inventarios de demanda dependiente. Estos elementos se describen a continuación.

- *Explosión del MRP*

El sistema MRP explota el programa maestro de producción y otras fuentes de demanda, para expresarlo en términos de los requisitos correspondientes a todos los subconjuntos, componentes y materias primas que se requieren para producir elementos padres. Además, genera avisos de acción sobre los elementos que requieren una toma decisión. A partir de la explosión del MRP se puede realizar un plan de recursos de manufactura en el cual se efectúen informes de rendimiento utilizando como datos a los costos y los precios de los productos.

- *Avisos de acción*

Sirven para tomar decisiones acerca de la emisión de nuevos pedidos y el ajuste de las fechas de vencimiento de las recepciones programadas. Hacen que los encargados de la planificación estén alerta a los elementos que requieren atención.

- *Otros elementos que pueden ser una salida del MRP.*

- Informes de prioridad: lista de remisión, programas del proveedor, etc.

- Informes de capacidad: planificación de requerimientos de capacidad, control de entradas-salidas, etc.

Como se mencionó anteriormente, la orientación hacia el desarrollo de proveedores es crucial desde el punto de vista estratégico. Para ello, es necesario la implicación e integración de la función de compras en el proceso de planificación estratégica de la empresa. De esta forma, se asegura que las decisiones y los logros del departamento de

compras ayuden a desarrollar la estrategia competitiva de la empresa y complementan las iniciativas emprendidas en otros departamentos. "En los últimos años, la gestión de compras ha pasado de ser considerada una actividad meramente administrativa a ser reconocida por algunas empresas como un elemento clave para mantener y mejorar la posición competitiva (Gonzalez, 2006). La implantación de sistemas de selección y evaluación de proveedores y el establecimiento de relaciones duraderas y cooperativas con ellos son algunas de las prácticas que más popularidad han cobrado. Es fundamental que el área se integre con la de producción y establezca los requisitos de compras a través de la definición de especificaciones, desarrolle indicadores para evaluar el desempeño de los proveedores y defina los lineamientos para la verificación de los productos comprados a fin de que ambas gestiones se complementen y juntas logren un resultado sinérgico altamente estratégico.

La norma ISO 9001:9008[13] (ISO, 2008) identifica al área de compras como uno de los elementos que debe integrar el sistema de gestión de la calidad de la organización y funcionar en conjunto con los otros elementos integrantes para asegurar la calidad de los bienes y servicios que produce la organización. Establece al respecto, en el punto 'Proceso de Compra', que "La organización debe asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compra especificados. El tipo y alcance del control aplicado al proveedor y al producto adquirido debe depender del impacto del mismo en la posterior realización del producto o sobre el producto final." En cuanto al "Proceso de compras" establece que la organización debe "evaluar y seleccionar los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Deben establecerse los criterios para la selección, la evaluación y la re-evaluación. Deben mantenerse los registros de los resultados de las evaluaciones y de cualquier acción necesaria que se derive de las mismas". Este importante aspecto de la gestión de empresas no es ninguna novedad: desde hace más de 50 años, el Dr. Williams Edwards Deming aconseja cambiar la práctica de hacer negocios sobre la base del precio, proponiendo en su lugar minimizar el costo total, con una tendencia a tener un solo proveedor con una relación a largo plazo de lealtad y confianza.

Si bien no siempre es posible tener un sólo proveedor, sí resulta viable minimizar el costo total, para lo cual la Evaluación de proveedores permite obtener información de gran utilidad para la toma de decisiones al momento de comprar productos y/o servicios que tendrán un alto impacto en la calidad final de las prestaciones al cliente.

[13]La norma ISO 9001:2008 elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), específica los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, cualquiera sea su tamaño.

Dentro de los aspectos a considerar a la hora de evaluar proveedores se tiene: implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad, metodología para resolver reclamos, capacidad de producción, evaluación de la experiencia pertinente, tecnología empleada, características del control en proceso, existencia/características del Sistema de Salud y Seguridad Ocupacional y de Gestión Ambiental, desempeño de los proveedores en relación con los competidores, cumplimiento con los plazos de entrega acordados, velocidad de respuesta, precios, solidez financiera, formación del personal, desempeño histórico, facilidad de comunicación, características del trato comercial, innovación y auditorías a los sistemas de gestión del proveedor.

Las empresas que cuentan con un proceso de evaluación y selección de proveedores, en su gran mayoría implementan como herramienta de evaluación la de decisiones de atributos múltiples. Esta metodología se basa en la idea de que el evaluador compara los proveedores en cuanto a sus atributos, o características ponderadas según su importancia. Los modelos de atributos múltiples no solo se emplean para evaluar proveedores potenciales, también se utiliza para analizar el desempeño de los proveedores actuales.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

A partir del análisis del área de gestión de la producción de la empresa, se concluye que no se lleva a cabo una programación de la producción en un horizonte de tiempo, como así tampoco se calcula los requerimientos de materia prima e insumos necesarios para cumplir con la demanda acordada con terceros y con la pronosticada para sus productos. Sumado, la gerencia de producción no cuenta con herramienta alguna como soporte para planificar y controlar la producción. Esto se traduce en una baja productividad puesto que la toma de decisiones del gerente de producción se ve ligada a su subjetividad y a la incertidumbre acerca de la disponibilidad de materia prima e insumos para llevar a cabo la producción; se debe producir una amplia gama de productos en una única línea lo cual deriva en un reto importante para dicho gerente, el de combinar la producción de los productos tal que se satisfaga la demanda de cada uno de los clientes y poder brindar así, un alto nivel de servicio. A fin de asegurar cierto nivel a sus clientes la empresa adopta como política, mantener un elevado nivel de inventario de productos finales; una vez que se cumple con los requisitos de producción, se continúa produciendo para inventario. También se mantiene un alto nivel de inventario de materias primas e insumos para reducir la incertidumbre sobre faltantes con el objetivo de que éste no sea un motivo de paro de planta. La consecuencia directa de la ineficiente planificación y control de la producción es el elevado coste de inventario lo cual, dada la naturaleza del mismo, tiene una fuerte incidencia en la rentabilidad de la empresa.

Por otro lado, a menudo surgen imprevistos en la producción debidos a la ineficiente planificación de las compras y/o a la entrega de la materia prima e insumos fuera del plazo acordado y con una calidad que afecta la calidad de los productos finales poniendo en riesgo la continuidad de la relación comercial con los clientes por el no cumplimiento de los estándares impuestos por ellos. Estos imprevistos suelen ser interrupciones y paradas de línea, realización de horas extras para suplir la demanda acordada una vez que se tiene en planta la totalidad de los elementos utilizados para elaborar el producto final, pérdida de confiabilidad del cliente, entre otras. Cada uno de éstos se traduce en una baja ganancia para el área financiera de la empresa: durante las paradas de línea se pierde de producir, es decir, al final del período se tiene un volumen inferior al esperado y por tanto, un ingreso menor (éstos se miden en base a las cantidades vendidas). Luego, los costos fijos de mano de obra, instalaciones, horas extras, energía, entre otros deben ser prorrateados con una menor cantidad de productos finales lo que genera un menor beneficio por cada producto vendido respecto al esperado si no se tuvieran dichos imprevistos.

Por tanto, la falta de una política de evaluación de proveedores y la inexistencia de un soporte informático para la toma de decisiones imposibilita una buena gestión de inventarios y la consiguiente optimización de la programación de la producción. La empresa justifica la carencia de un sistema para gestionar su producción en el hecho de no poder afrontar la inversión que implica la instalación de tecnologías de información que se adapten a su negocio en particular.

Teniendo en cuenta las características de la empresa descriptas anteriormente, se plantea a continuación la hipótesis de trabajo:

El desarrollo de un sistema de gestión de la producción que contemple la programación de la producción incluyendo una política de gestión de inventarios, los requerimientos de materiales y la evaluación de los proveedores se entiende que podrá beneficiar a la organización analizada en el corto, mediano y largo plazo. Un sistema eficiente puede lograr en la empresa:

a) Un aumento en su rentabilidad.
b) Una disminución en los costos.
c) Un aumento del nivel de servicio al cliente.
d) Mantener su competitividad en el mercado.
e) El planteo de una dirección y objetivos en los cuales coincidir los esfuerzos de la organización con respecto a la gestión de la producción.
f) La capacidad de aprender a analizar el entorno y prever la actividad de la industria, las demandas futuras y las necesidades de inventario.

OBJETIVOS

Objetivo General

Mejorar la eficiencia en el área de gestión de la producción a fin de lograr un inventario óptimo con el máximo aprovechamiento de las horas hombre.

Objetivos específicos

- Hallar un método que permita programar eficientemente la producción a corto plazo a fin de cumplir con los requerimientos que realiza la gerencia de producción para un horizonte de tiempo específico. El mismo debe ajustarse a las características de la empresa y debe ser un medio ideal para alcanzar el objetivo general del trabajo.

- Optimizar el abastecimiento de materias primas a fin de disponer de los productos en cantidad y calidad requerida en el momento indicado para cumplir con la programación de la producción.

MARCO DE REFERENCIA

El presente trabajo aborda concretamente el área de gestión de la producción de la empresa en estudio, por ser ésta la de mayor importancia dentro de la misma. Se detectan puntos de apalancamientos en escenarios donde una pequeña mejora genera importantes beneficios; es decir, donde involucra grandes cambios.

La metodología de trabajo consiste en la realización de entrevistas personales a los empleados de la empresa, la observación directa mediante visitas a planta, el relevamiento de datos y la formulación de registros. Una vez que se posee la información necesaria, se procede a analizarla. En esta instancia es factible que se recurra nuevamente a alguno de los recursos mencionados anteriormente a fin de profundizar la información que se tiene relevada sobre algún aspecto en particular. Por último, se plantean propuestas de mejora y se aplican a la empresa.

Dentro del contexto mencionado se establecen una serie de restricciones sobre la aplicación de las propuestas. Las mismas se limitan a la línea de producción de galletas dulces, puesto que la línea de producción de tostadas conlleva los mismos procedimientos, resultando éstos reiterativos. Asimismo, al abordar el tema de abastecimiento, se considera únicamente a las materias primas ya que se entiende que en la administración de los insumos se procede de igual forma que en éstas. Al afrontar el área de planeamiento de la producción, se establece un horizonte de tiempo de cuatro semanas; a lo largo del trabajo se emplea el término ‘mes’ para hacer referencia a dicho período y, se lo divide en cuatro unidades de tiempo denominadas ‘semanas’.

Del análisis de la situación actual de la empresa se determina la falta de una metodología de planeación y control de la producción y de una herramienta informática que facilite su gestión. Por lo cual, se decide realizar mejoras en áreas puntuales pero relacionadas entre sí. Se plantea abordar la problemática desde cuatro pilares: planeamiento de la producción, estimación de mermas, cálculo de requerimientos de materiales, y evaluación de proveedores.

DESARROLLO

A fin de abordar el planeamiento de la producción, se confecciona un modelo matemático de programación por metas específico para la línea de producción de galletas dulces que tiene como objetivos, mantener el nivel óptimo de inventario y al mismo tiempo maximizar el rendimiento de las horas hombres empleadas dentro de los dos turnos en que funciona la compañía, descartando la posibilidad de realizar horas extras para cumplir con la demanda. La formulación del modelo aplicado a la empresa se presenta en el anexo I del presente trabajo. De la programación de la producción resultante de ejecutar el modelo se obtiene como información de salida: la secuencia de producción de los productos, los requerimientos netos por unidad de tiempo durante todo el horizonte de planificación y las horas requeridas para producirlos, el exceso o la escases de inventario, y, el exceso de horas hombre por semana. Esos parámetros aportan un valor fundamental a la gestión de la producción ya que el modelo brinda la solución más eficiente de programar la producción en un horizonte de tiempo determinado, lo cual determina el grado de cumplimiento del objetivo de producción general.

Los requerimientos netos de cada producto obtenidos para cierto mes se afectan por las mermas correspondientes y se ingresan en un sistema MRP. Se calculan así los requerimientos brutos de los productos componentes necesarios. Cabe aclarar que al planear los requerimientos de materiales (MRP), la regla referente al tamaño de lote que se emplea es ‘lote por lote (LxL)’; se ajusta el tamaño del lote a la capacidad productiva de la línea de galletas dulces para el caso de los productos finales y a la cantidad mínima de compra de cada proveedor para el caso de los productos componentes.

Este sistema MRP permite tener un control más exhaustivo de los movimientos de los productos componentes, garantizar la disponibilidad de ellos en el momento en que se planearon utilizar y ajustar los niveles de inventario a las necesidades, lo que genera una gran repercusión en los sistemas de organización de la producción y costos de la empresa. Mediante el sistema MRP diseñado, se logra una planificación de la producción de galletas que, a partir de un método sencillo y de forma directa, permite establecer: las cantidades necesarias de productos componentes en tiempos determinados, los puntos de orden de nuevos pedidos, el ajuste por fechas de las recepciones planeadas, entre otros. De este modo, se reduce enormemente la brecha de error en la planificación. No obstante, ésta puede ser reducida aún más si al sistema MRP se lo complementa con un apropiado método para el cálculo de inventario de seguridad dejando la subjetividad del administrador en un segundo plano, junto con una estimación de la merma de cada producto y con un seguimiento y evaluación de proveedores que asegure la entrega en tiempo y forma.

El inventario de seguridad debe ser estimado mediante la implementación de un método que se ajuste a los objetivos de la empresa. Puesto que la empresa está enfocada en el cliente, se propone un método para los productos de demanda independiente basado en el nivel de servicio que se quiere brindar al cliente. Para el caso de los productos que tienen demanda dependiente, aquellos que son componentes de los finales, se busca asegurar la disponibilidad de cada uno de ellos para la producción de dos días del producto final (ver anexo II).

Las mermas influyen directamente en el cálculo de los requerimientos de productos componentes y consecuentemente, en el cálculo de los costos de los productos finales. Por lo cual, determinar una metodología para el cálculo de dichas mermas y llevar un histórico de sus valores tiene varias ventajas como por ejemplo, permite detectar cuándo debe ser revisado un proceso como consecuencia de su bajo rendimiento, o bien realizar una estimación más precisa de las cantidades requeridas de cada producto componente. Poder comenzar en esta instancia con un control de mermas, en la cual la tecnología es nueva y se presentan altos rindes de producción es fundamental para detectar fallas y prevenir todo tipo de falla en un futuro, al observar un incremento en los valores de las mismas. La metodología propuesta para el cálculo de las mermas se presenta en el módulo ‘Mermas’ del manual de usuario de la herramienta ‘Production Management v 1.0’ diseña al efecto por quien suscribe (ver anexo V).

El desarrollo de un manual de seguimiento y evaluación de proveedores en el marco de los lineamientos de la Norma ISO 9001 (ISO, 2008) tiene como finalidad evaluar tanto nuevos como actuales proveedores con el objeto de establecer una relación de ganar-ganar con los mismos. Al tener dos o tres proveedores para cada producto la empresa logra abastecerse de los productos componentes necesarios. No obstante, cabe resaltar la importancia de generar valor al fortalecer la relación con el proveedor. La empresa lo puede lograr estableciendo indicadores de desempeño, midiéndolos y comparándolos entre quienes conforman la cartera de proveedores. De este modo puede realizar negociaciones con aquel que ofrezca menor tiempo de entrega, mejor calidad y precio más conveniente. Esto trae aparejado importantes beneficios como asegurar la disponibilidad de materia prima en tiempo, cantidad y forma, la disminución del inventario de seguridad, una menor variabilidad en la calidad de la materia prima y la posibilidad de producir fuera de especificación. Todo ello se traduce en mayor valor agregado y en una sólida ventaja competitiva para la empresa. El manual de selección y evaluación de proveedores desarrollado para la empresa se encuentra en el anexo VI del presente trabajo.

Por último, se integra la programación por metas, el cálculo de mermas y el MRP en la herramienta informática ‘Production Management v 1.0’ de fácil utilización y entorno amigable, que permite planificar la producción de forma óptima, es decir, brinda la solución más eficiente maximizando las horas hombre utilizadas a la vez que se minimiza el nivel de inventario tanto de productos finales como de materia primas e insumos. Asimismo, permite evaluar distintos escenarios para una toma de decisión más eficiente. Dicha herramienta brinda la información necesaria para asegurar el cumplimiento de la demanda a fin de mejorar y preservar la lealtad hacia el cliente generando relaciones más estrechas y por otro lado, proporciona los requerimientos de los productos componentes lo que permite tener disponible la cantidad necesaria de los mismos en el momento justo en que fue planeado, indica el momento en que debe efectuarse el pedido, entre otros.

A fin de maximizar la utilidad y lograr la autosustentación de la herramienta, es importante realizar una capacitación a la gerencia sobre el funcionamiento de la misma para que pueda administrarla sin ningún inconveniente pudiendo inclusive, replicarla en otras líneas de producción o adaptarla a futuros cambios. La herramienta está diseñada sobre la base del programa Microsoft Office Excel®[14] mediante el empleo del lenguaje Visual Basic®[15] dado que esta planilla de cálculo es de uso común en la mayoría de las empresas. Por tanto, mediante una adecuada capacitación se puede tomar dominio total sobre la misma, pudiendo por ejemplo, cambiar los parámetros del modelo de programación por metas si así se desease y/o realizar cualquier otra operación que se crea necesaria a fin de adaptarla a las necesidades cambiantes del área. Esta herramienta se entrega a la empresa junto al manual de usuario que se presenta en el anexo V.

En el presente trabajo no solo se ofrece las propuestas de mejora expuestas sino que además se cargan en ‘Production Management v 1.0’ los datos referentes a cada uno de los productos que posee la empresa actualmente; éstos son: cada componente que conforma el producto final con su respectivo nivel en la lista de materiales, inventario de seguridad (calculado mediante el método propuesto), tamaño del lote, cantidad en relación al elemento padre, unidad de medida, tiempo de suministro y la identificación del producto padre del cual depende el componente. Los mismos se presentan en el apartado ‘A’ del anexo IV. Además, en el módulo ‘Mermas’ de la herramienta “Production Manager v. 1.0” se ingresan las cantidades de masa inicial y masa final totales por cada día de trabajo durante un mes determinado y a partir de estos datos, se calculan las mermas del proceso de cada

[14] Marca registrada de Microsoft Corporation.
[15] Marca registrada de Microsoft Corporation.

producto. Los datos cargados y las mermas obtenidas se presentan en el apartado ‘B’ del anexo IV.

En base a los datos cargados, se plantea la problemática de suplir la demanda de cierto mes y se la resuelve empleando la herramienta diseñada particularmente para la empresa en estudio. La demanda para este mes en particular se muestra en la tabla 2.

El procedimiento que se sigue para la obtener la solución del problema es el siguiente:

Se abre la herramienta ‘Production Management v. 1.0’ y se direcciona al módulo programación a través del botón PROGRAMACIÓN del MENÚ PRINCIPAL. Primeramente, se debe cargar las demandas por cada producto de cada semana, los inventarios de seguridad de cada producto y las existencias esperadas al momento de comenzar el período de producción a planificar. Seguidamente, se ejecuta la programación de la producción mediante el modelo propuesto (ver anexo V). De allí se obtienen los requerimientos netos de cada producto en cada semana. Luego se realiza un ajuste de los valores arrojados por la corrida del modelo teniendo en cuenta la factibilidad real de ejecutar la solución obtenida si se desea optimizar el rendimiento de la capacidad instalada. Se obtienen así, los requerimientos netos corregidos. En el apartado ‘C’ del anexo IV se presenta la resolución de la programación de la producción del caso planteado.

DEMANDAS (kg)				
PRODUCTOS	**PERIODOS**			
	1	**2**	**3**	**4**
X1	11.077	11.097	8.976	8.976
X2			15.096	
X3	5.997	3.998		2.550
X4	12.960	6.480		
X5		8.270		
X6				5.994
X7	5.003	3.993		5.003
X8	3.993	3.993	5.049	4.957

Tabla 2: Demanda de los productos para un mes determinado.

Los requerimientos netos corregidos para dicho mes se muestran en la tabla 3.

PRODUCCIÓN (kg)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
X1	9688	11250	9688	8688
X2			11719	2344
X3	5813	3938		2475
X4	11071	6476		
X5	1875	5100		
X6				5813
X7				7750
X8			8719	6525

Tabla 3: Requerimientos netos corregidos

Luego se procede a la planificación de los requerimientos de materia prima[16] para cumplir con los requerimientos netos corregidos de los productos finales obtenidos en el módulo 'Programación'. Para ello, se emplea el módulo 'Explosión MRP' de la herramienta informática "Production Management v1.0". Se cargan en primera instancia, los requerimientos brutos de los productos finales; el sistema contempla automáticamente a las mermas afectando los requerimientos netos corregidos obtenidos, por éstas. Luego, se cargan las recepciones programadas (ver anexo V). Finalmente, se procede a la explosión del MRP. Como resultado se obtiene:

- los requerimientos brutos semanales de cada producto y de cada materia prima;
- cuándo se debe emitir pedidos, cuándo se los debe recibir en planta y en qué cantidades;
- las recepciones planeadas y las programadas; y
- los avisos de acción mostrando, las emisiones de pedido que se deben realizar la primer semana del período analizado y los ajustes en las fechas que deben efectuarse para que se puedan tener en planta los elementos críticos.

En el apartado 'D' del anexo IV se presenta la salida de la Explosión del MRP para la problemática planteado.

[16] En el Marco de Referencia se indicó que solo se trabajaría a modo de ejemplo con las materias primas sin considerar el resto de los insumos.

RESULTADOS

Se parte de la inexistencia de una metodología de planeación y control de la producción y de un soporte informático que facilite su gestión. A partir de esta proposición se propone que la empresa aplique una serie de herramientas para mejorar la situación actual de su gestión de la producción.

Con la formulación de un modelo de programación de la producción ajustado a las características de la empresa se pasa de tener una programación basada en la subjetividad de la gerencia a una solución optimizada en orden a la secuenciación de producción, cantidades a producir y horas hombres empleadas. La herramienta propuesta aumenta notablemente la capacidad de satisfacer al cliente mejorando el nivel de servicio; reduce el tiempo empleado en la organización de la producción y ajusta el inventario de productos finales requeridos para satisfacer la demanda.

Luego, con la utilización de un sistema MRP para la planificación de requerimientos de materiales sumado a un adecuado cálculo de SS y de las mermas en cada proceso se logra definir, con un reducido margen de error, las cantidades a comprar de cada producto y en qué momento, durante todo el período analizado. Esta técnica permite reducir los inventarios de productos componentes al nivel de seguridad establecido por la gerencia. Por tanto, los costes de los mismos se reducen notoriamente. La adopción de esta herramienta en la gestión de la producción logra optimizar aún más la planificación y control de la producción.

Por otro lado, con la evaluación de los proveedores se trata de asegurar alta calidad del producto en origen, bajo costo y entrega en el momento pactado. Esto facilita la implementación del MRP al permitir mantener el inventario en los niveles de seguridad asegurando un alto nivel de servicio, se reducen los costos de adquisición de materia prima y se asegura la calidad del producto final desde el comienzo de la cadena logística.

Los beneficios más importantes son:

- reducción de los costos de mantenimiento de inventarios al reducirlos al nivel de stock de seguridad;
- reducción de los costos de mano de obra al eliminar horas extras y horas ociosas al optimizar la secuencia de producción;
- reducción de los costos de adquisición de materia prima a través de la estrecha relación cliente-proveedor;

- reducción de paradas de planta por la estrecha relación cliente-proveedor que asegura la disponibilidad en tiempo y forma de los productos componentes;
- aseguramiento de la calidad final por la estrecha relación cliente-proveedor que garantiza la calidad requerida por la empresa;
- aumento de la confiabilidad del cliente por la planificación de la producción que permite garantizar la entrega de los productos finales en tiempo, forma y con alta calidad;
- aumento de la rentabilidad por la reducción de los costos mencionados anteriormente.

CONCLUSIONES

La empresa en estudio se considera un sistema abierto en continua interacción con su entorno el cual está sometido a un cambio continuo y permanente. El éxito empresarial exige una permanente adaptación tratando de lograr la máxima eficiencia en su funcionamiento interno. Un factor interno clave en el cual debe enfocarse es la planificación, organización y control de la producción, es decir, en el Sistema de Gestión de la Producción el cual debe estar dirigido hacia el logro de los objetivos de la organización.

El propósito de este trabajo se enfocó en mejorar la eficiencia en el área de gestión de la producción a fin de lograr un inventario óptimo con el máximo aprovechamiento de las horas hombre. Para alcanzarlo, se diseñó un sistema integral de gestión ajustando cada subsistema a las necesidades de la empresa. A partir del diagnóstico de la situación inicial de la mencionada área, se planteó una sucesión lógica de implementación de herramientas de gestión que separadamente y bien aplicadas brindan importantes beneficios a la empresa, pero implementadas en forma conjunta generan un resultado sinérgico. Se propone un método de programación de la producción basado en la teoría de programación por metas; la planificación de los requerimientos de productos componentes basados en la teoría del MRP, en conjunto con una metodología para el cálculo de mermas y una para el cálculo de inventario de seguridad; y por último, un manual de evaluación y selección de proveedores en el marco de la norma ISO 9001. Con la aplicación concatenada de estas herramientas se logra:

- Alinear los objetivos del área de gestión de la producción a los objetivos estratégicos de la organización al orientar los resultados a la satisfacción del cliente, a la disminución de costos y al aumento de la rentabilidad.

- Brindar la capacidad de aprender a analizar el entorno y prever la actividad de la industria, las demandas futuras y las necesidades de inventario.

- Reducir el tiempo de organización de la producción y elevar el control de la misma.

- Optimizar la programación de la producción.

- Maximizar el aprovechamiento de las horas hombre.

- Optimizar el nivel de inventario de productos finales y productos componentes.

- Reducir el plazo de entrega y poder definirlo con precisión.

- Reducir los costos de inventario y poder determinarlos con mayor facilidad y precisión.

- Determinar de forma clara los puntos de reorden.

- Conocer el momento y cantidad exacta de productos componentes a adquirir.

- Comprar productos componentes con la calidad requerida a un precio accesible.

En conclusión, con la mejora propuesta se logra aumentar la rentabilidad de la empresa. Esto es factible por un lado, gracias a la minimización de los niveles de inventario de productos finales y de productos componentes ya que se reducen los costos de mantener inventario los cuales conforman aproximadamente el 40% de los costos totales de una organización. Por otro lado, se reducen los costos de abastecimiento al considerar a los proveedores como socios estratégicos. Además, el sistema de gestión de la producción propuesto permite a la empresa: mantener su competitividad en el mercado al enfocar su gestión hacia el cliente, asegurar los más altos estándares de calidad a través del control de los productos componentes, cumplir con sus demandas en tiempo y forma; enfocarse en la mejora continua de la cadena de abastecimiento al evaluar periódicamente el desempeño de los proveedores.

Por todo lo expuesto se concluye la verificación de la hipótesis de trabajo que “El desarrollo de un sistema de gestión de la producción que contemple la programación de la producción incluyendo una política de gestión de inventarios, los requerimientos de materiales y la evaluación de los proveedores se entiende que podrá beneficiar a la organización analizada en el corto, mediano y largo plazo”.

BIBLIOGRAFÍA

Campaña, M. P. (2000). *Gestiópolis*. Bajado el 13 de Julio de 2012, de http://www.gestiopolis.com

Dominguez Machuca J. A. y otros. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos tácticos en la planificación y servicios.* Mc Graw Hill.

Gonzalez Benito, J. (2006). *Universia Business Review*. Bajado el 2012, de http://ubr.universia.net/pdfs/UBR0042006010.pdf

Heizer J., Render B. (2001). *Dirección de la Producción Decisiones Tácticas* (6° ed.). Prentice Hall.

ISO. (2008). *Sistemas de gestión de la calidad-requisitos. Norma internacional ISO 9001* (4 ed.). Formato digital.

Krajewski L.J., Ritzman L., Malhotra M. (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y Cadenas de valor* (8° ed.). Pearson Prentice - Hall.

Mascó R. O., Torrent N. C. (2000). *Gestión de stocks para la demanda independiente.* UNR editora.

Morán R. A. (2001). *Elementos de gestión de las existencias (stocks).* UNR editora.

Parsimotion. (2010). *AV Consultores Pymes*. Bajado el 07 de 05 de 2012, de http://avconsultorespymes.wordpress.com

Render B., Stair M.R., Hanna M. E. (2006). *Métodos Cuantitativos para los Negocios.* Pearson Prentice–Hall.

Hamdy T. A. (2004). *Investigación de Operaciones* (7° ed.). Pearson Prentice–Hall.

Otras fuentes consultadas:

Anderson D. R., Sweeney D. J., Williams T. (1993). *Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración.* Iberoamericana.

Ballou R. (2004). *"Logística: Administración de la Cadena de Suministro",* Editorial Pearson Prentice–Hall, Quinta Edición.

Berenson L., Levine D., Krehbiel T. (2001). *"Estadística para la Administración"* Prentice–Hall, Segunda Edición.

Brocka B., Brocka M. S. (1994). *Quality Managment.* Javier Vergara.

Comportamiento de compras industriales. (2011). Apuntes de cátedra Marketing industrial UNMdP.

García J. P. (2007). Manual de Visual Basic para Excel. Bajado el 2011 de http://www.freelibros.com.

García J. P. (2008) *Manual básico para comenzar a trabajar con macros de Visual Basic para Excel.* Bajado el 2011 de http://personales.upv.es.

Monterroso E. (2001). *La gestión de abastecimiento*. Bajado el 2011 de http://www.unlu.edu.ar.

Moskowitz H., Wright G. (1982). *Investigación de Operaciones.* Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.

Pereiro J. (2005). Gestión de las compras y la evaluación de proveedores en ISO 9001:2000. Bajado 2011 de http://www.portalcalidad.com.

Priale (2008). Programación en Visual Basic 6.0. Bajado el 2011 de http://www.freelibros.com.

Revista la barra. (1999). *Criterios para seleccionar y evaluar proveedores*. Bajado 2011 de www.revistalabarra.com.

Summers Donna C.S. (2006). *Administración de la calidad.* Pearson.

ANEXOS

ANEXO I – Programación por metas

ANEXO II – Cálculo de inventario de seguridad

ANEXO III – Definiciones MRP

ANEXO IV – Resolución del caso

ANEXO V – Manual de uso de Production Management v 1.0

ANEXO VI – Manual de proceso de selección y evaluación de proveedores

ANEXO VII – Lista de verificación de materiales

Anexo I: Programación por metas

La formulación del modelo consta básicamente de los siguientes cuatro pasos:

1. Definir las variables de decisión.

2. Especificar y clasificar todas las metas en orden de prioridad para satisfacer las metas en una secuencia ordinal.

3. Formular una función objetivo donde la optimización llegue tan cerca como sea posible.

4. Plantear todas las restricciones que debe cumplir el modelo

A continuación se presenta el modelo matemático junto a la definición de las variables:

Minimizar

$$Z = \sum_{i=1}^{n} w_i(\delta^+ + \delta^-) \qquad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j + \delta_i^- - \delta_i^+ = b_i \qquad (2)$$

$$x_j,\ \delta_i^-, \delta_i^+ \geq 0 \quad \text{para todo i} \qquad (3)$$

$$\delta_i^- * \delta_i^+ = 0 \qquad \text{para todo i} \qquad (4)$$

Siendo:

x_j = variable de decisión

b_i = constante. Meta que se quiere alcanzar.

W_i = pesos de ponderación (ordinal y cardinal) asignado a cada una de las metas.

Ordinal: la ponderación sigue un orden

Cardinal: la ponderación tiene un peso

δ^+ y δ^- = grado de sobrelogro (+) y sublogro (-) de la meta.

Se debe tener ciertas consideraciones al momento de la formulación: analizar cada una de las metas del modelo para determinar si el logro por debajo o por encima de la meta es satisfactorio, para ver si se incluye en la función objetivo o no; clasificarlas según prioridades; optimizar la meta más importante hasta donde sea posible antes de considerar

la segunda meta, este método sigue hasta que todas las metas se cumplan al máximo posible.

Se resuelve el problema incorporando en la función objetivo primero la/s meta/s de mayor prioridad. El resultado obtenido se incorpora como restricción para evitar que se degrade. Se resuelve el modelo anterior incorporando en la función objetivo la/s meta/s que siguen en orden de prioridad. El resultado obtenido se incorpora como restricción para evitar que se degrade. Se trabaja de esta manera hasta que se incluyen todas las metas.

Seguidamente se presenta la formulación del modelo de programación por metas para la empresa en estudio en particular.

Funcón objetivo:

$$FO_{MIN} = P_1[w_1(\delta_{11}^- + \delta_{12}^- + \delta_{13}^- + \delta_{14}^-) + w_2(\delta_{21}^- + \delta_{22}^- + \delta_{23}^- + \delta_{24}^-) + w_3(\delta_{31}^- + \delta_{32}^- + \delta_{13}^- + \delta_{34}^-) + w_4(\delta_{41}^- + \delta_{42}^- + \delta_{43}^- + \delta_{44}^-) + w_5(\delta_{51}^- + \delta_{52}^- + \delta_{53}^- + \delta_{54}^-) + w_6(\delta_{61}^- + \delta_{62}^- + \delta_{63}^- + \delta_{64}^-) + w_7(\delta_{71}^- + \delta_{72}^- + \delta_{73}^- + \delta_{74}^-) + w_8(\delta_{81}^- + \delta_{82}^- + \delta_{83}^- + \delta_{84}^-)] + P_2(\delta_1^+ + \delta_1^- + \delta_2^+ + \delta_2^- + \delta_3^+ + \delta_3^- + \delta_4^+ + \delta_4^-)$$

Sujeto a:

P1: cumplir con las demandas semanales de los productos x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5, x_6 , x_7 , x_8

Procucto X1

$x_{11} + \delta_{11}^- - \delta_{11}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{12} + \delta_{12}^- - \delta_{12}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{13} + \delta_{13}^- - \delta_{13}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{14} + \delta_{14}^- - \delta_{14}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Procucto X2

$x_{21} + \delta_{21}^- - \delta_{21}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{22} + \delta_{22}^- - \delta_{22}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{23} + \delta_{23}^- - \delta_{23}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{24} + \delta_{24}^- - \delta_{24}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Procucto X3

$x_{31} + \delta_{21}^- - \delta_{21}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{32} + \delta_{22}^- - \delta_{22}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{33} + \delta_{33}^- - \delta_{33}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{34} + \delta_{34}^- - \delta_{34}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Procucto X4

$x_{41} + \delta_{41}^- - \delta_{41}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{42} + \delta_{42}^- - \delta_{42}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{43} + \delta_{43}^- - \delta_{43}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{44} + \delta_{44}^- - \delta_{44}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Procucto X5

$x_{51} + \delta_{51}^- - \delta_{51}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{52} + \delta_{52}^- - \delta_{52}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{53} + \delta_{53}^- - \delta_{53}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{54} + \delta_{54}^- - \delta_{54}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Procucto X6

$x_{61} + \delta_{61}^- - \delta_{61}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{62} + \delta_{62}^- - \delta_{62}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{63} + \delta_{63}^- - \delta_{63}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{64} + \delta_{64}^- - \delta_{64}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Procucto X7

$x_{71} + \delta_{71}^- - \delta_{71}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{72} + \delta_{72}^- - \delta_{72}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{73} + \delta_{73}^- - \delta_{73}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{74} + \delta_{74}^- - \delta_{74}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Procucto X8

$x_{81} + \delta_{81}^- - \delta_{81}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{82} + \delta_{82}^- - \delta_{82}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{83} + \delta_{83}^- - \delta_{83}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{84} + \delta_{84}^- - \delta_{84}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

P2: Maximizar las horas de producción

Semana 1

$$C1 \times x_{11} + C2 \times x_{21} + C3 \times x_{31} + C4 \times x_{41} + C5 \times x_{51} + C6 \times x_{61} + C7 \times x_{71} + C8 \times x_{81} + \delta 1^- - \delta 1^+ = h/sem$$

Semana 2

$$C1 \times x_{12} + C2 \times x_{22} + C3 \times x_{32} + C4 \times x_{42} + C5 \times x_{52} + C6 \times x_{62} + C7 \times x_{72} + C8 \times x_{82} + \delta 2^- - \delta 2^+ = h/sem$$

Semana 3

$$C1 \times x_{13} + C2 \times x_{23} + C3 \times x_{33} + C4 \times x_{43} + C5 \times x_{53} + C6 \times x_{63} + C7 \times x_{73} + C8 \times x_{83} + \delta 3^- - \delta 3^+ = h/sem$$

Semana 4

$$C1 \times x_{14} + C2 \times x_{24} + C3 \times x_{34} + C4 \times x_{44} + C5 \times x_{54} + C6 \times x_{64} + C7 \times x_{74} + C8 \times x_{84} + \delta 4^- - \delta 4^+ = h/sem$$

$\delta_{11}^+ ;\ \delta_{11}^- ;\ \delta_{12}^+ ;\ \delta_{12}^- ;\ \delta_{13}^+ ;\ \delta_{13}^- ;\ \delta_{14}^+ ;\ \delta_{14}^- \geq 0$

$\delta_{21}^+ ;\ \delta_{21}^- ;\ \delta_{22}^+ ;\ \delta_{22}^- ;\ \delta_{23}^+ ;\ \delta_{23}^- ;\ \delta_{24}^+ ;\ \delta_{24}^- \geq 0$

$\delta_{31}^+ ;\ \delta_{31}^- ;\ \delta_{32}^+ ;\ \delta_{32}^- ;\ \delta_{33}^+ ;\ \delta_{33}^- ;\ \delta_{34}^+ ;\ \delta_{34}^- \geq 0$

$\delta_{41}^+ ;\ \delta_{41}^- ;\ \delta_{42}^+ ;\ \delta_{42}^- ;\ \delta_{43}^+ ;\ \delta_{43}^- ;\ \delta_{44}^+ ;\ \delta_{44}^- \geq 0$

$\delta_{51}^+ ;\ \delta_{51}^- ;\ \delta_{52}^+ ;\ \delta_{52}^- ;\ \delta_{53}^+ ;\ \delta_{53}^- ;\ \delta_{54}^+ ;\ \delta_{54}^- \geq 0$

$\delta_{61}^+ ;\ \delta_{61}^- ;\ \delta_{62}^+ ;\ \delta_{62}^- ;\ \delta_{63}^+ ;\ \delta_{63}^- ;\ \delta_{64}^+ ;\ \delta_{64}^- \geq 0$

$\delta_{71}^+ ;\ \delta_{71}^- ;\ \delta_{72}^+ ;\ \delta_{72}^- ;\ \delta_{73}^+ ;\ \delta_{73}^- ;\ \delta_{74}^+ ;\ \delta_{74}^- \geq 0$

$\delta_{81}^+ ;\ \delta_{81}^- ;\ \delta_{82}^+ ;\ \delta_{82}^- ;\ \delta_{83}^+ ;\ \delta_{83}^- ;\ \delta_{84}^+ ;\ \delta_{84}^- \geq 0$

$0 \leq \delta_1^- ;\ \delta_2^- ;\ \delta_3^- ;\ \delta_4^- \leq 48$

$\delta_1^+ ;\ \delta_2^+ ;\ \delta_3^+ ;\ \delta_4^+ = 0$

$x_{11} ;\ x_{12} ;\ x_{13} ;\ x_{14} \geq 0$

$x_{21} ;\ x_{22} ;\ x_{23} ;\ x_{24} \geq 0$

$x_{31} ;\ x_{32} ;\ x_{33} ;\ x_{34} \geq 0$

$x_{41} ;\ x_{42} ;\ x_{43} ;\ x_{44} \geq 0$

$x_{51} ;\ x_{52} ;\ x_{53} ;\ x_{54} \geq 0$

$x_{61} ;\ x_{62} ;\ x_{63} ;\ x_{64} \geq 0$

$x_{71} ;\ x_{72} ;\ x_{73} ;\ x_{74} \geq 0$

$x_{81} ;\ x_{82} ;\ x_{83} ;\ x_{84} \geq 0$

Siendo:

P1, P2: prioridades de cada meta.

w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8. Los pesos ponderados que representan la importancia relativa de cumplir con las demandas de los productos.

C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8. Los coeficientes de producción medidos en horas/unidad producida.

$\delta_{(i,j)}^{+}$. Exceso de inventario (se cumple con la demanda y se cubre el SS).

$\delta_{(i,j)}^{-}$. Escasez de producto (no se alcanza a satisfacer la demanda; se puede o no mantener el nivel de SS).

δ_{i}^{+}. Cantidad de horas extras necesarias para cumplir con la planeación de la producción.

δ_{i}^{-}. Cantidad de horas de mano de obra ociosa.

Cant. a producir. Los kg que se deben producir considerando: las existencias, el inventario de seguridad y la demanda de los productos de cierta semana.

$x_{(i,j)}$. Cantidad de producto$_i$ producida (kg) en la semana$_j$.

$h/sem.$ Horas de producción semanales planeadas.

El modelo está formulado bajo las ciertas restricciones:

- Jornada laboral de lunes a viernes 2 turnos de 15 horas, y Sábados 1 sólo turno.

- Por día se dedica media hora a la limpieza en seco.

- No admite horas extras.

Aclaración: no admite horas extras para dar flexibilidad al encargado de la planificación. De este modo, puede ajustar la salida del modelo a la realidad y usar las horas extras como recurso para cumplir con la planificación en caso de que ocurra algún imprevisto y/o por cualquier otro motivo que surja en cierto momento.

Luego, se definen y calculan en el caso que corresponda los parámetros del modelo:

- Prioridades

P1=P2. El objetivo es nivelar la carga de trabajo al tiempo que se tiene el inventario necesario para suplir las demandas pero con excedentes mínimos y ajustados al stock de seguridad estipulado para cada producto.

- Pesos

$W_1 = 10;\quad W_2 = 10;\quad W_3 = 10;\quad W_4 = 10;\quad W_5 = 10;\quad W_6 = 1;\quad W_7 = 1;\quad W_8 = 1.$

Estos pesos se utilizan para dar prioridad a cumplir con la demanda de los productos para terceros (x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5), poniendo en segundo plano, las restricciones de cumplir con la demanda de los productos de marca propia (x_6 , x_7 , x_8).

- Función objetivo

$$FO_{MIN} = 1 \times [10(\delta_{11}^- + \delta_{12}^- + \delta_{13}^- + \delta_{14}^-) + 10(\delta_{21}^- + \delta_{22}^- + \delta_{23}^- + \delta_{24}^-) + 10(\delta_{31}^- + \delta_{32}^- + \delta_{33}^- + \delta_{34}^-) + 10(\delta_{41}^- + \delta_{42}^- + \delta_{43}^- + \delta_{44}^-) + 10(\delta_{51}^- + \delta_{52}^- + \delta_{53}^- + \delta_{54}^-) + (\delta_{61}^- + \delta_{62}^- + \delta_{63}^- + \delta_{64}^-) + (\delta_{71}^- + \delta_{72}^- + \delta_{73}^- + \delta_{74}^-) + (\delta_{81}^- + \delta_{82}^- + \delta_{83}^- + \delta_{84}^-)] + 1 \times (\delta_1^+ + \delta_1^- + \delta_2^+ + \delta_2^- + \delta_3^+ + \delta_3^- + \delta_4^+ + \delta_4^-)$$

- Cálculo de los parámetros del modelo

En primera instancia, se analizan los parámetros de la meta 1 y luego, los correspondientes a la meta 2.

- P1: cumplir con las demandas semanales de los productos x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5, x_6 , x_7 , x_8.

Para obtener la cantidad a producir de cada producto en cada semana, se debe utilizar la fórmula siguiente:

$$\text{Cantidad a producir}_{\text{(semana n/producto i)}} = \sum_{i=1}^{n} \left[\text{Demanda}_{(Sn,Pi)} - \text{Producción}_{(S_{(n-1)},Pi)}\right] - \text{Existencias}_{Pi} + SS_{Pi}$$

Siendo:

- $1 \le i \le 8$, $2 \le n \le 4$
- Demanda $_{(Sn, Pi)}$ = Demanda del producto *i* en la semana *n*.
- Existencias $_{Pi}$ = cantidad del producto *i* que se tiene en inventario al comienzo del período a planificar.
- SS $_{Pi}$ = inventario de seguridad estimado para el producto *i*.
- Producción $_{(S(n-1), Pi)}$ = $x_{(i,j)}$ (variable decisional).
- Producción $_{(S(0), Pi)}$ = 0

Los datos de entrada del modelo para la meta 1 son:

El SS, las existencias y las demandas de un mes de cada producto.

En cuanto a las demandas de los productos, cabe recordar que para los productos x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, la cantidad demandada es previamente acordada al comenzar el mes de planeación, por el cliente y el jefe de comercialización. En cambio, la demanda de los productos x_6, x_7, x_8 se pronostica en base a los movimientos del mes anterior.

En la tabla 5 se muestran las demandas de los productos para un mes determinado. Los volúmenes de éstas así como los de las existencias fueron brindados por el gerente de producción, mientras que los de stock de seguridad se calculan según el método propuesto en el anexo II. Con estos datos se obtiene la cantidad a producir de cada producto en cada semana. En la salida del modelo se muestra el valor que adopta en cada uno de los casos.

SS	EXISTENCIAS
4.610	5.410
1.510	3.113
1.428	1.730
2.009	4.296
713	2.320
187	1.276
2.509	8.354
3.427	7.225

Tabla 4: SS y Existencias de los productos.

DEMANDAS (kg)				
PRODUCTOS	PERIODOS			
	1	2	3	4
X1	11.077,2	11.097,6	8.976	8.976
X2			15.096	
X3	5.997,6	3.998,4		2.550
X4	12.960	6.480		
X5		8.270,1		
X6				5.994
X7	5.003,1	3.993,3		5.003,1
X8	3.993,3	3.993,3	5.049	4.957,2

Tabla 5: Demanda de los productos para un mes determinado.

- P2: Maximizar las horas de producción

La meta 2 tiene la finalidad de que el programa de producción implique un total de horas de trabajo tan próximo como sea posible a las horas de producción semanales que se han planeado, ya sea que dicho plan indique trabajar con exceso o bien, con horas de mano de obra ociosa.

Las horas de producción se organizan de la siguiente forma: se tienen 2 turnos de 8 horas cada uno de lunes a viernes y 1 turno de 8 horas el día sábado. Por otro lado, se tiene que realizar diariamente, una limpieza en seco que tiene una duración de 30 minutos. Esto implica que las horas diarias de producción sean 15,5; los días sábados, se realiza una limpieza general con una duración de 4 horas, reduciéndose las horas de producción a 4.

Horas producción/ semana = 5*15,5 h + 4 h. Esto hace un total de 85.5 horas semanales.

Los coeficientes$_i$ (h/kg producto$_i$ elaborados) se calcula para cada producto. Para ello se tienen en cuenta dos datos:

. Cantidad promedio producida del producto$_i$/mes. (Basado en datos históricos).

. Horas promedio de elaboración del producto/mes. (Basado en datos históricos).

Luego, $$\text{Coeficiente}_{(\text{producto}_i)} = \frac{Cant\,producida_i/mes}{Horas\,producción_i/mes} \qquad (6)$$

Al aplicar la fórmula anterior para cada producto se obtiene los coeficientes de producción para cada uno de éstos. En la tabla 6 se muestra los coeficientes para cada producto.

Producto	Coeficiente (h/kg)
X1	0,0032
X2	0,0032
X3	0,0026667
X4	0,0028
X5	0,004
X6	0,0026667
X7	0,002
X8	0,0017778

Tabla 6: Coeficiente de producción de cada producto.

Remplazando los parámetros del modelo por sus valores correspondientes se tiene:

$$FO_{MIN} = 1 * [10(\delta_{11}^- + \delta_{12}^- + \delta_{13}^- + \delta_{14}^-) + 10(\delta_{21}^- + \delta_{22}^- + \delta_{23}^- + \delta_{24}^-) + 10(\delta_{31}^- + \delta_{32}^- + \delta_{33}^- + \delta_{34}^-) + 10(\delta_{41}^- + \delta_{42}^- + \delta_{43}^- + \delta_{44}^-) + 10(\delta_{51}^- + \delta_{52}^- + \delta_{53}^- + \delta_{54}^-) + (\delta_{61}^- + \delta_{62}^- + \delta_{63}^- + \delta_{64}^-) + (\delta_{71}^- + \delta_{72}^- + \delta_{73}^- + \delta_{74}^-) + (\delta_{81}^- + \delta_{82}^- + \delta_{83}^- + \delta_{84}^-)] + 1 * (\delta_1^+ + \delta_1^- + \delta_2^+ + \delta_2^- + \delta_3^+ + \delta_3^- + \delta_4^+ + \delta_4^-)$$

Sujeto a:

P1: cumplir con las demandas semanales de los productos x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 , x_6 , x_7 , x_8

Producto X1

$x_{11} + \delta_{11}^- + \delta_{11}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{12} + \delta_{12}^- + \delta_{12}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{13} + \delta_{13}^- + \delta_{13}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{14} + \delta_{14}^- + \delta_{14}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Producto X2

$x_{21} + \delta_{21}^- + \delta_{21}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{22} + \delta_{22}^- + \delta_{22}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{23} + \delta_{23}^- + \delta_{23}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{24} + \delta_{24}^- + \delta_{24}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Producto X3

$x_{31} + \delta_{21}^- + \delta_{21}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{32} + \delta_{22}^- + \delta_{22}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{33} + \delta_{33}^- + \delta_{33}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{34} + \delta_{34}^- + \delta_{34}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Producto X4

$x_{41} + \delta_{41}^- + \delta_{41}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{42} + \delta_{42}^- + \delta_{42}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{43} + \delta_{43}^- + \delta_{43}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{44} + \delta_{44}^- + \delta_{44}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Producto X5

$x_{51} + \delta_{51}^- + \delta_{51}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{52} + \delta_{52}^- + \delta_{52}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{53} + \delta_{53}^- + \delta_{53}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{54} + \delta_{54}^- + \delta_{54}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Producto X6

$x_{61} + \delta_{61}^- + \delta_{61}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{62} + \delta_{62}^- + \delta_{62}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{63} + \delta_{63}^- + \delta_{63}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{64} + \delta_{64}^- + \delta_{64}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Producto X7

$x_{71} + \delta_{71}^- + \delta_{71}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{72} + \delta_{72}^- + \delta_{72}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{73} + \delta_{73}^- + \delta_{73}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{74} + \delta_{74}^- + \delta_{74}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

Producto X8

$x_{81} + \delta_{81}^- + \delta_{81}^+ = cant.a\ producir$ Semana 1
$x_{82} + \delta_{82}^- + \delta_{82}^+ = cant.a\ producir$ Semana 2
$x_{83} + \delta_{83}^- + \delta_{83}^+ = cant.a\ producir$ Semana 3
$x_{84} + \delta_{84}^- + \delta_{84}^+ = cant.a\ producir$ Semana 4

La cantidad a producir varía para cada corrida del modelo en particular, es por ello que se lo deja expresada de forma generalizada.

P2: maximizar las horas de producción

Semana 1

$$0.0032 \times x_{11} + 0.0032 \times x_{21} + 0.0026 \times x_{31} + 0.0028 \times x_{41} + 0.004 \times x_{51} + 0.0026 \times x_{61} + 0.002 \times x_{71} + 0.0017 \times x_{81} + \delta 1^- - \delta 1^+ = 85$$

Semana 2

$$0.0032 \times x_{12} + 0.0032 \times x_{22} + 0.0026 \times x_{32} + 0.0028 \times x_{42} + 0.004 \times x_{52} + 0.0026 \times x_{62} + 0.002 \times x_{72} + 0.0017 \times x_{82} + \delta 2^- - \delta 2^+ = 85$$

Semana 3

$$0.0032 \times x_{13} + 0.0032 \times x_{23} + 0.0026 \times x_{33} + 0.0028 \times x_{43} + 0.004 \times x_{53} + 0.0026 \times x_{63} + 0.002 \times x_{73} + 0.0017 \times x_{83} + \delta 3^- - \delta 3^+ = 85$$

Semana 4

$$0.0032 \times x_{14} + 0.0032 \times x_{24} + 0.0026 \times x_{34} + 0.0028 \times x_{44} + 0.004 \times x_{54} + 0.0026 \times x_{64} + 0.002 \times x_{74} + 0.0017 \times x_{84} + \delta 4^- - \delta 4^+ = 81.5$$

$\delta_{11}^+ ; \delta_{11}^- ; \delta_{12}^+ ; \delta_{12}^- ; \delta_{13}^+ ; \delta_{13}^- ; \delta_{14}^+ ; \delta_{14}^- \geq 0$

$\delta_{21}^+ ; \delta_{21}^- ; \delta_{22}^+ ; \delta_{22}^- ; \delta_{23}^+ ; \delta_{23}^- ; \delta_{24}^+ ; \delta_{24}^- \geq 0$

$\delta_{31}^+ ; \delta_{31}^- ; \delta_{32}^+ ; \delta_{32}^- ; \delta_{33}^+ ; \delta_{33}^- ; \delta_{34}^+ ; \delta_{34}^- \geq 0$

$\delta_{41}^+ ; \delta_{41}^- ; \delta_{42}^+ ; \delta_{42}^- ; \delta_{43}^+ ; \delta_{43}^- ; \delta_{44}^+ ; \delta_{44}^- \geq 0$

$\delta_{51}^+ ; \delta_{51}^- ; \delta_{52}^+ ; \delta_{52}^- ; \delta_{53}^+ ; \delta_{53}^- ; \delta_{54}^+ ; \delta_{54}^- \geq 0$

$\delta_{61}^+ ; \delta_{61}^- ; \delta_{62}^+ ; \delta_{62}^- ; \delta_{63}^+ ; \delta_{63}^- ; \delta_{64}^+ ; \delta_{64}^- \geq 0$

$\delta_{71}^+ ; \delta_{71}^- ; \delta_{72}^+ ; \delta_{72}^- ; \delta_{73}^+ ; \delta_{73}^- ; \delta_{74}^+ ; \delta_{74}^- \geq 0$

$\delta_{81}^+ ; \delta_{81}^- ; \delta_{82}^+ ; \delta_{82}^- ; \delta_{83}^+ ; \delta_{83}^- ; \delta_{84}^+ ; \delta_{84}^- \geq 0$

$0 \leq \delta_1^- ; \ \delta_2^- ; \ \delta_3^- ; \ \delta_4^- \leq 48$

$\delta_1^+ ; \delta_2^+ ; \delta_3^+ ; \delta_4^+ = 0$

$x_{11} ; \ x_{12} ; \ x_{13} ; \ x_{14} \geq 0$

$x_{21} ; \ x_{22} ; \ x_{23} ; \ x_{24} \geq 0$

$x_{31} ; \ x_{32} ; \ x_{33} ; \ x_{34} \geq 0$

$x_{41} ; \ x_{42} ; \ x_{43} ; \ x_{44} \geq 0$

$x_{51} ; \ x_{52} ; \ x_{53} ; \ x_{54} \geq 0$

$x_{61} ; \ x_{62} ; \ x_{63} ; \ x_{64} \geq 0$

$x_{71} ; \ x_{72} ; \ x_{73} ; \ x_{74} \geq 0$

$x_{81} ; \ x_{82} ; \ x_{83} ; \ x_{84} \geq 0$

Este modelo de programación por metas se encuentra cargado en la herramienta Production Management v1.0. Al cargar los datos de entrada: demandas y existencias de cada producto para un mes determinado se define, mediante las celdas referenciadas, las cantidades a producir para cada producto (meta 1). Una vez que se cargaron en el sistema los datos de entrada, se ejecuta el modelo en Solver.

Anexo II: Cálculo de inventario de seguridad

- **Cálculo de SS: demanda independiente**

El inventario de seguridad para los productos con demanda independiente se calcula de la siguiente forma:

1. Fijar un valor de IPF como objetivo.

1. Siendo el tamaño del lote (Q) conocido, se calcula E(z) mediante la fórmula 7.

2. Siendo Q (tamaño del lote) conocido, se calcula E(z) mediante la fórmula

$$E(z) = (1 - IPF)\frac{Q}{S_x} \qquad (7)$$

4. Con E(z) se encuentra el correspondiente z de la tabla de Robert Brown[17]. (Ver al final de este anexo).

5. Por último, se calcula el inventario de seguridad mediante la implementación de la fórmula 8.

$$SS = z * S_x \qquad (8)$$

Siendo:

IPF: nivel de servicio al cliente como proporción de entrega por ítem.

Q: Cantidad a pedir en cada reaprovisionamiento.

E(z): número esperado de unidades faltantes o función integral de pérdida de la distribución normal estandarizada.

z: número de desviaciones estándar de las existencias de seguridad o factor de seguridad.

SS: Stock de seguridad.

S_x: Desviación de la media muestral de la demanda

[17] Fuente: "ADMINISTRACION DE OPERACIONES. PRODUCCION Y CADENA DE SUMINISTROS". CHASE, R.B.; AQUILANO, N.J. y JACONBS, F.R. Editorial MCGRAW-HILL. Edición Número 12/2009.

Determinación del IPF

Se fija como objetivo un IPF=95% para los productos X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 ya que la empresa acuerda directamente con el cliente las unidades a producir, no hay aleatoriedad. Se considera un 95 % ya que si bien las cantidades a producir de estos productos son acordadas previamente con el cliente, siendo el período de un mes, pueden surgir desviaciones sobre todo sobre el final del período por una ineficiente planificación de la producción.

En el caso de los productos X_6, X_7, X_8, como se vende según stock, se fija como objetivo un IPF=90%.

Determinación de S_x

En el caso de X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, S_x = 5%. Se asigna un valor del 5% a la desviación estándar de la media muestral de la demanda, partiendo de la base que la misma no presenta estacionalidad y no presenta grandes fluctuaciones entre períodos respecto a la demanda media.

Para los productos X_6, X_7, X_8, S_x = 10%. Pues para ellos, la demanda presenta mayor aleatoriedad ya que tienen una amplia cartera de clientes los cuales realizan sus pedidos según sus ventas, no se contrae un acuerdo de cantidades a suministrar.

Los valores de las demandas medias de cada producto son las correspondientes al año fiscal 2011. Dato suministrado por la empresa.

Determinación de E(z)

Conocidos IPF, Q, S_x para cada producto. Se procede a calcular E(z) para cada producto.

En la tabla 7 se muestra por cada producto, la demanda media muestral, la desviación estándar de la media muestral de la demanda, la proporción de entrega por ítem, el tamaño del lote, el inventario de seguridad correspondiente.

Producto	Demanda Media	S_x	IPF	Q	E(Z)
X1	40000	2000	0,95	127,0	0,00317383
X2	15000	750	0,95	127,0	0,00846354
X3	15000	750	0,95	152,3	0,01015625
X4	20000	1000	0,95	132,7	0,00663265
X5	8000	400	0,95	92,9	0,01160714
X6	6000	600	0,9	152,3	0,02539063
X7	14000	1400	0,9	193,6	0,01382979
X8	18000	1800	0,9	162,5	0,00902778

Tabla 7: Cálculo de E(z) para cada producto.

Determinación del SS

Para el cálculo del inventario de seguridad, se utiliza la fórmula 4.

Con el valor de E(z) se halla el SS necesario de cada producto. Para ello, se debe determinar el valor de z ingresando con el E(z) inmediato superior (E(z)*) en la tabla de Brown.

En la tabla 8 se muestra el inventario de seguridad de cada producto y los valores de las variables que lo afectan.

Producto	E(Z)	E(z)*	Z	SS
X1	0,00317383	0,00381	2,3	4600
X2	0,00846354	0,00489	2	1500
X3	0,01015625	0,01105	1,9	1425
X4	0,00663265	0,00489	2	2000
X5	0,01160714	0,00142	1,8	720
X6	0,02539063	0,26676	0,3	180
X7	0,01382979	0,00142	1,8	2520
X8	0,00902778	0,01105	1,9	3420

E(z)*: superior inmediato del E(Z) en la tabla de Brown.

Tabla 8: Cálculo del SS. Productos con demanda independiente.

Ajuste del valor del SS

El inventario anterior se debe corregir puesto que las galletas son envasadas en paquetes de un cierto peso, y luego estos son colocados en cajas para su almacenaje.

En la tabla 9 se muestra la relación de peso por caja de cada producto, considerando la cantidad de paquetes que contiene una caja y sus pesos.

Producto	Paquetes/caja	kg/ paquete	kg/caja
X1	24	0,17	4,08
X2	24	0,17	4,08
X3	24	0,17	4,08
X4	24	0,135	3,24
X5	24	0,135	3,24
X6	12	0,222	2,664
X7	12	0,255	3,06
X8	12	0,255	3,06

Tabla 9: Kilogramos de producto por caja.

Por último, con los datos expuestos anteriormente, se obtiene el inventario de seguridad real de cada producto.

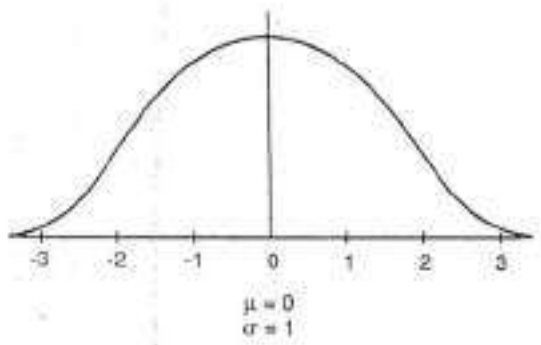
En la tabla 10 se muestra los inventarios de seguridad reales correspondientes a cada producto junto con los cálculos necesarios para estimar la cantidad exacta de los mismos.

Producto	SS	Cajas	Cajas (u)	kg/caja	**SS ajustado**
X1	4600	1127,5	1130	4,08	**4610,4**
X2	1500	367,6	370	4,08	**1509,6**
X3	1425	349,3	350	4,08	**1428**
X4	2000	617,3	620	3,24	**2008,8**
X5	720	222,2	220	3,24	**712,8**
X6	180	67,6	70	2,664	**186,48**
X7	2520	823,5	820	3,06	**2509,2**
X8	3420	1117,6	1120	3,06	**3427,2**

Tabla 10: SS real para cada producto en base a cantidad de kg/caja.

En la figura 8 se presenta la Tabla de Robert Brown para el cálculo de z en función de E(z).

Número esperado de unidades faltantes en función de la desviación estándar (Esta tabla está normalizada para una media de cero y desviación estándar de 1)



E(z)	z	E(z)	z
4.500	−4.50	0.399	0.00
4.400	−4.40	0.351	0.10
4.300	−4.30	0.307	0.20
4.200	−4.20	0.267	0.30
4.100	−4.10	0.230	0.40
4.000	−4.00	0.198	0.50
3.900	−3.90	0.169	0.60
3.800	−3.80	0.143	0.70
3.700	−3.70	0.120	0.80
3.600	−3.60	0.100	0.90
3.500	−3.50	0.083	1.00
3.400	−3.40	0.069	1.10
3.300	−3.30	0.056	1.20
3.200	−3.20	0.046	1.30
3.100	−3.10	0.037	1.40
3.000	−3.00	0.029	1.50
2.901	−2.90	0.023	1.60
2.801	−2.80	0.018	1.70
2.701	−2.70	0.014	1.80
2.601	−2.60	0.011	1.90
2.502	−2.50	0.008	2.00
2.403	−2.40	0.006	2.10
2.303	−2.30	0.005	2.20
2.205	−2.20	0.004	2.30
2.106	−2.10	0.003	2.40
2.008	−2.00	0.002	2.50
1.911	−1.90	0.001	2.60
1.814	−1.80	0.001	2.70
1.718	−1.70	0.001	2.80
1.623	−1.60	0.001	2.90
1.529	−1.50	0.000	3.00
1.437	−1.40	0.000	3.10
1.346	−1.30	0.000	3.20
1.256	−1.20	0.000	3.30
1.169	−1.10	0.000	3.40
1.083	−1.00	0.000	3.50
1.000	−0.90	0.000	3.60
0.920	−0.80	0.000	3.70
0.843	−0.70	0.000	3.80
0.769	−0.60	0.000	3.90
0.698	−0.50	0.000	4.00
0.630	−0.40	0.000	4.10
0.567	−0.30	0.000	4.20
0.507	−0.20	0.000	4.30
0.451	−0.10	0.000	4.40
0.399	0.00	0.000	4.50

z = número de desviaciones estándar de las existencias de seguridad
E(z) = número esperado de unidades faltantes

Fuente: Robert G. Brown, *Decision Rules for Inventory Management*, Nueva York, Holt, Rinehart & Winston, 1967, págs. 95-103.

Figura 8: Tabla de Robert Brown para el cálculo de z en función de E(z).

Fuente: "ADMINISTRACION DE OPERACIONES. PRODUCCION Y CADENA DE SUMINISTROS". CHASE, R.B.; AQUILANO, N.J. y JACOBS, F.R. Editorial MCGRAW-HILL. Edición Número 12/2009

- **Cálculo de SS: demanda dependiente**

Para estimar el inventario de seguridad de los productos componentes, se fija como objetivo salvaguardar el producto componente equivalente a dos días de producción del producto final que mayor número de ingredientes involucre dentro de una gama de producto. Se comienza con la gama A: galletas a base de miel. El producto final que mayor cantidad de productos componentes tiene es X3. Luego, se calcula el inventario de seguridad para cada uno de los productos componentes en función de los requerimientos para producir 2 días de X3 y se calculan posteriormente los inventarios de seguridad para los productos componentes que no componen X3 y se calculan en base a la producción de su producto padre. De la misma forma se procede con la gama B y la gama C no teniendo en cuenta los productos componentes considerados previamente.

Gama A: Galletitas a base de miel. Producción para otras marcas.

Producto de referencia: X3.

Los ingredientes que no son utilizados para producir el producto X3, se calculan en base a dos días de producción de su producto padre. En la tabla 11 se muestra el inventario de seguridad que se debe tener de cada ingrediente para afrontar cualquier eventualidad.

INGREDIENTES	kg ing./1000 kg PF	SS (kg)
X3	Producción diaria:5812,5 kg	
HARINA	420,7	4890,3
AZUCAR	258,4	3004,0
GRASA	120,2	1397,2
BS	4,2	48,9
SAL I.	7,2	83,8
BA	11,4	132,7
ST	48,1	558,9
AA	114,2	1327,4
ER	3,0	34,9
HARINA IT	48,1	558,9
MIEL	12,0	139,7
SEM	24,0	279,4
X2	Producción diaria: 4843,75 kg	
EM	0,2	2,3
X1	Producción diaria: 4843,75 kg	
EN	0,4	4
JD	1,8	17,5

Tabla 11: SS para los ingredientes de la gama A.

Gama B: Galletitas a base de chips de chocolate. Producción para otras marcas.

Producto de referencia: X5.

No se tienen en cuenta los productos componentes que se consideran en la gama A. En la tabla 12 se muestra el inventario de seguridad que se debe tener de cada ingrediente para afrontar cualquier eventualidad.

INGREDIENTES	kg ing./1000 kg PF	SS (kg)
X5	Producción diaria: 3875 kg.	
LDP	10,2	79,0
FM	6,5	50,0
EV	0,1	1,1
SAL F.	3,4	26,3
MONOG.	1,6	12,6
GOTAS	129,2	1000,9
CP	27,2	210,7
CHIPS	12,9	100,1
X4	Producción diaria: 535,7 kg.	
AT	20,7	3,7
HP	15,1	2,7
COL.	1,3	0,2

Tabla 12: SS para los ingredientes de la gama B, no incluidos en gama A.

Gama C: Galletitas varias de marca propia.

Producto de referencia: X7.

En la tabla 13 se muestra el inventario de seguridad que se debe tener de cada ingrediente para afrontar cualquier eventualidad.

INGREDIENTES	kg ing./1000 kg PF	SS (kg)
X7	Producción diaria 7750 kg.	
JF	31,6	244,9
EL	0,4	2,8
X8	Producción diaria:	4359,4 kg
ECh	1,9	8,3

Tabla 13: SS para los ingredientes de la gama B, no incluidos ni en gama A, ni en B.

Anexo III: Definiciones de MRP

1. *Requerimientos brutos*. Demanda total proveniente de todos los planes de producción de padres. Están conformados por las cantidades de MRP de cada período de tiempo.

2. *Recepciones programadas*. Pedidos que ya fueros presentados pero que todavía no se han completado.

3. *Inventario proyectado a la mano*. Estimación de la cantidad de inventario disponible en cada período de tiempo, una vez que los requerimientos brutos han sido satisfechos.

El inventario inicial, indica el inventario a la mano que estaba disponible en el momento en que se hizo el registro. Las demás entradas, indican el inventario esperado en los períodos futuros.

El inventario proyectado a la mano se calcula de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix}\text{Saldo del inventario}\\ \text{proyectado a la mano}\\ \text{al final de la semana } t\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{Inventario a la}\\ \text{mano al final de}\\ \text{la semana } t-1\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{Recepciones}\\ \text{programadas}\\ \text{o planeadas}\\ \text{en la semana } t\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}\text{Requerimientos}\\ \text{brutos}\\ \text{en la semana } t\end{pmatrix}$$

4. *Recepciones planeadas.* Pedidos aún no entregados a la planta productiva o al proveedor. En una semana cualquiera, nunca habrá simultáneamente, una recepción planeada y una programada. Las mismas están incluidas en el cálculo proyectado a la mano.

Los planes para la recepción de nuevos pedidos impiden que el saldo proyectado a la mano descienda por debajo de cero.

La fila correspondiente a las recepciones planeadas se desarrolla de en la siguiente forma:

La proyección de inventario proyectado por período en la mano, prosigue hasta que se presenta la escasez. El término de la recepción planeada inicial está programado para la semana en la cual se ha proyectado la escasez. La adición de ésta deberá elevar el saldo del inventario proyectado a la mano por encima del valor cero.

La proyección del inventario proyectado a la mano continúa hasta que se sobreviene la siguiente escasez. Dicha escasez indicada la necesidad de una nueva recepción planificada.

5. *Emisiones planeadas de pedidos.* Indica cuándo debe emitirse un pedido por una cantidad específica de un elemento. Se calcula fácilmente, restando el tiempo de entrega a la fecha de recepción.

Anexo IV: Resolución del caso

En este anexo se presenta un ejemplo de planificación de la producción para determinado mes aplicando la herramienta informática diseñada.

En primer lugar se carga los datos de cada producto final que compone la línea de producción de galletas dulces en la herramienta Production Manager v1.0. Seguido, se calcula las mermas en los procesos de cada uno de dichos productos en función de la metodología propuesta. Luego se introduce en el módulo ‘Programación’ de la herramienta los datos referentes a un mes en particular: demanda y existencias esperadas y, se procede a realizar la programación de la producción. En base a ésta, se ejecuta la planificación de los requerimientos de productos componentes en el módulo ‘Explosión’.

A: Datos de cada producto cargados en la herramienta

Producto X1:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X1	0	4610,4	127	1000	kg	1	
HARINA	1	4890	50	540	Kg	1	X1
AZUCAR	1	3004	50	242	Kg	1	X1
GRASA	1	1397	50	108	Kg	2	X1
MIEL	1	140	25	41	Kg	1	X1
SAL I.	1	84	25	6	Kg	2	X1
BS	1	49	10	6	Kg	2	X1
BA	1	133	10	13	Kg	2	X1
EN	1	4	10	0,7	Kg	2	X1
JD	1	18	10	43,3	Kg	2	X1

Tabla 14: Datos producto X1 cargado en MP.

Producto X2:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X2	0	1509,6	127	1000	kg	1	
HARINA	1	4890	50	381,4	Kg	1	X2
AZUCAR	1	3004	50	222	Kg	1	X2
GRASA	1	1397	50	127	Kg	2	X2
MIEL	1	140	25	38	Kg	1	X2
AA	1	1327	50	203,4	Kg	1	X2
SAL I.	1	84	25	7	Kg	2	X2
BS	1	49	10	5	Kg	2	X2
BA	1	133	10	14	Kg	2	X2
EM	1	2	10	0,2	Kg	2	X2
ER	1	35	10	2	Kg	2	X2

Tabla 15: Datos producto X2 cargado en MP.

Producto X3:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X3	0	1428	153	1000	kg	1	
HARINA	1	4890	50	389	Kg	1	X3
AZUCAR	1	3004	50	239	Kg	1	X3
GRASA	1	1397	50	111	Kg	2	X3
MIEL	1	140	25	11,2	Kg	1	X3
HARINA IT	1	560	50	44,5	Kg	1	X3
AA	1	1327	50	105,6	Kg	1	X3
ST	1	560	50	44,5	Kg	1	X3
SAL I.	1	84	25	6,7	Kg	2	X3
BS	1	49	10	3,9	Kg	2	X3
BA	1	133	10	10,5	kg	2	X3
SEM	1	279	50	2,8	Kg	1	X3
ER	1	35	10	31,3	Kg	2	X3

Tabla 16. Datos producto X3 cargado en MP.

Producto X4:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X4	0	2008,8	153	1000	kg	1	
HARINA	1	4890	50	463,1	Kg	1	X4
AZUCAR	1	3004	50	259,9	Kg	1	X4
GRASA	1	1397	50	104	Kg	1	X4
AT	1	4	25	19,2	Kg	1	X4
HP	1	3	10	14	Kg	2	X4
GOTAS	1	1000	10	97,2	Kg	2	X4
FM	1	50	10	3,9	Kg	2	X4
COL.	1	0,2	10	1,2	Kg	2	X4
BS	1	49	10	3,9	Kg	2	X4
BA	1	133	10	2,3	kg	2	X4
MONOG.	1	13	10	1,3	Kg	2	X4
EV	1	1	10	2	Kg	2	X4
CHIPS	1	100	25	28	Kg	2	X4

Tabla 17: Datos producto X4 cargado en MP.

Producto X5:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X5	0	712,8	93	1000	kg	1	
HARINA	1	4890	50	454,2	Kg	1	X5
AZUCAR	1	3004	50	199	Kg	1	X5
GRASA	1	1397	50	125	Kg	2	X5
LDP	1	79	25	9,3	Kg	2	X5
SAL F.	1	26	25	3,1	Kg	2	X5
GOTAS	1	1000	10	118,2	Kg	2	X5
FM	1	50	10	5,9	Kg	2	X5
JD	1	18	10	18,7	Kg	2	X5
CP	1	211	10	24,9	Kg	2	X5
BS	1	49	12	5,4	kg	2	X5
BA	1	133	10	6,3	Kg	2	X5
MONOG.	1	13	10	1,5	Kg	2	X5
EV	1	1	10	1,2	Kg	2	X5
CHIPS	1	100	10	27,3	Kg	2	X5

Tabla 18: Datos producto X5 cargado en MP.

Producto X6:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X6	0	187	153	1000	kg	1	
HARINA	1	4890	50	523,8	Kg	1	X6
AZUCAR	1	3004	50	209,5	Kg	1	X6
GRASA	1	1397	50	139,7	Kg	2	X6
FM	1	50	10	2,3	Kg	2	X6
HP	1	3	10	10,5	Kg	2	X6
BS	1	49	10	4,9	Kg	2	X6
BA	1	133	10	3,5	Kg	2	X6
EV	1	1	10	1	Kg	2	X6
CHIPS	1	100	25	104,8	Kg	2	X6

Tabla 19: Datos producto X6 cargado en MP.

Producto X7:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X7	0	2509	194	1000	Kg	1	
HARINA	1	4890	50	593	Kg	1	X7
AZUCAR	1	3004	50	197,6	Kg	1	X7
GRASA	1	1397	50	158,1	kg	2	X7
LDP	1	79	25	7,9	Kg	2	X7
HP	1	3	10	7,9	Kg	2	X7
BS	1	49	10	2,4	Kg	2	X7
BA	1	133	10	2,4	Kg	2	X7
JF	1	245	10	27,7	Kg	2	X7
EV	1	1	10	0,3	Kg	2	X7
EL	1	3	10	0,3	Kg	2	X7
SAL F.	1	26	25	2,4	Kg	2	X7

Tabla 20: Datos producto X7 cargado en MP.

Producto X8:

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X8	0	3427	163	1000	kg	1	
HARINA	1	4890	50	562,1	Kg	1	X8
GRASA	1	1397	50	150	Kg	2	X8
AZUCAR	1	3004	500	200	Kg	1	X8
JF	1	245	10	15	Kg	2	X8
BS	1	49	10	3,2	Kg	2	X8
BA	1	133	10	2,7	Kg	2	X8
SAL F.	1	26	25	1,2	Kg	2	X8
LDP	1	79	25	5	Kg	2	X8
HP	1	3	10	6,2	Kg	2	X8
EV	1	1	10	0,7	kg	2	X8
EL	1	3	10	0,1	Kg	2	X8
CP	1	211	12	15	Kg	2	X8
Ech	1	8	10	0,5	Kg	2	X8
FM	1	50	10	0,8	Kg	2	X8
CHIPS	1	100	25	37,5	Kg	2	X8

Tabla 21: Datos producto X8 cargado en MP.

B: Cálculo de mermas

Se muestra en la tabla 10 un registro que resume la producción diaria durante un determinado mes. Se tiene por día: el producto elaborado, la sumatoria de la masa inicial y la sumatoria de la masa final obtenida de cada lote.

RESUMEN DIARIO DE PRODUCCIÓN

FECHA	PRODUCTO	∑ kg MASA BRUTA/DÍA	∑ kg MASA ÚTIL/DÍA
05/12/2011	X1	5080	4780
06/12/2011	X1	4950	4775
07/12/2011	X1	5050	4930
08/12/2011	X1	5020	4840
09/12/2012	X7	9530	8895
10/12/2011	X7	4575	4165
11/12/2011			
12/12/2011	X2	5150	4870
13/12/2011	X2	5150	4910
14/12/2011	X2	5020	4750
15/12/2011	X3	4860	4690
16/12/2011	X3	4870	4680
17/12/2011	X3	2400	2210
18/12/2011			
19/12/2011	X4	5390	5150
20/12/2011	X4	5550	5220
21/12/2011	X4	5510	5290
22/12/2011	X4	5650	5320
22/12/2011	X5	5365	5090
23/12/2011	X5	5500	5145
24/12/2011	X5	2680	2495
25/12/2011			
26/12/2011	X1	5300	5055
27/12/2011	X1	5250	4910
28/12/2011	X1	5280	5015
29/12/2011	X6	6000	5520
30/12/2011	X8	8750	8035
31/12/2011	X8	2275	2085
01/01/2011			

Tabla 22: Resumen diario de producción cargado en MP.

Luego, mediante la utilización de filtros en la tabla anterior, se obtiene las mermas de los procesos de cada producto (Figura 9):

MERMAS POR PRODUCTO

PRODUCTOS	MERMAS
X1	1,047
X2	1,054
X3	1,047
X4	1,053
X5	1,064
X6	1,087
X7	1,080
X8	1,089

Figura 9: Mermas del proceso de cada producto.

Para el cálculo de las mermas se emplea la siguiente fórmula:

$$MM = \frac{\sum_{i=1}^{n} kg\ masa\ bruta/dia}{kg\ masa\ útil/dia} \qquad (9)$$

Siendo:

n: número total de registros

i: producto

C: Programación por metas

1) Se ingresan las demandas de los productos para cada período, el inventario de seguridad de cada producto y las existencias de los mismos esperadas al inicio del período analizado.

DATOS DE ENTRADA

DEMANDAS (kg)						
PRODUCTOS	PERIODOS				SS	EXISTENCIAS
	1	2	3	4		
X1	11.077	11.097	8.976	8.976	4.610	5.410
X2			15.096		1.509	3.113
X3	5.997	3.998		2.550	1.428	1.729
X4	12.960	6.480			2.009	4.296
X5		8.270			713	2.319
X6				5.994	187	1.276
X7	5.003	3.993		5.003	2.509	8.353
X8	3.993	3.993	5.049	4.957	3.427	7.224

Figura 10: Datos de entrada. Impresión de pantalla del módulo ‘Programación’.

1) Se ejecuta la primer corrida del modelo de programación por metas correspondiente a priorizar la meta 1. La solución obtenida es la siguiente:

PRIMER CORRIDA: SE PRIORIZA LA META 1.

F.O.1	0	META 2				META 1				META 1			
F.O.2	5,522312	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	(-)	(+)	Logros y desvíos	METAS
X11	10277,52	0,0032				1				0	0	10277,52	10277,52
X12	11097,6		0,0032				1			0	0	11097,6	11097,6
X13	8976			0,0032				1		0	0	8976	8976
X14	8976				0,0032				1	0	0	8976	8976
X21	0	0,0032				1				0	1603,44	-1603,44	-1603,44
X22	0		0,0032				1			0	1603,44	-1603,44	-1603,44
X23	13492,56			0,0032				1		0	0	13492,56	13492,56
X24	0				0,0032				1	0	0	0	0
X31	5695,68	0,00266667				1				0	0	5695,68	5695,68
X32	3998,4		0,00266667				1			0	0	3998,4	3998,4
X33	0			0,00266667				1		0	0	0	0
X34	2550				0,00266667				1	0	0	2550	2550
X41	10672,56	0,0028				1				0	0	10672,56	10672,56
X42	6480		0,0028				1			0	0	6480	6480
X43	0			0,0028				1		0	0	0	0
X44	0				0,0028				1	0	0	0	0
X51	1673,032	0,004				1				0	3280,072	-1607,04	-1607,04
X52	4990,028		0,004				1			0	0	4990,028	4990,028
X53	0			0,004				1		0	1,1369E-13	-1,13687E-13	0
X54	0				0,004				1	0	1,1369E-13	-1,13687E-13	0
X61	0	0,00266667				1				0	1089,576	-1089,576	-1089,576
X62	0		0,00266667				1			0	1089,576	-1089,576	-1089,576
X63	0			0,00266667				1		0	1089,576	-1089,576	-1089,576
X64	4904,424				0,00266667				1	0	0	4904,424	4904,424
X71	0	0,002				1				0	841,5	-841,5	-841,5

X72	0		0,002				1			3151,8	0	3151,8	3151,8
X73	0			0,002				1		3151,8	0	3151,8	3151,8
X74	8154,9				0,002				1	0	0	8154,9	8154,9
X81	195,84	0,00177778				1				0	0	195,84	195,84
X82	405,657		0,00177778				1			3587,643	0	3993,3	3993,3
X83	7369,092			0,00177778				1		1267,551	0	8636,643	8636,643
X84	6224,751				0,00177778				1	0	0	6224,751	6224,751
META 2	**(-)**	0	0	0	5,522312								
	(+)	0	0	0	0								
	Logros y desvíos	85	85	85	81,5								
	METAS	85	85	85	81,5								

Figura 11: Primer corrida en Solver del modelo propuesto.

2) Se ejecuta la segunda corrida del modelo de PM correspondiente a priorizar la meta 2. La solución obtenida es la siguiente:

SEGUNDA CORRIDA: SE PRIORIZA LA META 2.

F.O.1	0	**META 2**				**META 1**				**META 1**			
F.O.2	0	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**	**(-)**	**(+)**	**Logros y desvíos**	**METAS**
X11	10277,52	0,0032				1				0	0	10277,52	10277,52
X12	11097,6		0,0032				1			0	0	11097,6	11097,6
X13	8976			0,0032				1		0	0	8976	8976
X14	8976				0,0032				1	0	0	8976	8976
X21	0	0,0032				1				0	1603,44	-1603,44	-1603,44
X22	0		0,0032				1			0	1603,44	-1603,44	-1603,44
X23	13492,56			0,0032				1		0	0	13492,56	13492,56
X24	0				0,0032				1	0	0	0	0
X31	5695,68	0,00266667				1				0	0	5695,68	5695,68
X32	3998,4		0,00266667				1			0	0	3998,4	3998,4

X33	0			0,00266667			1		0	0	0	0
X34	2550				0,00266667			1	0	0	2550	2550
X41	10672,56	0,0028				1			0	0	10672,56	10672,56
X42	6480		0,0028				1		0	0	6480	6480
X43	0			0,0028			1		0	0	0	0
X44	0				0,0028			1	0	0	0	0
X51	1673,032	0,004				1			0	3280,072	-1607,04	-1607,04
X52	4990,028		0,004				1		0	0	4990,028	4990,028
X53	0			0,004			1		0	2,2737E-13	-2,27374E-13	0
X54	1380,578				0,004			1	0	1380,578	0	0
X61	0	0,00266667				1			0	1089,576	-1089,576	-1089,576
X62	0		0,00266667				1		0	1089,576	-1089,576	-1089,576
X63	0			0,00266667			1		0	1089,576	-1089,576	-1089,576
X64	4904,424				0,00266667			1	0	0	4904,424	4904,424
X71	0	0,002				1			0	841,5	-841,5	-841,5
X72	0		0,002				1		3151,8	0	3151,8	3151,8
X73	0			0,002			1		3151,8	0	3151,8	3151,8
X74	8154,9				0,002			1	0	0	8154,9	8154,9
X81	195,84	0,00177778				1			0	0	195,84	195,84
X82	405,657		0,00177778				1		3587,643	0	3993,3	3993,3
X83	7369,092			0,00177778			1		1267,551	0	8636,643	8636,643
X84	6224,751				0,00177778			1	0	0	6224,751	6224,751
META 2	**(-)**	0	0	0	0							
	(+)	0	0	0	0							
	Logros y desvíos	85	85	85	81,5							
	METAS	85	85	85	81,5							

Figura 12: Segunda corrida en Solver del modelo propuesto.

En la tabla 23, se muestra el resultado de aplicar el modelo de programación por metas a la demanda de los productos en el mes de estudio. Se presenta en la misma la forma más eficiente de planificar la producción a fin de que se cumplan con las demandas de los productos y al mismo tiempo, se nivelen las horas de producción sin la necesidad de realizar horas extras.

PRODUCCIÓN (kg)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
X1	10277,5	11097,6	8976	8976
X2	0	0	13492,6	0
X3	5695,7	3998,4	0	2550
X4	10672,6	6480	0	0
X5	1673	4990	0	1380,6
X6	0	0	0	4904,4
X7	0	0	0	8154,9
X8	195,8	405,6	7369	6224,8

Tabla 23: Planificación de la producción. Resultado del modelo de PM.

Si se lo traduce a términos de hora, se tiene:

PRODUCCIÓN (h)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
X1	32,9	35,5	28,7	28,7
X2	0,0	0,0	43,2	0,0
X3	15,2	10,7	0,0	6,8
X4	29,9	18,1	0,0	0,0
X5	6,7	20,0	0,0	5,5
X6	0,0	0,0	0,0	13,1
X7	0,0	0,0	0,0	16,3
X8	0,3	0,7	13,1	11,1

Tabla 24: Planificación de la producción en horas. Resultado del modelo de PM.

Análisis de la salida del modelo para cada producto.

Producto X 1.

Se tiene una demanda de 11.077,2 kg para la semana 1, como las existencias son 3.998,4 kg, y el inventario de seguridad debe ser de 3.198,72 kg, la cantidad que se necesita producir es 10.277,52 kg Como δ_{11}^{+} y δ_{11}^{-} son nulas, se puede producir la cantidad necesaria para abastecer la demanda de dicha semana. En la semana 2, se tiene una demanda de 11.097,6 kg y en inventario se tiene solo el nivel de seguridad establecido. Por tanto la cantidad necesaria a producir es 11.097,6 kg. δ_{12}^{+} y δ_{12}^{-} son nulas, por tanto se cumple con la totalidad de la demanda. Para la semana 3, la cantidad necesaria a producir se limita a la cantidad demandada para dicha semana. Nuevamente, como δ_{13}^{+} y δ_{13}^{-} son

nulas, se puede cumplir satisfactoriamente con la producción. Por último, en la semana 4, sucede lo mismo que en las anteriores. Luego, como δ_{14}^{+} y δ_{14}^{-} son nulas, se cumple con la demanda para el producto 1 en dicha semana.

Producto X 2.

Al comenzar la planificación, se tienen en inventario 2.802,96 kg, siendo el inventario de seguridad de 1.199,52 kg; se tienen almacenados 1.603,44 kg de exceso, valor representado por δ_{21}^{+} y δ_{22}^{+}. En la semana 3, recién se tiene demanda de este producto, esto hace que el exceso se mantenga hasta el momento en que se vende, este exceso se tiene en cuenta a la hora de calcular los requerimientos de dicho producto para cumplir con la demanda de 15096 kg, arrojando un valor de 13.492,56 kg como la cantidad a producir ya que ($\delta_{23}^{-} = 0$ y $\delta_{23}^{+} = 0$ se produce la cantidad exacta pedida). En la semana 4 no se tiene demanda, luego, como $\delta_{23}^{+} = 0$ significa que no se produce un volumen adicional de X2, quedando el inventario del mismo, ajustado al establecido como seguridad.

Producto X3.

En el momento de iniciar la planificación se tienen 1.501,44 kg de X3 en existencias, de los cuales 1.199,52 kg se salvaguardan como inventario de seguridad; los restantes kg se utilizan para cubrir parte de la demanda, el resto se produce. Las semanas restantes, se producen los requerimientos justos para cumplir con la demanda correspondiente a cada semana, lo mismo queda demostrado con las desviaciones nulas y con la igualdad de los logros y desvíos a las metas.

Producto X4.

La producción de X4 está afectada a la misma explicación que para el producto X3.

Producto X5.

A comienzos del período en análisis, se tienen almacenados 6.120 kg de X5, de los cuales 2.322,54 kg se reservan como SS, el volumen restante se utiliza para suplir parte de la demanda. Dicho caso presenta demanda recién en la semana 2, por ser las existencias mayores al inventario de seguridad establecido se tiene inventario en exceso equivalente a esta diferencia, la misma se ve reflejada en el valor no nulo de δ_{51}^{+}. Como la demanda de la semana 2 es mayor al exceso de stock que se tiene, se deben producir 4.990 kg y puesto que δ_{52}^{+} y δ_{52}^{-} son nulas, se produce exactamente la cantidad que se necesita para cubrir la demanda. En las semanas 3 y 4 no hay demanda, por lo tanto las desviaciones son nulas; pero esto es en base a la meta 1, cuando se considera la meta 2, nivelar las horas de

producción, el modelos arroja $\delta_{54}^{+} = 1.380{,}58$ kg, esto es la cantidad adicional que se produce a fin de no tener mano de obra ociosa.

Producto X6.

Se tiene demanda de X6, recién en la semana 4, luego como se tiene en stock 1.864,8 kg y, se reservan como inventario de seguridad 775,224 kg el volumen sobrante queda a disposición para la venta. Esto es así las tres primeras semanas, y queda demostrado con $\delta_{61}^{+} = \delta_{62}^{+} = \delta_{63}^{+} = 1.089{,}579$ kg. En la semana 4 se produce el volumen restante para cubrir la demanda; no hay excesos ni faltantes.

Producto X7.

Las existencias al comienzo del período de estudio son 7.650 kg, de los cuales 1.805,4 kg conforman el inventario de seguridad. El volumen restante se utiliza para cubrir la demanda. Como la demanda de la semana 1 es menor al exceso de inventario, no hace falta producir X7 en esta semana. Quedan a favor 841,5 kg dados por δ_{71}^{+} para la próxima demanda. Esta ocurre en la semana 2 y con un volumen de 3.993,3 kg. Como no hay horas disponibles para fabricar las cantidades necesarias, se cumple la demanda con las cantidades que se tienen en reserva como seguridad, el volumen faltante queda representado en δ_{72}^{-}. En la semana 3 no se tiene demanda de X7, tampoco hay recursos disponibles para fabricar las faltantes. Finalmente, en la semana 4 se produce la cantidad necesaria para suplir la demanda de esta semana y para alcanzar el nivel de inventario de seguridad.

Producto X8.

Al comienzo del período se cuenta con 7.224,7 kg de X8 de los cuales 3.427,2 kg corresponden al inventario de seguridad. Luego, se produce 195,84 kg puesto que se emplean las existencias restantes para suplir la demanda de la semana 1. En base a la solución óptima arrojada por el modelo, se propone no suplir la demanda de la semana 2 en su totalidad, adeudando 3.587,6 kg. En la semana 3 se produce 7.369,1 kg de X8; se abastece completamente la demanda de la semana 2 que quedó sin cumplir más una parte de la de la semana 3. Finalmente, en la semana 4 se produce la cantidad necesaria para suplir la totalidad de la demanda, quedando en inventario únicamente lo establecido como seguridad.

Ajuste de los requerimientos netos

Una vez que se corre el modelo para las dos metas, se debe analizar la salida y corregirla en base a la factibilidad real de llevar a cabo la planificación obtenida. A continuación se muestra el procedimiento de análisis y corrección de la solución.

Semana 1.

Lunes 8:00 h. Comienzo de producción (X1).

Martes Producción (X1). Total de horas de producción: 31 h. Falta 1,9 h para cumplir con la demanda, esto equivale a 593,8 kg. Este volumen se toma del inventario salvaguardado por seguridad y se lo recupera en la próxima producción de X1.

Miércoles 8:00 h. Producción de X3. Según lo planeado, se produce durante 15,2 h por tanto se tiene 0.30 h. restantes que se utilizan para producir para inventario. Inventario en exceso: 112,5 kg.

Jueves 8:00 h. Producción de X4.

Viernes8:00 h. producción de X4. Para cumplir con la demanda de X4 se requieren 14,4 h del día viernes. Si se cambia de producto, se debe realizar la limpieza, por tanto, no se cambia de producto y se continúa fabricando hasta cubrir el turno. Inventario de Exceso: 392,86 kg.

Sábado 8:00 h. Producción de X5. Se requieren 6,7 h de producción para satisfacer la demanda. Como el sábado se realiza un turno únicamente y, se debe efectuar la limpieza en seco, el tiempo disponible es de 7,5 h. Por tanto, resulta conveniente producir para inventario. Esto representa un volumen de 200 kg.

En esta semana se decide satisfacer la demanda del producto X8 de 195,84 kg con el inventario de seguridad y reponerse en una producción futura de este producto dentro del horizonte de producción. Esto es así puesto que las cantidades a producir son mínimas demandando solamente 0,8 h. de producción, lo que no justifica una pérdida de tiempo realizando la limpieza en seco.

Semana 2.

Lunes 8:00 h. Producción de X1.

Martes 8:00 h. Producción de X1.

Miércoles 8:00 h. Producción de X1. Hasta 12 h. (Total de horas: 36). Se recuperan 156,25 kg del inventario de seguridad. Faltante: 1,4 h equivalente a: 437,5 kg.

Miércoles 12:00 h. limpieza.

Miércoles 12:30 h. Producción de X3. (10,5 h.). Faltaría 0,2 h. pero la semana anterior se fabrica 0,30 h en exceso.

Jueves 8:00 h. Producción X4.

Viernes 8:00 h. Producción X4.

Viernes 10: 40 h. Producción X5. (12,9 h). Como las galletas pertenecen al mismo grupo y a X5 se le agrega cacao a la masa. No es necesario realizar la limpieza en seco.

Sábado 8:00 h. Producción X5. Exceso 0,4 h equivalente a 100 kg. Ahora el inventario supera en 300 kg el nivel de SS establecido.

Se decide abastecer la demanda de X8 con inventario que se tiene de seguridad por las mismas razones que se realiza en la semana 1. Restan producir 562,5 kg; 1 hora de producción.

Semana 3.

Lunes 8:00 h. Producción X8. Necesidad de producción: 13,1 h para cubrir la demanda de la semana 3, más 1 h para alcanzar el nivel de inventario de seguridad. Se produce 1,4 h de más, a fin de cubrir los dos turnos diarios. Este sobrante pasa a ser inventario en exceso.

Martes 8:00 h. Producción X1.

Miércoles 8:00 h. Producción X1. Se requieren 30,1 h. en la semana 3 para cubrir la demanda y para reponer el inventario de seguridad. Se produce las 0.9 horas restantes para inventario, equivalente a 281,3 kg.

Jueves 8:00 h. Producción X2.

Viernes 8:00 h. Producción X2.

Sábado 8:00 h. Producción X2. (Horas semanales de producción de X2: 37,5 h). Quedan sin producir 1.461,3 kg que representan 4.7 h de producción. Para cumplir con la demanda se utilizan los inventarios de seguridad.

Semana 4.

Lunes 8:00 h. Producción X1.

Martes 8:00 h. Producción X1. Necesidad de producción (28,7 h – 0,9 h que se fabrica para inventario en la semana 3; total de horas necesarias: 27,8 h).

Martes 20:20 h. Producción X3. No se efectúa la limpieza ya que X1 y X3 pertenecen al mismo tipo de galleta. Se producen 3,2 h. hasta la finalización del turno.

Miércoles 8:00 h. Producción X3. Se producen las 3,4 h restantes.

Miércoles 11:25 h. Limpieza en seco.

Miércoles 11: 55 h. Producción X8. Total de horas producidas: 11,6 h.

Jueves 8:00 h. Producción X7. Restan producir 0,8 h. Se toman del inventario de seguridad 400 kg.

Viernes 8:00 h. Producción X6. Se producen 2,4 h. para inventario; 908,1 kg.

Sábado 8:00 h. Producción X2. En lugar de producir inventario para el producto X5, como muestra el modelo, se produce para recuperar el nivel de inventario del producto X2 que se utilizaron 1.461,3 kg para cubrir la demanda; esto implica 4,7 h de producción.

En resumen, los requerimientos netos corregidos se muestran en la tabla 25:

PRODUCCIÓN (kg)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
X1	9688	11250	9688	8688
X2			11719	2344
X3	5813	3938		2475
X4	11071	6476		
X5	1875	5100		
X6				5813
X7				7750
X8			8719	6525

Tabla 25: Requerimientos netos corregidos.

Estos requerimientos netos son utilizados como datos de entrada para la explosión del MRP.

D: Explosión de MRP. Salida del modelo

Para realizar la explosión de MRP se emplea el módulo 'EXPLOSIÓN' de la herramienta diseñada Production Management v1.0[18].

1) Se crea la lista de materiales. Para ello se emplea el botón 'Lista de Materiales'. Luego se ingresan manualmente los inventarios proyectados a la mano[19] para cada producto final y para cada materia prima. En la tabla 26 se muestra la lista de materiales obtenida para los datos cargados.

2) Se carga los requerimientos brutos mediante el botón 'Cargar RB'. Luego se cargan las recepciones programadas mediante un cuadro de diálogo que se abre al seleccionar el botón 'Cargar RPG'. Los datos de RB y RPG aparecen en el módulo como se muestra en las tablas 27 y 28 respectivamente.

LISTA DE MATERIALES			N° COMPONENTES: 37		
COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	TS	IPM
X1	0	4610,4	127	1	5410,1
X2	0	1509,6	127	1	3113
X3	0	1428	153	1	1729,9
X4	0	2008,8	153	1	4296,2
X5	0	712,8	93	1	2319,8
X6	0	186,5	153	1	1276,1
X7	0	2509,2	194	1	8353,8
X8	0	3427,2	163	1	7224,7
AA	1	1327	50	1	2000
AT	1	4	25	1	2
AZUCAR	1	3004	50	1	1500
BA	1	133	10	2	100
BS	1	49	10	2	50
CHIPS	1	100	25	2	120
COL.	1	0,2	10	2	0
CP	1	211	10	2	300
Ech	1	8	10	2	9
EL	1	3	10	2	5
EM	1	2	10	2	3
EN	1	4	10	2	10
ER	1	35	10	2	50
EV	1	1	10	2	5
FM	1	50	10	2	40

[18] Ver anexo V

[19] IPM: inventario que se tiene al inicio del período analizado. Ver anexo III.

GOTAS	1	1000	10	2	2000
GRASA	1	1397	50	2	5000
HARINA	1	4890	50	1	10000
HARINA IT	1	560	50	1	500
HP	1	3	10	2	5
JD	1	18	10	2	18
JF	1	245	10	2	280
LDP	1	79	25	2	80
MIEL	1	140	25	1	130
MONOG.	1	13	10	2	10
SAL F.	1	26	25	2	25
SAL I.	1	84	25	2	90
SEM	1	279	50	1	300
ST	1	560	50	1	500

Tabla 26: Lista de materiales que componen los 8 productos

		1	2	3	4
RB	X1	10146,9	11782,9	10146,9	9099,5
	X2	0,0	0,0	12356,2	2471,4
	X3	6089,1	4125,0	0,0	2592,6
	X4	11662,0	6821,7	0,0	0,0
	X5	1995,0	5426,5	0,0	0,0
	X6	0,0	0,0	0,0	6318,5
	X7	0,0	0,0	0,0	8370,1
	X8	0,0	0,0	9498,7	7108,5

Tabla 27: Requerimientos brutos.

RPG	X1		
	X2		
	X3		
	X4		
	X5		
	X6		
	X7		
	X8		
	AA		
	AT		
	AZUCAR	9000	6000
	BA	500	
	BS	200	
	CHIPS	350	
	COL.		
	CP	300	
	Ech		
	EL		

	EM	10	
	EN	10	10
	ER	200	
	EV	20	
	FM	100	
	GOTAS	1000	
	GRASA	1500	1500
	HARINA	20000	
	HARINA IT	200	
	HP	100	
	JD	600	450
	JF	30	30
	LDP	100	
	MIEL	700	
	MONOG.	40	
	SAL F.	25	25
	SAL I.	100	
	SEM		
	ST	800	

Tabla 28: Recepciones Programadas

3) Finalmente se realiza la explosión del MRP para ello se selecciona el botón 'EXPLOSIÓN MRP'.

EXPLOSIÓN MRP

N° PERIODOS:	4	FECHA DE INICIO:	12/12/2012

X1	PERIODOS			
SS: 4610,4	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	10146,9	11782,9	10146,9	9099,5
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	4661,2	4689,3	4702,4	4619,8
RECEPCIONES PLANEADAS	9398,0	11811,0	10160,0	9017,0
EMISIONES PEDIDAS	11811,0	10160,0	9017,0	0,0

X2	PERIODOS			
SS: 1509,6	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	0,0	12356,2	2471,4
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	3113,0	3113,0	1551,8	1620,4
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	10795,0	2540,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	10795,0	2540,0	0,0

X3	PERIODOS			
SS:	1	2	3	4
1428	13/02/2012	20/02/2012	27/02/2012	05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	6089,1	4125,0	0,0	2592,6
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	1454,8	1460,8	1460,8	1469,2
RECEPCIONES PLANEADAS	5814,0	4131,0	0,0	2601,0
EMISIONES PEDIDAS	**4131,0**	**0,0**	**2601,0**	**0,0**

X4	PERIODOS			
SS:	1	2	3	4
2008,8	13/02/2012	20/02/2012	27/02/2012	05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	11662,0	6821,7	0,0	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	2120,2	2030,5	2030,5	2030,5
RECEPCIONES PLANEADAS	9486,0	6732,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	6732,0	0,0	0,0	0,0

X5	PERIODOS			
SS:	1	2	3	4
712,8	13/02/2012	20/02/2012	27/02/2012	05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	1995,0	5426,5	0,0	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	**789,8**	**757,2**	**757,2**	**757,2**
RECEPCIONES PLANEADAS	465,0	5394,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	5394,0	0,0	0,0	0,0

X6	PERIODOS			
SS:	1	2	3	4
186,5	13/02/2012	20/02/2012	27/02/2012	05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	0,0	0,0	6318,5
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	1276,1	1276,1	1276,1	312,6
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	5355,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	5355,0	0,0

X7	PERIODOS			
SS:	1	2	3	4
2509,2	13/02/2012	20/02/2012	27/02/2012	05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	0,0	0,0	8370,1
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	8353,8	8353,8	8353,8	2699,7
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	2716,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	2716,0	0,0

X8	PERIODOS			
SS: 3427,2	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	0,0	9498,7	7108,5
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	7224,7	7224,7	3431,0	3494,5
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	5705,0	7172,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	5705,0	7172,0	0,0

AA	PERIODOS			
SS: 1327	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	436,2	2195,7	791,3	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	1563,8	1368,1	1376,8	1376,8
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	2000,0	800,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	2000,0	800,0	0,0	0,0

AT	PERIODOS			
SS: 4	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	129,3	0,0	0,0	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	20,7	20,7	20,7	20,7
RECEPCIONES PLANEADAS	150,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

AZUCAR	PERIODOS			
SS: 3004	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	6668,6	5996,2	6460,6	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	9000,0	6000,0	0,0	0,0
INVENTARIO	3831,4	3835,2	3024,6	3024,6
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	5650,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	5650,0	0,0	0,0

BA	PERIODOS			
SS: 133	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	246,4	298,6	224,7	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	500,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	353,6	135,0	140,3	140,3
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	80,0	230,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	230,0	0,0	0,0	0,0

BS	PERIODOS			
SS: 49	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	142,4	133,2	132,7	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	200,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	107,6	54,4	51,8	51,8
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	80,0	130,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	130,0	0,0	0,0	0,0

CHIPS	PERIODOS			
SS: 100	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	335,8	213,9	830,2	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	350,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	134,2	120,3	115,2	115,2
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	200,0	825,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	825,0	0,0	0,0	0,0

COL.	PERIODOS			
SS: 0.2	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	8,1	0,0	0,0	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	1,9	1,9	1,9	1,9
RECEPCIONES PLANEADAS	10,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

CP	PERIODOS			
SS: 211	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	134,3	85,6	107,6	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	300,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	465,7	380,1	272,5	272,5
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

ECh	PERIODOS			
SS: 8	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	2,9	3,6	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	9,0	16,1	12,6	12,6
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	10,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

EL	PERIODOS			
SS: 3	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	0,6	1,5	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	5,0	4,4	12,9	12,9
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	10,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	10,0	0,0	0,0	0,0

EM	PERIODOS			
SS: 2	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	2,2	0,5	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	10,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	13,0	10,8	10,3	10,3
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

EN	PERIODOS			
SS: 4	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	8,3	7,1	6,3	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	10,0	10,0	0,0	0,0
INVENTARIO	11,7	14,6	8,3	8,3
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

ER	PERIODOS			
SS: 35	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	129,3	21,6	86,5	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	200,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	120,7	99,1	42,6	42,6
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	30,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	30,0	0,0	0,0	0,0

EV	PERIODOS			
SS: 1	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	19,9	4,0	11,2	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	20,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	5,1	1,1	9,9	9,9
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	20,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	20,0	0,0	0,0	0,0

FM	PERIODOS			
SS: 50	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	58,1	4,6	18,1	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	100,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	81,9	77,4	59,3	59,3
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

GOTAS	PERIODOS			
SS: 1000	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	1291,9	0,0	0,0	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	1000,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	1708,1	1708,1	1708,1	1708,1
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

GRASA	PERIODOS			
SS: 1397	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	3108,5	3324,0	3838,4	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	1500,0	1500,0	0,0	0,0
INVENTARIO	3391,5	1567,5	1429,1	1429,1
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	3700,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	3700,0	0,0	0,0	0,0

HARINA	PERIODOS			
SS: 4890	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	13552,4	12810,4	15296,6	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	20000,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	16447,6	4937,2	4890,5	4890,5
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	1300,0	15250,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	1300,0	15250,0	0,0	0,0

HARINA IT	PERIODOS			
SS: 560	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	183,8	0,0	115,7	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	200,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	566,2	566,2	600,4	600,4
RECEPCIONES PLANEADAS	550,0	0,0	150,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	150,0	0,0	0,0

HP	PERIODOS			
SS: 3	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	94,2	35,4	122,2	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	100,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	10,8	5,4	3,2	3,2
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	30,0	120,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	120,0	0,0	0,0	0,0

JD	PERIODOS			
SS: 18	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	612,3	439,9	390,4	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	600,0	450,0	0,0	0,0
INVENTARIO	27,7	37,8	27,4	27,4
RECEPCIONES PLANEADAS	40,0	0,0	380,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	380,0	0,0	0,0	0,0

JF	PERIODOS			
SS: 245	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	0,0	85,6	182,8	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	30,0	30,0	0,0	0,0
INVENTARIO	310,0	254,4	251,6	251,6
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	180,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	180,0	0,0	0,0	0,0

LDP	PERIODOS			
SS: 79	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	50,2	28,5	57,3	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	100,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	129,8	101,3	94,0	94,0
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	50,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	50,0	0,0	0,0	0,0

MIEL	PERIODOS			
SS: 140	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	530,5	826,8	495,3	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	700,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	299,5	147,7	152,4	152,4
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	675,0	500,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	675,0	500,0	0,0	0,0

MONOG.	PERIODOS			
SS: 13	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	16,8	0,0	0,0	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	40,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	33,2	33,2	33,2	33,2
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

SAL I.	PERIODOS			
SS: 84	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/03/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	98,5	136,5	89,3	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	100,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	91,5	104,9	90,6	90,6
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	150,0	75,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	75,0	0,0	0,0	0,0

SEM.	PERIODOS			
SS: 279	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/01/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	11,6	0,0	7,3	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	288,4	288,4	281,2	281,2
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

ST	PERIODOS			
SS: 560	1 13/02/2012	2 20/02/2012	3 27/02/2012	4 05/01/2013
REQUERIMIENTOS BRUTOS	183,8	0,0	115,7	0,0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	800,0	0,0	0,0	0,0
INVENTARIO	1116,2	1116,2	1000,4	1000,4
RECEPCIONES PLANEADAS	0,0	0,0	0,0	0,0
EMISIONES PEDIDAS	0,0	0,0	0,0	0,0

4) Al ejecutar la explosión del MRP se obtiene los avisos de acción que se muestran en las tablas 29 y 30.

EMISIÓN DE PEDIDOS

COMPONENTES	AVISOS	CANTIDAD
X1	Emitir pedido la primer semana	11811
X3	Emitir pedido la primer semana	4131
X4	Emitir pedido la primer semana	6732
X5	Emitir pedido la primer semana	5394
AA	Emitir pedido la primer semana	2000
BA	Emitir pedido la primer semana	230
BS	Emitir pedido la primer semana	130
CHIPS	Emitir pedido la primer semana	825
EL	Emitir pedido la primer semana	10
ER	Emitir pedido la primer semana	30
EV	Emitir pedido la primer semana	20
GRASA	Emitir pedido la primer semana	3700
HARINA	Emitir pedido la primer semana	1300
HP	Emitir pedido la primer semana	120
JD	Emitir pedido la primer semana	380
JF	Emitir pedido la primer semana	180
LDP	Emitir pedido la primer semana	50
MIEL	Emitir pedido la primer semana	675
SAL I.	Emitir pedido la primer semana	75

Tabla 29: Emisión de pedidos a realizar la 1 semana.

RECEPCIONES PLANEADAS

COMPONENTES	AVISOS	SEMANA	CANTIDAD
X1	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	9398
X3	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	5814
X4	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	9486
X5	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	465
AT	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	150
BA	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	2	80
BS	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	2	80
CHIPS	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	2	200
COL.	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	10
Ech	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	2	10
HARINA IT	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	550
HP	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	2	30
JD	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	1	40
SAL I.	Tiempo insuficiente para realizar el pedido	2	150

Tabla 30: Tiempo insuficiente para realizar el pedido.

De la ejecución de la herramienta se obtiene la secuenciación de producción de los productos finales más eficiente en términos de requerimientos netos medidos en kg. A éstos se los afecta por su respectiva merma del proceso; se obtienen así, los requerimientos brutos de cada producto final. Luego, esta solución se utiliza para planificar los requerimientos brutos de los productos componentes. La herramienta arroja como salida una lista de materiales compuesta por un resumen de los productos componentes y de su información básica para desarrollar la explosión de MRP. Asimismo, explota los requerimientos brutos por período de cada producto final y de cada componente en concordancia con los requerimientos brutos de sus elementos padres brindando información indispensable para la gestión de inventarios y de la producción; cuándo debe emitirse los pedidos y en qué cantidades y, cuándo deben recibirse los pedidos y en qué cantidades.

Al analizar la salida del MRP, se puede visualizar cómo es posible abastecer las demandas de los productos finales de forma eficiente y qué variaciones pueden realizarse en la secuenciación de la producción, permitiendo la toma una toma de decisiones más acertada que la actual a la hora de acordar las cantidades a abastecer a las empresas clientes. Se puede observar también, cómo a medida que trascurren las semanas el inventario proyectado a la mano tiende al valor del inventario salvaguardado por seguridad lo que demuestra una disminución de los niveles de inventario. Por otro lado, se refleja claramente la utilidad de los avisos de acción puesto que presentan todos los productos críticos de modo simple y claro. Esto permite asegurar la disponibilidad de los productos componentes en el momento necesario y además permite al gerente de producción visualizar rápidamente los productos cuyo pedido no estaría arribando a la fábrica en el momento necesario permitiéndole la toma de decisión para hallar la forma de asegurar que éste se tenga en el momento necesario.

Con la implementación de la herramienta se obtiene una optimización del área de gestión de la producción. El encargado de esta área puede evaluar distintos escenarios y tomar decisiones más acertadas que las que tomaría sin esta herramienta minimizando sus márgenes de error al estar respaldadas por modelos matemáticos.

Anexo V: Manual de uso de Production Management v1.0

MP 1.0

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Manual de uso - Production Management v1.0

Herramienta informática que permite estimar las mermas del proceso, planificar la producción en un período establecido por el usuario y calcular los requerimientos de materiales para cumplir con dicha planificación.

Técnicas implementadas en la herramienta:

- Programación por metas
- Índices de desperdicios
- MRP (Material Requirements Planning)

Production Management
Versión 1.0
01/01/2012

Contenido

Capítulo 1: Aspectos generales

Introducción

Condiciones de uso

Características Principales

Ingreso al sistema

Capítulo 2: Módulos

Menú Principal

Nuevo Producto

Mermas

Programación de la producción

Explosión de MRP

Avisos de acción

Apéndices:

A: Cálculo de mermas

B: Planificación de requerimientos de materiales (MRP)

C: Teoría de Programación por Metas

D: Uso de filtros

E: Tabla de siglas

Aspectos Generales 1

Introducción

El presente documento es el manual de usuario de la herramienta informática Production Management v1.0 implementada en una empresa de galletas dulces y tostadas.

Este sistema de gestión permite planificar la producción en un determinado horizonte de tiempo de forma eficiente, teniendo como metas la minimización de los niveles de inventario y el máximo aprovechamiento de las horas de producción. Otra funcionalidad de la misma es calcular los requerimientos de materia prima e insumos necesarios para cumplir con la producción planificada; ya sea ésta calculada mediante la implementación de la herramienta en cuestión, o proveniente de cualquier otra fuente. También permite estimar las mermas en las distintas etapas del proceso productivo; luego éstas son consideradas en la relación padre-componente al estimar las necesidades requeridas de materia prima e insumo por unidad de producto padre.

El sistema Production Management v1.0 se basa en la **Programación por Metas** para planear la producción en base a los objetivos que se esperan alcanzar, en la técnica **MRP** (Material Requirements Planning) para el cálculo de requerimientos de componentes por cada producto a elaborar y, en la medición de índices de desperdicio para obtener la relación padre-componente de cada producto lo más exacta posible.

Condiciones de uso

El sistema **Production Management v1.0** es válido para ser implementado con la herramienta informática Microsoft Excel®[20] versión 2010 en adelante. Se puede adaptar a versiones anteriores a la del 2010, de modo fácil, pero se requieren cierto conocimiento sobre el lenguaje de Visual Basic®[21] para llevarlo a cabo.

Características principales

Production Management v1.0 es una herramienta desarrollada bajo el lenguaje de Visual Basic para Excel. Básicamente es una hoja de cálculo de Excel habilitada para macros que permite realizar una serie de cálculos referidos a la gestión de la producción de un modo sencillo y muy perceptible, arrojando resultados en cuestión de segundos.

Ingreso al sistema

Crear un acceso directo de la herramienta en el escritorio de la PC. Luego, para ingresar al sistema, basta con hacer “doble clic” sobre el ícono. De esta forma, la herramienta se encuentra disponible para ser utilizada.

[20] Marca de registrada de Microsoft Corporation.
[21] Marca de registrada de Microsoft Corporation.

Módulos 2

En este capítulo se presenta la información acerca de los distintos módulos que conforman la herramienta. La misma está compuesta por 6 de ellos. Estos son: Menú principal, Nuevos Productos, Programación de la producción, Mermas, Explosión MRP, y Avisos de acción.

MENÚ PRINCIPAL

El menú principal se activa en modo de ventana al abrir Production Management v1.0.

En el menú principal se puede visualizar distintos botones que dirigen al módulo en el cual se desea trabajar. Como se aprecia en la figura, a través del menú se puede abrir una ventana de ayuda o bien cerrar la aplicación. (Figura 1).

Figura 1

A continuación se describe la acción principal de cada botón dentro del menú.

Botones

Nuevo Producto	Crea una hoja de cálculo por cada nuevo producto que se ingresa y muestra en pantalla a la nueva hoja creada.
Mermas	Direcciona al usuario al módulo de cálculo de mermas.
Programación	Direcciona al usuario al módulo de programación de la producción.
Explosión MRP	Direcciona al usuario al módulo de explosión de MRP.
Avisos de Acción	Direcciona al usuario al módulo de avisos de acción.
Ayuda	Abre instantáneamente una ventana de ayuda sobre los aspectos generales de utilización de la aplicación.
Salir	Guarda los cambios realizados y cierra la aplicación.

NUEVO PRODUCTO

Este módulo permite cargar en el sistema la información necesaria de cada producto para realizar la lista de materiales[22] y ejecutar la explosión de MRP[23]. Se tiene un módulo por cada producto ingresado.

Figura 2

Al seleccionar el botón 'Nuevo Producto' del ´Menú Principal´, se abre una ventana emergente donde el usuario debe completar los campos en blanco (cartera de producto, identificación del producto) a fin de caracterizar al producto en cuestión (figura 2). Al hacer clic en Aceptar, la herramienta crea una hoja de cálculo con el nombre del producto. En la figura 3 se muestra la hoja de cálculo del módulo. Como puede apreciarse, se tiene un menú de botones que permite ingresar los datos

[22] La lista de materiales (BOM) (del inglés Bill of materials) es un registro donde figuran todos los componentes de un artículo, las relaciones padre-componente, y las cantidades de uso.

[23] Se denomina MRP a la planificación de los requerimientos de materiales: Material Requirements Planning por sus siglas en inglés. Se entiende por explosión de MRP al resultado obtenido luego de realizada la planificación de los requerimientos mediante esta técnica.

referentes al producto, borrar los datos de la hoja de cálculo, llamar a la ventana de ayuda o bien ir al menú principal.

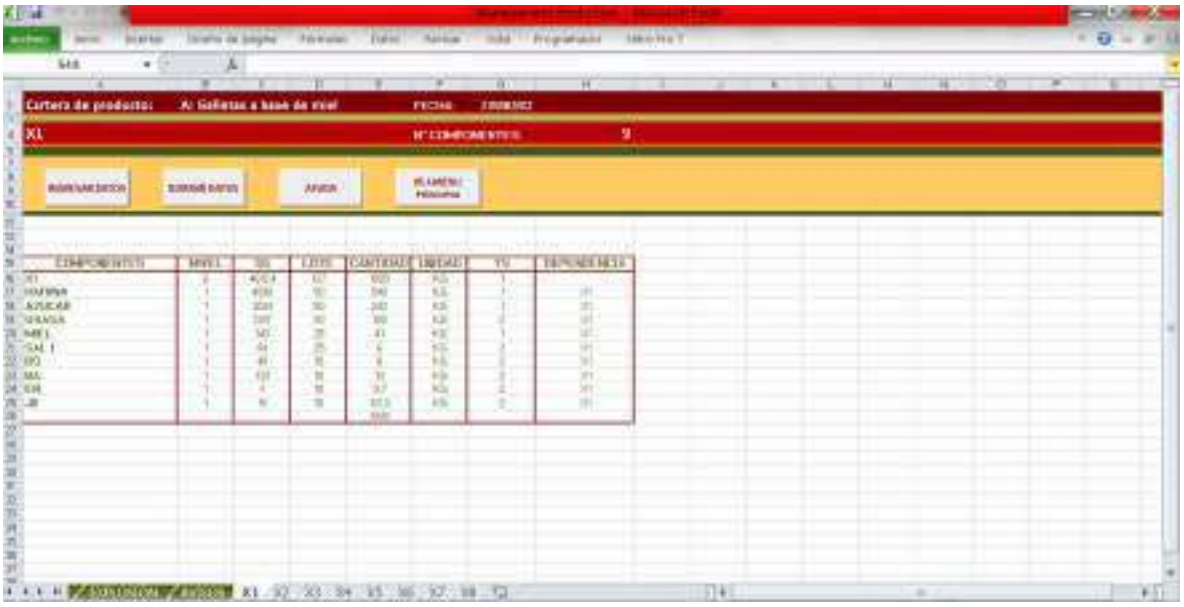


Figura 3

Para crear la lista de materiales (BOM) se requiere cierta información del producto; componente, nivel, cantidad, dependencia. Luego, para ejecutar la explosión del MRP se requiere además de la información comprendida en la lista de materiales: SS, lote, TS, unidad[24].

Para cargar estos datos en el sistema se debe emplear el botón 'Ingresar datos' del menú de botones del módulo.

Figura 4

Al hacer clic el botón aceptar, los datos componente se almacenan en la base de datos. Luego, muestra en pantalla un cuadro de decisión donde el usua tiene la posibilidad de elegir entre ingresar o componente volviéndose a habilitar el cuadro de diálogo ingreso de componentes, o bien no ingresar más. seleccionar esta última opción, automáticamente descarga la información ingresada en la hoja de cálculo y la presenta en formato de cuadro. (Figura 4).

En la hoja de cálculo se muestra reflejada en un cuadro la información referente al producto. Ésta se emplea como dato de entrada en la explosión del MRP. (Figura 5).

COMPONENTES	NIVEL	SS	LOTE	CANTIDAD	UNIDAD	TS	DEPENDENCIA
X2	0	1509,6	127	1	KG	1	
HARINA	1	4890	20000	0,381	KG	1	X2
AZUCAR	1	3004	20000	0,222	KG	1	X2
GRASA	1	1397	50	0,127	KG	2	X2
MIEL	1	140	200	0,038	KG	1	X2

Figura 5

[24] Ver apéndice B: Planificación de requerimientos de materiales.

Botones

Ingresar Datos	Muestra en pantalla un cuadro de diálogo que sirve de interfaz entre el usuario y la hoja de cálculo. Por medio del mismo, se carga en la hoja de cálculo la lista de materiales necesaria para ejecutar la explosión del MRP y se refleja en formato de cuadro en la hoja.
Borrar Datos	Borra la información ingresada. Incluye, valores y formatos.
Ayuda	Abre instantáneamente una ventana de ayuda sobre los aspectos generales de utilización de la aplicación
Ir a Menú Principal	Direcciona al usuario al menú principal.

MERMAS

Este módulo permite estimar las mermas del proceso para cada producto.

Se complementa con el 'Registro de control de la producción (mermas)'[25] que debe ser completado por el responsable de la línea y entregado al final de cada turno al gerente de producción; responsable de cargar los datos en el cuadro correspondiente dentro del módulo y efectuar los cálculos propuestos. (Ver apéndice A: cálculo de mermas).

En la figura 6 se muestra la hoja de cálculo del módulo. Como puede apreciarse, se tiene un menú de botones que permite al usuario ingresar los datos recolectados de las líneas de producción fácilmente, borrar los datos, abrir una ventana emergente de ayuda e ir al menú principal.

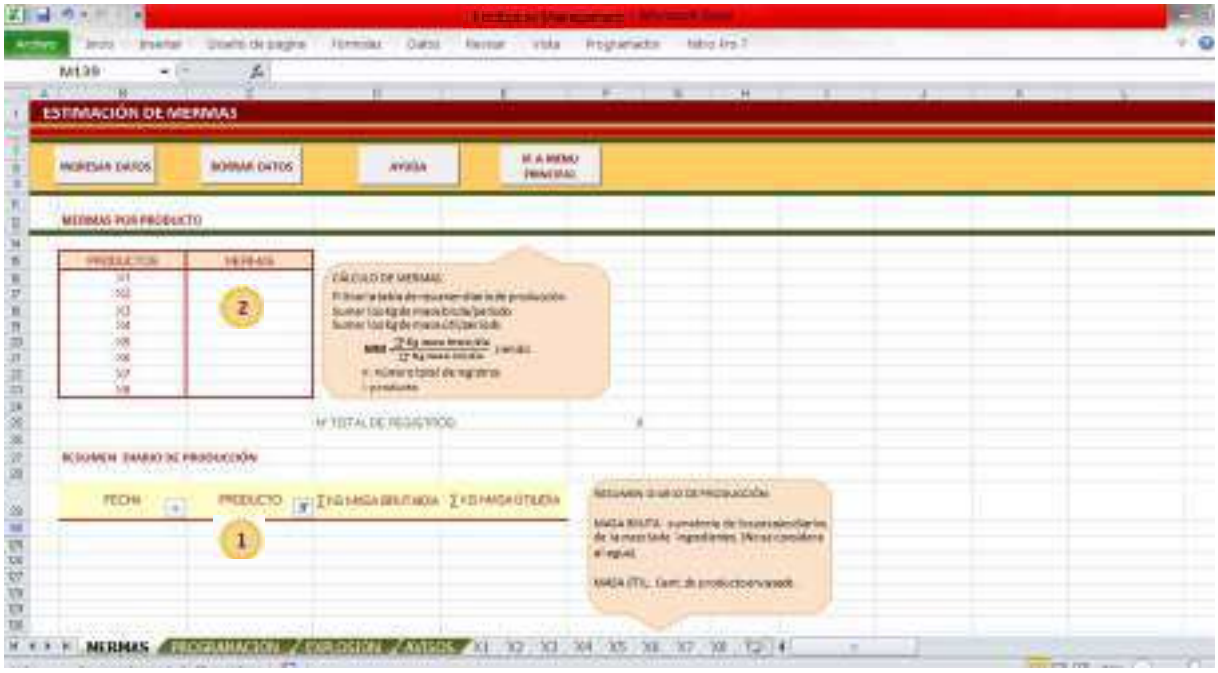


Figura 6

En la parte inferior de la hoja se tiene un cuadro en el cual se carga la información recolectada mediante el registro de control de la producción (mermas). Este cuadro permite al

[25] En el apéndice A se muestra el 'Registro de control de la producción (mermas)'.

usuario hacer una estimación eficiente de las distintas mermas que se producen a lo largo del proceso.

En esta hoja se pueden almacenar cientos de datos, por tanto, es posible lograr un histórico de los índices de desperdicio y, ajustar los valores de las mermas al desperdicio real del proceso a medida que se incremente el tamaño de la muestra.

El módulo esta compuesto por dos secciones: las mermas correspondientes a cada producto y el resumen diario de producción.

1 **Resumen diario de producción:** este cuadro debe ser completado por el usuario a través del botón 'Ingresar Datos' del menú principal. En él deben llenarse los campos: fecha, producto, Kg. masa bruta y Kg. masa útil por día. (Figura 7). Esta información se extrae del 'Registro Control de la producción'[26] que debe ser completado por el encargado de la línea y entregado al responsable de la gestión de la producción.

Figura 7

2 **Mermas por producto:** se obtienen mediante el uso de filtros[27].

Se debe filtrar la columna 'Productos' del cuadro 'Resumen diario de producción' de a un producto a la vez. De esta forma se tiene registro de la masa bruta en Kg. y la masa en Kg. útiles obtenidas en cada fecha.

Luego, la merma de cada producto se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$MM = \frac{\sum_i^n Kg\ masa\ bruta/día}{\sum_i^n Kg\ masa\ útil/día}$$ siendo: n: número total de registros

i: producto.

El usuario debe completar el cuadro 'Mermas por producto' con los valores obtenidos para cada producto. (Figura 8).

Figura 8

Botones

Ingresar Datos	Muestra en pantalla un cuadro de diálogo que sirve de interfaz entre el usuario y la hoja de cálculo. Por medio del mismo, se carga en la base de datos la información recolectada en los registros y se la coloca en el cuadro inferior de la hoja de cálculo.
Borrar Datos	Borra la información ingresada. Incluye, valores y formatos.
Ayuda	Abre instantáneamente una ventana de ayuda sobre los aspectos generales de utilización de la aplicación
Ir a Menú Principal	Direcciona al usuario al menú principal.

[26] Ver apéndice A: Cálculo de mermas.

[27] Ver apéndice D: Uso de filtros.

PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Este módulo permite programar la producción por unidad de tiempo dentro de un horizonte determinado. Se basa en la teoría de las decisiones de criterios múltiples y plantea un modelo matemático bajo los lineamientos de la programación por metas[28] que permite proporcionar una solución satisfactoria basada en dos objetivos: cumplir con la demanda de los productos al tiempo que se maximiza las horas de producción. En el Apéndice C se muestra los conceptos básicos de la programación por metas a fin de que el usuario pueda interpretar con mayor facilidad su funcionamiento.

El modelo se formula bajo las restricciones que se muestran seguidamente:

	Dato (constante)	Entrada (variable)
Cantidad de horas brutas semanales de producción	X	
Demandas de cada producto por semana		X
Inventario de seguridad		X
Existencias al momento de comenzar el período a programar		X
Coeficientes de producción (h/kg)	X	
No se admiten horas extras	X	
Desviaciones de las metas mayores o iguales a cero	X	

En base a estos datos, se ejecuta el modelo intentando minimizar las desviaciones de las metas deseadas respecto a los resultados reales de acuerdo a las prioridades asignadas.

Se obtiene como información de salida:

- Cantidades a producir de cada producto por semana;
- Desviaciones de la cantidad de horas semanales necesarias para producir las cantidades programadas respecto a la cantidad de horas esperada;
- Desviaciones de la cantidad de producto a producir respecto a la cantidad esperada.

En la figura 9 se muestra la hoja de cálculo del módulo. Como puede apreciarse, se tiene un menú de botones que permite cargar los requerimientos brutos corregidos, borrar los datos de la hoja de cálculo, llamar a la ventana de ayuda o bien ir al menú principal.

[28] La programación por metas es una técnica que se desarrolló para manejar situaciones con criterios u objetivos múltiples, dentro de la estructura general de la Programación Lineal. Ver apéndice C: Planificación de requerimientos de materiales (MRP).

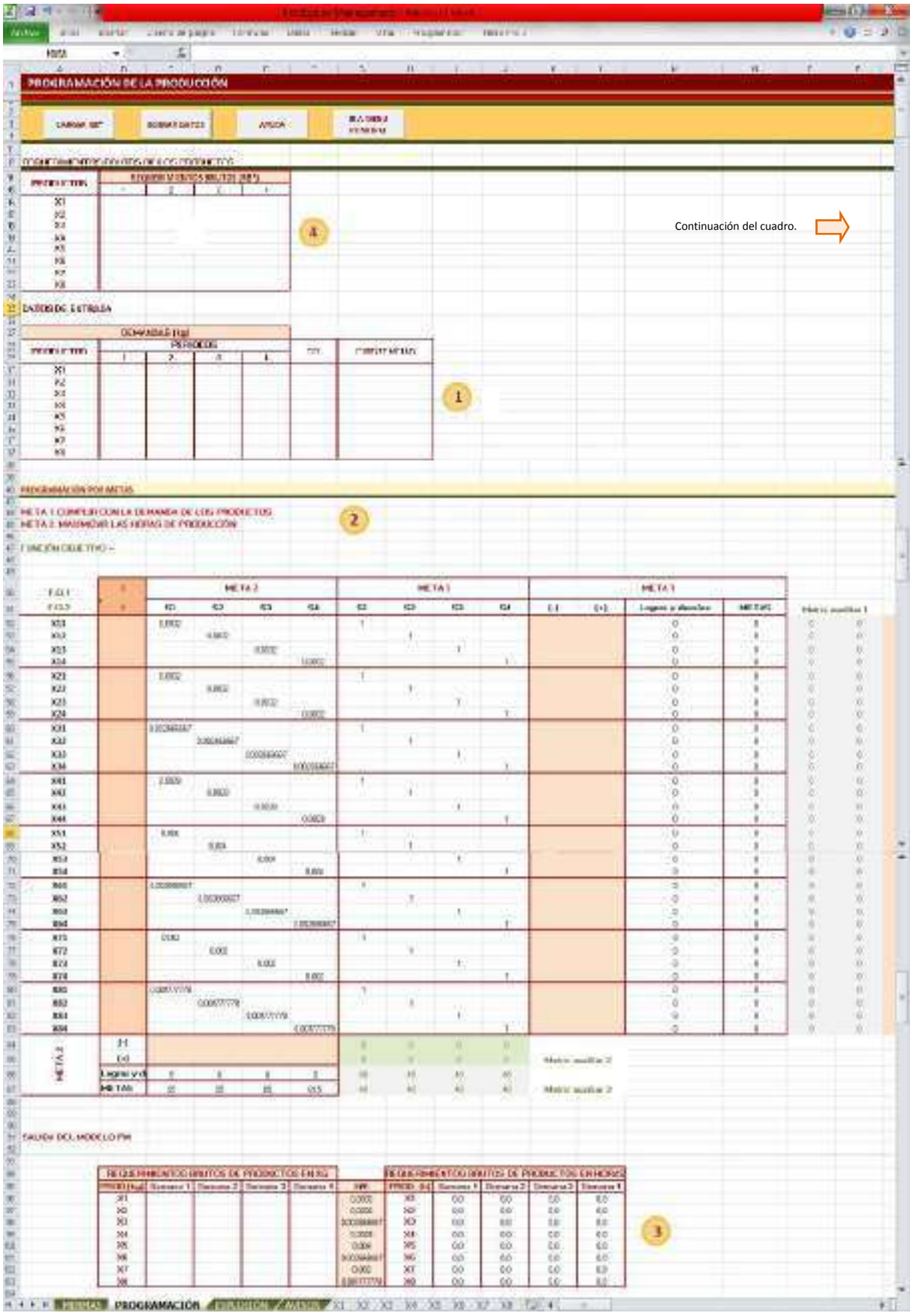

PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
Continuación del cuadro.
1
2
3
4
PROGRAMACIÓN POR METAS
META 1: CUMPLIR CON LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS
META 2: MAXIMIZAR LAS HORAS DE PRODUCCIÓN
SALIDA DEL MODELO PM
PROGRAMACIÓN

Figura 9

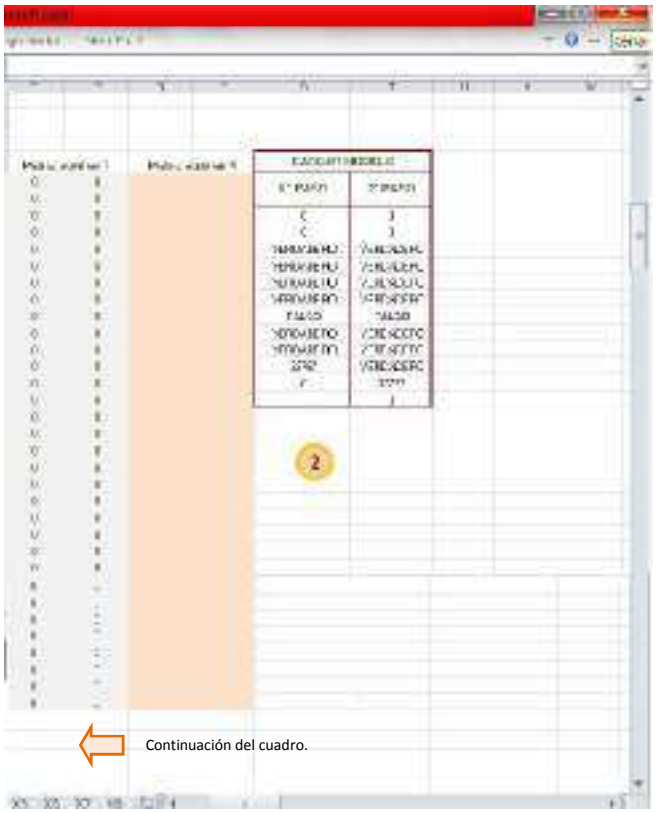


Figura 9 (bis)

El módulo esta compuesto por cuatro secciones: requerimientos brutos de productos, datos de entrada para ejecutar el modelo de programación por metas, resolución del modelo y un resumen de la salida del mismo. Cada una de ellas se detallan seguidamente en orden a su aparición en pantalla.

1 **Datos de entrada:** primer paso en el proceso de programación de la producción. El programador debe cargar en el cuadro que se muestra en la figura 10 los datos para cada producto: demandas por cada período dentro del horizonte de tiempo establecido, inventario de seguridad y existencias esperadas al comienzo del período a analizar.

Figura 10

- 2 **Programación por metas:** segundo paso en el proceso de programación de la producción. Aquí se ejecuta el modelo de programación de la producción diseñado específicamente para las necesidades de la empresa. Para su resolución se emplea la herramienta 'SOLVER'[29]; programa complemento de Microsoft Office Excel®[30]. El modelo en cuestión se ejecuta a partir del cuadro que se encuentra en la sección 2. Éste posee varios colores para diferenciar las distintas funciones que cumplen sus celdas:

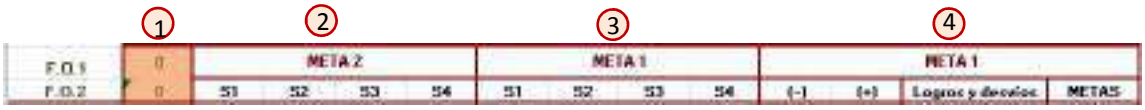
[29] La herramienta Solver es un complemento de Excel. Para mayor información ir a Ayuda de Excel.

[30] Marca de registrada de Microsoft Corporation.

Las celdas de color blanco y color gris, corresponden a la etapa de formulacón del modelo y sus valores han sido cargados en Solver componiendo las ecuaciones que definen al modelo. Es importante que el usuario no modifique el valor de las mismas puesto que alteraría de forma directa a la solución del mismo. Las celdas de color morado, corresponden a la etapa de resolución del problema. Solver asigna un valor a cada una de ellas cada vez que se ejecuta el modelo. Estos valores corresponden a las variables decisionales[31] del modelo; datos de salida que permite al usuario la toma de decisiones. Esto no se aplica a las celdas que componen la matriz 4 puesto que sus valores son asignados por el usuario. Esto se explica detalladamente en la sección siguiente: resolución del caso.

Interpretación del cuadro:

Encabezado horizontal:



1.En las celdas adyacentes a F.O.1 y F.O.2 se encuentran definidas las funciones objetivo[32] para la meta 1 y 2 respectivamente. Allí se encuentran las desviaciones que se desean minimizar. Es importante que el usuario no modifique el contenido de las mismas puesto que alteraría de forma directa a la solución del mismo.

2. Los valores de las celdas que componen esta columna, corresponden a los coeficientes de producción en (h/k) de cada producto. Su disposición se debe a la facilidad para cargar los datos a Solver.

3. Los valores de las celdas que componen esta columna, 1 o 0, representan la semana en que se produce X producto. Su disposición se debe a la facilidad para cargar los datos a Solver.

4. Esta columna esta compuesta por las metas (cantidad a producir de cada producto en cada semana) que componen a la meta 1, los logros y desvíos y, las desviaciones sublogro (-) y sobrelogro (+) de la solución respecto a las metas. Estos son necesarios para satisfacer la meta 1: cumplir con la demanda de los productos.

La columna 'Metas' representa la cantidad a producir para cada producto en cada semana. Estas celdas poseen una fórmula que contempla a la demanda, el inventario de seguridad y las existencias esperadas al comienzo del período a analizar.

La columna 'Desviaciones' representa la diferencia entre lo que se esperaba producir (meta) y lo que se programa producir. La desviación (+) indica el sobrelogro, es decir, la cantidad de K que se producen de más. La desviación (-) en cambio, indica el sublogro, esto es, la cantidad de K que falta producir para cumplir con la meta establecida para cierto producto en determinada semana.

La columna 'Logros y desvíos' representa la desviación total. Es la suma de las desviación positiva y la negativa de cada producto en cada semana.

[31] Una variable de decisión es una variable algebraica que representa una decisión cuantificable a ser adoptada.

[32] La función objetivo (F.O.) intenta minimizar las desviaciones entre las metas deseadas y los resultados reales de acuerdo a las prioridades asignadas. Su valor representa cuánto se desvía la solución del modelo de las metas definidas. La F.O.1 corresponde a la resolución del modelo cuando se prioriza la meta más importante y, F.O.2 cuando se prioriza la de menor importancia.

Encabezado vertical:

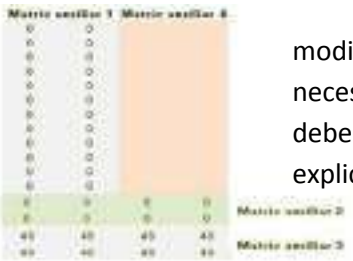
5. X_{ij} representa la cantidad a producir del producto i en la semana j. Las celdas a su derecha corresponden a los valores que toman las variables X_{ij} y son parte de la información de salida del Solver (variables decisionales).

6. Esta columna esta compuesta por las metas (horas semanales para producir) que componen la meta 2, los logros y desvíos de las metas y las desviaciones sublogro (-) y sobrelogro (+) de la solución respecto a las metas. Estos son necesarios para satisfacer la meta 2: maximizar las horas de producción.

La fila 'Metas' representa la totalidad de horas semanales de producción.

La fila 'Desviaciones' representa la diferencia entre las horas esperadas de producción(meta) y las programadas. La desviación (+) indica el sobrlogro, es decir, las horas extras que se deben efectuar, como el modelo no admite horas extras, el valor de las celdas es nulo. La desviación (-) en cambio, indica el sublogro. Esto es, las horas de producción que resultan osciosas.

La fila 'Logros y desvíos' representa la desviación total. Es la suma de las desviación positiva y la negativa por cada semana.



Matrices auxiliares: Las matrices auxiliares 1, 2 y 3 no deben ser modificadas puesto que son datos de entrada para el SOLVER; pues son necesarias para cargar el modelo matemático en el SOLVER. La matriz 4 sí debe ser modificada por el usuario en el proceso de producción (esto se explica en el ítem siguiente).

Resolución del modelo

Figura 11

El modelo matemático está grabado en Solver y guardado en el cuadro 'Cargar modelo' (figura 11):

La columna '1° paso' contiene las ecuaciones que definen al modelo cuando se quiere priorizar la meta 1: cumplir con la demanda de los productos.

La columna '2° paso' contiene las ecuaciones que definen al modelo cuando se quiere priorizar la meta 2: maximizar las horas de producción.

El proceso de resolución del problema consiste en priorizar en primer instancia a la meta 1. Teniendo en cuenta los valores obtenidos, se resuleve el modelo priorizando la meta 2. Para ambos casos se deben cargar los datos en Solver de la siguiente forma:

1°. Priorización de la meta 1. Resolución con SOLVER:

Abrir el complemento Solver en la ficha 'Datos' de la cinta de opciones.

Aparece en pantalla un cuadro de diálogo (Parámetros de Solver). (Figura 12). El usuario debe seleccionar el botón 'cargar/Guardar' para cargar el modelo correspondiente a priorizar la meta 1. Luego, aparece un segundo cuadro de diálogo (Cargar/guardar modelo) donde el usuario debe seleccionar de la hoja de cálculo el modelo a cargar de la columna correspondiente del cuadro 'Cargar modelo' y hacer clic sobre el botón cargar. (Figura 12).

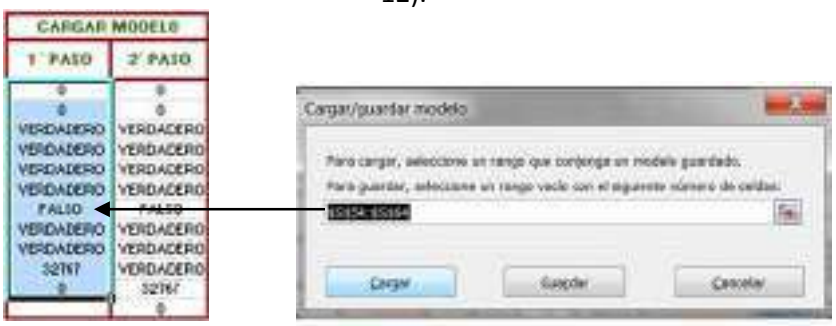


Figura 13

Automáticamente el botón direcciona al cuadro de diálogo que aparece al abrir el complemento (Parámetros del Solver) en el cual se han cargado las ecuaciones correspondientes al modelo. (Figura 14).

Se debe seleccionar 'Resolver' para resolver el modelo. Aquí aparece en pantalla un cuadro (resultados de Solver) donde el usuario debe seleccionar la opción 'Conservar solución de solver' y finalmente hacer clic en 'Aceptar'. (Figura 15).

Figura 14

Figura 15

El programador puede visualizar en la hoja de cálculo los resultados de priorizar la meta 1. Las celdas del cuadro correspondientes a variables decisionales (celdas en color morado) toman el valor que la resolución del modelo obtuvo como óptima. Luego, es necesario priorizar la meta 2.

2°. Priorización de la meta 2. Resolución con SOLVER:

Como primer paso, el usuario debe 'Copiar' los valores de las celdas que componen la columna de desviaciones positivas y negativas de la meta 1 y pegarlas como valor en la matriz 4. (Figura 16).

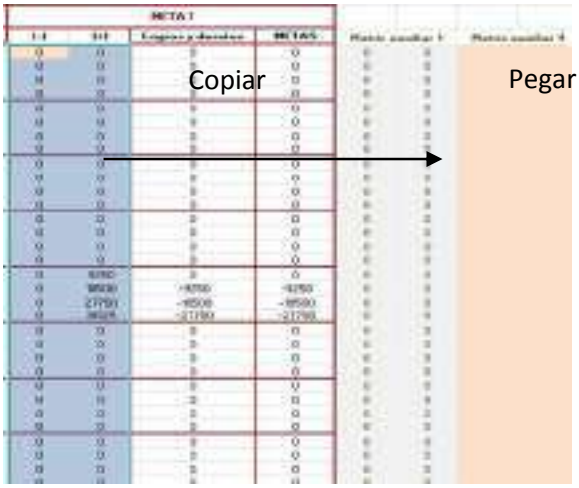


Figura 16

Luego, se procede a la carga el modelo para priorizar la meta 2. Los pasos a seguir para ello son idénticos a los explicados para priorizar la meta 1. En este caso, como se debe combinar la solución para la meta 1 con la de la meta 2, cuando se carga el modelo, se abre un cuadro de diálogo (Cargar modelo) donde se debe hacer clic sobre el botón 'Combinar'. (Figura 17):

Figura 17

El resultado que se obtiene es una solución satisfactoria de la programación de la producción en términos de requerimientos brutos[33] de cada producto por semana.

- **Salida del modelo PM:** tercer paso en el proceso de programación de la producción. Aquí el usuario tiene la posibilidad de disponer las cantidades en kilogramos a producir obtenidas por la corrida del modelo en un cuadro de formato más familiar que facilita el análisis de los datos obtenidos. Luego, mediante referenciación de celdas, se completa un segundo cuadro en el cual se convierte los requerimientos brutos a términos de horas. (Figura 18).

REQUERIMIENTOS BRUTOS DE PRODUCTOS EN KG						REQUERIMIENTOS BRUTOS DE PRODUCTOS EN HORAS				
PROD (kg)	S 1	S 2	S 3	S 4	MK	PROD. (h)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
X1	0	0	0	0	0,0032	X1	0,0	0,0	0,0	0,0
X2	0	0	0	0	0,0032	X2	0,0	0,0	0,0	0,0
X3	0	0	0	0	0,0020000000	X3	0,0	0,0	0,0	0,0
X4	0	0	0	0	0,0020	X4	0,0	0,0	0,0	0,0
X5	0	0	0	0	0,004	X5	0,0	0,0	0,0	0,0
X6	0	0	0	0	0,0020000000	X6	0,0	0,0	0,0	0,0
X7	0	0	0	0	0,002	X7	0,0	0,0	0,0	0,0
X8	0	0	0	0	0,0017777700	X8	0,0	0,0	0,0	0,0

Figura 18

[33] Ver apéndice B: Planificación de requerimientos de materiales.

Con la ayuda de ambos cuadros, y considerando las desviaciones en cantidad a producir y las horas brutas programadas, el usuario debe corregir las cantidades a producir en base a la factibilidad real de llevarlo a cabo.

Luego del análisis, se tienen los RN corregidos[34]. Estos se obtienen luego de que el programador efectúa el análisis de los datos de salida del modelo PM[35]. Pues éste debe ajustar los requerimientos que se obtienen del modelo en función las factibilidades reales de ejecución del modelo. Para ello se debe considerar las variables de tiempo muerto en limpieza al cambiar el producto a fabricar, el tiempo faltante para terminar la jornada de trabajo, el inventario de seguridad y sobrantes y/o faltantes.

Ejemplo: Se adapta el modelo de programación por metas propuesto a la producción de 3 productos en una sola semana.

Formulación del modelo

Se quiere alcanzar dos metas:

Meta 1: cumplir con la demanda de X1 y X2.

Meta 2: maximizar las horas de producción.

F.O.: $Z = d_1^+ + d_2^-$

S.a.:

$0.00032 \times X1 + 0.0027 \times X2 + 0.0028 \times X3 + d_2^- - d_2^+ = 85$ Restricción horas de producción

$X1 + d_{11}^- + d_{11}^+ = cant.a\ producir$ Restricción producción

$X2 + d_{21}^- + d_{21}^+ = cant.a\ producir$

$X3 + d_{11}^- + d_{11}^+ = cant.a\ producir$

$X1,\ X2, X3, d_{11}^+,\ d_{11}^-,\ d_{21}^+,\ d_{21}^-, d_{21}^+,\ d_{31}^- d_{31}^+,\ d_2^- \geq 0$

Se tienen los siguentes datos de entrada:

Producto	Demanda	Existencias	SS
X1	11000	2410	4500
X2	8000	750	1500
X3	3500	2250	2000

El modelo se formula y se corre sobre el el siguiente cuadro:

[34] RN corregidos: corrección sobre los requerimientos netos obtenidos como salida del modelo en función del máximo aprovechamiento de las horas hombre.

[35] PM: programación por metas.

			META 1			
F.O.1	0	Coeficiente				
F.O.2	0	Producción	(-)	(+)	Logros y desvíos	METAS
X1	13090	0,0032	0	0	13090	13090
X2	8750	0,0027	0	0	8750	8750
x3	6959,642857	0,0028	0	3709,64	3250	3250
META 2	(-)	0				
	(+)	0				
	Logros y desvíos	85				
	METAS	85				

Al realizar la primer corrida (priorización de la meta 1) se obtiene:

			META 1			
F.O.1	0	Coeficiente				
F.O.2	0	Producción	(-)	(+)	Logros y desvíos	METAS
X1	13090	0,0032	0	0	13090	13090
X2	8750	0,0027	0	0	8750	8750
x3	3250	0,0028	0	0	3250	3250
META 2	(-)	10,38				
	(+)	0				
	Logros y desvíos	85				
	METAS	85				

Como se puede ver en la salida: se tienen 10,4 horas hombre ociosas si se produce la cantidad exacta demandada.

Segunda corrida del modelo (priorización de la meta 2):

			META 1			
F.O.1	0	Coeficiente				
F.O.2	0	Producción	(-)	(+)	Logros y desvíos	METAS
X1	13090	0,0032	0	0	13090	13090
X2	8750	0,0027	0	0	8750	8750
x3	6959,642857	0,0028	0	3709,64	3250	3250
META 2	(-)	0				
	(+)	0				
	Logros y desvíos	85				
	METAS	85				

Al priorizar la meta 2, el módelo de producción óptimo es producir X3 durante las 10,40 horas que resultaron osciosas al priorizar solamente cumplir con la demanda.

Por tanto, la salida del modelo es :

PRODUCCIÓN X SEMANA	
Producto	**RN**
X1	13090
X2	8750
X3	6959,6

Botones

Cargar RN	Muestra en pantalla un cuadro de diálogo que sirve de interfaz entre el usuario y la hoja de cálculo. Por medio del mismo, el usuario puede cargar los requerimientos netos corregidos* de cada producto por unidad de tiempo.
Borrar Datos	Borra la información ingresada. Incluye, valores y formatos.
Ayuda	Abre instantáneamente una ventana de ayuda sobre los aspectos generales de utilización de la aplicación
Ir a Menú Principal	Direcciona al usuario al menú principal.

* Requerimientos Netos Corregidos: valores que se obtienen luego del análisis del programador de la producción en base al resultado arrojado por el sistema.

EXPLOSIÓN MRP

Este módulo permite realizar la planificación de requerimientos de materiales (MRP) para determinado período de tiempo. Es decir, determinar la cantidad y el momento en que se debe comprar cada materia prima o insumo a fin de que se encuentre disponible para cumplir con la programación de la producción. El sistema MRP traduce la demanda de los productos finales y las expresa como requisitos para todos los subconjuntos, componentes y materias primas necesarios por unidad de tiempo. De este modo, ayuda a la empresa a que reduzca su nivel de inventario, utilice mejor su mano de obra y sus instalaciones, y mejore el servicio al cliente, al disponer de los productos componentes requeridos en el momento preciso para cumplir con las órdenes de los clientes.

Se calculan así los requerimientos brutos de los productos componentes necesarios. Cabe aclarar que al planear los requerimientos de materiales (MRP), la regla referente al tamaño de lote que se emplea es 'lote por lote (LxL)'; se ajusta el tamaño del lote a la capacidad productiva de la línea de galletas dulces para el caso de los productos finales y a la cantidad mínima de compra de cada proveedor para el caso de los productos componentes.

En la figura 20 se muestra la hoja de cálculo del módulo. Como puede apreciarse, se tiene un menú de botones que permite al usuario crear la lista de materiales, ingresar los requerimientos brutos para el período definido, ingresar las recepciones programadas, efectuar la explosión del MRP, borrar los datos, abrir una ventana emergente de ayuda, ir al menú principal y copiar a histórico.

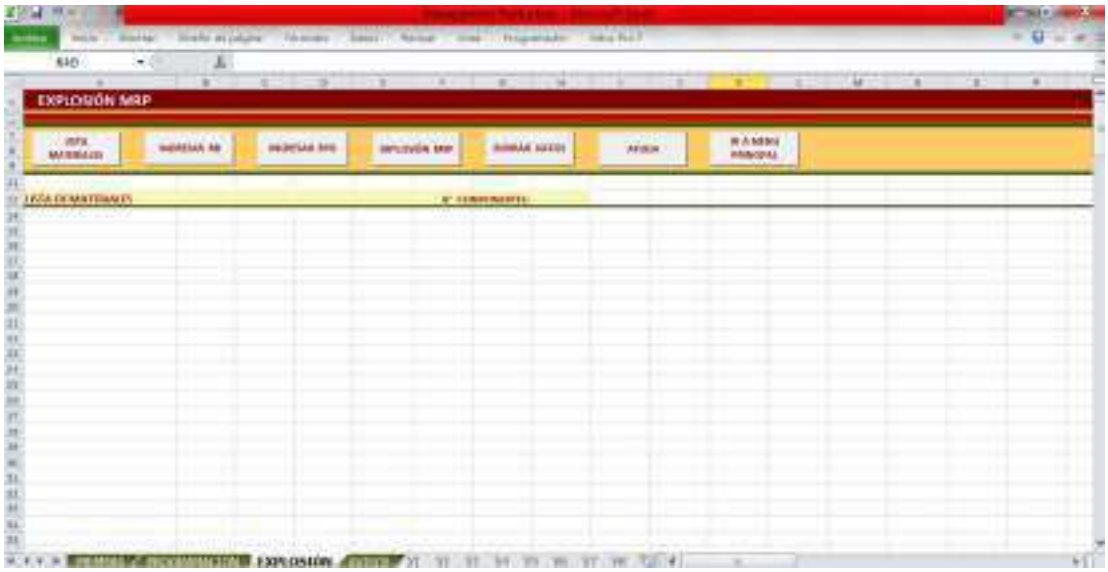


Figura 20

Para lograr la planificación de los requerimientos de materiales (Explosión de MRP), se deben cargar los datos de entrada en la hoja de cálculo. Estos son: la lista de materiales, los requerimientos brutos y las recepciones programadas.

Figura 21

1 **Lista de materiales:** Al seleccionar del menú principal 'Lista de materiales', se cargan los componentes de cada producto ingresado en el sistema junto con sus características y se los presenta en forma de cuadro denominado 'Lista de materiales' en la hoja de cálculo. (Figura 21).

IPM: el usuario debe cargar manualmente el inventario proyectado a la mano[36] para cada componente.

- 2 **Requerimientos brutos (RB)[37]:** toma los requerimientos brutos corregidos[38] del cuadro correspondiente en el módulo 'PROGRAMACIÓN' y los copia en un cuadro en el módulo 'EXPLOSIÓN'.

Figura 22

Al seleccionar esta acción, aparece en pantalla un cuadro de diálogo donde el usuario debe completar el campo en blanco especificando la cantidad de períodos que se desea analizar. (Figura 22).

[36] IPM: estimación del inventario disponible cada semana, una vez que los requerimientos brutos han sido satisfechos. Ver apéndice B: Planificación de la producción.

[37] Ver apéndice B: Planificación de requerimientos de materiales.

[38] Ver Requerimientos Brutos corregidos en el módulo 'Programación de la producción'.

- **Recepciones programadas (RPG)[39]:** Al seleccionar esta acción, aparece en pantalla un cuadro de diálogo donde el usuario debe completar el campo en blanco especificando la cantidad de períodos que se desea analizar. (Figura 22).

Figura 23

Luego, el usuario debe completar los campos en blanco del cuadro de diálogo 'Ingrese las recepciones programadas'. Para finalizar la carga de RPG, hacer clic en 'Aceptar'. (Figura 23).

Una vez que se cargan los RB y RPG se presenta la información en forma de cuadro en la hoja de cálculo. (Figura 24).

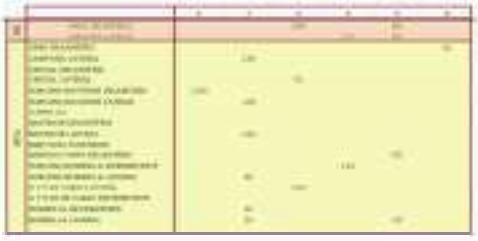


Figura 24

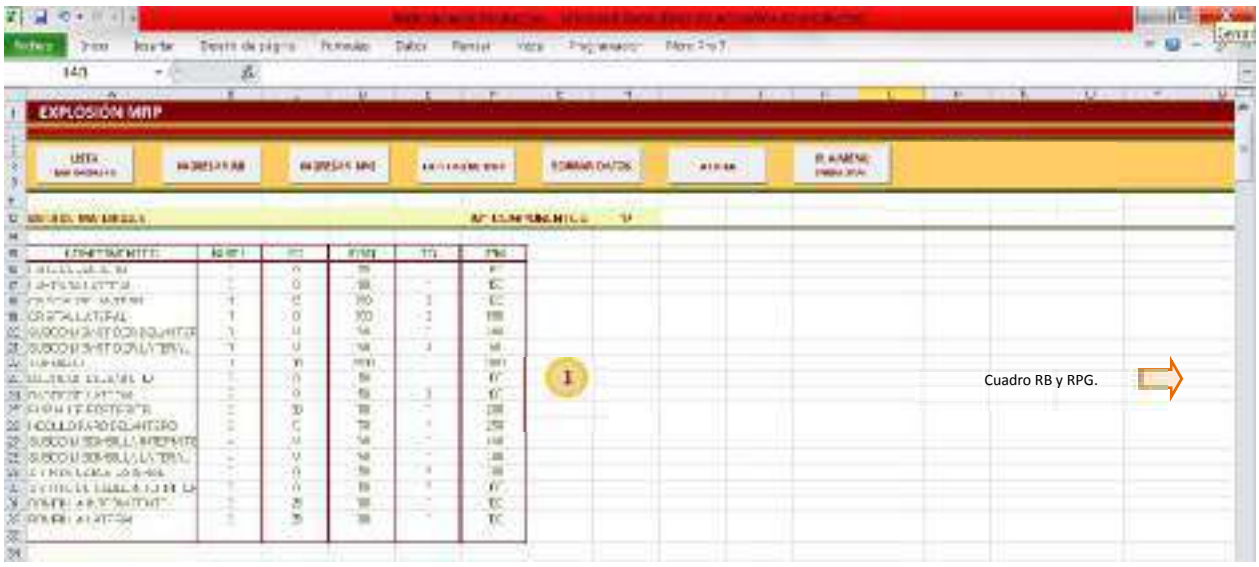
Luego, cuando se han cargado los datos de entrada antes mencionados (lista de materiales, IPM, RB y RPG) se puede ejecutar la 'Explosión MRP'.

- **Explosión de MRP:** al hacer clic sobre el botón 'Explosión MRP' aparece en pantalla un cuadro de diálogo en el cual el usuario debe completar los campos en blanco: fecha de inicio de la planificación y el número de períodos que se desea planificar. (Figura 25):

Figura 25

Al hacer clic en 'Aceptar' se explota en la hoja de cálculo la planificación de los requerimientos de materiales para el período establecido.

En la figura 26 se muestra la visualización de la hoja de cálculo luego de cargados los datos de entrada y realizada la explosión del MRP.



[39] Ver apéndice B: Planificación de requerimientos de materiales.

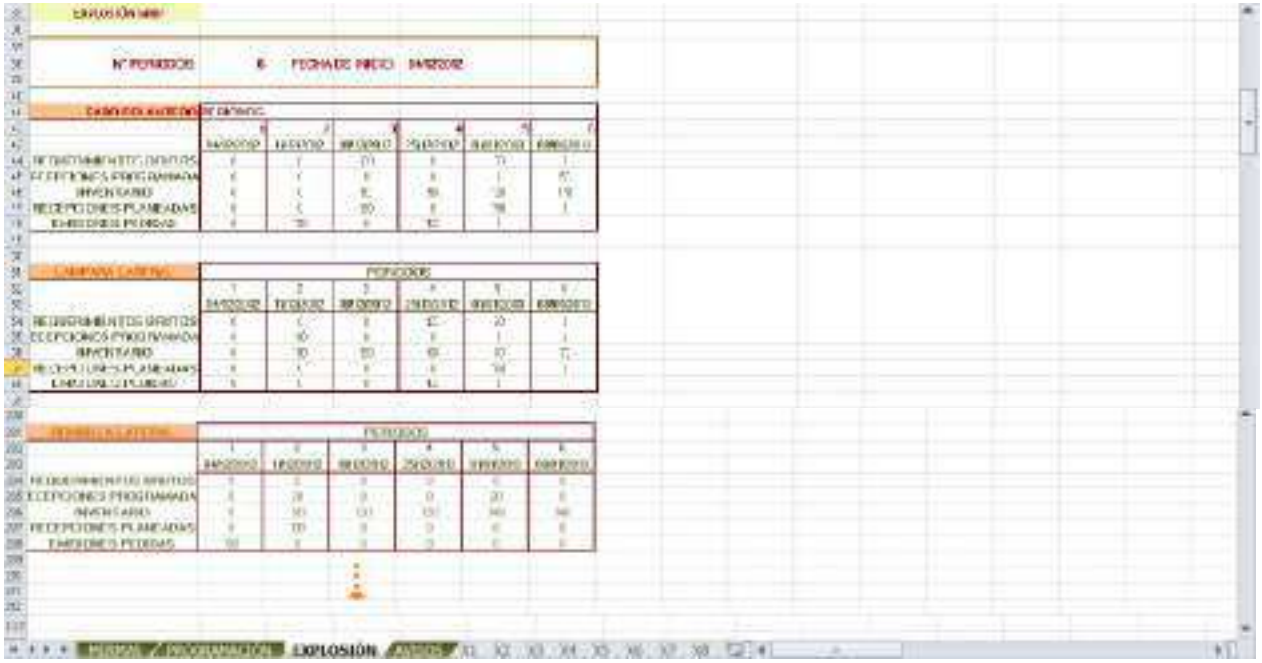


Figura 26

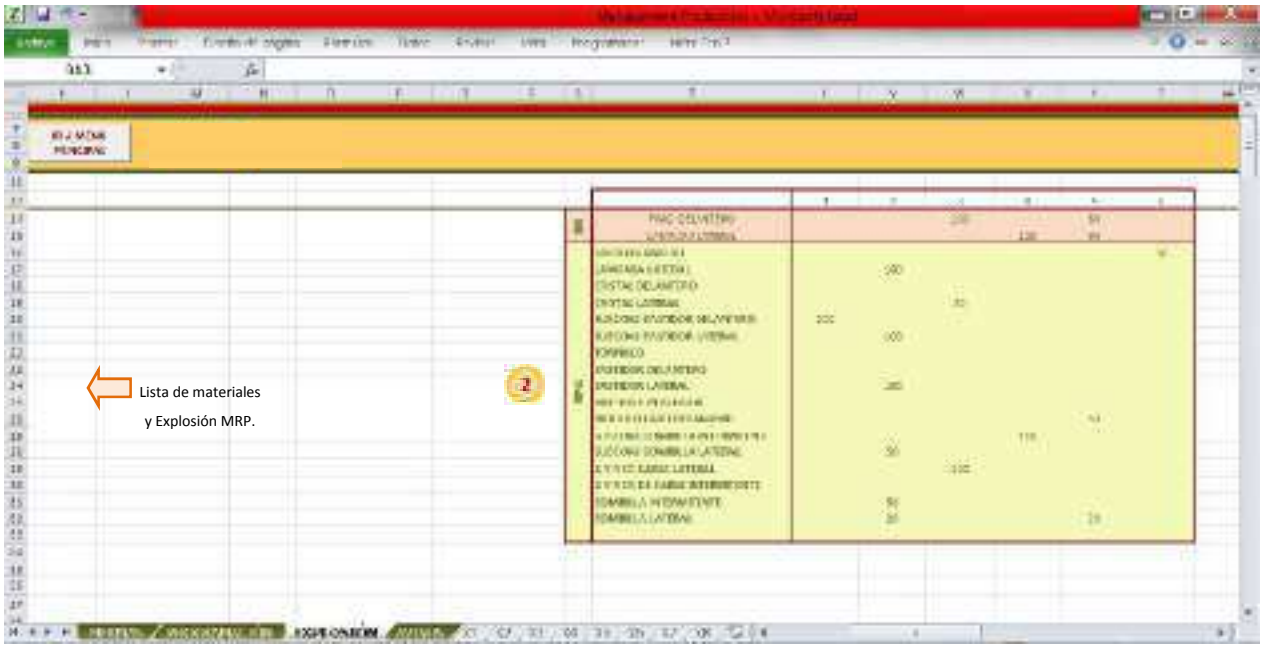


Figura 26 (bis)

Se obtiene como salida los requerimientos brutos de cada componente que componen los elementos finales. Asimismo, las emisiones de pedido que se deben realizar, las recepciones planeadas y programadas por período de tiempo y los avisos de acción que alertan al administrador acerca de los elementos que debe prestar atención.

Botones

Lista de Materiales	Crea un cuadro que contiene la totalidad de los componentes involucrados para la elaboración de los productos.
Ingresar RB	Permite ingresar los requerimientos brutos para el período en análisis.
Ingresar RPG	Permite ingresar las recepciones programadas para el período en análisis.
Explosión MRP	Realiza la explosión de MRP.
Borrar Datos	Borra la información ingresada. Incluye, valores y formatos.
Ayuda	Abre instantáneamente una ventana de ayuda sobre los aspectos generales de utilización de la aplicación
Ir a Menú Principal	Direcciona al usuario al menú principal.

AVISOS DE ACCIÓN

Este módulo permite advertir al encargado de la planificación de la producción acerca de los elementos a los cuales debe prestar atención. Un aviso de acción sirve para tomar decisiones acerca de la emisión de nuevos pedidos y el ajuste de las fechas de vencimiento de las recepciones programadas. De esta manera, es posible examinar los registros completos que corresponden a esos elementos para tomar las medidas pertinentes.

Emisión de nuevos pedidos: se genera un aviso de acción cuando en la fila de emisiones planeadas de cada componente en la explosión de MRP aparece una cantidad distinta de cero en la columna perteneciente a la semana 1, denominada petición de acción. No se generan avisos para las emisiones planeadas de pedidos que se encuentran fuera de la petición de acción, pues así, la atención suele concentrarse únicamente en los pedidos que requieren atención inmediata.

Ajuste de las fechas de vencimiento de recepciones programadas: los desajustes de las fechas de vencimiento planeadas para las recepciones programadas y las fechas en que realmente se necesitará de ese elemento, se presentan a causa de cambios en los requerimientos brutos de dichos elementos. Si la recepción programada está llegando con demasiada anticipación, la persona que realiza la planificación puede aplazar la recepción programada. Por el contrario, si la recepción programada está llegando con demasiado retraso, deberá acelerar el arribo de la recepción programada.

En la figura 27 se muestra la hoja de cálculo del módulo. Como puede apreciarse, se tiene un menú de botones que permite al usuario borrar los datos, regresar al módulo de explosión, abrir una ventana emergente de ayuda e ir al menú principal.

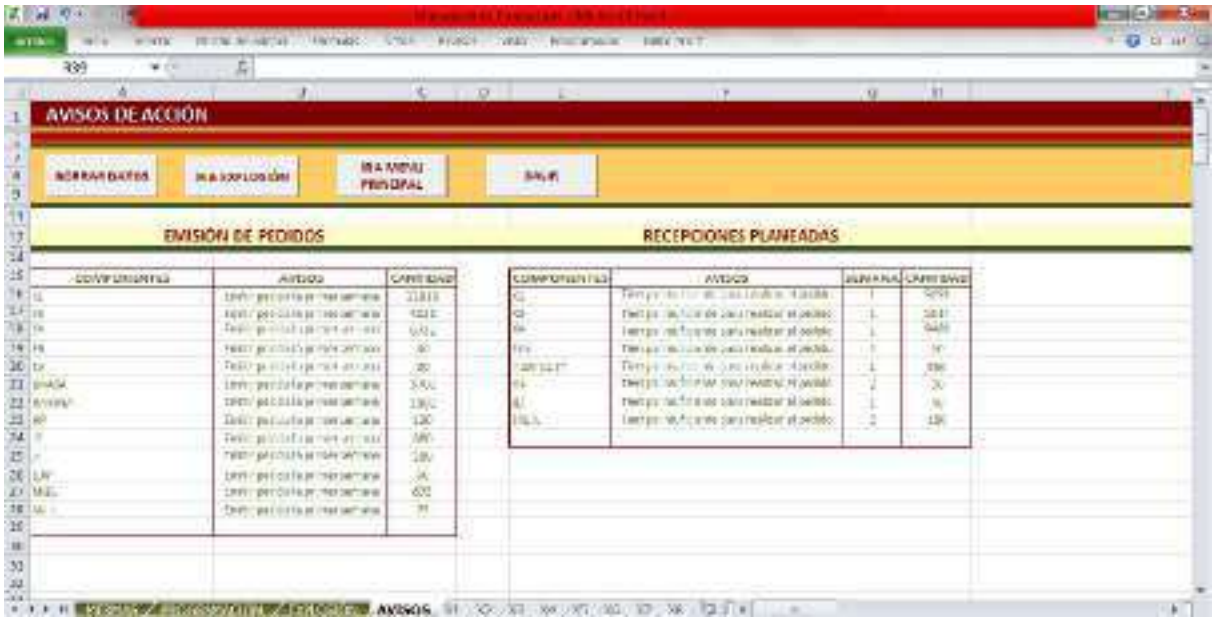


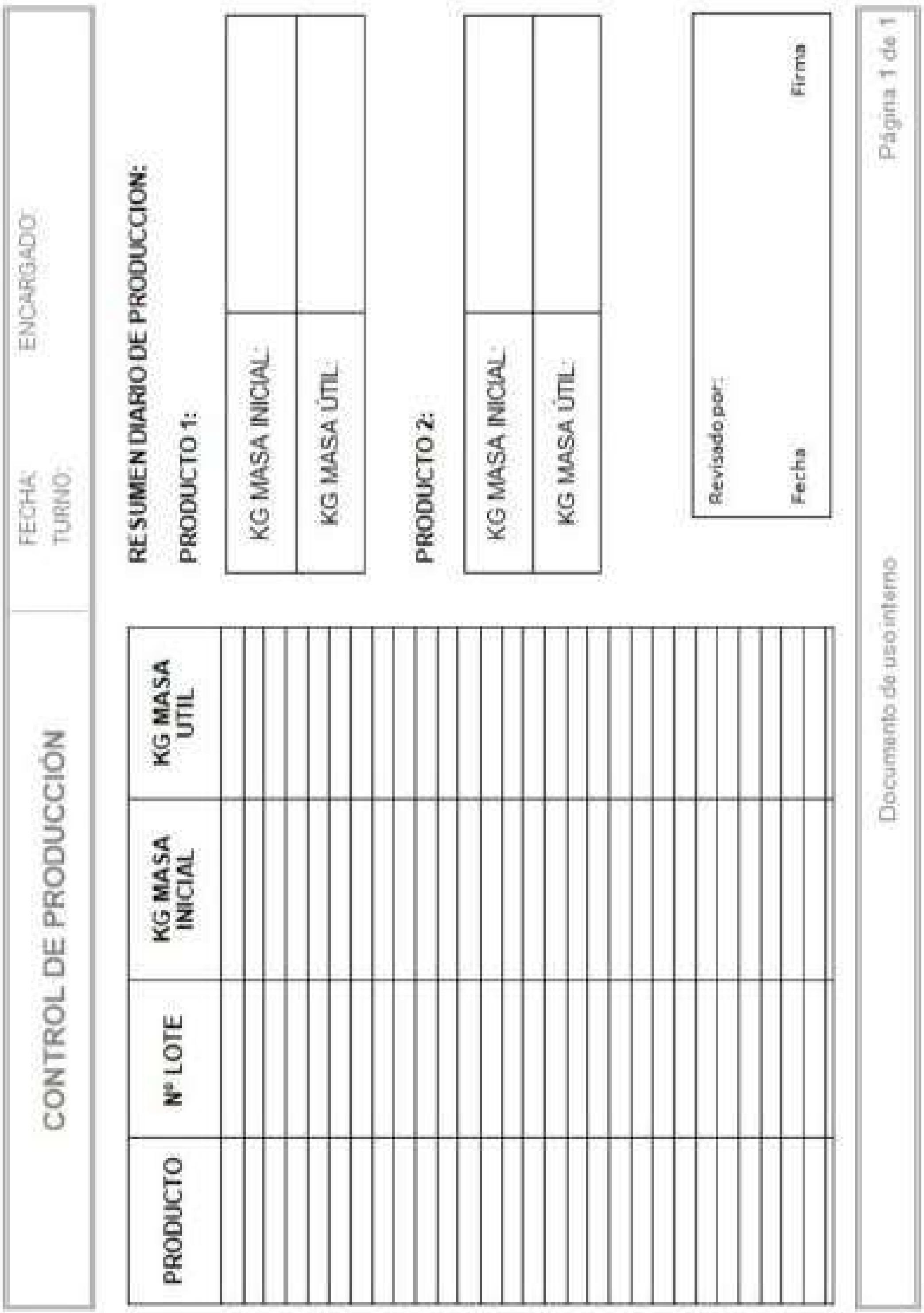
Figura 27

Los avisos de acción para las emisiones pedidas y las recepciones planeadas de cada semana por cada componente se presentan en forma de cuadro en el módulo 'Avisos de acción' al ejecutar la explosión de MRP en el módulo correspondiente.

Botones

Borrar Datos	Borra la información ingresada. Incluye, valores y formatos.
Ir a explosión	Direcciona al usuario al módulo 'Explosión'.
Ayuda	Abre instantáneamente una ventana de ayuda sobre los aspectos generales de utilización de la aplicación
Ir a Menú Principal	Direcciona al usuario al menú principal.

Apéndice A: CÁLCULO DE MERMAS: Registro Control de la producción



CONTROL DE PRODUCCIÓN

FECHA:

TURNO:

ENCARGADO:

PRODUCTO	Nº LOTE	KG MASA INICIAL	KG MASA UTIL

RESUMEN DIARIO DE PRODUCCION:

PRODUCTO 1:

KG MASA INICIAL:	
KG MASA ÚTIL:	

PRODUCTO 2:

KG MASA INICIAL:	
KG MASA ÚTIL:	

Revisado por:

Fecha

Firma

Documento de uso interno

Página 1 de 1

Apéndice B: PLANIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP)

- **Datos de entrada para MRP**

Lista de Materiales:

Para crear la lista de materiales (BOM) se requiere cierta información del producto. Esta es:

– Componente: elemento que es posible someter a una o varias operaciones para ser transformado o para llegar a formar parte de uno o más elementos padres[40].

– Nivel: depende de la relación padre-componente. Se tiene 4 tipos de componentes: elemento final (producto terminado que se vende al cliente), elemento intermedio (tiene por lo menos un padre y al menos un componente), subconjuntos (elemento intermedio que es ensamblado a partir de más de un componente y, elemento comprado (no tiene componente porque proviene de un proveedor pero si tiene uno o varios padres). Al elemento final se le asigna el nivel 0. Luego, a sus componentes inmediatos, el nivel 1; estos a su vez pueden ser intermedios, subconjuntos y/o comprado. En el caso de los dos primeros, los cuales se obtienen a partir de otros componentes, se les asigna el nivel 2, y así se procede sucesivamente.

– Cantidad: relación de cantidad entre el componente y el elemento padre inmediato derivada del diseño de ingeniería y de procesos. Se requieren X componentes para elaborar Y elementos padres.

– Dependencia: relación padre-componente. El elemento X depende del Elemento Y.

Para comprender mejor cómo se compone una BOM se muestra un ejemplo gráfico de la misma par a la galleta doble:

– Dependencia: el elemento final depende del subconjunto tapas galleta y del subconjunto pasta relleno. A su vez, el subconjunto tapa galleta depende de la harina, grasa, azúcar y cacao. Por otro lado, el subconjunto pasta relleno depende de la manteca, azúcar impalpable y esencia de vainilla.

– Cantidad: los valores entre paréntesis representan la cantidad necesaria de cada componente para obtener la cantidad requerida del componente padre inmediato. Por ejemplo: para elaborar 900 g de tapas de galleta, se necesitan 320 g de harina, 260 g de azúcar, 150 g de grasa y 200 g de cacao.

Programa maestro de producción

En él se explica en detalle cuántos elementos se producirán dentro de períodos de tiempo específicos. Se presentan en términos de requerimientos brutos y se utilizan en el sistema MRP para determinar los componentes necesarios para respaldar el programa.

[40] Un elemento padre es un producto manufacturado a partir de uno o varios componentes.

Registro de inventario

Su propósito es seguir la pista de los niveles de inventario y las necesidades de reabastecimiento. La información que aparece en el registro de inventario, clasificadas en etapas de tiempo, está conformada por:

– Requerimientos brutos. Demanda total proveniente de todos los planes de producción de padres.

– Recepciones programadas. Pedidos que ya fueron presentados pero que todavía no se han completado.

– Inventario proyectado a la mano. Estimación de la cantidad de inventario disponible en cada período de tiempo, una vez que los requerimientos brutos han sido satisfechos. El inventario inicial, indica el inventario a la mano que estaba disponible en el momento en que se hizo el registro. Las demás entradas, indican el inventario esperado en los períodos futuros.

– Recepciones planeadas. Pedidos aún no entregados a la planta productiva o al proveedor. En una semana cualquiera, nunca habrá simultáneamente, una recepción planeada y una programada. Las mismas están incluidas en el cálculo proyectado a la mano. Los planes para la recepción de nuevos pedidos impiden que el saldo proyectado a la mano descienda por debajo de cero.

– Emisiones planeadas de pedidos. Indica cuándo debe emitirse un pedido por una cantidad específica de un elemento.

- **Factores de la planificación**

– SS: inventario salvaguardado con el objetivo de reducir el riesgo de faltante.

– Lote: cantidad de elemento final que se puede elaborar por tanda. (Kg./amasijo).

– Unidad: unidad de medida empleada para medir el tamaño del lote. Puede ser unidades físicas, Kg., Gr., etc.

– TS: tiempo de suministro. Esto es una estimación del período de tiempo que transcurre entre el momento en que se presenta un pedido para comprar un artículo y el momento en que éste es recibido en el inventario.

- **Elementos resultantes de MRP – Explosión MRP**

El sistema MRP explota el programa maestro de producción y otras fuentes de demanda, para expresarlo en términos de los requisitos correspondientes a todos los subconjuntos, componentes, y materias primas que se requieren para producir elementos padres. Este proceso genera el plan de requerimientos de materiales para cada componente.

Apéndice C: TEORÍA DE PROGRAMACIÓN POR METAS

La programación por metas es una de las herramientas de la Investigación Operativa que permite analizar problemas de decisión con criterios múltiples que involucran la asignación de recursos escasos. Es una extensión de la programación lineal por lo cual, las suposiciones básicas que caracterizan al modelo de programación lineal se aplican igualmente al modelo de programación por metas. Le proporciona al tomador de decisiones la oportunidad de incluir objetivos inconmensurables y conflictivos en la formulación del problema que no pueden reducirse a una sola dimensión. Intenta minimizar las desviaciones entre las metas deseadas y los resultados reales de acuerdo a las prioridades asignadas. Entonces, se puede expresar que la finalidad de la programación por metas es alcanzar un nivel satisfactorio de múltiples objetivos.

Modelo matemático

Minimizar

$$z = \sum_{i=1}^{m} wi\,(\delta i^{+} + \delta i^{-}) \qquad (1)$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + \delta_i^{-} - \delta_i^{+} = b_i \qquad (2)$$

$$x_j,\ \delta_i^{-}, \delta_i^{+} \geq 0 \quad \text{para todo i} \qquad (3)$$

$$\delta_i^{-} * \delta_i^{+} = 0 \quad \text{para todo i} \qquad (4)$$

Siendo:

Z= función objetivo

X_j= variable de decisión

W_i= pesos de ponderación (ordinal y cardinal) asignado a cada una de las metas.

Ordinal: la ponderación sigue un orden

Cardinal: la ponderación tiene un peso

δ^{+} y δ^{-} = grado de sublogro (-) y sobrelogro (+) de la meta.

Apéndice D: USO DE FILTROS

Filtrar datos utilizando Autofiltro es una manera fácil y rápida de buscar un subconjunto de datos de un rango de celdas o de una columna de tabla y trabajar en él.

Los datos filtrados solamente muestran las filas que cumplen los criterios que haya especificado y ocultan las filas que no desea ver. Tras filtrar los datos, puede copiar, buscar, modificar, aplicar formato, representar mediante gráficos e imprimir el subconjunto de datos filtrados sin tener que volver a organizarlo ni moverlo.

También puede filtrar por más de una columna. Los filtros son aditivos, lo que significa que cada filtro adicional se basa en el filtro actual y además reduce el subconjunto de datos.

¿Para qué los usamos?

El uso de filtros en las tablas permite al usuario obtener los datos más importantes para él. Por ejemplo si desea visualizar para cada componente solamente las recepciones planeadas, se crea un filtro con el criterio de que se muestre únicamente éstas. De la misma forma se hace con el resto de los ítems.

Para averiguar cómo utilizarlos vea en la ayuda de Excel.

E: TABLA DE SIGLAS

F.O.: Función objetivo

FOQ: Pedido por cantidad fija

I.P.M.: Inventario proyectado a la mano

MRP: Material Requirement Planning

P.M.: programación por metas

R.B.: Requerimientos brutos

R.B.*: Requerimientos brutos ajustados

SS: inventario de seguridad

Anexo VI: Manual de proceso de selección y evaluación de proveedores

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PROVEEDORES

CCP-PE-R00

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. RESPONSABILIDADES
4. DEFINICIONES
5. CONTENIDO
    1. General
    2. Evaluación de nuevos proveedores
    3. Seguimiento de proveedores
    4. Evaluación del desempeño de proveedores
    5. Selección de proveedores
6. REGISTROS

Registro de proveedores

Cuestionario evaluación de proveedores

Ficha de evaluación del cuestionario

Control de cumplimiento de requisitos en recepción de materia prima

Reclamos al proveedor

7. REFERENCIAS
8. ANEXOS

1. OBJETIVO

Definir los lineamientos de los procesos de selección, evaluación y re-evaluación de proveedores con el fin de mejorar la calidad tanto de los productos y servicios recibidos como del servicio brindado a los clientes.

2. ALCANCE

Se aplica a todo proveedor de materias primas alimenticias, que muestre intenciones de realizar actos comerciales con la empresa.

3. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del área de compras y del área de calidad, conformar un equipo interdisciplinario donde se establezca con claridad las especificaciones que deben cumplir las materias primas y que las mismas se transmitan adecuadamente a los proveedores actuales y potenciales.

Asimismo, es responsabilidad del área de compras, llevar registro del desempeño de los proveedores, realizando evaluaciones y seguimientos periódicos al servicio brindado por los mismos además del cumplimiento con las cuestiones edilicias, de saneamiento e inocuidad de los alimentos.

4. DEFINICIONES

Materia Prima: toda sustancia que para ser utilizada como alimento necesita sufrir tratamiento y/o transformación de naturaleza física, química o biológica.

Proveedor: Se aplica a la persona natural o jurídica que se dedica a suministrar productos o servicios necesarios a una persona o empresa.

Proveedor potencial: entidad que brinda los productos que la empresa requiere para su desarrollo productivo. Se pueden dar dos escenarios: que dicha entidad desee formar parte de la cadena de suministro de la empresa o, que la empresa entable una búsqueda de los posibles proveedores para cada rubro y formule un registro de proveedores clientes para su posterior contacto con cada uno de ellos.

Proveedor apto: proveedor que cumple con los requisitos mínimos establecidos por la empresa en la primer instancia del proceso de evaluación.

Proveedor no apto: proveedor que no cumple con los requisitos mínimos establecidos por la empresa en la primer instancia del proceso de evaluación.

Proveedor aprobado: proveedor que cumple con los requisitos mínimos excluyentes y además, obtiene una calificación superior al 70 % en la evaluación del cuestionario de evaluación de proveedores.

Proveedor no aprobado: proveedor que habiendo cumplido los requisitos mínimos excluyentes, no califica como proveedor aprobado, obteniendo un puntaje menor a 70 en el cuestionario de evaluación de proveedores.

Base de datos de proveedores: registro informatizado donde se encuentran los datos de todos los proveedores consultados por la empresa y los que surgen de una búsqueda a fin de ser contactados.

Selección de proveedores: etapa previa al inicio del proceso de compra, mediante la cual se logra la validación o aprobación de algunos proveedores, que poseen las competencias para satisfacer adecuadamente las necesidades de la entidad.

Consiste en la identificación de los proveedores que cumplen con los requisitos mínimos (legales y comerciales) y que además proveen los productos que la empresa requiere para llevar a cabo su proceso productivo cumpliendo con las especificaciones establecidas por el departamento de calidad. Se establecen criterios de selección mediante los cuales se evalúa a cada proveedor y, de su análisis, se selecciona a los proveedores óptimos para cada rubro.

Evaluación de proveedores: etapa en la cual se analizan y seleccionan los proveedores de una organización, a fin de garantizar la estandarización de los productos que elabora, teniendo en cuenta diferentes requisitos que deben cumplir para lograr la estandarización mencionada. Apunta a optimizar varios aspectos, entre los cuales ocupan un lugar relevante, la calidad de los productos y la reducción de costos.

Re-evaluación de proveedores: etapa donde los proveedores son evaluados (reevaluados) continuamente para garantizar que continúan cumpliendo los requisitos estipulados y que mejoran de acuerdo con las expectativas del cliente. El proceso se lleva a cabo mediante la evaluación del cumplimiento de los criterios de selección establecidos.

Criterio: condición que permite realizar una elección, lo que implica que sobre un criterio se pueda basar una decisión o un juicio de valor.

Criterios de evaluación de proveedores: condiciones o parámetros para evaluar los aspectos críticos que clasifican a un proveedor como apto o no a la empresa.

Sub-criterios de evaluación: forma de discernir un criterio general para lograr evaluaciones más precisas. Estos sub-criterios con sus respectivos pesos ponderados componen el criterio de evaluación. Son de suma importancia al momento de determinar los aspectos a mejorar por parte del proveedor a fin de mejorar el servicio ofrecido y cumplir con las restricciones de la empresa suministrada.

5. CONTENIDO

General

En el presente procedimiento se detalla el proceso de evaluación de nuevos proveedores y el de proveedores que han mantenido al menos una acción comercial con la empresa.

Además, se establece el seguimiento que se debe efectuar a los proveedores para asegurar la continua respuesta a los altos estándares que imponen nuestros clientes.

Evaluación de nuevos proveedores

La necesidad de comenzar una búsqueda de nuevos proveedores surge a partir de la baja de la empresa proveedora o bien por la no conformidad con los proveedores actuales ya sea por los motivos más relevantes como calidad, precio, tiempo de entrega y comunicación, o por cualquier otro motivo. Otras razones pueden ser: que se requiera ampliar la cartera de proveedores para realizar comparaciones de productos y condiciones comerciales con el objetivo de mejorar la gestión comercial o, la fabricación de un nuevo producto.

Normalmente, se identifica a los proveedores a través de la búsqueda de información consultando las fuentes más habituales:

- Prensa, radio y televisión,
- Publicaciones especializadas,
- Ferias y exposiciones comerciales,
- Páginas Amarillas,
- Internet,
- Asociaciones empresariales, cámaras de comercio y bases de datos de organismos públicos y privados,
- Otras empresas de nuestro sector

El departamento de compras inicia el contacto directo con la cartera de proveedores encontrados solicitando a los interesados en mantener una relación comercial, la información que se desea obtener. Los proveedores interesados deben ser registrados en el registro de proveedores (véase Anexo I) como ‘proveedores potenciales’. Éstos deben demostrar que cumplen con los requisitos legales y además deben responder claramente a los aspectos de calidad, seguridad, medio ambiente y condiciones económicas mediante un cuestionario: cuestionario de evaluación de proveedores (véase Anexo II). La forma de obtener esta información puede ser a través de correo, fax o e-mail. Se puede solicitar el envío de catálogos, muestras, llamada telefónica, visita de representantes comerciales o realizar visitas a la empresa proveedora.

Una vez que se tiene la cartera de potenciales proveedores la empresa debe evaluarlos. Este proceso se divide en dos etapas:

PRIMER ETAPA: Requisitos excluyentes.

La evaluación de nuevos proveedores contempla una instancia inicial donde se analizan aspectos legales y comerciales. Los mismos varían para cada tipo de proveedor en

particular. Sin embargo es requisito excluyente para toda empresa interesada en suministrar materiales, cumplir con los mismos. El proceso consiste en extraer de la base de datos de proveedores a todos aquellos calificados como potenciales con los cuales no se ha realizado un acto comercial hasta el día de la fecha. El objetivo es contactarlos a fin de evaluar el interés y la capacidad de mantener una relación comercial con la empresa.

Se considera en esta etapa primeramente a los requisitos legales y comerciales que a cada proveedor, dependiendo el rubro de su compañía, le compete. Luego, se analiza la capacidad de abastecer logística y comercialmente a la empresa, se evalúa también el poder de cumplimiento con las especificaciones requeridas para cada producto a suministrar. A partir de los datos recabados, se deja por sentado en el registro de proveedores (véase anexo I) todos aquellos proveedores que cumplen con los requisitos iniciales como proveedores 'aptos' y aquellos que no los cumplen como proveedores 'no aptos'.

Por último, se eleva un comunicado para anunciar el resultado a todo proveedor que se haya contactado. Se le notifica que continúa con el proceso de evaluación realizando recomendaciones en caso de ser necesarias o bien, se le detallan los motivos por los cuales éste no es apto para entablar una relación comercial con la empresa, otorgándole un tiempo prudencial para mejorar los aspectos que no cumplen de los requisitos en caso de que el proveedor muestre intensiones en mantener una relación comercial con la empresa. Esta acción se debe dejar por sentada en el registro de proveedores (véase anexo I) mediante una afirmación en la columna 'se dio aviso'.

SEGUNDA ETAPA. Cuestionario de evaluación de proveedores.

Una vez que se realiza la primera pre-selección, se procede a la implementación del cuestionario de evaluación de proveedores (véase anexo II) para aquellos proveedores que han pasado la primer etapa. El mismo debe ser completado por el potencial proveedor. Luego un evaluador calificado y correctamente capacitado analiza y clasifica al proveedor utilizando la ficha de evaluación del cuestionario (véase anexo III).

Si el proveedor obtiene un puntaje mayor a 70 puntos pasa a competir directamente con los proveedores que ya han prestado el servicio al menos una vez, y que a su vez, han sido aprobados para una re-selección. El proveedor que supera los 70 puntos en la evaluación es registrado en el registro de proveedores (véase anexo I) como proveedor 'Aprobado' quedando habilitado a mantener relaciones comerciales con la empresa. Los que no superan este puntaje también se registran en el registro de proveedores como proveedores 'No aprobados'.

Es obligación del área de compras comunicar los resultados a los proveedores evaluados. En caso de no cumplir con los requisitos, se debe informar los puntos críticos a fin de que los proveedores puedan realizar las mejoras pertinentes y volver a postularse para una re-evaluación en caso de que así lo deseen. Esta acción se debe dejar por sentada en el

registro de proveedores (véase anexo I) mediante una afirmación en la columna 'se dio aviso'.

Seguimiento de proveedores

Se realiza seguimiento a todo proveedor que mantiene al menos una relación comercial con la empresa. El procedimiento es el siguiente:

Se efectúa una re-evaluación anual mediante el uso del cuestionario de evaluación de proveedores (véase anexo II) y su correspondiente ficha de evaluación de cuestionario (véase anexo III) con el fin de asegurar que cumpla con los requisitos mínimos exigidos. Los resultados obtenidos deben registrarse en el registro de proveedores (véase anexo I).

Asimismo, se efectúa un seguimiento diario del desempeño del proveedor. Cada vez que se recibe un pedido, se evalúa la materia prima recibida y el cumplimiento de las condiciones de entrega pactadas. El encargado de realizar la evaluación cuenta con el registro de control del cumplimiento de los requisitos en la recepción de materia prima (véase anexo IV) y la lista de verificación de materiales (véase anexo V).Basándose en los puntos críticos detallados en la lista de verificación de cada producto, además del tiempo y la forma de entrega pactados al ejecutar el pedido, debe detectar incumplimientos y registrarlos en el registro antes mencionado. Por otro lado, se tiene un registro de reclamos al proveedor (véase anexo VI) donde se detallan las no conformidades con el servicio brindado junto con la actitud del proveedor ante el reclamo y las acciones correctivas que se realizaron.

Por último, puede surgir la necesidad de una evaluación del proveedor frente a una ampliación de la cartera de productos ofrecidos en este caso de que los productos ofrecidos involucren otras instalaciones, otros medios de transporte, etc.

Evaluación del desempeño de proveedores:

Esta etapa se aplica a todo proveedor que haya mantenido al menos un acto comercial con la empresa.

El proveedor se evalúa mediante la fórmula que se presenta a continuación:

- Calificación final del proveedor

Calificación Final = 0.35*(Calidad) + 0.25*(Entrega) + 0.20*(Precio) +

0.10*(Comunicación) + 0.10*(Velocidad de respuesta)

Modo de aprobación:

Si el proveedor obtiene un puntaje mayor o igual a 70 puntos se lo considera 'aprobado' esto es, cumple con las condiciones mínimas exigidas para poder suministrar bienes a la empresa. Si el puntaje se encuentra por debajo de los 70 puntos, no se aprueba al proveedor.

Documentación:

Una vez que se califica al proveedor se lo documenta en el registro de proveedores (véase anexo I), en el caso de que el proveedor haya obtenido un puntaje mayor o igual a 70 puntos se lo identifica como 'Aprobado' de lo contrario, 'No aprobado'.

Asimismo se debe registrar la calificación obtenida en la base de datos de proveedores en donde se lleva un histórico del desempeño de los proveedores.

Criterios de evaluación y su ponderación:

En la tabla siguiente se exponen los criterios generales mediante los cuales los proveedores son evaluados y sus respectivas ponderaciones.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
CALIDAD	Este criterio abarca el desempeño real de los proveedores considerando su competencia para cumplir con los requisitos impuestos por la empresa y claramente comunicados al proveedor, la predisposición de los mismos ante reclamos o solicitudes, y, la preferencia del gerente de producción.	0.35
ENTREGA	Este criterio evalúa la capacidad del proveedor para cumplir con las fechas y horas de entrega pactadas, en cantidades especificadas y forma adecuada.	0.25
PRECIO	Este criterio se refiere al valor en pesos del producto adquirido.	0.20
COMUNICACIÓN	Este criterio se refiere a la facilidad de contactar al área comercial del proveedor y al vehículo responsable de transportar la mercadería hasta el establecimiento cliente.	0.10
VELOCIDAD DE RESPUESTA	Este criterio evalúa el desempeño del proveedor en base a cuán rápidamente responde ante una solicitud o reclamo por parte del cliente.	0.10

Parámetros para evaluar cada criterio:

Para puntuar el desempeño de cada criterio se aplica sub-criterios a calidad y entrega, y se establece categorías para evaluar a precio, comunicación y velocidad de respuesta.

Cada sub-criterio tiene un peso ponderado. Asimismo, de la evaluación se obtiene un puntaje para cada sub-criterio. El puntaje final del criterio se conforma con la suma de los sub-criterios ponderados.

En el caso de los criterios que se evalúan por categorías, cada una de ellas tiene una puntuación, y sumadas alcanzan los 100 puntos. En la evaluación se selecciona solo una, siendo su puntaje el del criterio al que pertenece.

De esta forma se obtiene la calificación final de cada criterio:

Calidad: (ID)*60 + (P)*30 + (PC)*10 =

Entrega: (IFA)*15 + (IIN)*35 + (IRNR)*50 =

Precio: el valor del criterio corresponde a la clasificación elegida.

Comunicación: el valor del criterio corresponde a la clasificación elegida.

Velocidad de respuesta: el valor del criterio corresponde a la clasificación elegida.

A continuación se detallan los sub-criterios de evaluación junto con sus ponderaciones relativas para el criterio de calidad y el de entrega.

CRITERIO	PONDERACIÓN	SUBCRITERIOS	PONDERACIÓN
CALIDAD	0.20	Índice de desempeño	60
		Predisposición a cambios	30
		Preferencias del consumidor	10
ENTREGA	0.25	Fletes adicionales	15
		Incumplimiento en plazo o cantidad de entrega	35
		Reclamos no resueltos	50

Puntuación de cada sub-criterio:

Calidad:

- Índice de desempeño: $\mathrm{ID} = \frac{\sum_{x=1}^{n} \mathrm{ID}_x}{n}$ siendo:

x= producto

n= total de productos suministrados por el proveedor.

ID_x= índice de desempeño de cada producto: $IDx = \frac{\sum_1^R IDe}{R}$ donde:

R: n° total de registros

ID_e = índice de desempeño por entrega de cada producto

$$ID = \frac{\text{Cantidad de producto conforme/entrega}}{\text{Cantidad de producto recibido/entrega}} \text{x } 100$$

Para el cálculo de la cantidad de producto conforme se debe recurrir al registro Control de cumplimiento de requisitos en la recepción de materias primas (Véase anexo IV). De allí se extrae la cantidad de producto conforme por entrega y la cantidad total recibida.

La forma de obtener el índice de desempeño de cada proveedor es la siguiente:

El ID_e calculado en cada recepción de materia prima se ingresa a la base de datos donde se lleva un registro histórico de éstos para cada producto que ofrece el proveedor. De allí se obtiene fácilmente el índice de desempeño de cada producto (ID_x), promediando ID_e que se tienen registrados. Finalmente, se obtiene el índice de desempeño del proveedor (ID) promediando el índice de desempeño de cada producto (ID_x).

- Predisposición (P):

Este criterio clasifica la predisposición del proveedor frente a eventuales cambios en los pedidos, reclamos, entre otros factores. El evaluador debe otorgar un peso a este sub-criterio en orden a la actitud recibida por parte del proveedor durante la relación de compra-venta.

CLASIFICACIÓN	PESO
Muy buena	100
Buena	50
Regular	0

- Preferencias del consumidor (PC):

El evaluador debe asignar al sub-criterio el peso que corresponda según el gerente de producción se encuentre conforme o no, con el servicio prestado por el proveedor.

CLASIFICACIÓN	PESO
Conforme	100
No conforme	0

Entrega:

- Índice de fletes adicionales (I_{FA}): $I_{FA} = (1 - \frac{FA}{F}) \times 100$ siendo:

FA= n° de fletes adicionales/ período

F = n° total de fletes registrados/ período

El N° de fletes adicionales hace referencia al número de veces que se registraron fletes adicionales por no conformidades con los requisitos de entrega.

La forma de obtener el índice I_{FA} es la siguiente:

Cada vez que ingresa un pedido a planta, este se registra en la base de datos de la empresa. En la misma se tiene registro de cada flete adicional realizado por pedido arribado a la empresa. Esto se registra primeramente en el registro control del cumplimiento de los requisitos en la recepción de materias primas (véase anexo IV) en la sección de acciones correctivas, luego se transfiere a la base de datos. Luego, con los datos históricos del proveedor es posible estimar el I_{FA} con la fórmula presentada.

- Incumplimientos en el plazo de entrega o en cantidades (IN):

$$I_{IN} = \frac{\sum \text{puntaje de incumplimiento}}{\text{Total de pedidos recibidos}}$$

Se parte de los incumplimientos documentados en el registro control del cumplimiento de los requisitos en la recepción de materias primas e insumos (véase anexo IV). De allí se obtiene el grado de incumplimiento tanto en el plazo de entrega como en cantidades. El mismo se evalúa en términos de porcentajes: cuánto se desplazo de la meta, asignando a la meta un valor de 100%.

GRADO	INCUMPLIMIENTO	PUNTAJE
Alto	Mayor o igual al 20 %	30
Moderado	Entre 0% y 20 %	60
Normal	0	100

El grado de incumplimiento debe ser medido en cada pedido recibido y registrado en la base de datos de proveedores. De allí se obtiene el I_{IN}, promediando los puntajes obtenidos por cada pedido recibido que se tenga registrado en la base de datos.

- Reclamos no resueltos (RNR):

$$I_{RNR} = \left(1 - \frac{R_{NR}}{R}\right) \times 100$$

RNR: reclamos no resueltos

R: n° total de registros

Se parte de los reclamos realizados a los proveedores que se hallan documentados en el registro de reclamos al proveedor. Los mismos deben estar registrados en la base de datos

de proveedores. Con los datos históricos de los reclamos no resueltos se procede a sumar los mismos y dividirlos por la cantidad total de reclamos efectuados hasta el día de la fecha.

Precio – Comunicación – Velocidad de respuesta

En la siguiente tabla se muestra la categorización de los criterios precio, comunicación y velocidad de respuesta, con sus respectivos puntajes.

Por cada producto se realiza un promedio

PRECIO	0.30	Mayor al 20% respecto al menor precio ofertado	15
		Mayor (0-20%) al menor precio ofertado	30
		Igual al menor precio ofertado	60
		Menor (0-20%) al precio del mercado	80
		Menor al 20% respecto al precio del mercado	100
COMUNICACIÓN	0.10	A: Facilidad de contacto	100
		B: Facilidad de contacto moderada	60
		C: Es difícil de contactar	20
VELOCIDAD DE REPUESTA	0.15	A: Permanentemente responde rápidamente, cumpliendo con las especificaciones del contratante.	100
		B: Ocasionalmente responde rápidamente	60
		C: Rara vez responde rápidamente, cumpliendo con las especificaciones del contratante.	20
		D: Nunca responde rápidamente	0

El evaluador deberá calificar objetivamente a cada uno de los sub-criterios y asignarle el peso correspondiente.

Este procedimiento se efectúa por cada compra realizada. Se registran los puntajes asignados en la base de datos de proveedores. Luego los sub-criterios adquieren el valor del puntaje promedio según el histórico.

Selección de proveedores

El proceso de selección consiste en seleccionar los proveedores que prestarán servicio en una compra determinada. Para ello, el evaluador analiza el listado de proveedores aprobados y, en base al puntaje que cada proveedor tiene, se selecciona al de mayor.

6. REGISTROS

Registro de proveedores

Cuestionario de evaluación de proveedores

Ficha control de requisitos en la recepción de materias primas

Reclamos al proveedor

7. REFERENCIAS

Lista de verificación de materiales

8. ANEXOS

Anexo I: Registro de proveedores

Anexo II: Cuestionario de evaluación de proveedores

Anexo III: Ficha de evaluación del cuestionario

Anexo IV: Control de cumplimiento de requisitos en la recepción de materias primas

Anexo V: Lista de verificación de materiales

Anexo VI: Reclamos al proveedor

Anexo I: Registro de proveedores

ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES

Tres Arroyos – Buenos Aires – Argentina

REGISTRO DE PROVEEDORES							N° R:
PROVEEDOR	ESTADO	RUBRO	RESPONSABLE	LOCALIDAD DIRECCIÓN	TELÉFONO E- MAIL	INCUMPLIMIENTO	SE DIO AVISO

Observaciones:	Estado del proveedor: Potencial, Apto, No apto / Aprobado, No aprobado	Aprobado por: Firma

Documento de uso interno

Anexo II: Cuestionario de evaluación de proveedores

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES

CÓDIGO DEL PROVEEDOR	MOTIVO DE LA EVALUACIÓN
	☐ NUEVO PROVEEDOR ☐ NUEVO PRODUCTO ☐ SEGUIMIENTO

1. DATOS DE LA EMPRESA:

Razón social: ……

Dirección: …… Localidad: …… Pcia:……

Teléfono: …… Fax: …… Página web: ……

Actividad principal: ……

N° de empleados:…… Capacidad anual aproximada:……

Productos o servicios suministrados:……

……

Principales clientes: ……

Principales proveedores: ……

2. PERSONAS DE CONTACTO

Nombre: Puesto: E- mail: Teléfono:	Nombre: Puesto: E- mail: Teléfono:
Nombre: Puesto: E- mail: Teléfono:	Nombre: Puesto: E- mail: Teléfono:

3. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

3.1. ¿Tienen implantado algún sistema de la calidad? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
(Indique norma)

En caso afirmativo:

3.2. ¿El sistema está certificado por alguna entidad acreditada? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A

3.3. ¿Tienen algún sistema de la calidad en fase de implementación? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
(Indique norma)

3.4. ¿Tienen previsto implantar algún tipo de sistema de calidad? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
(Indique cuál)

4. SUMINISTRO DE MATERIALES

4.1. ¿Se compromete a confirmar los pedidos recibidos? ☐ SI ☐ NO
En un plazo máximo de …. Días. Modo de confirmación(correo, fax, teléfono): ……

4.2. ¿Se compromete a comunicar la fecha de entrega del pedido en la confirmación? ☐ SI ☐ NO

4.3. ¿Se compromete a actualizar los precios cuando haya alguna modificación, enviando la lista modificada inmediatamente después de producido el cambio? ☐ SI ☐ NO

4.4. ¿Se compromete a aceptar las devoluciones en caso de que la entrega no cumpla con las especificaciones establecidas por la empresa? ☐ SI ☐ NO

4.5.	¿Se comprometen a informar el n° de lote y la fecha de vencimiento los documentos comerciales? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
4.6.	¿Brindan flexibilidad en las forma y plazos de pago? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
4.7.	Transporte: ¿ Se realiza por medios ☐ propios, ☐ empresa transportista? ☐ En caso de que sea una empresa transportista adjunte los datos de la empresa ¿Tienen control sobre los transportes de cada pedido tal que se asegure el adecuado transporte de los materiales? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
4.8.	¿Posee registros del control de los vehículos antes de realizar el envío? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
4.9.	¿Lleva registros de las entregas? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
4.10.	¿Tienen implementado un sistema de HACCP?
4.11.	¿Poseen registro de reclamos de clientes? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A En caso afirmativo, ¿Poseen procedimientos para solucionar problemas de devoluciones de productos suministrados? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A Generalmente, ¿Compensan a sus clientes cuando ocurre una no conformidad en la entrega? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
5. PROVEEDORES:	
5.1.	¿Se evalúa a los proveedores? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
5.2.	¿Se lleva un control estricto de las especificaciones de los materiales comprados? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
5.3.	¿Realiza las inspecciones y los análisis sobre las materias primas que así lo requieren? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
5.4.	¿Lleva registro de las entradas de materiales con especificaciones, certificados de calidad o garantía? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
5.5.	¿Se lleva una correcta trazabilidad de la materia prima y empaques? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
6. PROCESO	
6.1.	¿Poseen un sistema de trazabilidad de los productos a suministrar? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
6.2.	¿Se tienen procedimientos e instructuvos establecidos y documentados para realizar el proceso productivo? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
6.3.	¿Cuentan con un laboratorio para efectuar los análisis pertinenetes? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
6.4.	¿Se realizan controles o inspecciones al producto antes de su despacho a clientes?
7. ALMACENAJE	
7.1.	¿Poseen un procedimiento que defina el sistema de manipulación, almacenamiento, embalaje y conservación? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
7.2.	¿Las áreas de almacenamiento son tal que se asegura el no deterioro de los materiales? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
7.3.	¿El espacio de almacenaje es tal que permite almacenar inventario por largos períodos de tiempo? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
7.4.	¿Se tienen registros de las entradas y salidas del almacén? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
7.5.	¿Tienen un área asignada al producto no conforme? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A
8. INSTALACIONES	
8.1.	¿La infraestructura se mantiene en buen estado edilicio? ☐ SI ☐ NO ☐ N/A (Se respeta, la ventilación, orden y limpieza, paredes y pisos en buen estado)

8.2.	¿Se tiene en buenas condiciones las conexiones de servicios?	☐ SI ☐ NO	☐ N/A
	¿Posee la documentación que avala la respuesta anterior?	☐ SI ☐ NO	☐ N/A
9. SANIDAD			
9.1.	¿Posee un programa documentado de control de plagas?	☐ SI ☐ NO	☐ N/A
9.2.	¿Se tiene registro de los controles de plagas efectuados?	☐ SI ☐ NO	☐ N/A
10. OBSERVACIONES:			

FORMULARIO CUMPLIMENTADO POR:	
NOMBRE:	CARGO:
CONTACTO:	FECHA: ___/___/_____
	(Firma y sello de la empresa)
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN (A cumplimentar en la empresa suministrada)	
Proveedor:	Fecha de evaluación: ___/___/_____
☐ ACEPTADO	☐ NO ACEPTADO
Evaluado por:	_____ (Firma)

El cuestionario debe ser completado con un juicio completamente imparcial puesto que puede ser auditado por la empresa suministrada para la verificación de los puntos que en el presente se establecen.

Anexo III: Ficha de evaluación del cuestionario

CALIFICACIÓN DEL PROVEEDOR

El proveedor se califica a partir del cuestionario de evaluación de proveedores. En este se analizan los puntos críticos a la hora de calificar el desempeño de un proveedor.

Metodología de evaluación

Se asigna un valor de 1 punto a toda pregunta que haya sido contestada como afirmativa.

Se asigna 0 puntos a toda pregunta que haya sido contestada como negativa.

Se suma el total de respuestas afirmativas.

Se suma la cantidad total de preguntas y se le resta la cantidad de respuestas que se le ha asignado N/A (no aplica).

Por último, se realiza la siguiente operación:

$$\text{CALIFICACIÓN} = \frac{\text{N° RESPUESTAS AFIRMATIVAS}}{\text{TOTAL DE PREGUNTAS - N° DE RTAS N/A}} \times 100$$

Modo de aprobación

APROBADO: Calificación mayor o igual a 70 puntos.

DESAPROBADO: Calificación menor a 70 puntos.

Documentación

El resultado de la evaluación debe ser registrado en el registro de proveedores aprobados. Primer etapa. En caso de que el resultado sea favorable, de lo contrario, se debe registrar en el registro de proveedores no aprobados. Primer etapa.

Anexo IV: Control de cumplimiento de requisitos en la recepción de materias primas

ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES

Tres Arroyos – Buenos Aires – Argentina

RECEPCION DE MATERIAS PRIMAS CONTROL DE CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS							N° REGISTRO:
PRODUCTO	FECHA	PROVEEDOR	RESPONSABLE	CANT. PEDIDA	CANT. RECHAZADA	INCUMPLIMIENTO	ACCIONES CORRECTIVAS
Recibido por: Firma			Inspeccionado por: Firma			Despachado por: Firma	

* La firma del despachante deja asentado el conocimiento por parte del mismo del estado en que se entregó la mercadería.

Documento de uso interno

Anexo V: Lista de verificación de materiales

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES

Requisitos que debe cumplir la materia prima para ser aceptada:

REQUISITOS GENERALES:

- Presentación de la documentación necesaria
- Entrega en horario pactado
- La cantidad recibida concuerda con lo ordenado en la solicitud de compra

CONDICIONES DEL VEHÍCULO:

- El vehículo es apto para el transporte alimenticio
- Inspección visual: ausencia de olor, ausencia de barro, residuos sólidos y líquidos
- Control: registro de limpieza del vehículo actualizado

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO:

RÓTULO

- Denominación de venta del alimento.
- Lista de ingredientes. Salvo cuando se trate de alimentos de un único ingrediente (por ejemplo: azúcar, harina, cereal, etc.).
- Contenidos netos.
- Identificación del origen. Razón social del fabricante o productor o fraccionador o titular (propietario) de la marca; domicilio (país de origen y localidad); número de registro o código de identificación del establecimiento elaborador ante el organismo competente.
- Identificación del lote.
- Fecha de duración.
- Preparación e instrucciones de uso del alimento cuando corresponda.

OTROS ASPECTOS A VERIFICAR

Anexo VI: Reclamos al proveedor.

REGISTRO DE RECLAMOS AL PROVEEDOR					N° REGISTRO:
FECHA	PROVEEDOR	NO-CONFORMIDAD	ATENCIÓN A RECLAMOS	ACCIÓN CORRECTIVA	OBSERVACIONES

Elaborado por: Firma	Aprobado por: Firma

Anexo VII: Ejemplo lista de verificación de materiales.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES

Requisitos que debe cumplir la materia prima para ser aceptada:

REQUISITOS GENERALES:

- Presentación de la documentación necesaria
- Entrega en horario pactado
- La cantidad recibida concuerda con lo ordenado en la solicitud de compra

CONDICIONES DEL VEHÍCULO:

- El vehículo es apto para el transporte alimenticio
- Inspección visual: ausencia de olor, ausencia de barro, residuos sólidos y líquidos
- Control: registro de limpieza del vehículo actualizado

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO:

- Cereales:

- Olor: característico de cada cereal
- Sabor: característico de cada cereal
- Color: característico de cada cereal
- Textura: característico de cada cereal

Otras especificaciones:

Son inocuos, exentos de sabores, olores anormales, de insectos y ácaros vivos.

Exentos de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

Cumplen con los requisitos físicos-químicos (contenido de humedad, máximo admisible de materia extraña orgánica e inorgánica, etc.) y con la composición nutritiva definida.

- Harina

- Olor: característico
- Sabor: característico. No debe poseer amargor, dulzor o acidez.
- Color: blanco o blanco cremoso
- Textura: suave. Al cogerla con la mano debe tener cuerpo pero sin formar conglomerados.

Otras especificaciones:

Exenta de gérmenes patógenos, toxinas y microrganismos perjudiciales (bacterias, mohos).

Procede de materias primas que no estén alteradas, adulteradas y contaminadas.

Cumplen con los requisitos físicos-químicos (contenido de humedad, máximo admisible de materia extraña orgánica e inorgánica, etc.) y con la composición nutritiva definida.

- Azúcar

- Olor: inodoro
- Sabor: dulce
- Color: blanco brillante
- Textura: cristales de pequeña granulometría

CONFORMIDAD DE LOS EMBALAJES Y ENVASES:

- Integridad del embalaje:

No está rajado, roto, ni abollado.

No está roído.

Está limpio.

- Integridad del envase:

El envase no se encuentra roto, mojado, abollado, oxidado, pinchado o abierto por ningún motivo.

Producto con faja o cierre de seguridad: permanece en correctas condiciones

RÓTULO

- Denominación de venta del alimento.
- Lista de ingredientes. Salvo cuando se trate de alimentos de un único ingrediente (por ejemplo: azúcar, harina, cereal, etc.).
- Contenidos netos.

- Identificación del origen. Razón social del fabricante o productor o fraccionador o titular (propietario) de la marca; domicilio (país de origen y localidad); número de registro o código de identificación del establecimiento elaborador ante el organismo competente.

- Identificación del lote.

- Fecha de duración.

- Preparación e instrucciones de uso del alimento cuando corresponda.