

# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**



**INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMATICAS**

**ESCUELA DE GRADUADOS**

**TESIS DE GRADUACION**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

**“MAGISTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTION LOGISTICA”**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMATICO APLICADO A LA SECUENCIA Y  
BALANCEO DE ORDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA  
PRODUCTORA DE YOGURT”**

**AUTORES:**

**ING. VICTOR ALEJANDRO VEGA CHICA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO**

**2010**

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

### **Ing. Víctor Vega**

A Dios, por haberme fortalecido en los momentos difíciles de esta ardua pero satisfactoria profesión, por permitirme estar con vida, salud y disfrutar de los logros que con esfuerzo voy acumulando bajo su bendición.

A mis padres, esposa y hermanas, por ayudarme en cada etapa de mi vida y por sacrificar el tiempo que delegué a la obtención de este nuevo título académico en mi vida.

## DECLARACIÓN EXPRESA

*“La responsabilidad por los hechos y doctrinas  
Expuestas en este Proyecto de Graduación, así  
Como el Patrimonio Intelectual del mismo,  
Corresponden exclusivamente al ICM (Instituto  
De Ciencias Matemáticas) de la ESCUELA  
SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”*

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

---

Ing. Víctor Vega Ch.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Washington Armas Cabrera

**DIRECTOR ICM**

---

MSc. Fernando Sandoya

**COORDINADOR POSTGRADOS**

---

Msc. Jorge Abad Moran

**DIRECTOR DE TESIS**

---

Msc. José Cabezas

**VOCAL**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>II</b>
<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>III</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Justificación del Problema.....	3
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Metodología.....	5
1.7 Estructura de la tesis .....	7
<b>2. PROBLEMA DE ASIGNACIÓN: PRINCIPALES CONCEPTOS</b>	<b>8</b>
2.1 El problema de la asignación de tareas.....	8
<b>3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	
3.1 Introducción.....	17
3.2 Descripción del proceso y capacidades productivas.....	17
3.2.1 La planificación de la producción	17
3.2.2 Consideraciones:	17
3.2.3 Programación de líneas de producción	18
3.2.4 Generación de órdenes de producción	19
3.2.5 Despacho de materias primas y material de empaque	19
3.2.6 Producción y control de proceso	20
3.2.7 Recepción de órdenes de pedido	21

---

3.3	Análisis de los principales problemas detectados en el proceso productivo.....	21
3.3.1	Matriz de ponderación de problemas	24
3.4	Diagrama Causa Efecto para identificar la causa origen de los problemas.....	26
<b>4.</b>	<b>CASO DE ESTUDIO: BALANCEO DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN EN BASE A PEDIDOS APLICANDO MODELIZACIÓN MATEMÁTICA PARA MEJORAR EL MANEJO DE INVENTARIO.</b>	<b>28</b>
4.1	Introducción.....	28
4.2	Definición del problema	28
4.3	La programación lineal	28
4.4	Diseño y aplicación del modelo matemático para la programación y secuenciación de la producción.	30
4.4.1	Limitantes de la producción	32
4.4.2	Marco estratégico de la programación matemática	32
4.4.3	Modelo Matemático para el Balanceo de la Producción semanal de yogurt	32
4.4.4	Índices del modelo	33
4.4.5	Variables de Decisión	33
4.4.6	Tablas y parámetros	34
4.4.7	Función objetivo:	35
4.4.8	Restricciones:	35
4.5	Aplicación del modelo matemático	37
4.6	Principales resultados obtenidos	37
4.7	Resultados obtenidos y ventajas del sistema	38
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>40</b>
5.1	Conclusiones	40
5.2	Recomendaciones	40

---

**BIBLIOGRAFIA**

41

**APÉNDICE**

43

**INDICES DE TABLAS**

**Pág.**

Tabla 3.1 Resultado del análisis de ponderación de problemas	25
Tabla 4.1 Índices del modelo	33
Tabla 4.2 Variables de decisión	33
Tabla 4.3 Tablas y parámetros del modelo matemático	34

I

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. 1 Diagrama de Flujo del proceso de formulación de los algoritmos de asignación y secuenciación.	6
Figura 2. 1 Eficiencia de la S-Partial vs. S-Total.	15
Figura 3.1 Cumplimiento de la Demanda Semanal de Yogurt	22
Figura 3.2 Número de Cambio de Producto por día	23
Figura 3.3 Nivel de Producción diaria de yogurt considerando cambios de productos.	23
Figura 3.4 Diagrama Causa Efecto del primer problema	26
Fig. 4.1 Demanda diaria de productos	31
Fig. 4.2 Cantidad total a producir	36
Fig. 4.3 Programación de la producción obtenida en GAMS	37
Fig. 4.4 Actual	38
Fig. 4.5 Propuesta	38



**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

---

## **CAPÍTULO 1**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

“La vida es toda una planificación” así lo señala Arjona (1979), y no se equivoca pues todo está precedido por un proceso de planificación. Tareas tan sencillas como ir de compras, programar el orden de las obligaciones a realizar en nuestra jornada laboral, todo sin excepción se planifica; si bien es cierto, algunos aspectos requieren una planificación un poco más compleja que otros, pero todos requieren que el proceso se lleve a cabo.

Al igual que en nuestro diario vivir, la producción no es la excepción en cuanto a planificación se refiere, y de esta fase depende en gran manera los resultados que se obtengan al final de la línea de producción. Por tal motivo resulta sumamente importante que desde el inicio la producción se visualice de una forma clara y ordenada para evitar contratiempos sin dejar de lado que lo más importante para la compañía es obtener un mayor margen de beneficios económicos.

Las empresas con altos niveles de producción a nivel mundial se caracterizan por tener una línea de manufactura ordenada, cuyo objetivo es maximizar ganancias y reducir costos operacionales sin dejar de lado la calidad del producto ni el buen servicio al cliente. El tiempo total de producción es una de las métricas mayormente usadas para medir la efectividad de las líneas de manufactura, lo que obliga entonces a buscar soluciones costo efectivas para tratar de disminuirlo y aumentar la productividad.

La manera como se encuentra físicamente distribuida la planta de producción resulta de suma importancia para determinar el tiempo total de producción de una línea en específico. Es necesario resaltar que este aspecto ocupa gran parte de la atención cuando la línea se compone de un solo producto, pero cuando en la línea se producen múltiples productos existen otros factores que toman igual importancia que el antes mencionado.

Reportar una mayor productividad en la línea va ligado a varios factores, dentro de los cuales se encuentra la secuencia de manufactura. Cuando se expone un caso como el antes mencionado, sin omitir las restricciones inherentes a la planta esta problemática toma gran valor.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En el entorno cotidiano de una empresa productora de yogurt, se cuenta con una amplia gama de variedades y presentaciones. En la producción de yogurt se desea utilizar técnicas de programación lineal para resolver el problema de asignación del tipo de yogurt a ser producido en cada una de las batches de producción disponibles por día.

El problema de asignación es un problema trivial que ha sido resuelto y se presenta en la mayoría de los libros de texto de programación lineal. El problema de secuenciación consiste en determinar el orden en que se van a realizar  $n$  tareas en un conjunto de  $m$  máquinas. Si el número de máquinas es igual a uno entonces el problema de secuenciación se convierte en el problema del agente viajero. Si tenemos dos máquinas entonces el problema se puede resolver utilizando el algoritmo de Johnson (1954). Si el problema tiene  $m$  máquinas y  $n$  operaciones entonces se convierte en un problema de alta complejidad computacional que resulta intratable dependiendo de la magnitud de  $m$  y  $n$ . En la

literatura se le conoce como un problema de NP-hard (NP-complejo, o NP-difícil). Lo cual significa que el tiempo computacional crece de manera exagerada e impide obtener una solución óptima en un tiempo razonable. El problema de secuenciación de la compañía en cuestión consiste en  $m=1$  y  $n=108$ . Así que es un problema que se puede resolver en forma exacta en un tiempo razonable.

### **1.3 Justificación del Problema**

Dentro de un proceso de producción con varias etapas, donde cada una de las etapas consume un tiempo en particular, y donde el proceso de manufactura se ve afectado por el tiempo de preparación de las máquinas, requiere gran atención la secuencia de producción para lograr disminuir el tiempo total de procesamiento en toda la línea. Las ganancias obtenidas se medirán en base al tiempo de terminación de los productos, tiempo de espera entre máquinas, tiempo de flujo dentro de la línea, atrasos, adelantos, inventarios, tiempos de preparación, tamaños de lotes, cambios de procesos y mejoras en el acarreo de materiales.

El orden en que los productos van a ser procesados, determinará entonces el tiempo de preparación de las diferentes máquinas involucradas en el proceso. También determinará la cantidad de producto final obtenido, teniendo en cuenta que la secuencia con la que se inicie la producción es la misma a seguir a lo largo de todo el proceso.

En una compañía que cuenta con un sistema computacional especializado en la determinación de la secuencia de producción, la meta principal de la organización en cuanto a este aspecto se refiere es tener una respuesta rápida, y además evitar incurrir en atrasos innecesarios debido a una mala programación. Cada fracción de tiempo en la compañía se ve representada en dinero que se deja de recibir si la secuencia no es la más adecuada, o podría convertirse también en

una pequeña porción de mercado que la competencia puede aprovechar para empezar a atacar.

Un sistema incorrecto de secuenciación puede ocasionar atrasos en las entregas, situación que deja claramente insatisfechos a los clientes por la cual el mismo puede tomar la determinación de cambiar de proveedor. Es por esto que aunque parezca no estar relacionada la secuenciación con la satisfacción del cliente, aquí visualizamos que estos términos están íntimamente relacionados, así que una cosa puede conducir a la otra.

Por lo establecido anteriormente, la secuencia de producción es un área importante dentro del estudio de toda la línea manufacturera. Constituye ganancia o pérdida para la compañía, según sea la determinación de la misma de una manera efectiva o no.

Por último, es necesario resaltar que este proyecto hará un aporte significativo a la empresa en la cual se estará implementando el modelo matemático y del cual se extraerá toda la información necesaria, debido a que una vez se aplique el modelo ayudará a determinar la secuencia óptima de producción de una manera sencilla, rápida y confiable.

## **1.4 Objetivo General**

Diseñar un modelo matemático para resolver los siguientes problemas:

- Determinar el número máximo de variedades de yogurt a producir por día respetando las limitaciones de capacidad y demanda.
- Determinar una programación de producción balanceada para cada día, es decir, en cada día se deben producir la misma cantidad y variedad de yogurt.
- Desarrollar la interface entre el optimizador GAMS y los programas Excel y editores de texto, para que el proceso de formulación y solución sea

simple, de tal manera que una persona no entrenada en optimización resuelva el problema de asignación y secuenciación.

- El algoritmo debe ser lo suficientemente general para resolver problemas semejantes.

## **1.5 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos que persigue la tesis son:

- Definir una programación de la producción balanceada que satisfaga la demanda.
- Mejorar la productividad de la capacidad instalada.
- Obtener un sistema adecuado de secuenciación de la producción durante un día de trabajo.
- Establecer dados los recursos actuales cuáles son los niveles más altos posibles de variedad de productos elaborados por día de trabajo.
- Mejorar los tiempos de fabricación, para despachos de productos de bajo nivel de inventario.

## **1.6 Metodología**

La metodología consiste en desarrollar un modelo matemático que permita resolver un problema de asignación y secuenciación de un número de trabajo  $n$  a ser procesados en un conjunto máquinas  $m$ . En nuestro caso las tareas a realizar estarán representadas por los tipos de yogurt que se deben procesar mientras que las máquinas serán los diferentes lotes de producción. La estrategia de solución consiste en dividir el problema en dos fases: asignación y secuenciación. El problema de asignación consiste en determinar la cantidad de lotes a producir de

tal manera que se maximice la productividad sin exceder las limitaciones de capacidad de cada día.

El problema de secuenciación consiste en asignar el día en que deben ser procesados los lotes de tal manera que se reduzca el tiempo total de procesamiento.

En la figuras 1 se puede apreciar el diagrama de flujo de la metodología utilizada para la realización de este proyecto.

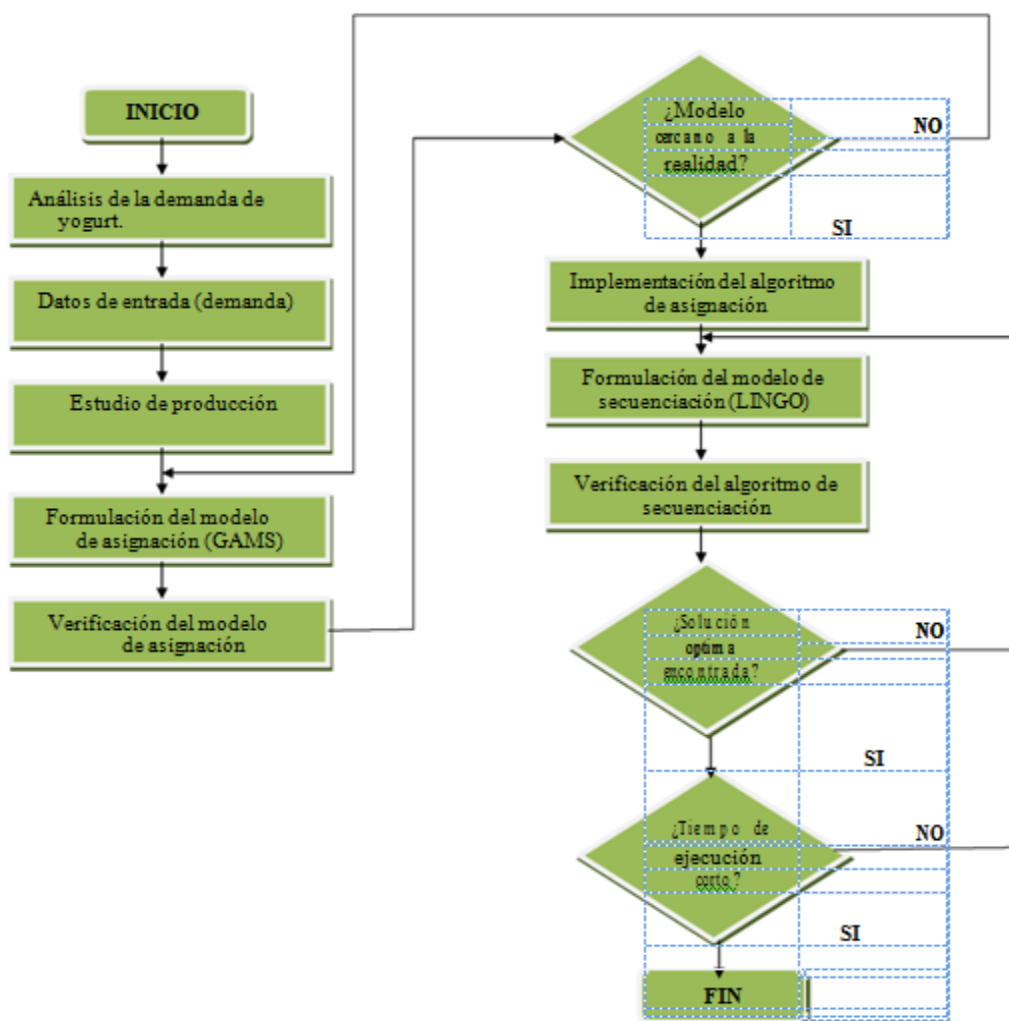


Figura1.

Diagrama de Flujo del proceso de formulación de los algoritmos de asignación y secuenciación.

## 1.7 Estructura de la tesis

Para la realización del presente proyecto de investigación se llevaron a cabo las siguientes fases:

### Fase 1: Estudio de la Producción:

Esta fase consiste en la recopilación de datos históricos de la producción que la compañía ha presentado de cada uno de los productos durante los últimos 5



años. Los datos de producción de algunas de las semanas estudiadas se muestran en el Apéndice A. Este apéndice también ilustra la forma real en que fueron asignados cada uno de los productos en cada batch de producción.

## **Fase 2: Algoritmo de Asignación y Secuenciación:**

En el presente proyecto de investigación, una vez los datos de la demanda estén claramente agrupados, el algoritmo procesa los datos de la cantidad de material solicitado; este permitirá asignar por día la cantidad de producto que maximice la función objetivo planteada.

El resultado del estudio de la demanda semanal permite obtener los lotes totales que se fabricarán en una semana en específica, señalando el día en que los mismos son producidos fabricados y las cantidades totales resultantes de la corrida de producción.

Las tablas de datos y resultados de los diferentes estudios de demanda pueden visualizarse ampliamente en el Apéndice B.

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

---

---

## CAPÍTULO 2

### 2. PROBLEMA DE ASIGNACIÓN: PRINCIPALES CONCEPTOS

#### 2.1 El problema de asignación

La complejidad y cada uno de los aspectos que se deben tener en cuenta en la secuenciación de productos fueron descritos por Stoop y Wiers (1996), quienes enmarcan claramente que cuando se presenta un problema de este tipo se suelen limitar a las siguientes restricciones:

- Capacidad finita de los recursos
- Relaciones de precedencia
- Fechas de inicio y entrega de los trabajos.

La secuenciación no sólo se centra en una parte de la compañía, sino también satisface metas que están altamente ligadas a los objetivos organizacionales como: nivel de servicio, utilización de recursos, costos de preparación de máquinas, costos de inventario y tiempo de procesamiento. Ninguno de los elementos anteriores deben estar separados el uno del otro, debido a que debe existir un complemento para tratar de resolver de manera óptima cada uno de los disturbios, interferencias o imprevistos que se presentan dentro de una línea de producción.

Los problemas antes mencionados pueden estar claramente enmarcados en alguna de las siguientes categorías:

- Debido a la capacidad: Como daños en la máquina, ausencia de los operadores o falta de alguna herramienta.

- Relacionado a la cantidad de producción: Muchas órdenes de pedido por cumplir.
- Relacionado a la medición de los datos: Diferencia entre el tiempo de procesamiento pre-calculado y el actual.

El principal tropiezo que se manifiesta en la aplicación de un sistema de secuenciación es debido a que algunas técnicas no ofrecen la posibilidad de ajustar la secuencia de producción manualmente en caso de que ocurra alguna falla, por lo que en ocasiones, pequeños cambios en el sistema generan cambios completos en el programa establecido, todo esto sin resaltar que las técnicas que proveen mejores resultados son las técnicas matemáticas. La técnica de secuenciación se conoce como el procedimiento para programar la producción y se obtiene mediante el desarrollo de modelos de programación matemática.

Algunos algoritmos son óptimos y otros son heurísticos. Los algoritmos óptimos consiguen la mejor solución y mientras esto sea posible se recomienda utilizarlos. Cuando no se puede conseguir una solución óptima por que el tiempo computacional no lo permite, entonces se desarrollan métodos heurísticos. Los métodos heurísticos proveen una solución práctica pero que no garantizan que sea la solución óptima.

Un algoritmo muy conocido en la literatura, que se mencionó como una de las técnicas relevantes para la aplicación de secuenciación enfocado a la producción y específicamente a la minimización del tiempo total de producción considerando la inclusión de un conjunto de máquinas es el “Shifting bottleneck heuristic” (Pinedo, 2002). Este algoritmo modela una competencia de los productos por ser los primeros en procesarse en las máquinas disponibles en la línea, actuando así mismo como un cuello de botella.

El proceso de secuenciación no sólo involucra tiempo de producción sino que también afecta los costos en los que se incurre dentro de la producción y hasta puede llevar a la empresa a incurrir en errores legales. Este punto está expuesto de manera clara por Olson y Schniederjans (2000), donde realizan un análisis exhaustivo a una empresa fabricante de pinturas que tienen un sistema de fechas de entregas que deben cumplir y una calidad de producto que se debe cuidar para que no se contaminen entre sí.

Olson y Schniederjans (2000) establecen que un error en la determinación de la secuencia de producción en este caso puede llevar a la compañía de pinturas a tomar dos claras determinaciones:

1. Aplicar un concentrado de un alto costo para ajustar el producto a las especificaciones del cliente resultando este proceso sumamente costoso o en su defecto.
2. Tomar la decisión de desechar el lote y empezar otro. Esta opción resulta altamente costosa también, pues ahora la compañía cuenta con desperdicios contaminados que resulta un proceso costoso disponer de estos y que además deben estar dentro de las regulaciones de la EPA (Environmental Protection Agency), por sus siglas en inglés. Además deben tener en cuenta las reglamentaciones que prohíben a las empresas disponer cierto volumen máximo de desperdicios tóxicos anualmente, siendo esto un nuevo costo que se adiciona a la producción de un nuevo bache de producto.

Un caso similar puede ser considerado en la importancia que representa determinar de manera correcta la secuencia en la empresa de medicamentos objeto de estudio.

Un sistema de secuenciación mal planificado puede afectar el tiempo de ocio de las máquinas, afectando enormemente el tiempo de entrega de los productos. Todo lo anterior se debe a que el tiempo de inactividad de la maquinaria se suma al tiempo de entrega, atrasando el proceso.

Portougal y Robb (2000) hicieron un análisis de los aspectos que determinan la aplicación de la teoría de secuenciación en la línea de producción, ayudándolos a concluir sobre los conceptos a tener en cuenta en la determinación de la secuenciación de productos.

Las compañías cuentan con expertos que se dedican a la planificación de la producción. Los planificadores tienen en sus manos la responsabilidad de alcanzar las metas de la compañía manteniendo un alto nivel de satisfacción entre los clientes y bajos costos de producción. Estos tienen en sus manos el estudio de la producción para la determinación del horizonte de planificación que se ve afectado por muchos factores como por ejemplo el sistema administrativo, la cultura de los gerentes de la compañía, los costos y el logro de las metas, entre otros.

Una mala determinación del horizonte de planificación puede afectar de manera significativa toda la producción. Largos periodos de planificación incrementan el inventario de trabajo en proceso y el tiempo de preparación pero de igual manera permite mayor libertad en la producción por unidad y mayor flexibilidad. Una herramienta como la propuesta en nuestro trabajo se convierte entonces de gran utilidad, debido a que el planificador no tendría que determinar la secuencia adecuada de producción basado sólo en su conocimiento, experiencia o intuición sino que cuenta con una ayuda computacional que le ayudará a determinar de manera precisa, fácil de interpretar y donde se involucra el panorama general de la línea de producción de manera sencilla.

Las estrategias de producción manejadas por las compañías influyen de manera directa en la secuenciación de los productos, presentando cada una de ellas diferentes puntos de vista en cuanto a planificación se refiere:

En un sistema de producción MTO (“make to order”), conocido así por sus siglas en inglés, las ordenes de los clientes se procesan primero y posteriormente se lanza la orden de producción, se firma una fecha de entrega y el objetivo principal es cumplir con esta fecha. La reprogramación de una orden de producción o de una entrega afecta significativamente al cliente externo. Teniendo en cuenta todo lo anterior un sistema de producción basado en la estrategia MTS (“make to stock”) donde los productos se manufacturan para mantener en la bodega de producto terminado, permite una mayor flexibilidad en la reprogramación que un sistema donde se rige la producción por las órdenes de los clientes (MTO).

Moss y sus colaboradores (2000), basaron sus investigaciones en la determinación del orden de producción de un sistema de partes usado en la línea de ensamblaje de productos intravenosos procesados en cuartos limpios. Históricamente en la compañía donde se aplicó el estudio, la planificación de la producción era establecida basada en la experiencia de la alta gerencia, por lo tanto se quería implementar de una manera sencilla en un computador personal y que fuera fácil de manejar por cualquier persona con habilidades en las operaciones de producción un sistema para determinar la secuencia de producción.

Se implementó la programación matemática en tres fases:

- En la primera estación se utilizó la programación lineal entera P-mediana.
- Para determinar la secuencia entre el grupo de familias se usó el algoritmo del agente viajero.

- En la fase final, para determinar la secuencia entre familias, se hizo necesario la modelación a través de procesos heurísticos.

Logrando de esta manera determinar la secuencia de producción óptima con el mínimo de cambios en los componentes.

Alarcón y colaboradores (2001), plantearon un modelo de programación /secuenciación de producción para un sistema de taller de flujo con diferentes requerimientos. Para la investigación tuvieron en cuenta tres aspectos: Minimización del tiempo total de producción, minimizar el tiempo total en cambio de equipo y minimizar el área de almacenes para así replantear la secuencia entre cada una de las etapas.

Otra de las investigaciones analizadas y que es de gran aporte para nuestra investigación es la realizada por Oliff y Burch (1985), donde mediante el análisis a un sistema de producción con múltiples líneas determinan la aplicación de las técnicas de plan agregado, el tamaño de lote y la secuencia de producción.

Las restricciones que se identificaron fueron de cuatro tipos:

1. Ecuación del balance de producción.
2. Ecuaciones de capacidad de inventario.
3. Restricciones de no interferencia
4. Un grupo de ecuaciones que regulen y penalicen los cambios abruptos de un producto a otro.

El problema de determinación de secuenciación más estudiado es aquel donde se trata de determinar la secuencia de producción óptima a un grupo de n número de



trabajos con  $m$  máquinas, modelados como sistema de programación lineal mixta entera.

El problema de secuenciación más estudiado (a nivel de programación), es aquel que consiste de un conjunto de  $n$  productos a ser procesados dentro de un conjunto de  $m$  máquinas que realizan un número  $o$  de operaciones. Este tipo de trabajo ha acaparado la atención de muchos investigadores debido a la complejidad computacional involucrada.. De tal manera que se hace necesario el planteamiento de modelos heurísticos que permitan encontrar una solución cercana a la óptima en un tiempo razonable.

El modelo conocido en inglés como “Job Shop Scheduling Problem (JSSP)”, es un caso especial de ordenamiento de producción cuyo objetivo es minimizar el tiempo total de producción, caracterizado típicamente por ambientes donde el diseño del producto cumple las especificaciones del cliente o se manufactura según requisiciones, largas rutinas de producción son complejas e incluye las siguientes restricciones:

1. Una máquina no puede realizar más de una operación a la vez.
2. El orden de ejecución de la operación es respetado en cada trabajo.

En el trabajo investigativo realizado por Cruz y colaboradores (2007), se logró desarrollar un algoritmo que ayudaba a determinar la secuencia de producción óptima de un arreglo de 3 productos con 3 máquinas. Dentro del método de solución los investigadores diseñaron un algoritmo restringido por la capacidad de recursos disponibles y la precedencia que cada una de las operaciones, teniendo en cuenta cual de los nodos de la red tenía un valor mayor.

Para llegar a la solución óptima se requirió de varias corridas iniciales, que les permitía a los investigadores ir obteniendo soluciones parciales sobre las cuales iban alterando el orden de las operaciones hasta lograr acercarse a la óptima.

Dentro del proceso de solución se utilizaron dos estrategias del sistema de secuenciación tal como la estrategia de “S-total” y la segunda estrategia “S-partial”, ambas conocidas así por sus nombres en inglés; mientras la primera realiza el clásico estudio en todas las operaciones involucradas en el problema de secuenciación, la segunda sólo realiza un estudio parcial de las operaciones, lo que permite obtener una re-secuenciación sólo en una parte de las operaciones asociadas al proceso.

Al realizar ambas operaciones se determinó que realizar un estudio parcial resulta más factible que realizar un estudio total, resultando según se muestra en la Figura 2.

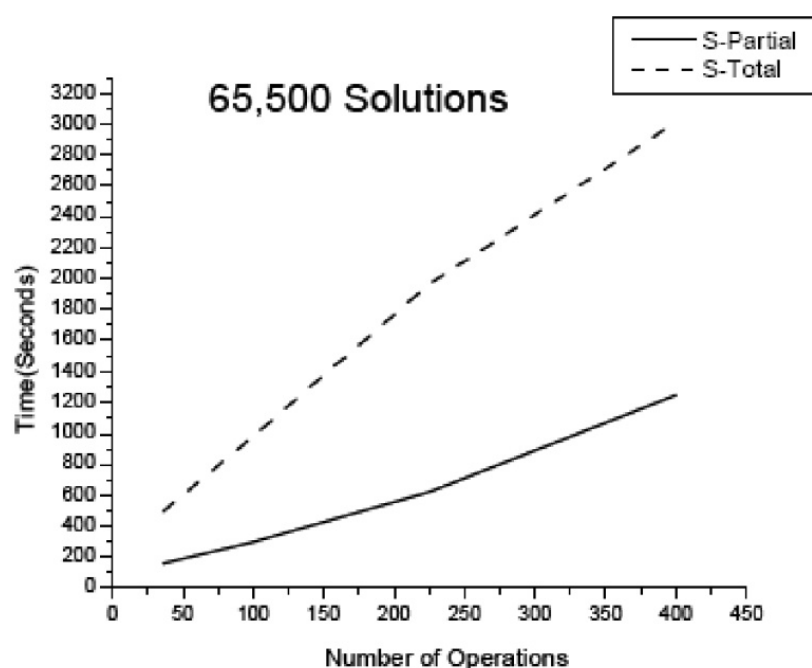


Figura 2. Eficiencia de la S-Partial vs. S-Total. Cruz-Chávez, y colaboradores (2007)

Pinedo (2002), otro de los autores del tema de programación de la producción, integra de igual manera la programación disyuntiva para solucionar problemas de “Job Shop”. La programación disyuntiva de Pinedo está muy relacionada a la representación gráfica disyuntiva del flujo del trabajo. En su programación Pinedo plantea las siguientes variables:  $Y_{ij}$  que denota el tiempo de inicio de operación  $(i,j)$ . Se conoce como  $N$  el conjunto de todas las operaciones  $(i,j)$  y  $A$  como el conjunto de todas las restricciones de ruta  $(i,j) \rightarrow (k,l)$  que son requeridas para el trabajo  $j$  para ser procesado en la máquina  $i$  antes de procesarse en la máquina  $k$ .

La siguiente programación matemática minimiza el tiempo total de procesamiento.

*Minimizar  $C_{max}$*

Sujeto a:

$$\begin{array}{ll}
 Y_k - Y_{ij} \geq P_{ij} & \text{Para todo } (i,j) \rightarrow (k,j) \in A \\
 C_{max} - Y_{ij} \geq P_{ij} & \text{Para todo } (i,j) \in N \\
 Y_{ij} - Y_{kl} \geq P_{kl} \text{ o } Y_{kl} - Y_{ij} \geq P_{ij} & \text{Para todo } (i,l) \text{ y } (i,j), i = 1, \dots, m \\
 Y_{ij} \geq 0 & \text{Para todo } (i,j) \in N
 \end{array}$$

Donde:

$C_{max}$ : Tiempo en que el último trabajo abandona el sistema (“makespan”)

$N$ : Conjunto de todas las operaciones  $(i,j)$

$A$ : Rutas de los trabajos

$P$ : Tiempo de procesamiento de cada producto en cada máquina.

$M$ : Número de máquinas.

Si se define a  $j$  como el trabajo que debe ser procesado en las máquinas  $i$  y  $k$ , se observa que el primer conjunto de restricciones plantea que la operación  $(k,j)$  no

se puede empezar antes que la operación  $(i,j)$ . La segunda restricción plantea que la resta del tiempo total de procesamiento (makespan) menos el tiempo en el que empieza a procesarse la operación  $(i,j)$ , debe sobrepasar o por lo menos igualar el tiempo de procesamiento del trabajo  $j$  en la máquina  $i$ . El tercer conjunto de restricciones se conocen como las restricciones disyuntivas; estas plantean que algunas operaciones de diferentes trabajos deben ser procesados en una misma máquina, como se puede observar los trabajos  $j$  y  $l$  deben ser procesados ambos en la máquina  $i$ . Al final se plantea la restricción de no negatividad.

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

---

## **CAPÍTULO 3**

### **3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

#### **3.1. Introducción**

En el presente capítulo se va a analizar las capacidades productivas del proceso de planificación y programación de la producción de yogurt de una empresa, poniendo énfasis en los factores críticos de dicho proceso, tales como capacidades, recursos, horarios, demanda, dentro de los más importantes.

Posteriormente se va a identificar los principales problemas para el proceso de planificación y programación de la producción de yogurt. Se va a señalar las potenciales oportunidades de mejora para el proceso en función de técnicas para la solución de problemas.

#### **3.2. Descripción del proceso y capacidades productivas**

El proceso descrito a continuación corresponde a la planificación y programación de la producción de yogurt:

##### **3.2.1 La planificación de la producción**

La planificación de la producción se realiza con base a los siguientes parámetros:

- Pedidos de distribuidores aprobados por el Departamento de Ventas.
- Existencia de productos en Bodegas.
- Días de despacho según Distribuidor.

##### **3.2.2 Consideraciones:**

- Esta planificación se la realiza en forma semanal. Los días viernes en la tarde, posteriores a la entrega de los pedidos por parte de los distribuidores.
- El gerente de producción establece prioridades de fabricación en función de fechas de cumplimiento establecidas por la gerencia de ventas.
- El gerente de producción realiza el programa de producción diario con base en las unidades requeridas semanalmente de acuerdo a la "Programación semanal".
- En el programa de producción semanal se establece la cantidad de kilos; agrupados por batchs de Producto terminado a procesar y día a ser producido.
- El gerente de producción es quien elabora el plan de producción definitivo. Los reportes de necesidades de materiales son distribuidos a las bodegas correspondientes.

### **3.2.3 Programacion de lineas de produccion**

Cada línea de producción involucra las etapas de limpieza, mezclado, pasteurización, envasado y empaque final.

De esta manera y en base a las necesidades de productos que resultan de la planificación inicial se lleva esta programación semanal a nivel de días y turnos cuando corresponda, del mismo modo se va a conocer las necesidades de personal y la disponibilidad de producto por día. Estos datos se encuentran en el registro "Programación semanal" y registro "Programación diaria de producción".

Una vez elaborado el programa diario, el gerente de producción debe realizar un detalle diario de las órdenes de Producción a procesar en el siguiente día; este se debe enviar al asistente de producción quien se encarga del ingreso de la misma en el sistema y su respectiva impresión.

### 3.2.4 Generación de órdenes de producción

El asistente de producción es el encargado de emitir las diferentes ordenes de producción para lo cual, utiliza las estructuras y estándares para cada producto, tamaño de los lotes, etc., de modo que al lanzar el registro "Órdenes de producción" se generan conjuntamente los registros "Requisición para bodega de materia prima", "Requisición para bodega de material empaque", los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- Registro Órdenes de producción al jefe de turno.
- Requisición y entrega de materia a Bodega de Materia Prima.
- Requisición bodega material empaque a Bodega de Material de Empaque y,
- Prorrato de Materia Prima al operador de mezcla y a la bodega de materia prima.

De igual manera el sistema permite generar las etiquetas para el control de las cajas / paquetes producidos y también para el control de pallets producidos, estas etiquetas son impresas en el momento que comienza el envasado de productos.

### 3.2.5 Despacho de materias primas y material de empaque

Los Ayudantes de la bodega de materia prima y material de empaque coordinan lo solicitado para cada orden de producción, según los registros "Requisición y



entrega de materia prima” y “Requisición bodega material empaque” respectivamente.

Los operadores son los encargados de receiptar la materia prima y el material de empaque y verificar conjuntamente con los ayudantes de materia prima y material de empaque el peso, cantidad e identificación de acuerdo a la orden de producción solicitada.

La entrega de materia prima por parte de la bodega se la realiza por medio del registro “Requisición y entrega de materia prima”, en este registro se receipta la firma de la persona que entrega en bodega y la persona que recibe.

La entrega de material de empaque por parte de la bodega se la realiza por medio de tickets parciales entregados, en este registro se receiptan las firmas tanto de bodega como del operador de planta.

En el caso de que el producto a ser elaborado presente una modificación en su formulación aprobada por el gerente de producción y/o jefe de desarrollo, este material adicional se pide de manera manual en una orden de pedido de materia prima y el consumo se carga a la misma orden.

La materia prima entregada de la bodega a la planta debe estar aprobada por control de calidad y claramente identificado su estado de inspección y ensayo.

### **3.2.6 Producción y control de proceso**

El jefe de turno, una vez que recibe la orden de producción por parte de la asistente de producción, es el responsable de coordinar la secuencia para la fabricación de dichas órdenes, en base a la planificación del registro “Programación diaria de producción”.

Los jefes de turnos son los encargados de hacer seguimiento a las ordenes de producción y así mismo hacer su respectiva liquidación, llenando manualmente el registro "Órdenes de Producción".

Cada batch de producción tiene una capacidad máxima de 6.000 Kilos, y se pueden procesar al día un máximo de 18 batchs, esto es 108.000 Kilos de yogurt por día.

***Otra condicionante importante del proceso es que se debe elaborar el yogurt siempre en el orden de sabores con colores suaves a sabores con colores fuertes, esto es siempre y cuando exista la necesidad de producir un determinado tipo de yogurt. La secuencia sería: natural, vainilla, durazno, frutilla, mora.***

### **3.2.7 Recepción de órdenes de pedido**

Todos los días viernes de cada semana los distribuidores envían vía fax o por correo electrónico a la Gerencia de Ventas, una Orden de Pedido de acuerdo al registro "Pedidos Semanales", el mismo que incluye la siguiente información:

- Fecha y número de pedido
- Datos del Distribuidor
- Cantidad de productos solicitados por presentaciones
- Inventario actual del distribuidor por presentaciones
- Venta estimada Semanal

### **3.3 Análisis de los principales problemas detectados en el proceso productivo.**

Para este análisis se realiza una investigación sobre el proceso productivo de yogurt desde la perspectiva del área de Producción y las demás áreas con que interactúan: Abastecimiento, Bodega y Reparto.

Los principales problemas identificados son:

1. **Bajo cumplimiento de la demanda en los primeros días de la semana.-**

Los días lunes, martes y miércoles el promedio de SKU demandado por día supera los 25 ítems. Dado que su capacidad actual de producción es de 18 batchs por día sumado a un bajo nivel de inventario de producto terminado, el promedio de cumplimiento de demanda es del 75% aproximadamente, como se muestra en la figura 3.1.

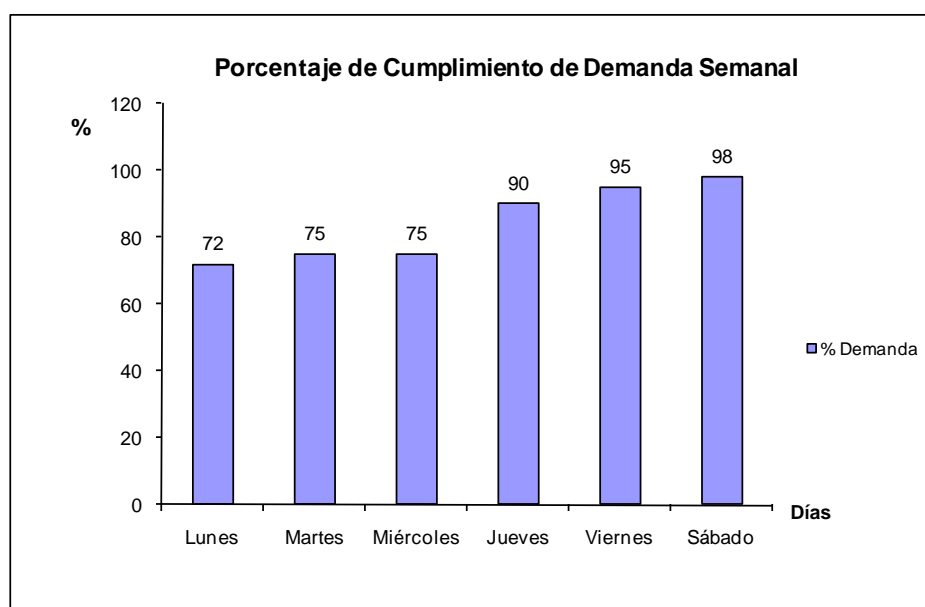


Figura 3.1 Cumplimiento de la Demanda Semanal de Yogurt

2. **Altos tiempos muertos en producción por cambios frecuentes del tipo de yogurt a fabricar durante un día de trabajo.-** Surge como consecuencia del problema anterior, cada cambio de tipo de yogurt, incurre en tiempos de preparación de máquinas, limpieza de la línea de envasado

en caso de pasar de un sabor de color fuerte a un débil. De acuerdo al método actual de producción el número de cambios de productos por día se relaciona directamente con el número de SKU demandado (figura 3.2). Estos tiempos merman la capacidad productiva actual tal como se muestra en la figura 3.3.

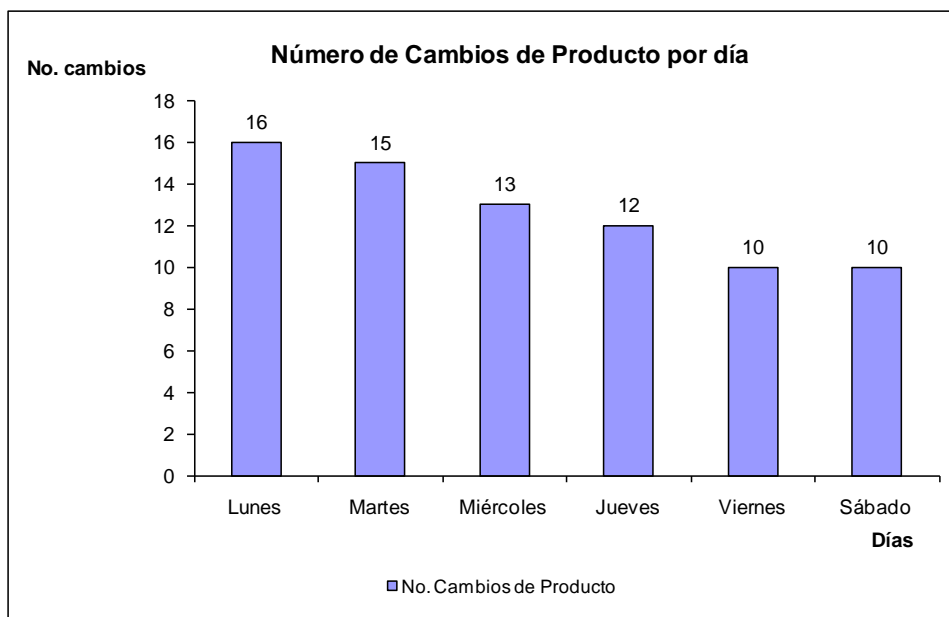


Figura 3.2 Número de Cambio de Producto por día

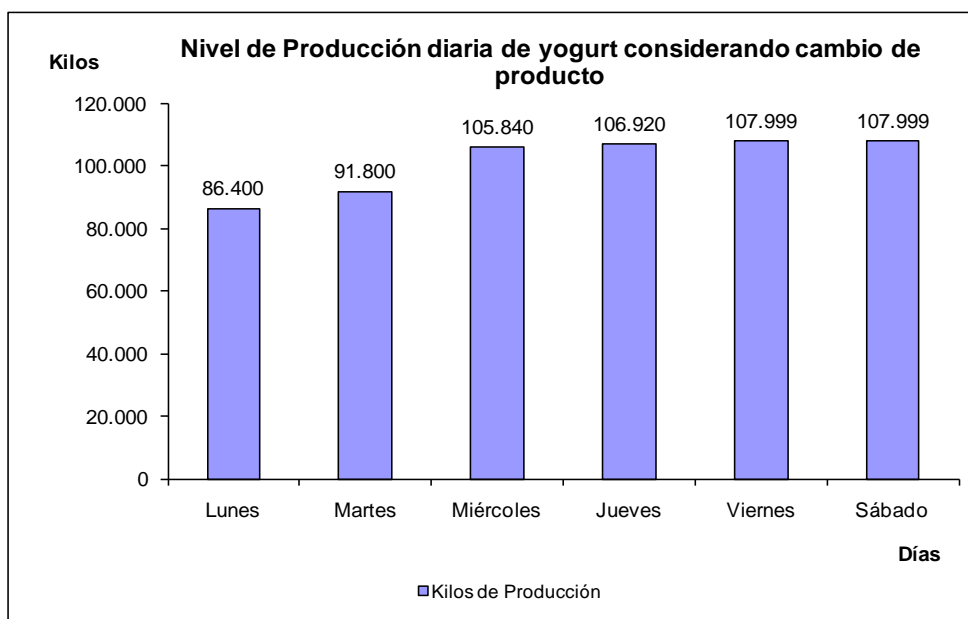


Figura 3.3 Nivel de Producción diaria de yogurt considerando cambios de productos

3. **Desconocimiento de los niveles óptimos de producción.**- La determinación del número de SKU a elaborar por día es calculado mediante una técnica manual, la cual carece de validación matemática o métodos de costo-beneficio que garanticen que se está optimizando los recursos de la empresa de manera eficiente.
  
4. **Altos tiempos de atención a clientes (transportistas) los tres primeros días de la semana por falta de disponibilidad de todos los productos demandados.**- No se cuenta con toda la variedad y cantidad de productos demandados para los días lunes, martes y miércoles. Esto se refleja en que los casos de clientes que llevan multiproductos, deben esperar a que se produzca el último ítem de su pedido para poder completar su carga.

El siguiente paso es identificar los problemas críticos que ocasionan que los costos logísticos se incrementen y se disminuya el nivel de servicio ofrecido a los clientes. Esto se va a realizar por medio de una matriz de ponderación. Varios evaluadores van a emitir una puntuación de acuerdo al nivel de criticidad.

### 3.3.1 Matriz de ponderación de problemas

En la evaluación de los problemas intervinieron 3 evaluadores, el evaluador 1 es el Gerente de Producción, el evaluador 2 es el Jefe de Calidad y el evaluador 3 es el criterio en conjunto de los tesisistas.

Para cada uno de los problemas se utilizó la misma pregunta:

***¿Califique los problemas de acuerdo a lo que UD considere más crítico para la empresa?***

Para la ponderación se emplearon 3 niveles de criticidad (1, 3, 5), nivel de criticidad 1 para los problemas de bajo impacto en costos logísticos o percepción del servicio al cliente, nivel de criticidad 3 para problemas de impacto medio en costos logísticos o percepción del servicio al cliente y nivel de criticidad 5 para problemas de alto impacto en costos logísticos o percepción del servicio al cliente.

Los resultados del análisis se muestran en la tabla 3.1

PROBLEMA	EVALUADOR 1	EVALUADOR 2	EVALUADOR 3	PUNTUACIÓN TOTAL
1. Bajo cumplimiento de la demanda los primeros días de la semana	5	5	5	15
2. Altos tiempos muertos en el proceso productivo por cambios frecuentes del tipo de yogurt a elaborar durante un día de trabajo	5	3	3	11
3. Desconocimiento de los niveles óptimos de producción	5	5	5	15
4. Altos tiempos de atención a clientes (transportistas) los tres primeros días de la semana por falta de disponibilidad de todos los productos demandados	3	5	5	13

Tabla 3.1 Resultado del análisis de ponderación de problemas

Los problemas con mayor nivel de criticidad para la empresa son: Bajo porcentaje de cumplimiento de demanda en los primeros días y el Desconocimiento de los niveles óptimos de producción.

Una vez identificados los problemas de mayor impacto, es importante conocer la causa que origina los mismos, para ello se utilizará la herramienta de análisis Diagrama de Causa Efecto, Kaoru Ishikawa<sup>4</sup> (<sup>4</sup>El 'Diagrama de Ishikawa', también llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como

lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el ingeniero japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943).

[http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa](http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa)

### 3.4 Diagrama Causa Efecto para identificar la causa origen de los problemas.

En la figura 3.4 se muestra el diagrama causa efecto para el primer problema, **Bajo porcentaje de cumplimiento de la demanda**, teniendo como causa raíz de este problema, el desarrollo de la programación de la producción con un método que no garantiza eficiencia en el uso de los recursos ni reducción en tiempos y costos de producción.

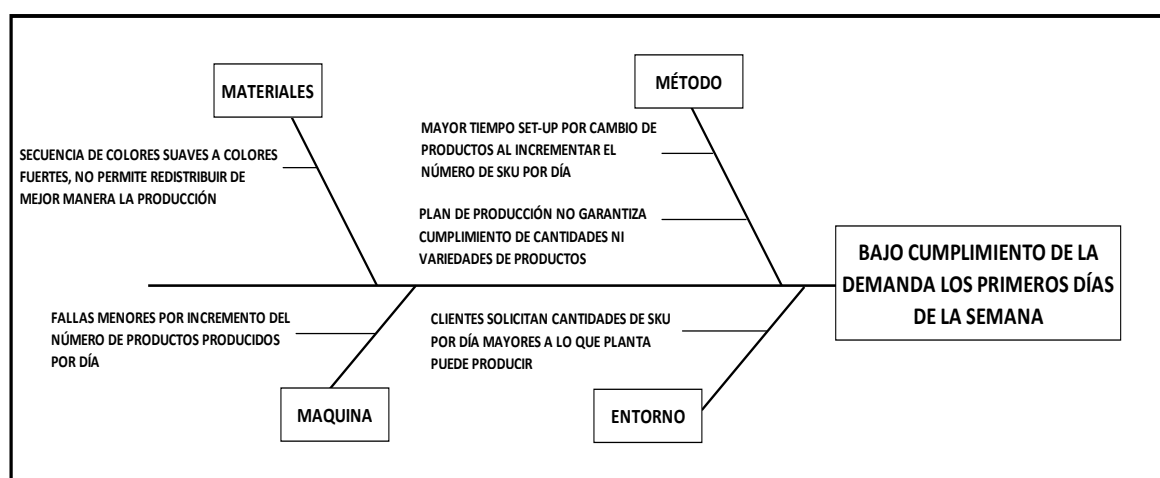


Figura 3.4 Diagrama Causa Efecto del primer problema

La causa más significativa a este problema es la ***falta de un programa de producción dinámico y que analice matemáticamente las diferentes alternativas y escenarios.***



Para la eliminación de esta causa raíz se puede utilizar las siguientes herramientas:

- Balanceo de la Producción por medio de la programación matemática.
- Balanceo de líneas de producción mejorando el flujo de materiales.
- Programación de la producción empleando pronósticos de corridas históricas de producción.

El segundo problema, **Desconocimiento de los niveles óptimos de producción**, surge como consecuencia adicional de la causa raíz del primer problema detectado, por lo que las estrategias se enfocarán en atacar una sola causa raíz, la misma que deriva en los dos problemas presentados.

En resumen con el diseño de un modelo matemático adecuado se puede mejorar:

- La flexibilidad de los niveles de productividad.
- El cumplimiento de la demanda.
- La eficiencia en horas de trabajo invertida en el proceso de planificación de la producción.



## **CAPÍTULO 4**

### **4. CASO DE ESTUDIO: BALANCEO DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN EN BASE A PEDIDOS APLICANDO MODELIZACIÓN MATEMÁTICA PARA MEJORAR EL MANEJO DE INVENTARIO.**

#### **4.1 Introducción**

El Mejoramiento de la Logística Interna en un ambiente de fabricación para inventario y bajo pedido radica en establecer estrategias de carácter integral, cuya aplicación signifique una reducción significativa en los costos logísticos de una empresa.

#### **4.2 Definición del problema**

La problemática radica en determinar una programación de la producción de yogurt que garantice el máximo número de variedades de yogurt que se pueden elaborar aprovechando completamente la capacidad de producción y que cumpliendo la demanda diaria. Se puede determinar mediante un modelo matemático dicha programación de la producción.

#### **4.3 La programación lineal**

La programación lineal es una herramienta estándar que trata del problema de asignar recursos limitados entre actividades competidoras en la mejor forma posible <sup>5</sup>, es decir, de forma óptima. Este problema de asignación puede surgir

siempre que deba seleccionarse el nivel de ciertas actividades que compitan por recursos escasos, necesarios para realizar dichas actividades. La variedad de situaciones a las cuales se aplica esta descripción es realmente amplia, variando desde la asignación de medios de producción hasta la asignación de recursos nacionales a necesidades domésticas. Sin embargo, el común denominador en cada una de estas situaciones es la necesidad de asignar recursos a las actividades. La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema de interés. El término “programación” se refiere esencialmente a “planificación”, y el adjetivo “lineal” determina la característica de que todas las funciones matemáticas en este modelo sean funciones lineales<sup>6</sup>. En general, la programación lineal comprende la planificación de actividades para obtener un resultado óptimo<sup>7</sup>, es decir, un resultado que alcance la meta específica en la mejor forma (según el modelo) entre todas las alternativas o soluciones factibles<sup>8</sup>.

Una forma estándar de representar un modelo de programación lineal, sería la siguiente:

**Función Objetivo:**

$$\text{Minimizar (Maximizar) } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

**Sujeto a restricciones:**

$$a_{i1}x_1 + c_{i2}x_2 + \dots + c_{in}x_n \leq b_i, \text{ para algunos valores de } i$$

$$a_{i1}x_1 + c_{i2}x_2 + \dots + c_{in}x_n \geq b_i, \text{ para algunos valores de } i$$

$$a_{i1}x_1 + c_{i2}x_2 + \dots + c_{in}x_n = b_i, \text{ para algunos valores de } i$$

$$x_i \geq 0, \text{ para algunos valores de } i$$

$$x_i \text{ no restringida en signo, para algunos valores de } i$$

<sup>5</sup> Tomado del Libro: “Introducción a la investigación de operaciones”, Tercera Edición, Hillier/Lieberman.]

<sup>6</sup> Una función lineal es una función cuyo dominio son todos los números reales, cuyo codominio son también todos los números reales, y cuya expresión analítica es un polinomio de primer grado.

<sup>7</sup> Una solución óptima es una solución factible que tiene valor más favorable de la función objetivo.

<sup>8</sup> Una solución factible es una solución para la que se satisfacen todas las restricciones.

**Donde,**

$X_i$ , son las variables de decisión,

$A_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $c_j$ , son los parámetros del modelo.

Cualquier situación cuyo planteamiento matemático se ajuste a esta representación estándar es considerada como un problema de programación lineal.

Cuando un problema requiere además la utilización de variables enteras (Ej. Variables binarias), éste se plantea como un Problema de Programación Entera Mixta (MIP – Mixed Integer Programming).

#### **4.4 Diseño y aplicación del modelo matemático para la programación y secuenciación de la producción.**

La Optimización de la Planificación de la Producción en el proceso de yogurt tiene como objetivos los siguientes puntos:

- Definir una programación semanal balanceada que satisfaga a la demanda y optimice el uso de la capacidad instalada (recursos como envasadoras y tiempos). Se considera el recurso humano como recurso infinito, es decir, se cuenta con personal suficiente para cubrir cada etapa del proceso productivo.

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

- Obtener un sistema de secuenciación satisfactorio de los productos a elaborar durante un día de trabajo basado en el balance de producción antes definido.
- Establecer en base a los recursos actuales niveles de producción adecuados para la variedad de productos a ser elaborados por día de trabajo.
- En la figura 4.1 se muestra como se reciben en la actualidad los requerimientos de productos.

		6%	20%	24%	19%	13%	17%	1%	100%											
Datos																				
co	nom_intern_produc	val	U1Sab	U2Lun	U3Mar	U4Mie	U5Jue	U6Vie	U7Sáb	TOTAL UN	K1Sab	K2Lun	K3Mar	K4Mie	K5Jue	K6Vie	K7Sáb	TOTAL Kis		
1	YOGUR-MIX-0200-DURA	###	18.920	49.140	89.097	29.819	25.715	21.813	0	234.504	3.406	8.845	16.037	5.367	4.629	3.926	0	42.211		
2	YOGUR-MIX-0200-FRUT	###	24.500	109.409	169.899	110.750	93.003	121.379	0	628.940	4.410	19.694	30.582	19.935	16.741	21.848	0	113.209		
3	YOGUR-----1000-DURA	###	924	3.841	3.157	2.010	1.298	1.018	0	12.248	952	3.958	3.254	2.071	1.338	1.049	0	12.623		
4	YOGUR-----1000-FRUT	###	1.368	4.447	3.416	3.813	3.398	3.094	504	20.040	1.410	4.583	3.520	3.930	3.502	3.189	519	20.653		
5	YOGUR-----1000-MORA	###	780	2.335	1.362	925	1.025	799	504	7.730	804	2.406	1.404	953	1.056	823	519	7.966		
6	YOGUR-----2000-DURA	###	976	2.100	1.341	1.048	1.063	656	0	7.184	2.014	4.333	2.767	2.162	2.193	1.354	0	14.823		
7	YOGUR-----2000-FRUT	###	872	2.917	2.689	1.582	1.275	1.488	0	10.823	1.799	6.019	5.548	3.264	2.631	3.070	0	22.332		
8	YOGUR-----2000-MORA	###	752	1.233	931	685	820	513	0	4.934	1.552	2.544	1.921	1.413	1.692	1.059	0	10.181		
9	YOGUR-BEB-0200-DURA	###	5.136	22.793	25.946	12.579	8.863	10.024	0	85.341	1.027	4.559	5.189	2.516	1.773	2.005	0	17.068		
10	YOGUR-BEB-0200-FRUT	###	7.944	56.511	73.156	66.894	52.467	79.926	0	336.890	1.589	11.302	14.631	13.379	10.493	15.985	0	67.380		
11	YOGUR-BEB-0200-MORA	###	6.864	15.653	15.299	9.217	7.724	5.269	0	60.026	1.373	3.131	3.060	1.843	1.545	1.054	0	12.005		
12	YOGUR-----1000-NATU	###	1.056	1.474	1.543	1.369	755	1.053	0	7.250	1.088	1.519	1.590	1.411	778	1.085	0	7.472		
13	YOGUR-----2000-NATU	###	488	1.067	507	615	388	498	0	3.563	1.007	2.202	1.046	1.269	801	1.028	0	7.352		
14	YOGUR-CFR-0180-FRUT	###	3.900	5.038	6.944	6.925	714	1.081	600	25.202	702	907	1.250	1.247	129	195	108	4.536		
15	YOGUR-CFR-0180-MORA	###	2.540	3.528	4.677	1.976	220	820	0	13.761	457	635	842	356	40	148	0	2.477		
16	YOGUR-LGH-0200-FRUT	###	1.152	2.500	13.951	6.206	1.719	9.507	0	35.035	238	518	2.888	1.285	356	1.968	0	7.252		
17	YOGUR-LGH-1000-DURA	###	228	990	629	2.409	476	621	0	5.353	229	994	632	2.419	478	624	0	5.375		
18	YOGUR-LGH-1000-FRUT	###	552	924	1.469	3.026	1.868	1.335	0	9.174	554	928	1.475	3.038	1.876	1.340	0	9.212		
19	YOGUR-LGH-1000-MORA	###	216	554	276	1.271	900	401	0	3.618	217	556	277	1.276	904	403	0	3.633		
20	YOGUR-LGH-2000-DURA	###	296	526	153	542	256	341	400	2.514	593	1.053	306	1.085	513	683	801	5.034		

Fig. 4.1 Demanda diaria de productos

En la actualidad se manejan un total de variedades de productos por día entre un rango de 8 hasta 13 diferentes tipos de producto.

En la figura 4.1, se tiene una demanda de más de 50 diferentes productos por día, además se observa que la demanda se concentra en tres días (lunes 20%, martes 24% y miércoles 19%).

La idea es diseñar un programa que satisfaga los requerimientos de productos por día al mismo tiempo que semanalmente. Dado los bajos niveles de inventario de producto terminado y capacidades productivas es imposible conseguirlo, por tanto, lo que se busca es encontrar los límites óptimos de producción, que sirvan para encontrar un balance entre los requerimientos actuales y las mejores posibilidades de producción y despachos.

#### **4.4.1 Limitantes de la producción**

Capacidad de producción diaria [kilos] = 108.000

No. de batch por día [máx.] = 18

Kilos por batch [máx.] = 6.000

#### **4.4.2 Marco estratégico de la programación matemática**

Dado que cada batch de producción tiene una capacidad máxima de 6.000 kilos se puede establecer que por cada producto se pueden tener órdenes de producción múltiplos de 6.000. Obviamente se debe escoger al múltiplo que más se acerque a la cantidad necesaria a producir (demanda – inventario inicial).

Cada producto debe tener la opción de ser producido en un día de trabajo, al mismo tiempo. La cantidad máxima de producción diaria es de 48.000 kilos (cabe recalcar que la máxima producción de un producto se registró en 24.000 kilos, con esto se tiene una holgura de 24.000 kilos para contrarrestar cualquier incremento en la demanda o de capacidad productiva, dicha holgura fue acordada como requerimiento por parte de la empresa).

Con esto se tiene patrones de producción para cada producto, por ejemplo, para un día de trabajo un producto puede producirse en las siguientes cantidades: 48.000, 42.000, 36.000, 30.000, 24.000, 18.000, 12.000, 6.000 y 0 kilos. El modelo matemático será el que decida qué cantidad es la óptima para satisfacer la demanda al mismo tiempo que se maximiza el uso de los recursos de la empresa.

#### **4.4.3 Modelo Matemático para el Balanceo de la Producción semanal de yogurt**

Para el diseño del modelo matemático se cuenta con los siguientes datos de entrada:

- Lista de productos,
- Demanda semanal de productos,
- Horizonte de producción (semanal).

#### **4.4.4 Índices del modelo**

Para la parametrización de datos se utilizan índices, los mismos que agrupan todo el conjunto de datos, tal como se muestra en la tabla 4.1,

<b>Índice</b>	<b>Entidad</b>
<b>I</b>	Patrones de producción por producto por día
<b>J</b>	Tipo de yogurt



<b>K</b>	Días de producción
----------	--------------------

Tabla 4.1 Índices del modelo

#### 4.4.5 Variables de Decisión

Los resultados del modelo son obtenidos a través de las variables mostradas en la tabla 4.2.

Variable	Descripción	Unidades
$x(i,j,k)$	Variable Binaria	
$h(j,k)$	Total de kilos de yogurt producidos, clasificados por tipo de producto y por día	Kilos
$m(j)$	Total de kilos de yogurt producidos, clasificados por tipo de producto	Kilos

Tabla 4.2 Variables de decisión

La variable  $X(i,j,k)$  está en función del patrón de producción, tipo de yogurt y día de producción. Tendrá naturaleza binaria.

Por ejemplo, si en el resultado se encuentra que  $X(\text{patrón11}, \text{yogurt tipo 1}, \text{lunes}) = 1$ , significa que el yogurt tipo 1 se debe producir el día lunes, y la

cantidad a producir vendrá definida por el patrón 1 (recordemos que cada patrón como máximo produce 48.000 kilos)

Si en el resultado se encuentra que  $X(\text{patrón}11, \text{yogurt tipo } 1, \text{lunes}) = 0$ , significa que la cantidad a producir será de cero kilos, para el patrón 11 en el día lunes.

#### 4.4.6 Tablas y parámetros

Las tablas y parámetros que forman parte del modelamiento del sistema, se presentan en la tabla 4.3.

Tabla / Parámetro	Descripción
A(i,j,k)	Tabla: Patrones de producción por tipo de producto y por día.
p(i,j,k)	Tabla: Muestra la relación existente entre cada patrón de producción, el tipo de yogurt y el día.
T(i,j,k)	Tabla: Costo de producción entre los patrones, tipo de producto y días. Los coeficientes de esta tabla fueron determinados por la empresa.
B(j)	Parámetro: Demanda semanal de productos en kilos.

Tabla 4.3 Tablas y parámetros del modelo matemático

#### 4.4.7 Función objetivo:

El objetivo principal del modelo es minimizar el costo total de producción, es decir, la cantidad a producir de cada producto por su costo de producción.

$$\text{función objetivo} = \sum_i \sum_j \sum_k X(i, j, k) \cdot T(i, j, k) \cdot A(i, j, k)$$

#### 4.4.8 Restricciones:

Dentro de las principales restricciones se tiene:

- **Cumplimiento de la demanda:** La cantidad a producir debe ser mayor o igual a la cantidad demandada (se considera también el inventario inicial)

$$\sum_i \sum_k A(i, j, k) \cdot X(i, j, k) \geq b(j)$$

- **Capacidad de producción diaria:** La cantidad a producir por día es de 108.000 kilos.

$$\sum_i \sum_j A(i, j, k) \cdot X(i, j, k) \leq 108.000$$

- **Selección de patrón por producto por día:** Se debe escoger un patrón de producción por día para cada tipo de yogurt.

$$\sum_i X(i, j, k) \leq 1$$

- **Capacidad de producción por batch:** La cantidad de batch a producir por día es de 18.

$$\sum_i \sum_j X(i, j, k) \cdot A(i, j, k) / 6000 \leq 18$$

- **Flexibilidad en la producción:** Se establecerá que por día el mínimo número de variedades de tipos de yogurt a producir es de 11. Cabe recalcar que este valor puede ser regulado siempre y cuando la solución se encuentre dentro de la región factible.

$$\sum_j \sum_i X(i, j, k) \geq 11$$

El único dato de entrada que necesita el sistema es el valor de la demanda restada del inventario inicial, la misma que se presenta como **cantidad total a producir**, la cual se muestra en la figura 4.2

```
parameter b(j) total a producir
/
yogur-mix-0200-durazno-PRIMO16000----- 48000
yogur-mix-0200-frutilla-PRIMO16000----- 120000
yogur----1000-durazno-PRIMO4000----- 13135
yogur----1000-frutilla-PRIMO4000----- 27479
yogur----1000-mora-PRIMO4000----- 17074
yogur----2000-durazno-PRIMO4000----- 21837
yogur----2000-frutilla-PRIMO4000----- 19047
yogur----2000-mora-PRIMO4000----- 8310
yogur-beb-0200-durazno-FOOG36----- 5123
yogur-beb-0200-frutilla-FOOG36----- 24913
yogur-beb-0200-mora-FOOG36----- 6720
yogur----1000-natu-PRIMO4000----- 727
yogur----2000-natu-PRIMO4000----- 8167
yogur-cfr-0180-frutilla-PRIMO16000----- 9524
yogur-cfr-0180-mora-PRIMO16000----- 11403
yogur-lgh-0200-frutilla-FOOG36----- 5580
yogur-lgh-1000-durazno-PRIMO4000----- 13974
yogur-lgh-1000-frutilla-PRIMO4000----- 25222
yogur-lgh-1000-mora-PRIMO4000----- 9364
yogur-lgh-2000-durazno-PRIMO4000----- 1684
yogur-lgh-2000-frutilla-PRIMO4000----- 6151
yogur-lgh-2000-mora-PRIMO4000----- 951
yogur-cfr-0180-durazno-PRIMO16000----- 3665
yogur-cfr-1000-durazno-PRIMO4000----- 4249
yogur-cfr-1000-frutilla-PRIMO4000----- 15829
yogur-cfr-1000-mora-PRIMO4000----- 17684
yogur-beb-0120-durazno-FOOG36----- 12581
yogur-beb-0120-frutilla-FOOG36----- 4674
yogur-beb-0120-mora-FOOG36----- 3951
yogur-mix-0200-vain-PRIMO16000----- 2755
yogur-lgh-0200-durazno-FOOG36----- 4073
yogur-lgh-0200-mora-FOOG36----- 4474
```

Fig.4.2 Cantidad total a producir

### 4.5 Aplicación del modelo matemático

Se utilizó el software informático GAMS para tal efecto y su programación fuente se puede apreciar en el Anexo 1.

### 4.6 Principales resultados obtenidos

El modelo matemático va a decidir de acuerdo a las restricciones ingresadas cual es el plan de producción semanal óptimo. Tal como se muestra en la figura 4.3.

File Edit Format View Help  
EL BALANCE DE LA PRODUCCION ES:

	VIERNES	SABADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	¡UEVES
yogur-mix-0200-durazno-PRIMO16000-----	24000.00	6000.00	6000.00	12000.00	0.00	0.00
yogur-mix-0200-frutilla-PRIMO16000-----	30000.00	12000.00	6000.00	6000.00	42000.00	24000.00
yogur-----1000-durazno-PRIMO4000-----	6000.00	12000.00	6000.00	0.00	0.00	0.00
yogur-----1000-frutilla-PRIMO4000-----	6000.00	12000.00	6000.00	18000.00	0.00	0.00
yogur-----1000-mora-PRIMO4000-----	0.00	18000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
yogur-----2000-durazno-PRIMO4000-----	6000.00	6000.00	12000.00	0.00	0.00	0.00
yogur-----2000-frutilla-PRIMO4000-----	6000.00	6000.00	12000.00	0.00	0.00	0.00
yogur-----2000-mora-PRIMO4000-----	6000.00	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00
yogur-beb-0200-durazno-FOOG36-----	6000.00	6000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
yogur-beb-0200-frutilla-FOOG36-----	6000.00	6000.00	18000.00	12000.00	0.00	0.00
yogur-beb-0200-mora-FOOG36-----	0.00	0.00	6000.00	0.00	0.00	6000.00
yogur-----1000-natu-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00
yogur-----2000-natu-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00	6000.00
yogur-cfr-0180-frutilla-PRIMO16000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	12000.00	0.00
yogur-cfr-0180-mora-PRIMO16000-----	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00	12000.00
yogur-lgh-0200-frutilla-FOOG36-----	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00
yogur-lgh-1000-durazno-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	18000.00	0.00	0.00
yogur-lgh-1000-frutilla-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	6000.00	6000.00	18000.00
yogur-lgh-1000-mora-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00	6000.00
yogur-lgh-2000-durazno-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00
yogur-lgh-2000-frutilla-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12000.00
yogur-lgh-2000-mora-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00
yogur-cfr-0180-durazno-PRIMO16000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00
yogur-cfr-1000-durazno-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00
yogur-cfr-1000-frutilla-PRIMO4000-----	0.00	0.00	0.00	12000.00	0.00	6000.00
yogur-cfr-1000-mora-PRIMO4000-----	0.00	0.00	12000.00	0.00	6000.00	0.00
yogur-beb-0120-durazno-FOOG36-----	6000.00	12000.00	6000.00	0.00	0.00	0.00
yogur-beb-0120-frutilla-FOOG36-----	6000.00	6000.00	12000.00	0.00	0.00	0.00
yogur-beb-0120-mora-FOOG36-----	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00	0.00
yogur-mix-0200-vain-PRIMO16000-----	0.00	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00
yogur-lgh-0200-durazno-FOOG36-----	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00	0.00
yogur-lgh-0200-mora-FOOG36-----	0.00	0.00	0.00	6000.00	0.00	0.00

Fig. 4.3 Programación de la producción obtenida en GAMS

Se obtiene una programación balanceada diaria, la variedad a fabricar es de 11 tipos diferentes de yogurt por día. Esto le permitirá a la empresa mejor coordinación de sus despachos debido a que sabrá qué producto y qué día se fabricaran cada uno de los sku's demandados. En la figura 4.4 (izquierda) se muestra la variedad diaria de sku's elaborados bajo la metodología actual de la empresa, en la figura 4.5 (derecha) se muestra el comportamiento diario de la variedad de sku's propuesto.

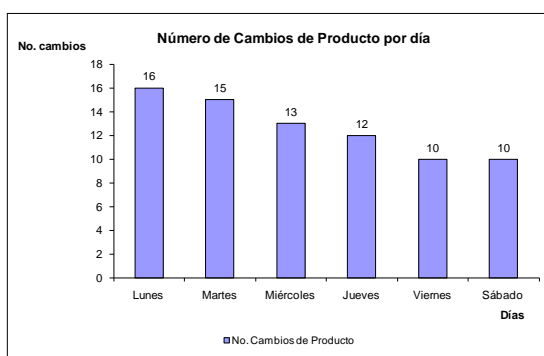


Fig. 4.4 Actual

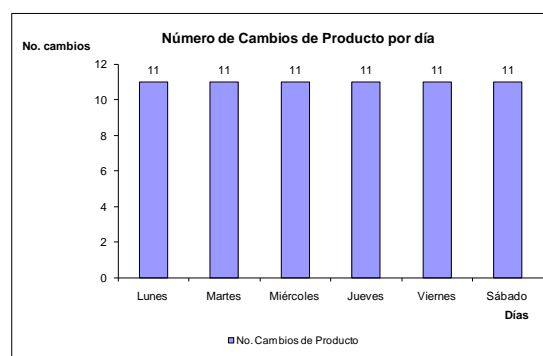


Fig. 4.5 Propuesta

## 4.7 Resultados obtenidos y ventajas del sistema

Dado los recursos actuales de la empresa los parámetros máximos de producción son:

- Cantidad máxima de producción diaria = 108.000 kilos
- Variedad óptima de tipos de yogurt por día = mínimo 11 variedades de yogurt
- Capacidad de producción diaria máxima por producto = 48.000 kilos
- Los modelos matemáticos son totalmente flexibles para cambiar en cualquiera de los parámetros de producción

- Se pueden identificar las siguientes ventajas de la implementación del modelo matemático.
- Fácil y adecuada interpretación de resultados: Se muestran el producto y el día de fabricación.
- Obtención de los resultados en cuestión de minutos: El tiempo de corrida del programa permite en pocos segundos conocer los resultados.
- Flexibilidad para el cambio de los parámetros de producción (se utiliza el mismo modelo matemático si las capacidades de producción o demanda aumenten, solo basta incluir el nuevo valor, y proceder a calcular nuevamente).
- Permite saber qué días se elaborarán los yogures y así poder comunicar al departamento de despacho y ventas.

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

---



## **CAPÍTULO 5**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones y Recomendaciones**

Los problemas de asignación de la compañía fueron formulados y resueltos satisfactoriamente, permitiendo encontrar la solución óptima para el problema específico de la compañía.

Se logró desarrollar la programación en Gams para generar las secuencias de fabricación de yogurt.

Se resalta que modelo matemático planteado resulta ser de gran utilidad en este tipo de El Mejoramiento de la Logística Interna en un ambiente de fabricación para inventario y bajo pedido radica en establecer estrategias de carácter integral.

Este proyecto revela que las técnicas de programación lineal son útiles para resolver problemas de la vida real. Lamentablemente estas técnicas se usan con poca frecuencia, tal vez por la dificultad que esta involucra en el proceso de formulación e implementación de la solución.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Alarcón F., García J., Ortiz A. y Alemany M., **Modelo de programación/ secuenciación de producción para un sistema de taller de flujo con diferentes requerimientos según etapas**, *Universidad Politécnica de Valencia, IV Congreso de Ingeniería de Organización CIO, 2001.*
- [2] Arjona A., **Principios de control de producción**, *Ediciones Deusto*, 136 p, 1979.
- [3] Cruz M., Martínez M., Hernández J., Zavala J. y Díaz O., **Scheduling Algorithm for the Job Shop Scheduling Problem.**, *IEEE*, 336-341, 2007.
- [4] E.F Stafford y F.T Seng. **On the Srikar-Ghosh MILP model for the  $N \times M$  SDST flowshop problem.** *International Journal of Production Research*, 28 (10): 1817- 1830, 1990.
- [5] E. Taillard. **Some Efficient Heuristic Methods for the Flow Shop Sequencing Problem.** *European Journal of Operational Research*, 47: 65-74, 1989.
- [6] Gupta, J.N.D., **A functional heuristic algorithm for the flow-shop scheduling problem.** *Oper. Res.*, 22, 39-47, 1971.
- [7] Moss S., Dale C. y Brame G., **Sequence-Dependent Scheduling at Baxter International**, *Interfaces*, 30:2 p. 70-80, 2000.
- [8] Oliff M. y Burch E., **Multiproduct Production Scheduling at Owens-Corning Fiberglass**, *Interfaces*. 15 (15), p. 25-34, 1985.

- [9] Olson, J. y Schiniederjaus, M., **A Heuristic Scheduling System for ceramic industrial coating**, *Interfaces*, p.16-22, 2000.
- [10] Palmer, D.S, **Sequencing jobs through a multistage process in the minimum total time: a quick method of obtaining a near optimum.** *Oper. Rese. Quart.*,16, 101- 107, 1965.
- [11] Pinedo M., **Scheduling: Theory, Algorithms and Systems**, *Ediciones Prentice Hall*, segunda edición, 2002.
- [12] Portougal V. y Robb D., **Production Scheduling Theory: Just where is it applicable**, *Interfaces*, 30 (6), pp 64-76, 2000.
- [13] Ramirez-Beltran, N.D., **Application of Mixed Integer Programming to Cellular Manufacturing**, *Engineering Valuation and Cost Analysis*, 2, 373-386, 2000.
- [14] Srikar B. and Ghosh, **A MILP model for the n-job, M'stage flowshop with sequence dependent set-up times**, *International Journal of Production Research*, 24 (6), 1459-1474, 1986.
- [15] Stoop P. and Wiers V., **The Complexity of Scheduling in Practice**, *International Journal of Operations & Production Management*, 16 (10), pp 37-53, 1996.
- [16] Taug, S., Mawchwn, R. and Min Y., **Using Genetic Algorithm to Solve Sequence Dependent Setup Time Jobs Scheduling Problem**, *International Computer Symposium*, Dec 15-17 2004, Taipen Taiwan, 2004.

## APÉNDICE A

### MODELO MATEMÁTICO

SET i PATRONES /PATRON001 \* PATRON729/

SET j TIPO\_YOGURT/

yogur-mi x- 0200- durazno- PRIM016000-----,  
yogur-mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000-----,  
yogur----- 1000- durazno- PRIM04000-----,  
yogur----- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----,  
yogur----- 1000- mora- PRIM04000-----,  
yogur----- 2000- durazno- PRIM04000-----,  
yogur----- 2000- fruti l l a- PRIM04000-----,  
yogur----- 2000- mora- PRIM04000-----,  
yogur-beb- 0200- durazno- F00G36-----,  
yogur-beb- 0200- fruti l l a- F00G36-----,  
yogur-beb- 0200- mora- F00G36-----,  
yogur----- 1000- natu- PRIM04000-----,  
yogur----- 2000- natu- PRIM04000-----,  
yogur-cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000-----,  
yogur-cfr- 0180- mora- PRIM016000-----,  
yogur-l gh- 0200- fruti l l a- F00G36-----,  
yogur-l gh- 1000- durazno- PRIM04000-----,  
yogur-l gh- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----,  
yogur-l gh- 1000- mora- PRIM04000-----,  
yogur-l gh- 2000- durazno- PRIM04000-----,  
yogur-l gh- 2000- fruti l l a- PRIM04000-----,  
yogur-l gh- 2000- mora- PRIM04000-----,  
yogur-cfr- 0180- durazno- PRIM016000-----,  
yogur-cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----,

yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- - - - - ,  
yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- - - - - ,  
yogur- beb- 0120- mora- F00G36- - - - - ,  
yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- - - - - ,  
yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- - - - - ,  
yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- - - - - ,  
yogur- l gh- 0200- vai n- F00G36- - - - - ,  
yogur- l gh- 1000- vai n- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- vi c- 0200- frec- F00G36- - - - - ,  
yogur- vi c- 0200- frub- F00G36- - - - - ,  
yogur- vi d- 0200- ci pa- F00G36- - - - - ,  
yogur- vi t- 0200- ffue- F00G36- - - - - ,  
yogur- vi p- 0200- pi co- F00G36- - - - - ,  
yogur- vi c- 1000- frub- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- vi c- 1000- frec- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- vi d- 1000- ci pa- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- vi t- 1000- ffue- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- l gh- 2000- vai n- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- pqx7120- bene- F00G36- - - - - ,  
yogur- vi p- 0200- fpas- F00G36- - - - - ,  
yogur- vi p- 1000- pi co- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- l gh- 0200- natural - F00G36- - - - - ,  
yogur- l gh- 1000- natural - PRI M04000- - - - - ,  
yogur- met- 0180- fruti l l a- PRI M016000- - - - - ,  
yogur- met- 0180- durazno- PRI M016000- - - - - ,  
yogur- met- 0180- choc- PRI M016000- - - - - ,  
yogur- vi p- 1000- fpas- PRI M04000- - - - - ,  
yogur- vi d- 150g- ci pa- BI SI GNANO- - - - - ,  
YG\_CFRUTA\_DURAZNO\_LEPO\_ENTERA- - - - - ,  
YG\_CFRUTA\_FRUTILLA\_LEPO\_ENTERA- - - - - ,  
YG\_TONI\_FRUTILLA\_LENTERA\_STRAWBERRY- - - - - ,  
YOGURT\_BEBIBLE\_BENECOL\_VAINILLA\_LEPO\_ENTERA- - - - - ,  
YOGURT\_BEBIBLE\_DURAZNO\_BC- - - - - ,

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

YOGURT\_BEBIBLE\_FRUTILLA\_BC-----,  
 YOGURT\_BEBIBLE\_MORA\_BC-----,  
 YOGURT\_CFRUTA\_MORA\_CASTILLA-----,  
 YOGURT\_LIGHT\_DURAZNO\_AVONLAC-----,  
 YOGURT\_LIGHT\_FRUTILLA\_AVONLAC-----,  
 YOGURT\_LIGHT\_MORA\_CASTILLA-----,  
 YOGURT\_LIGHT\_NATURAL-----,  
 YOGURT\_LIGHT\_VAINILLA\_AVONLAC-----,  
 YOGURT\_MCDONALD-----,  
 YOGURT\_MET\_CON\_BASE\_DE\_CHOCOLATE-----,  
 YOGURT\_MET\_CON\_BASE\_DURAZNO-----,  
 YOGURT\_MET\_CON\_BASE\_FRUTILLA-----,  
 YOGURT\_MIX\_VAINILLA\_LEPO\_ENTERA-----,  
 YOGURT\_NATURAL\_LEPO\_ENTERA-----,  
 YOGURT\_TONI\_DURAZNO\_LEPO\_ENTERA-----,  
 YOGURT\_TONI\_MORA\_CASTILLA-----,  
 YOGURT\_TONI\_VIVALY\_CIRUELA\_PASAS-----,  
 YOGURT\_TONI\_VIVALY\_FRESA\_COOL-----,  
 YOGURT\_TONI\_VIVALY\_FRUTA\_DE\_PASION-----,  
 YOGURT\_TONI\_VIVALY\_FRUTIBUM-----,  
 YOGURT\_TONI\_VIVALY\_FRUTOS\_DE\_FUEGO-----,  
 YOGURT\_TONI\_VIVALY\_PINA\_COLADA-----,

SET k días

/VIERNES, SABADO, LUNES, MARTES, MIERCOLES, JUEVES/;

TABLE A (i, j, k) patrones

VIERNES	SABADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES
PATRON001. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000-----					
48000	48000	48000	48000	48000	48000
PATRON002. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000-----					
42000	42000	42000	42000	42000	42000
PATRON003. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000-----					
36000	36000	36000	36000	36000	36000

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON004. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000- - - - -					
30000	30000	30000	30000	30000	30000
PATRON005. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000- - - - -					
24000	24000	24000	24000	24000	24000
PATRON006. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000- - - - -					
18000	18000	18000	18000	18000	18000
PATRON007. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000- - - - -					
12000	12000	12000	12000	12000	12000
PATRON008. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000- - - - -					
06000	06000	06000	06000	06000	06000
PATRON009. yogur- mi x- 0200- durazno- PRIM016000- - - - -					
06000	06000	06000	06000	06000	06000
PATRON010. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000- - - - -					
-----	48000	48000	48000	48000	48000
48000	48000				
PATRON011. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000- - - - -					
-----	42000	42000	42000	42000	42000
42000	42000				
PATRON012. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000- - - - -					
-----	36000	36000	36000	36000	36000
36000	36000				
PATRON013. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000- - - - -					
-----	30000	30000	30000	30000	30000
30000	30000				
PATRON014. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000- - - - -					
-----	24000	24000	24000	24000	24000
24000	24000				
PATRON015. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000- - - - -					
-----	18000	18000	18000	18000	18000
18000	18000				
PATRON016. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRIM016000- - - - -					
-----	12000	12000	12000	12000	12000
12000	12000				

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON017. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRI MO16000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON018. yogur- mi x- 0200- fruti l l a- PRI MO16000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON019. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON020. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON021. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON022. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON023. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON024. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON025. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON026. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON027. yogur- - - - - 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			



“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON028. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON029. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON030. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON031. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON032. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON033. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON034. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON035. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON036. yogur----- 1000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON037. yogur----- 1000- mora- PRI M04000-----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON038. yogur----- 1000- mora- PRI M04000-----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

PATRON039. yogur- - - - - 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON040. yogur- - - - - 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON041. yogur- - - - - 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON042. yogur- - - - - 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON043. yogur- - - - - 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON044. yogur- - - - - 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON045. yogur- - - - - 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON046. yogur- - - - - 2000- durazno- PRI M04000- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON047. yogur- - - - - 2000- durazno- PRI M04000- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON048. yogur- - - - - 2000- durazno- PRI M04000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON049. yogur- - - - - 2000- durazno- PRI M04000- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON050. yogur- - - - - 2000- durazno- PRIM04000- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON051. yogur- - - - - 2000- durazno- PRIM04000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON052. yogur- - - - - 2000- durazno- PRIM04000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON053. yogur- - - - - 2000- durazno- PRIM04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON054. yogur- - - - - 2000- durazno- PRIM04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON055. yogur- - - - - 2000- fruti l l a- PRIM04000- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON056. yogur- - - - - 2000- fruti l l a- PRIM04000- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON057. yogur- - - - - 2000- fruti l l a- PRIM04000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON058. yogur- - - - - 2000- fruti l l a- PRIM04000- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON059. yogur- - - - - 2000- fruti l l a- PRIM04000- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON060. yogur- - - - - 2000- fruti l l a- PRIM04000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON061. yogur----- 2000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON062. yogur----- 2000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON063. yogur----- 2000- fruti l l a- PRI M04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON064. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON065. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON066. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON067. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON068. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON069. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON070. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON071. yogur----- 2000- mora- PRI M04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON072. yogur- - - - - 2000- mora- PRIM04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON073. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON074. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON075. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON076. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON077. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON078. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON079. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON080. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON081. yogur- beb- 0200- durazno- F00G36- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON082. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON083. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON084. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON085. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON086. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON087. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON088. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON089. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON090. yogur- beb- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON091. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON092. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON093. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

PATRON094. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON095. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON096. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON097. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON098. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON099. yogur- beb- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON100. yogur- ---- 1000- natu- PRIM04000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON101. yogur- ---- 1000- natu- PRIM04000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON102. yogur- ---- 1000- natu- PRIM04000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON103. yogur- ---- 1000- natu- PRIM04000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON104. yogur- ---- 1000- natu- PRIM04000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

PATRON105. yogur- - - - - 1000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON106. yogur- - - - - 1000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON107. yogur- - - - - 1000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON108. yogur- - - - - 1000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON109. yogur- - - - - 2000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON110. yogur- - - - - 2000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON111. yogur- - - - - 2000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON112. yogur- - - - - 2000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON113. yogur- - - - - 2000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON114. yogur- - - - - 2000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON115. yogur- - - - - 2000- natu- PRI M04000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			



“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON116. yogur- - - - - 2000- natu- PRIM04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON117. yogur- - - - - 2000- natu- PRIM04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON118. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON119. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON120. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON121. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON122. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON123. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON124. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON125. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON126. yogur- cfr- 0180- fruti l l a- PRIM016000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON127. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON128. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON129. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON130. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON131. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON132. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON133. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON134. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON135. yogur- cfr- 0180- mora- PRI M016000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON136. yogur- lgh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON137. yogur- lgh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON138. yogur- l gh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON139. yogur- l gh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON140. yogur- l gh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON141. yogur- l gh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON142. yogur- l gh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON143. yogur- l gh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON144. yogur- l gh- 0200- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON145. yogur- l gh- 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON146. yogur- l gh- 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON147. yogur- l gh- 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON148. yogur- l gh- 1000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON149. yogur- l gh- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON150. yogur- l gh- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON151. yogur- l gh- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON152. yogur- l gh- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON153. yogur- l gh- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON154. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON155. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON156. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON157. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON158. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON159. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

PATRON160. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON161. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON162. yogur- l gh- 1000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON163. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON164. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON165. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON166. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON167. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON168. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON169. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON170. yogur- l gh- 1000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON171. yogur- l gh- 1000- mora- PRI MO4000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON172. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON173. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON174. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON175. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON176. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON177. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON178. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON179. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON180. yogur- l gh- 2000- durazno- PRI MO4000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON181. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI MO4000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

PATRON182. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON183. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON184. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON185. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON186. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON187. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON188. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON189. yogur- l gh- 2000- fruti l l a- PRI M04000- - - - -				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON190. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON191. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON192. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- - - - -				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON193. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON194. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON195. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON196. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON197. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON198. yogur- l gh- 2000- mora- PRI M04000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON199. yogur- cfr- 0180- durazno- PRI M016000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON200. yogur- cfr- 0180- durazno- PRI M016000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON201. yogur- cfr- 0180- durazno- PRI M016000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON202. yogur- cfr- 0180- durazno- PRI M016000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON203. yogur- cfr- 0180- durazno- PRI M016000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			



“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON204. yogur- cfr- 0180- durazno- PRIM016000-----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON205. yogur- cfr- 0180- durazno- PRIM016000-----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON206. yogur- cfr- 0180- durazno- PRIM016000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON207. yogur- cfr- 0180- durazno- PRIM016000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON208. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON209. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON210. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON211. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON212. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON213. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON214. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

PATRON215. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON216. yogur- cfr- 1000- durazno- PRIM04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON217. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON218. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON219. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON220. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON221. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON222. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON223. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON224. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON225. yogur- cfr- 1000- fruti l l a- PRIM04000-----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON226. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON227. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON228. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON229. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON230. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON231. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON232. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON233. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON234. yogur- cfr- 1000- mora- PRI M04000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON235. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON236. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON237. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON238. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON239. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON240. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON241. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON242. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON243. yogur- beb- 0120- durazno- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON244. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON245. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON246. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON247. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON248. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON249. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON250. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON251. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON252. yogur- beb- 0120- fruti l l a- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON253. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON254. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON255. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON256. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON257. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON258. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON259. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON260. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON261. yogur- beb- 0120- mora- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON262. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON263. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON264. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON265. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON266. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON267. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON268. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON269. yogur- mi x- 0200- vai n- PRI M016000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			

“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”

MOL

PATRON270. yogur- mi x- 0200- vai n- PRIM016000- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON271. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON272. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON273. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON274. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON275. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON276. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON277. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON278. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON279. yogur- l gh- 0200- durazno- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON280. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			

**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

PATRON281. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON282. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			
PATRON283. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	30000	30000	30000	30000
30000	30000			
PATRON284. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	24000	24000	24000	24000
24000	24000			
PATRON285. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	18000	18000	18000	18000
18000	18000			
PATRON286. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	12000	12000	12000	12000
12000	12000			
PATRON287. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON288. yogur- l gh- 0200- mora- F00G36- -----				
-----	06000	06000	06000	06000
06000	06000			
PATRON289. yogur- l gh- 0200- vai n- F00G36- -----				
-----	48000	48000	48000	48000
48000	48000			
PATRON290. yogur- l gh- 0200- vai n- F00G36- -----				
-----	42000	42000	42000	42000
42000	42000			
PATRON291. yogur- l gh- 0200- vai n- F00G36- -----				
-----	36000	36000	36000	36000
36000	36000			



**“DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LA SECUENCIA Y BALANCEO  
DE ÓRDENES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE YOGURT”**

**MOL**

---

PATRON292. yogur- l gh- 0200- vai n- F00G36- - - - -  
- - - - -                    30000                    30000                    30000                    30000  
30000                    30000