

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Mejora en la secuenciación de productos de una línea
moldeadora de chocolates”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentado por:

Omar Darío Coloma Hurel

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año:2004

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS Y

A MI HERMANA

.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para culminar esta etapa, a mi director de tesis el Ing. Jorge Abad por su apoyo, a mis familiares y amigos por estar siempre a mi lado.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade.
SUB-DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Jorge Abad M.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Marcos Tapia Q.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Omar Darío Coloma Hurel

RESUMEN

La tesis se desarrolla en una fábrica dedicada a la producción de semielaborados de cacao, chocolates, productos culinarios y salsas frías. Del volumen total de producción de la fábrica, el rubro que abarca la producción de chocolates corresponde al 22 %.

Durante el último año las empresas productoras de semielaborados de cacao y chocolates en el Ecuador han sufrido un duro golpe, principalmente por el incremento del precio internacional del cacao, una de las principales materias primas, de \$ 800 por tonelada a comienzos del año 2002 hasta alcanzar valores críticos de \$ 2100 por tonelada a inicios del 2003; además el ingreso agresivo de productos colombianos, peruanos y chilenos a nuestro mercado ha mermado los niveles de ventas de productos nacionales.

Todos los factores mencionados anteriormente nos obligan de manera ineludible a ser más competitivos si queremos permanecer en el mercado y, por lo tanto, a mejorar de forma continua nuestras operaciones incrementando el aprovechamiento de materias primas, maquinarias, recurso humano, etc.

Para la producción de chocolates en barra, bombones y platillos, la fábrica posee dos moldeadoras (MLR - MLP) y un túnel de enfriamiento, denominado Cavemil, éste debe producir un mix de productos que abarca alrededor de 23 ítems de diferentes características para lo cual cuenta con 7 juegos de moldes distintos. Su nivel de producción consolidado durante el año 2002 fue de 3600 toneladas de chocolate moldeado.

De acuerdo a los requerimientos de ventas, disponibilidad de materias primas, material de empaque, inventario de producto en proceso y el programa de producción de largo plazo, se genera el programa de producción semanal, en el cual se especifica el mix de productos y las cantidades requeridas de cada referencia.

Sin embargo, aunque en el programa se detallan las cantidades a producir de cada ítem por día, finalmente la secuencia en que se asignan estas tareas a la moldeadora es determinada por el área de Fabricación en función de sus necesidades. Al final de la semana se realiza la medición de un indicador denominado Adherencia al Programa de Producción en el cual se determina el nivel de cumplimiento del programa.

Existen muchos arreglos posibles para cumplir totalmente un programa de producción y obtener adherencias del 100 %, pero también existe un costo asociado a la secuencia elegida, este costo está relacionado con

operaciones tales como cambio de moldes, purga de moldeadoras, limpieza exhaustiva de las moldeadoras, lavado de moldes y pérdidas por no-utilización de la mano de obra disponible.

Esta tesis trata de determinar los costos de las actividades de cambio de formato y mediante la aplicación de una técnica conocida como “algoritmo de inserción más cercana”, obtener una secuencia, que cumpla con el programa de producción semanal y al mismo tiempo utilice eficientemente los recursos disponibles.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1

1. INTRODUCCION.

1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Descripción de la empresa.....	5
1.3	Objetivos generales y específicos de la tesis.....	7
1.4	Metodología a utilizar en la tesis.....	9
1.5	Estructura de la tesis.....	10

2. DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL

Introducción.....	11
2.1 Proceso de Fabricación de Chocolates.....	12
2.1.1 Materias primas.....	12
2.1.2 Diagrama de Flujo de Procesos	24
2.1.3 Descripción del Proceso	25
2.1.3.1 Mezcla – Prerrefinación.....	25
2.1.3.2 Refinación.....	26
2.1.3.3 Conchaje.....	27
2.1.3.4 Moldeo.....	28
2.1.3.5 Empaque.....	31
2.2 Descripción de las restricciones del entorno.....	32
2.2.1 Productos y formatos.....	32
2.2.2 Equipos y estándares de fabricación.....	35
2.2.3 Capacidad de almacenamiento de producto en proceso.....	44
2.2.4 Situación actual con respecto al cambio de formatos en la moldeadora de chocolates.....	47
Conclusión.....	51

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SECUENCIACIÓN PARA UNA MOLDEADORA DE CHOCOLATE

Introducción.....	53
-------------------	----

3.1	Determinación de matriz de costo de cambio.....	55
3.1.1	Definición de variables que intervienen en el costo de cambio de productos.....	55
3.1.2	Recolección y análisis de datos.....	58
3.1.3	Definición de Matriz de Costo de Cambio	70
3.2	Algoritmo de Inserción más Cercana.	72
3.2.1	Presentación del algoritmo.....	72
3.2.2	Explicación del modelo.....	76
3.2.3	Aplicación en situación actual tomando en cuenta restricciones del sistema de manufactura.....	83
	Conclusiones.....	115
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1	Conclusiones.....	117
4.2	Recomendaciones.....	120

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA.

ABREVIATURAS

dosif/min	dosificaciones por minuto
\$	Dólares
\$/H	Dólares por hora
\$/Kg	Dólares por Kilogramo
°C	Grados centígrados
gr	Gramos
H	Horas
HBP	Horas brutas de producción
Kg	Kilogramos
Kg/H	Kilogramos por hora
lt	Litros
mm	Milímetros
µg	Microgramos
mg	Miligramos
min	Minutos
% Eff maq	Porcentaje de eficiencia máquina
Ton	Toneladas

SIMBOLOGÍA

% Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de chocolates.....	24
Figura 2.2 Dosificadora MLR.....	36
Figura 2.3 Dosificadora MLP.....	37
Figura 2.4 Botella dosificadora.....	38
Figura 2.5 Vista lateral de la línea de moldeo.....	38
Figura 2.6 Vista lateral túnel del enfriamiento.....	40
Figura 2.7 Producto a la salida de la moldeadora.....	41
Figura 2.8 Empacadora Cavanna.....	44
Figura 2.9 Carros de almacenamiento de producto en proceso.....	45
Figura 2.10 Causas de paro de línea de moldeo.....	48
Figura 2.11 Comparativo de velocidades de moldeo y empaque.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Distribución de personal por áreas..... 7
Tabla 2	Tamaño de grano de diferentes variedades de azúcar..... 13
Tabla 3	Composición promedio de la leche de vaca..... 14
Tabla 4	Requisitos para chocolates según INEN..... 21
Tabla 5	Receta chocolate con leche..... 22
Tabla 6	Receta chocolate amargo..... 22
Tabla 7	Receta chocolate semiamargo..... 23
Tabla 8	Receta chocolate blanco..... 23
Tabla 9	Presiones y temperaturas en rodillos de refinadoras..... 26
Tabla 10	Las estructuras polimórficas de la manteca de cacao..... 30
Tabla 11	Masas de chocolate y productos en que son utilizadas..... 32
Tabla 12	Productos, descripción y formatos..... 33
Tabla 13	Tipos de moldes y productos..... 35
Tabla 14	Descripción de los moldes..... 35
Tabla 15	Estándares de producción de la línea de moldeo de chocolates..... 39
Tabla 16	Estándares de producción líneas de empaque..... 42
Tabla 17	Estándares de producción envolvedoras de platillos y bombones..... 43
Tabla 18	Capacidad de almacenamiento de masas de chocolate..... 44
Tabla 19	Capacidad de almacenamiento de producto en proceso..... 46
Tabla 20	Actividades realizadas en cambios de formato..... 59
Tabla 21	Actividades en cambio de formato MLP..... 59
Tabla 22	Actividades en cambio de formato MLR..... 60
Tabla 23	Componentes del costo de hora de cambio de formato..... 61
Tabla 24	Tiempo de cambio de formato en MLP..... 63
Tabla 25	Costo de actividades de cambio de formato en MLP..... 63
Tabla 26	Tiempo de cambio de formato en MLR..... 64
Tabla 27	Costo de actividades de cambio de formato en MLR..... 65
Tabla 28	Componentes del costo de retrabajo X Kg..... 66

Tabla 29	Cantidad de retrabajo generado en operaciones de cambio de formato MLP.....	67
Tabla 30	Costo de cantidad de retrabajo generado en operaciones de cambio de formato MLP.....	67
Tabla 31	Cantidad de retrabajo generado en operaciones de cambio de formato MLR.....	68
Tabla 32	Costo de retrabajo generado en operaciones de cambio de formato MLR.....	69
Tabla 33	Matriz de costo de cambio MLP.....	70
Tabla 34	Matriz de costo de cambio MLR.....	71
Tabla 35	Programa de producción semana 28 del 7 al 13 de Julio.....	77
Tabla 36	Programa de producción semana 36 del 1 al 7 de Septiembre.....	84
Tabla 37	Comparativo de costos.....	92
Tabla 38	Programa de producción semana 37 del 8 al 14 de Septiembre.....	92
Tabla 39	Comparativo de costos.....	99
Tabla 40	Programa de producción semana 38 del 8 al 15 al 21 de Septiembre.....	99
Tabla 41	Comparativo de costos.....	106
Tabla 42	Comparativo de velocidades de moldeo y empaque de bombones y platillos.....	107
Tabla 43	Resultados de secuenciación de productos.....	115
Tabla 44	Resumen del resultados de mezcla de productos.....	116

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Partes de moldeadora MLR.....APÉNDICE D

INTRODUCCIÓN

En la industria alimenticia la innovación y renovación de sus productos debe ser parte de su estrategia si desea incrementar su participación de mercado cada año. Esto implica fabricar una gran variedad de productos con los mismos equipos, haciendo frecuentes operaciones de cambios de formato que consumen tiempo y dinero.

Esta tesis se desarrolla en una fábrica de chocolates, analizando específicamente la etapa de moldeo, existe un total de 23 productos que pueden ser fabricados en este equipo y cada semana se debe decidir acerca de las cantidades a moldear según las necesidades del mercado.

Una variable importante relacionada con los tiempos requeridos para actividades de cambio de formato, es el orden en que se procesan los productos y lo que se plantea en esta tesis es la aplicación de una técnica conocida como “algoritmo de inserción más cercana”, para determinar secuencias de productos tratando de reducir el costo de las actividades de cambio.

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes

Hoy en día para toda organización, el hecho de ser competitivo no es una elección sino una cuestión de supervivencia.

En un mundo sin barreras para la comunicación y el comercio, la disponibilidad de una infinidad de productos de excelente calidad y bajo costo, hace que la fidelidad de los consumidores hacia una determinada marca sea una ilusión.

La industria alimenticia, tiene una particularidad, es su gran nivel de complejidad, en el sentido de que se deben usar los mismos equipos para fabricar una gran variedad de productos de distintas características.

Si no se analiza detalladamente el costo que implica la variedad, se puede incrementar en gran medida el costo de conversión y lo peor de esto es que se asume este desperdicio como parte de la operación normal.

Podríamos definir a la flexibilidad, como la capacidad de un sistema de manufactura para responder a la necesidad de una variedad de productos por parte de los consumidores, asegurando el cumplimiento de todos los estándares de calidad y seguridad alimentaria al menor costo posible.

Un ejemplo tangible de los conceptos relacionados con flexibilidad mencionados anteriormente corresponde a la operación de una línea moldeadora de chocolates, su nivel de complejidad esta dado por varios factores entre los que podemos mencionar:

- Esta conformada por dos equipos dosificadores (MLR y MLP) colocados en línea, seguidos por un túnel de enfriamiento denominado Cavemil.
- Procesa 23 tipos de productos diferentes.
- Cuenta con 8 Juegos de moldes distintos.
- Es alimentado por dos equipos cristalizadores, uno para chocolate blanco y otro para chocolate oscuro con sus respectivas tuberías de alimentación.
- El equipo dosificador MLR moldea todo tipo de productos, mientras que el MLP solo puede ser utilizado para dosificar platillos, bombones y barras de 30 o 100 gr. sin ingredientes

Todos los factores mencionados anteriormente vienen dados por la instalación industrial en sí, pero existe un factor adicional relacionado con la complejidad que podríamos catalogar como “operacional” y es el resultado de las decisiones de los jefes-coordinadores de producción: la secuencia bajo la cual se procesan los distintos productos en el equipo.

El orden de procesamiento tiene varias connotaciones entre las que podemos mencionar:

La cantidad de retrabajo que genera la línea de producción debido a las purgas realizadas en los equipos dosificadores a consecuencia del cambio de productos.

El tiempo total empleado en los cambios de productos depende de la secuencia elegida. Existen cambios que no requieren mucho trabajo, mientras otros implican un gran número de operaciones.

Generalmente estas decisiones de secuenciación de productos son tomadas sin mucho análisis previo, prácticamente podríamos decir que se basan en la intuición y experiencia de operadores de estos equipos, que pueden estimar a que producto es más fácil cambiarse una vez que se ha iniciado la corrida de producción con el objetivo de cumplir el programa.

Pero a veces este tipo de soluciones aunque rápidas carecen de un fundamento válido y en vez de facilitar el trabajo suelen complicarlo.

Para la toma de decisiones de este tipo se requiere de un método sistemático, rápido, y efectivo, en este caso estamos hablando de un método heurístico (Algoritmo de inserción más cercana), el cual ha sido diseñado para la solucionar este tipo de problemas específico ofreciendo soluciones factibles en corto tiempo.

Un método heurístico puede ser visto como un procesador de información que deliberada pero juiciosamente ignora ciertos datos. Lo interesante de su aplicación es que la solución producida por un heurístico es independiente de los datos ignorados y de igual forma no es afectado por cambios en dicha información.

Por supuesto el arte de diseñar un heurístico reside en saber exactamente que información ignorar. Idealmente uno busca ignorar aquella información que es demasiado costosa averiguar y mantener, que computacionalmente es demasiado cara de explotar o que contribuye en con poco a la exactitud de la solución

1.2 Descripción de la empresa

La organización donde se desarrolla la tesis, es una empresa dedicada a la producción de productos semielaborados de cacao, Chocolates, Bebidas instantáneas, productos culinarios (boullions) y salsas frías (mayonesa, mostaza y salsa de tomate).

Nació de la adquisición de una Fábrica local de Elaborados de Cacao, por parte de una Multinacional, en el año de 1970

Se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, ciudad de Guayaquil.

Del volumen total de producción de fábrica, 11,258 toneladas en el año 2002, el rubro de chocolates comprende el 22%, aunque es un porcentaje bajo su margen de rentabilidad es del 40 - 45 %

En el área de Chocolatería laboran alrededor de cien personas, distribuidos en las siguientes áreas

- Semielaborados: dedicados a la producción de licor de cacao, torta de cacao y manteca
- Pulverización: destinados a producir polvo de cacao y bebidas solubles con base de polvo de cacao
- Llenaje de bebidas: su función es empacar bebidas solubles
- Preparación de masas: preparar masas de chocolates para los distintos productos
- Moldeo: Producen las barras de chocolate a partir de las masas
- Empaque: empacan las barras de chocolate y bombones o platillos
- Coordinación de procesos: Función administrativa de la producción industrial, principalmente toma decisiones sobre cantidades, tipos de productos a ser procesados en las máquinas y verifica el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad alimentaria.

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL POR AREAS

AREA	# PERSONAS	%
Semielaborados	15	19
Pulverización	12	15
Llenaje de bebidas	12	15
Preparación de masas	6	7
Moldeo	12	15
Empaque	21	26
Coordinación de Procesos	3	4
TOTAL	81	100

1.3 Objetivos generales y específicos de la Tesis.

El objetivo general de esta tesis es:

“Reducir el costo asociado al cambio de productos en la línea moldeadora de chocolates e incrementar la capacidad disponible de la línea; tomando en cuenta las restricciones del sistema de producción: espacio de almacenamiento para producto en proceso, mix de productos y velocidades estándar de producción a través de la aplicación de un método de secuenciación que nos permita asignar los trabajos a la máquina en un orden lógico, económicamente factible.”

Objetivos Específicos:

- Disminuir el tiempo invertido en el cambio de formatos, a través de la secuenciación de los trabajos en un orden tal que permita

transformar tiempo empleado en el set up en tiempo de producción efectiva para la línea.

- Analizar los tiempos empleados en cambios de formatos y definir las operaciones realizadas en cada cambio, en base a esto crear una matriz que permita tomar decisiones a la hora de elegir cual será el siguiente producto a procesar
- Disminuir la cantidad de retrabajo generado por las actividades de cambio de formatos, producto de purgas de los equipos de moldeo, limpiezas de líneas, al secuenciar en lo posible productos de características similares entre sí.
- Determinar en promedio las cantidades de masa de chocolate que se utilizan para realizar purgas y limpieza de los equipos moldeadores en cada operación de cambio.
- Incrementar la flexibilidad de la línea al analizar la posibilidad de moldear varios productos al mismo tiempo, tomando en cuenta las ventajas que tiene la instalación al poseer dos equipos dosificadores uno a continuación del otro.
- Analizar las capacidades de moldeo y empaque y probar la hipótesis de que es posible realizar un balanceo temporal de estas líneas, mediante la adición de moldes de otro producto en la moldeadora.

- Utilizar este potencial de flexibilidad para reducir el impacto de los cuellos de botella (líneas de empaque), que obligan a producir paradas en la línea de moldeo debido a la falta de espacio para almacenar producto en proceso.

1.4 Metodología a utilizar en la Tesis.

Es importante indicar que existe una diferencia clara entre lo que es diseñar un sistema de manufactura y analizar uno, debido a que las restricciones en la etapa de diseño son diferentes a las que se deben enfrentar en una etapa de análisis, por ejemplo la instalación está montada y lo que se busca es proponer soluciones orientadas a incrementar la eficiencia de este arreglo en particular.

La metodología a ser utilizada se basa en un análisis de las operaciones de cambio de formato, identificar plenamente cuales son las actividades que se deben realizar cuando se cambia de un producto a otro, el tiempo requerido en estas actividades y las cantidades de retrabajo que se generan producto de estas operaciones.

Con la información antes mencionada se genera una matriz que sirve para la toma de decisiones en combinación con un método conocido como el algoritmo de inserción más cercana, que ha sido creado

especialmente para asignar trabajos a un equipo tomando como variable de decisión los tiempos de cambio de formato.

1.5 Estructura de la Tesis.

La primera parte de la tesis, corresponde a una descripción general del proceso de fabricación de chocolates, además se detallan características del sistema bajo el cual se realiza el estudio, se identifican claramente ciertos equipos, su funcionamiento y capacidades de producción así como algunas de las restricciones del entorno.

A continuación se trata el tema de los cambios de formato en la línea, que operaciones implica un cambio de formato y cual es su costo, se construye una matriz que sirve como herramienta para la toma de decisiones con respecto a que producto es más económico cambiarse. Se da una explicación del “Algoritmo de inserción más cercana” y su aplicación con algunos ejemplos, mostrando las ventajas de su utilización contra una secuenciación sin método definido.

Por ultimo se muestran los resultados del uso del algoritmo y se dan recomendaciones adicionales con respecto al balanceo temporal de las líneas de moldeo y empaque, con el objetivo de reducir las paradas por falta de espacio para almacenamiento de producto en proceso

CAPITULO 2

2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Introducción

La fabricación de chocolates, prácticamente ha llegado a convertirse en una ciencia pues requiere de un control estricto de un conjunto de variables para asegurar un producto terminado que cumpla con los requerimientos de calidad.

Cualquier error cometido en una etapa del proceso no puede ser solucionado en los procesos posteriores, y la mayoría de las veces la decisión más común es reprocesar el producto, incrementado el costo de conversión del mismo.

El objetivo de éste capítulo es dar a conocer algunas de éstas variables, que son propias de cada instalación industrial y la experiencia.

2.1 Proceso de Fabricación de Chocolates

2.1.1 Materias primas.

Las materias primas básicas utilizadas en la fabricación de chocolates son:

- Azúcar.
- Leche.
- Licor de cacao.
- Manteca de cacao.
- Otros ingredientes menores o funcionales (lecitina, ethilvainillina, PGPR), etc.

Las proporciones de estos ingredientes utilizadas en las recetas dependen de la variedad de chocolate que se esté interesado en producir, podemos enunciar grandes grupos entre los cuales se encuentran las masas de chocolate con leche (una de los más vendidos en el mundo); masas de chocolate blanco (chocolate que no contiene licor de cacao); masas de chocolate amargo y semiamargo (que contienen altas proporciones de licor de cacao y pueden o no contener leche).

Azúcar:

Químicamente conocido como “sucrosa” o “sacarosa” es un disacárido, formado por el enlace de los monosacáridos glucosa y fructosa, es una de las principales materias primas utilizadas en la fabricación de chocolates, pues interviene en la mayoría de las recetas en porcentajes cercanos al 50%. En el Ecuador la principal fuente de sacarosa es la caña de azúcar,

todos los ingenios azucareros usan la caña como su principal materia prima.

El jugo de la caña de azúcar es extraído mediante la trituración de la caña en molinos rotatorios, el bagazo o residuo puede ser utilizado posteriormente como combustible o materia prima para la producción de papel o cartón. Luego mediante procesos de concentración, centrifugación y cristalización se obtienen los cristales de azúcar que comúnmente conocemos.

Una variable que debe ser tomada en cuenta a la hora de seleccionar esta materia prima, es el tamaño de los cristales de azúcar, los cuales deben tener un tamaño de partícula uniforme. No existen regulaciones legales acerca del tamaño de partícula de los cristales de azúcar, pero la siguiente tabla es generalmente aceptada:

TABLA 2. TAMAÑO DE GRANO DE DIFERENTES VARIEDADES DE AZÚCAR

VARIEDAD	TAMAÑO DE GRANO (mm)
Azúcar Grueso	1 – 2.5
Azúcar medio fino	0.6 – 1
Azúcar fino	0.1 – 0.6
Azúcar escarcha	0.005 - 0.1

La manufactura de chocolates está predominantemente basada en el uso de azúcar medio fino.

Leche:

La leche y sus productos derivados son ingredientes alimenticios muy importantes debido a sus propiedades nutricionales

El chocolate con leche se ha convertido en un producto muy popular debido al agradable sabor resultante de la mezcla del cacao y la leche.

Siendo la leche la principal fuente de nutrientes para recién nacidos, esta tiene una composición muy compleja y rica en nutrientes. Entre sus componentes tenemos: grasa, proteínas, lactosa, minerales y vitaminas.

TABLA 3. COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LA LECHE DE VACA

COMPONENTES	PROPORCIÓN (gr / lt)
Agua	870
Grasa	37
Proteínas	34
NPN (nitrógeno no proteico)	2.5
Lactosa	47
Minerales	7
Na ⁺	0.5
K ⁺	1.5
Ca ²⁺	1.3
Po ₄ ³⁻	2.1
Citrato	2.0
VITAMINAS	PROPORCIÓN
Vitamina D	0.4 µg/lt
Riboflavina	1.5 mg/lt
Ácido ascórbico	20 mg/lt
Ácido Nicotínico	1.2 mg/lt

La calidad de la leche líquida esta influenciada por dos factores: las condiciones de almacenamiento en las granjas, (tiempo de almacenamiento y temperatura) y el proceso de manufactura de la leche, el cual consiste de los siguientes pasos:

Precalentamiento (homogenización): es usualmente una pasteurización con una combinación de tiempo-temperatura de 71 a 74 °C por 40 o 45 segundos, este paso es necesario para asegurar la estabilidad microbiológica del polvo.

Concentración: se realiza el proceso de evaporación en evaporadores de múltiple efecto bajo presiones reducidas, una concentración del 50% de los sólidos totales con temperaturas de 75 °C, es normalmente utilizada.

Secado: este se lleva a cabo en secadores de spray o secadores de rodillos.

Licor de cacao:

El negocio del chocolate gira en torno al cacao, que representa más del 80% del costo de las materias primas utilizadas.

Existen diferentes variedades de cacao como el trinitario, el criollo y el forastero, pero en nuestro país se dá una variedad especial, el cacao de sabor “arriba”, el cual es muy apreciado en mercados internacionales.

El licor de cacao se obtiene a partir del procesamiento de habas de cacao debidamente fermentadas, limpias y secas. Un típico proceso de producción de licor consta de los siguientes pasos:

Limpieza de las habas de cacao:

Las habas de cacao en estado natural contienen gran cantidad de impurezas, debido a que éstas son tendidas en el piso para secarlas, allí se contaminan con restos de piedras, sogas, pelos de animales, pedazos de metal, etc. Su humedad en la etapa de recepción está alrededor del 7-10 %. Este primer proceso tiene como objetivo retirar la mayor parte de las impurezas que pueden afectar los procesos posteriores o introducir sabores extraños al licor. Se realiza una separación mecánica utilizando tamices vibratorios a través de los cuales se hace pasar un flujo continuo de habas de cacao, separando en los distintos tamices todos aquellos elementos extraños.

Presecado – Descascarado:

Las habas de cacao son sometidas a temperaturas entre 100 y 130 °C en el presecador, para reducir su humedad entre 3 y 4.5 % y facilitar su quebrantado a través de su proyección

contra un grupo de placas metálicas, aquí se separa la cascarilla del nib¹ de cacao.

Este quebrantado formado por una mezcla de nibs y cascarilla, es clasificado mediante tamices vibratorios en tamaños de partícula de 5 – 4 – 3 – 2 – 1.7 mm y luego sometido a succión de aire en canales, en los cuales la cascarilla al ser más liviana es extraída de la mezcla.

El funcionamiento adecuado de esta etapa del proceso, asegura ahorros por la mejor utilización de la materia prima. Los rendimientos del haba de cacao deben estar en 80 y 85 % para asegurar reducir al mínimo las pérdidas.

Tostado:

Los nibs de cacao son enviados a un torrefactor, en el cual son sometidos a temperaturas entre 100 y 150 °C, por un periodo aproximado de 35 minutos, con este tratamiento térmico se elimina la mayor parte de la carga microbiana y se producen reacciones químicas (tipo maillard), que originan los precursores del sabor y le dan ese olor y sabor característicos, además se eliminan gran cantidad de ácidos volátiles (ácido acético) que pueden afectar el perfil sensorial del licor de cacao.

¹ Nib: Parte interna del haba

La humedad se reduce hasta un rango que puede variar entre 1.5 y 2.5 %

Molienda gruesa y molienda fina:

Los nibs de cacao tostados, pasan a un proceso de molienda en un molino de martillos, en el cual se somete a esfuerzos de compresión y cizallamiento a las habas de cacao contra un tamiz metálico.

El producto resultante de este proceso es el licor corriente grueso.

Este contiene todavía partículas demasiado “grandes” para los procesos siguientes, por lo que se somete a una segunda molienda en molinos de discos de piedra rotatorios. Este tipo de molinos están formados por 3 juegos de piedras (una fija y otra móvil) a través de las cuales pasa el licor de cacao siendo sometido a altos esfuerzos de cizallamiento que reducen el tamaño de partículas hasta alcanzar una finura² de 98.5 %

² Finura: análisis para determinar el tamaño de partículas contenidas en el licor de cacao, se filtra el licor de cacao con éter de petróleo a través de una malla de 75 micras y se calcula un porcentaje tomando en cuenta el peso de los sólidos retenidos en la malla y el peso total de la muestra desengrasada

Manteca de cacao:

La manteca de cacao es un triglicérido formado por tres ácidos grasos, unidos por un esqueleto de glicerol, estos ácidos grasos son el palmítico, oleico y esteárico

Se obtiene a través de la operación de prensado del licor de cacao.

Para esta operación se utilizan prensas hidráulicas que trabajan con presiones de hasta 480 atmósferas, la prensa esta formada por un conjunto de cámaras que son llenadas con licor de cacao a 100 °C, las cámaras poseen filtros formados por un conjunto de mallas finas, un embolo ejerce presión sobre las cámaras disminuyendo su tamaño de forma que los sólidos del cacao (torta de cacao) quedan atrapados dentro de las cámaras y la manteca fluye libre por canales de desfogue

Su adición esta muy relacionada con las propiedades reológicas³ de las masas de chocolates y su posterior cristalización en la etapa de moldeo.

Otros ingredientes menores (sal, ethilvainillina, PGPR lecitina), etc.

Estos ingredientes menores participan en porcentajes ínfimos dentro de las recetas y su aplicación esta relacionada con

³ Propiedades reológicas: forma en que se mueven los líquidos o fluidos

resaltar ciertos sabores en el producto terminado, la ethilvainillina y la sal son una muestra de esto.

Existen otros microingredientes cuyas funciones en cambio son las de ajustar las propiedades reológicas de las masas y dar facilidades a la hora del bombeo, entre ellos se encuentra la lecitina que es un emulsificante y el PGPR (Polirricinoleato de poliglicerol) que es una sustancia que disminuye el yield value⁴ de las masas de chocolate y facilita su bombeo hacia los tanques.

Recetas

Cada país establece sus normas en cuanto a requerimientos mínimos de ingredientes para un producto declarado como chocolate, en el Ecuador es el INEN quien regula esta situación.

⁴ yield value: fuerza mínima necesaria que se debe aplicar a un fluido no newtoniano para sacarlo del estado de reposo

TABLA 4
REQUISITOS PARA CHOCOLATES SEGÚN INEN

REQUISITOS	CHOCOLATE		CHOCOLATE PARA REVESTIMIENTO		CHOCOLATE CON LECHE		CHOCOLATE BLANCO	
	%MIN	%MAX	%MIN	%MAX	%MIN	%MAX	%MIN	%MAX
MANTECA DE CACAO	18		31		10		20	
EXTRACTO SECO DESENGRASADO DE CACAO	14		2,5		2,5	0	0	
EXTRACTO SECO TOTAL DE CACAO	35		35		25		20	
GRASA DE LECHE					0,5			
EXTRACTO SECO MAGRO DE LECHE	35		35		10,5		10,5	
GRASA TOTAL					25		24,5	
AZÚCARES	15	65	15	65	15	55	25	65

La receta de un producto es uno de los secretos mas celosamente guardados por los productores del chocolate, el perfil sensorial de un chocolate es muy sensible a pequeños cambios en los porcentajes de los ingredientes, por lo que la aplicación de estos documentos al pie de la letra a la hora de la preparación asegura obtener producto uniforme.

Cuando se desarrolla una receta se debe buscar un equilibrio entre factores relacionados con los costos de materias primas, muchas pueden ser sustituidas por reemplazos más económicos, una practica común es sustituir un porcentaje de la leche en polvo por suero de leche, pero a veces el producto

final no es igual o la legislación de ciertos países no permite el uso de los mismos.

Por ejemplo en el Ecuador, ningún producto que se identifique como “chocolate” puede contener otro tipo de manteca que no sea la manteca de cacao. Mientras que en Europa la legislación permite la inclusión de hasta un 5% de grasas reemplazantes o equivalentes a la manteca de cacao que son más económicas.

A continuación se muestran algunos ejemplos de recetas de masas de chocolate.

**TABLA 5
RECETA CHOCOLATE CON LECHE**

INGREDIENTE	%
LICOR DE CACAO	10
LECHE ENTERA EN POLVO	18
AZUCAR	55
MANTECA DE CACAO	16.5
LECITINA	0.3
TOTAL	100
GRASA TOTAL	27

**TABLA 6
RECETA CHOCOLATE AMARGO**

INGREDIENTE	%
LICOR DE CACAO	55
AZUCAR	42.04
MANTECA DE CACAO	1.70
LECITINA	0.30
VAINILLINA	
TOTAL	100
GRASA TOTAL	31.40

TABLA 7
RECETA CHOCOLATE SEMIAMARGO

INGREDIENTE	%
LICOR DE CACAO	35
AZUCAR	50.37
MANTECA DE CACAO	14.15
LECITINA	0.30
SAL	0.06
VAINILLINA	.012
TOTAL	100
GRASA TOTAL	33.10

TABLA 8
RECETA CHOCOLATE BLANCO

INGREDIENTE	%
LECHE	24.5
AZUCAR	50
MANTECA DE CACAO	25
LECITINA	0.5
TOTAL	100
GRASA TOTAL	31.15

2.1.2 Diagrama de Flujo de Procesos.

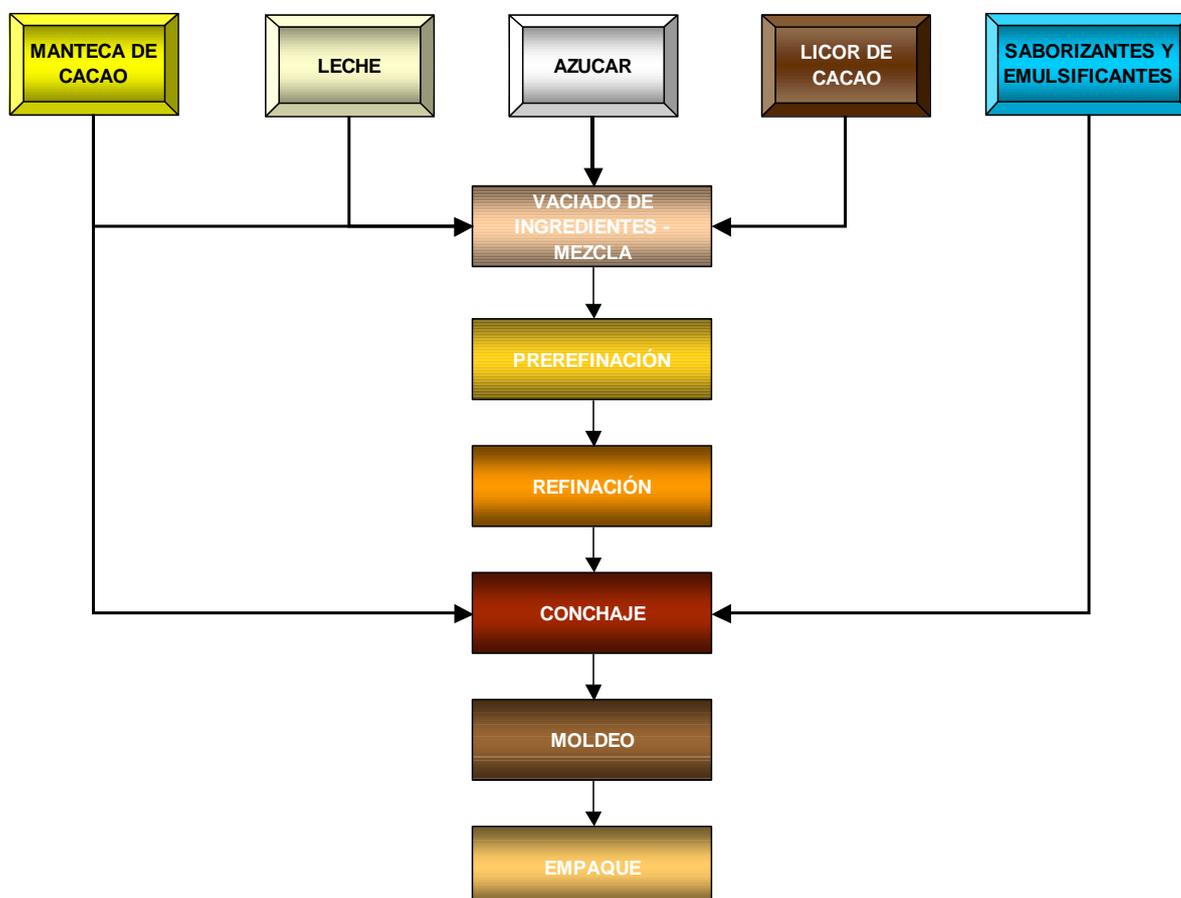


Fig 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CHOCOLATES

En la figura se muestran las etapas del proceso de fabricación de chocolates y a que nivel intervienen las diferentes materias primas. El orden de adición de los ingredientes es sumamente importante para que la masa de chocolate alcance el perfil organoléptico deseado.

2.1.3 Descripción del Proceso.

2.1.3.1 Mezcla - Prerrefinación

El mezclador es un equipo que posee un conjunto de aspas en su interior y mantiene temperaturas de alrededor de 50 °C a través de una chaqueta de calentamiento. Los ingredientes son vertidos en el interior del mismo y agitados hasta obtener una masa pastosa y homogénea, formada por la mezcla de los ingredientes sólidos y la manteca de cacao contenida en el licor, luego es llevada por transportadores de tornillo a la siguiente etapa. Las masas de chocolate contienen varios tipos de ingredientes de diferentes tamaño de partícula, todos estas partículas deben ser llevadas a un tamaño homogéneo que debe encontrarse entre 20 a 25 micras para ser imperceptibles al sentido del gusto. Conseguir esta disminución de tamaño de partícula en un solo paso es muy complicado, por lo que se requiere hacerlo en dos etapas como mínimo. El prerrefinador es un equipo formado por dos rodillos que giran en sentido contrario y funcionan con un sistema hidráulico a través del cual se puede ajustar la presión entre los mismos.

Al obligar a una película de la masa de chocolate a pasar entre los rodillos, estos someten a las partículas de la masa a altas presiones, quebrantándolas por los esfuerzos de compresión logrando una primera reducción de tamaño entre 100 y 150 micras.

2.1.3.2 Refinación.

Los equipos refinadores están formados por un juego de 5 rodillos, que giran a diferentes velocidades y funcionan con un sistema hidráulico a través del cual se puede ajustar la presión entre los mismos. La masa de chocolate prerrefinada, en forma de película pasa a través de estos rodillos disminuyendo su tamaño en cada paso producto de los esfuerzos de compresión que ejercen los rodillos. El producto final de este proceso debe tener un tamaño de partícula de 20 a 25 micras.

**TABLA 9
PRESIONES Y TEMPERATURAS EN RODILLOS DE
REFINADORAS**

CILINDROS	TEMPERATURA (°C)	PRESIÓN (BARES)
5	26-35	<25
4	38-49	<25
3	29-49	<25
2	26-35	<25
1	26-35	28-32

Hay que ser muy cuidadoso cuando se diseña la receta del producto y cuando se dosifican los ingredientes debido a que si las masas contienen un porcentaje de grasa demasiado elevado, esto evita que los rodillos puedan atrapar la película de masa, de igual forma si el porcentaje de grasa es demasiado bajo, las películas de masa sobre los rodillos pierden uniformidad ocasionando en ambos casos pérdidas de rendimiento.

2.1.3.3 Conchaje.

El conchaje es uno de los procesos más importantes dentro de la fabricación de chocolates, en esta etapa se terminan de definir todos aquellos sabores y texturas del mismo. Desde el punto de vista físico, lo que se consigue con este proceso es recubrir todas las partículas sólidas de los ingredientes con una capa de manteca de cacao, pues el chocolate en sí es una emulsión de los sólidos del cacao, azúcar, leche y demás, suspensos en una fase grasa continua (manteca de cacao). Otro efecto del proceso de conchaje, es airear la masa y conseguir la evaporación de ácidos volátiles, principalmente el ácido acético.

El equipo utilizado para este proceso se denomina “Concha”, en su interior posee un conjunto de raspadores-agitadores rotatorios, que dan al chocolate su textura y sabor final.

El proceso de conchaje pasa por tres etapas:

Fase seca: evaporación de humedad, remoción de ácidos volátiles.

Fase de Plastificación: desarrollo del sabor por efecto del calentamiento y la agitación.

Fase Líquida: Homogenización por medio de agitación intensa. En esta etapa se termina de preparar la concha adicionando ingredientes menores .

2.1.3.4 Moldeo

En este proceso se transforma el chocolate de una fase líquida a productos en estado sólido y este depende de la forma del molde. Para esto se vierte la masa de chocolate, que ha sido sometida a un proceso de precrystalización, en un molde que posee cavidades con la forma del producto que se desea moldear.

Este molde está montado sobre rieles de cadenas y es conducido a través de un túnel de enfriamiento, dentro del cual se solidifica la barra de chocolate.

La forma en que se solidifica el chocolate esta relacionada con la cristalización de la manteca de cacao. La manteca de cacao es una grasa que presenta la característica de ser polimorfica, es decir que puede cristalizarse en diferentes formas dependiendo de las temperaturas previas a las que ha sido sometida antes de entrar al túnel de enfriamiento.

La forma cristalina de la manteca es la que dá características de apariencia a la barra de chocolate, tales como brillo, textura, etc. Cuando el chocolate cristaliza en formas no apropiadas podemos notar defectos como manchas blancas en sus superficies denominadas fat-bloom, producto de la migración de la grasa o texturas arenosas.

Existen varias estructuras cristalinas: α alfa, β' beta prima y β beta, pero la que da las características óptimas al chocolate en cuanto a brillo y textura es la beta.

TABLA 10
LAS ESTRUCTURAS POLIMÓRFICAS DE LA MANTECA DE CACAO

FORMA	CRISTALIZA	ZONA FUSIÓN	ESTABILIDAD
γ	<16.9 °C	>16.9 °C	Inestable
α	Viene de γ	>23.8 °C	Inestable
β_1	16.9 – 22.5 °C	15 – 29.4 °C	Semiestable
β_2	-	-	-
β	22.5 – 33.6 °C	20 – 35 °C	Estable

Hacer que la manteca de cacao se cristalice en esta forma específica es el trabajo de un equipo denominado precristalizador o templadora.

Su objetivo principal es sembrar cristales de la forma cristalina adecuada β , en las masas de chocolate y asegurar así que todas las barras cristalicen en esa forma. Esta formado por varios platos intercambiadores de calor, que forman 3 sectores con diferentes temperaturas por los cuales circula el chocolate. La masa templada es depositada en las cavidades del molde por un equipo dosificador, el cual vierte y esparce la cantidad exacta de masa en el molde. Estos equipos dosificadores funcionan de manera sincronizada con la cadena que transporta los moldes y permiten varias opciones de regulación según el tipo de producto, en ellas se puede ajustar el largo de

la lengua del producto dosificado, el tipo y sentido de la dosificación, el peso que se desea dosificar por cavidad.

El molde montado sobre la cadena atraviesa el túnel de enfriamiento CAVEMIL cuya temperatura interior suele estar entre 8 y 10 °C.

2.1.3.5 Empaque

La función principal del empaque de un producto es protegerlo de fuentes externas de contaminación (olores y sabores extraños, ataque de insectos) y alargar su tiempo de vida limitando su contacto con el oxígeno. Uno de los tipos de empaque más utilizados por factores económicos es el flow pack, el cual es un tipo de empaque flexible hecho de un laminado de polipropileno. Las máquinas empacadoras que trabajan con este material, son alimentadas con bobinas, el equipo se encarga de dar la forma al sobre, colocar la tableta en su interior y sellar el mismo a través de mordazas rotatorias que funden el material de empaque en uno de los extremos y aseguran la hermeticidad del mismo.

2.2 Descripción de las restricciones del entorno.

2.2.1 Productos y formatos

Las masas de chocolate que se producen en el área de preparación son las siguientes:

TABLA 11. MASAS DE CHOCOLATE Y PRODUCTOS EN QUE SON UTILIZADAS

TIPO DE MASA	PRODUCTO
MASA CHOCOLATE BLANCO	Todas las barras GALAK, FAMILIAR BLANCO, PLATILLO GALAK
MASA LECHE	CLASSIC, CRUNCH, BOMBONES, PLATILLO LECHE, PLATILLO CRUNCH
MASA MANICERO	Todas las barras de MANICERO.
MASA FAMILIAR	FAMILIAR, PLATILLO CONCORDE

La siguiente tabla muestra las variedades de producto moldeado y sus formatos:

TABLA 12
PRODUCTOS, DESCRIPCIÓN Y FORMATOS

#	PESO (gr)	PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
1	14	Vaquita	Barra de chocolate blanco con arroz crocante
2	23	Galak	Barra de Chocolate blanco con arroz crocante
3	23	Galak Chococookie	Barra de chocolate blanco con galleta triturada
4	23	Galak Popping Candy	Barra de chocolate blanco con arroz crocante y caramelo popping
5	12	Galak Popping Candy	Barra de chocolate blanco con arroz crocante y caramelo popping
7	30	B. Leche	Barra de chocolate con leche
8	100	Tab. Leche	Barra de chocolate con leche
9	23	Crunch	Barra de chocolate con leche y arroz crocante
10	100	Crunch	Barra de chocolate con leche y arroz crocante
11	30	Manicero	Barra de chocolate con leche "manicero" y maní
12	100	Manicero	Barra de chocolate con leche "manicero" y maní

#	PESO(gr)	PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
---	----------	----------	-------------

13	16	Mini Manicero	Barra de chocolate con leche "manicero" y maní
14	200	Familiar	Barra de Chocolate semiamargo
15	200	Familiar Blanco	Barra de Chocolate blanco
16	4.5	Bombón Leche	Bombón de chocolate con leche
17	4.5	Bombón Coco	Bombón de chocolate con leche y saborizante de coco
18	4.5	Bombón Naranja	Bombón de chocolate con leche y saborizante de naranja
19	4.5	Bombón Marrasquino	Bombón de chocolate con leche y saborizante de cereza
20	5.5	Platillo Leche	Platillo de chocolate con leche
21	5.5	Platillo Crunch	Platillo de chocolate con leche y arroz crocante fino
22	5.5	Platillo Galak	Platillo de chocolate blanco y arroz crocante fino
23	5.5	Platillo Concorde	Platillo de chocolate semiamargo

Para cada tipo de producto se utilizan distintos tipos de moldes, la tabla 13 detalla este factor, asimismo se describen las características de los moldes en cuanto a número de cavidades y cantidad de masa por cavidad:

TABLA 13 TIPOS DE MOLDES Y PRODUCTOS

TIPO DE MOLDE	PRODUCTO
Molde de 12 gr	Galak Popping Candy
Molde de 14 gr	Vaquita
Molde de 16 gr	Minimanicero
Molde de 23 gr	Galak, Manicero, Crunch, B. leche, Chococookie, Galak Popping Candy.
Molde de 100 gr	Galak, Crunch, Classic.
Molde de 200 gr	Familiar y Familiar Blanco
Molde de bombones	Bombones
Molde de platillos	Platillos

TABLA 14 DESCRIPCIÓN DE LOS MOLDES

PRODUCTO	# CAVIDADES POR MOLDE	PESO POR CAVIDAD(gr)
BOMBONES	108	4.5
PLATILLOS	48	5.5
GALAK POP CANDY 12 gr	30	12
VAQUITA 14 gr	30	14
MANICERO 16 gr	30	16
BARRA 30 - 23 gr	12	23-30
TABLETA 100 gr	6	100
TABLETA 200 gr	6	200

2.2.2 Equipos y estándares de fabricación.

En la etapa de moldeo contamos con los siguientes equipos:

PRECRISTALIZADORES

Existen dos precristalizadores ASTEED, uno es utilizado para el chocolate oscuro y el otro para chocolate blanco. Es un proceso continuo y cada equipo puede manejar un flujo de

1000 Kg/H de chocolate. Estos equipos están conectados cada uno con un tanque pulmón independiente y con los equipos dosificadores en un circuito cerrado, de manera que el chocolate que no alcanza a ser dosificado es enviado nuevamente al tanque pulmón, este tanque posee una camisa por la que circula agua caliente para mantener la temperatura del mismo entre 40 y 50 °C.

DOSIFICADORES

La línea posee dos equipos dosificadores, la MLR y la MLP, la MLP es un equipo dosificador antiguo, de funcionamiento mecánico, al momento solo es utilizado para dosificar platillos, bombones y barras de 30 y 100 gr. sin ingredientes, pues no se puede controlar los porcentajes de dosificación de los mismos.



Fig 2.2 DOSIFICADORA MLR



Fig 2.3 DOSIFICADORA MLP

Funciona con émbolos que hacen un recorrido sobre placas con hendiduras, el número de émbolos activos y las hendiduras de la placa determinan el peso del producto a dosificar.

A tres metros sobre la misma línea se encuentra la MLR, este equipo es un dosificador moderno, que funciona conectado con un PLC, aquí se activan recetas en las cuales se ajustan parámetros como el centrado de la dosificación en el molde, el largo de la lengua, el peso a dosificar en cada molde. Además funciona con un sistema dosificador de ingredientes automático que facilita la adición de elementos como el arroz crocante y maní.



Fig 2.4. BOTELLA DOSIFICADORA

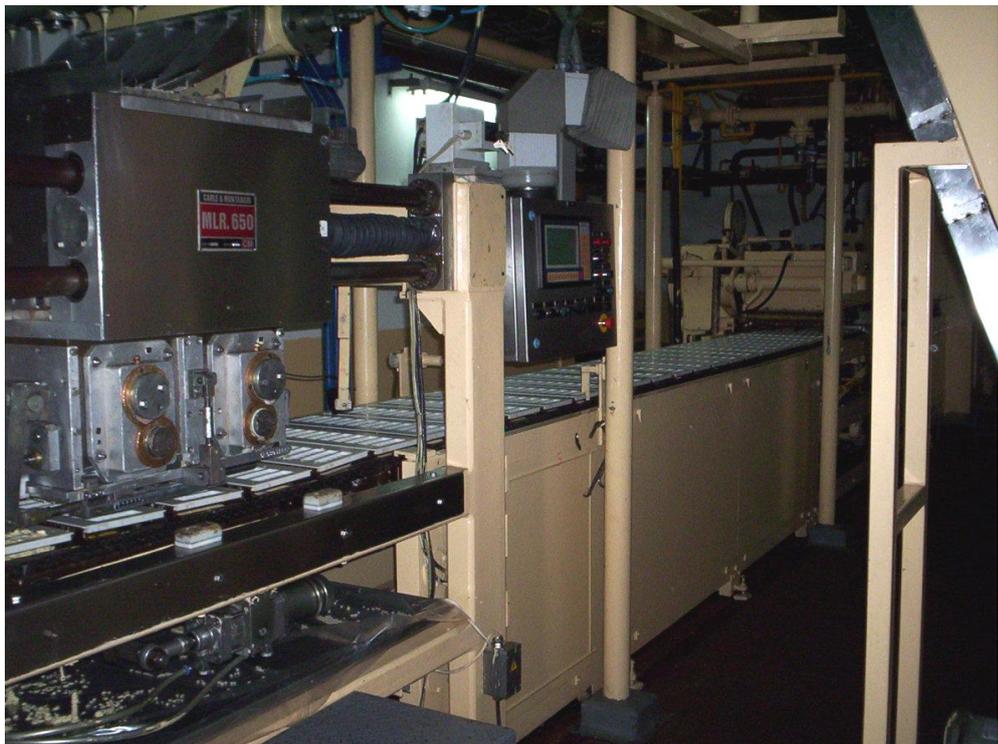


Fig 2.5 VISTA LATERAL DE LA LINEA DE MOLDEO

Debajo del equipo pasa el molde montado sobre rieles de cadenas, el equipo dosificador se desplaza en el sentido contrario a la cadena mientras esta depositando la carga sobre el molde.

La velocidad del equipo se mide en dosificaciones por minuto, a continuación se muestran las velocidades de los diferentes productos:

TABLA 15 ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE LA LINEA DE MOLDEO DE CHOCOLATES

Articulo	Velocidad (dosif / min)	Kg/H (100%)	% Eff. Máq	Producción Esperada (Kg/H)
PLATILLO LECHE	18	285	87	248
PLATILLO GALAK	18	285	87	248
PLATILLO CONCORDE	18	285	87	248
PLATILLO CRUNCH	18	285	87	248
BOMBON LECHE	20	583	76	443
BOMBON COCO	20	583	76	443
BOMBON MARRASQUINO	20	583	76	443
BOMBON NARANJA	20	583	76	443
GALAK 23 gr	23	381	85	324
GALAK POPPING CANDY 23 gr	23	381	85	324
CRUNCH 23 gr	23	381	85	324
VAQUITA 14 gr	15	378	85	321
CHOCOCOOKIE 23 gr	20	331	85	282
B. LECHE 30 gr	25	540	85	459
MANICERO 30 gr	25	540	85	459
MINIMANICERO 16 gr	15	432	85	367
GALAK POPPING CANDY 12 gr	15	324	85	275
TAB LECHE 100 gr	16	576	85	490
TAB CRUNCH 100 gr	16	576	85	490
TAB GALAK 100 gr	16	576	85	490
TAB FAMILIAR 200 gr.	14	1.008	85	857
TAB FAMILIAR BLANCO 200 gr.	14	1.008	85	857
TAB MANICERO 100 gr	16	576	85	490

TUNEL DE ENFRIAMIENTO (CAVEMIL)

Los moldes montados sobre un juego de rieles conducen las barras a través de un túnel de enfriamiento, el equipo posee capacidad para 596 moldes montados sobre la cadena.

Al inicio del túnel los moldes son sometidos a vibración para esparcir la masa en las cavidades del molde y eliminar burbujas de aire en la tableta.



Fig 2.6 VISTA LATERAL TUNEL DE ENFRIAMIENTO

El túnel de enfriamiento tiene una longitud de 10 metros y el molde sigue un recorrido de alrededor de 14 pasos en total (140 mts)

La temperatura del interior del túnel debe estar entre 8 y 10 grados centígrados. La velocidad de la cadena está sincronizada con el número de dosificaciones por minuto de la MLR o la MLP

En uno de los pasos finales del túnel, el molde se somete a vibración y se voltea para dejar caer las tabletas sobre unos charoles, los cuales son recogidos a la salida del equipo.

El tiempo de permanencia de un molde dentro del túnel depende del número de dosificaciones por minuto pero se encuentra dentro de un rango de 25 a 30 minutos.



Fig 2.7 PRODUCTO A LA SALIDA DE LA MOLDEADORA

LINEAS DE EMPAQUE (CAVANNA - SIG)

Existen dos líneas de empaque para las tabletas, la CAVANNA se utiliza para barras de 12-14-16-23 y 30 gr. y la SIG para barras de 100 y 200 gr. Los dos equipos funcionan bajo el mismo principio, las barras son alimentadas de los charoles por una persona a una banda transportadora, esta banda está conectada con una cadena que posee pines separados una distancia tal que pueda atrapar una tableta y conducirla hacia las mordazas rotatorias allí es formado el sobre de embalaje flexible, la barra se ubica en el interior del sobre y las mordazas producen el sellado y corte del material de empaque.

**TABLA 16 ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN
LINEAS DE EMPAQUE**

Artículo	Velocidad (Barras/min)	Peso Barra (gr)	% Eficiencia Esperada	Kg/H Empacados
GALAK 23 gr	170	23	85	199
GALAK POP CANDY 23 gr	180	23	85	211
CRUNCH 23 gr	220	23	85	258
VAQUITA 14 gr	260	14	85	186
CHOCO COOKIE 23 gr	160	23	85	188
B. LECHE 30 gr	220	30	85	337
MANICERO 30 gr	200	30	85	306
MINI MANICERO 16 gr	300	16	85	245
GALAK POPPING 12 gr	230	12	85	141
TAB LECHE 100 gr	90	100	80	432
TAB CRUNCH 100 gr	80	100	80	384
TAB GALAK 100 gr	80	100	80	384
TAB MANICERO 100 gr	80	100	80	384
TABLETA FAMILIAR 200 gr	90	200	80	864
FAMILIAR BLANCO 200 gr	90	200	80	864

Los bombones y plattillos son empacados de manera distinta, pues son envueltos de forma individual en papel aluminio, este tipo de maquinas de funcionamiento electromecánico se encargan de cortar el papel y recubrir el bombón con el mismo, los equipos que envuelven bombones son de marca HPN y se cuenta con cuatro, los equipos que envuelven plattillos son de marca SAPAL y se dispone de dos, las velocidades de procesamiento por máquina se detallan a continuación:

TABLA 17. ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN ENVOLVEDORAS DE PLATTILLOS Y BOMBONES

Articulo	Kg/H (100%)	% Eff. Máq	Producción Esperada (Kg/H)
PLATILLO LECHE	86	75	65
PLATILLO GALAK	86	75	65
PLATILLO CONCORDE	86	75	65
PLATILLO CRUNCH	86	75	65
BOMBON LECHE	39	75	29
BOMBON COCO	39	75	29
BOMBON MARRASQUINO	39	75	29
BOMBON NARANJA	39	75	29



Fig 2.8 EMPACADORA CAVANNA

2.2.3 Capacidad de almacenamiento de producto en proceso.

Para el almacenamiento de masas previo a su moldeo se cuenta con los siguientes tanques con sus respectivas capacidades:

TABLA 18 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE MASAS DE CHOCOLATE

TANQUE	TIPO DE MASA	CAPACIDAD (Ton)
L1	MASA LECHE	10
L2	MASA MANICERO	10
G1	MASA GALAK	10
F1	MASA FAMILIAR	10
L3 (PULMON)	MASA OSCURA	3
G3 (PULMON)	MASA BLANCA	3

Para el almacenamiento de barras de chocolate, platillos y bombones se cuenta con carros en los cuales se depositan los charoles que contienen el producto, todos los carros son exactamente iguales en dimensiones, pero su capacidad de almacenamiento en peso varia según el tipo de producto que se coloque en el mismo. (No es igual un carro lleno de charoles con barras de 23 gr, que un carro lleno de charoles con barras de 200 gr).

En planta se cuenta con 48 carros de estos 23 son utilizados para almacenar moldes y 25 pueden ser utilizados para el almacenamiento temporal de barras de chocolate



Fig 2.9. CARROS DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO EN PROCESO

TABLA 19 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO EN PROCESO

Articulo	Kg /Carro	Capacidad Total (Kg)
PLATILLO LECHE	180	4500
PLATILLO GALAK	180	4500
PLATILLO CONCORDE	180	4500
PLATILLO CRUNCH	180	4500
BOMBON LECHE	250	6250
BOMBON COCO	250	6250
BOMBON MARRASQUINO	250	6250
BOMBON NARANJA	250	6250
GALAK 23 gr	200	5000
GALAK POP CANDY 23 gr	200	5000
CRUNCH 23 gr	200	5000
VAQUITA 14 gr	250	6250
CHOCO COOKIE 23 gr	200	5000
B LECHE 30 gr	250	6250
MANICERO 30 gr	250	6250
MANICERO 16 gr	250	6250
GALAK POP CANDY 12 gr	180	4500
TAB LECHE 100 gr	350	8750
TAB CRUNCH 100 gr	350	8750
TAB GALAK 100 gr	350	8750
TAB MANICERO 100 gr	350	8750
FAMILIAR 200 gr	540	13500
FAMILIAR BLANCO 200 gr.	540	13500

2.2.4 Situación actual con respecto al cambio de formatos en la moldeadora de chocolates.

A continuación se muestra una grafica detallada de las diferentes causas de paros de la línea de moldeo. Durante un periodo de 10 meses, desde el 1 Enero del 2003 hasta el 31 de Octubre de 2003

Las causas están agrupadas en diferentes categorías, por ejemplo: fallas de tipo mecánico, eléctrico, falta de materiales, falta de personal, etc.

La grafica muestra el número de horas pérdidas como porcentaje de las horas brutas de producción

Stoppage Analysis: Line(s): CAVEMIL (080101), Machine(s): All, Date Range: From 01/01/2003 To 31/10/2003, Shift(s): All, Article(s): All
 Stoppages

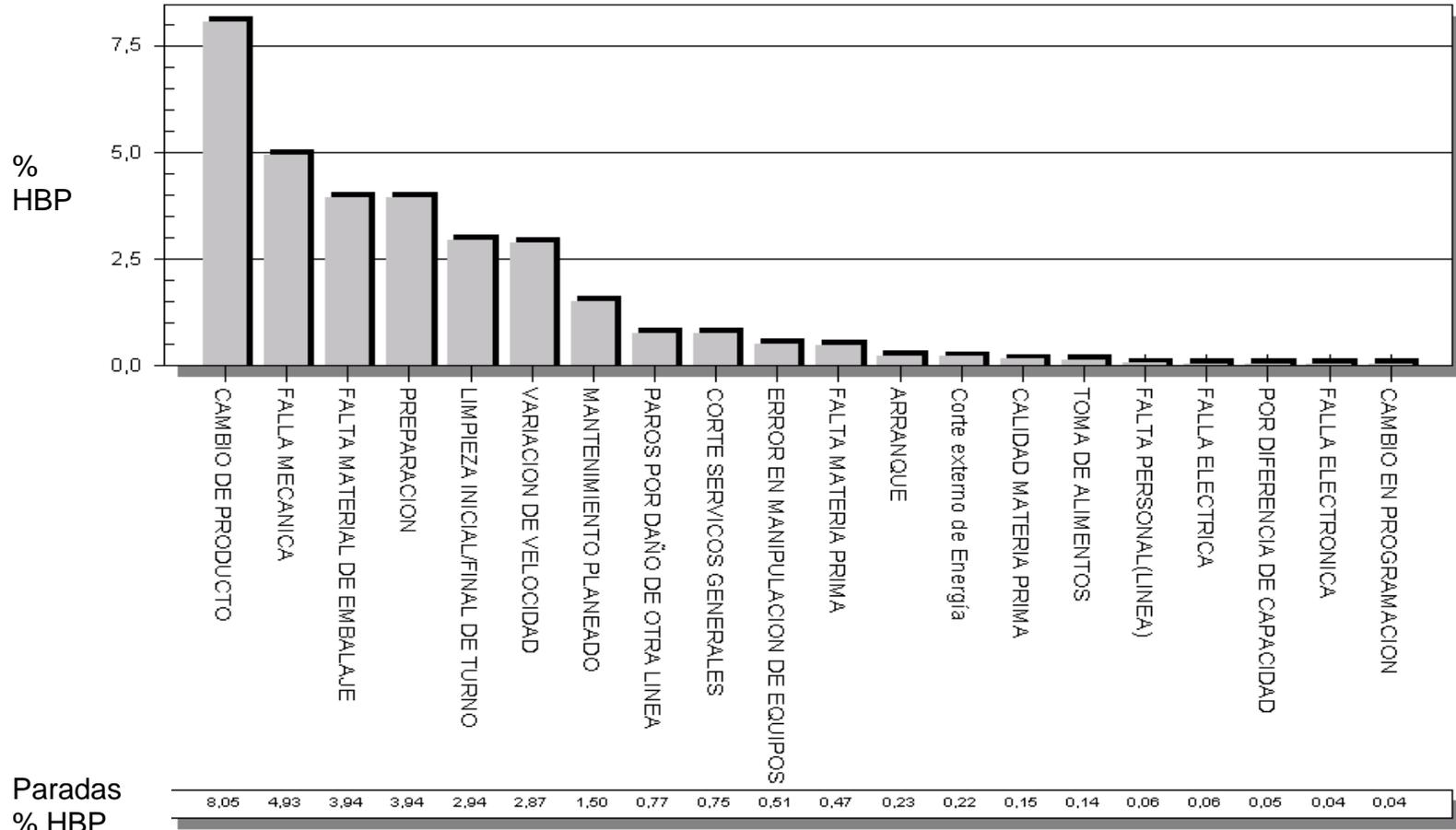


Fig 2.10. CAUSAS DE PARO DE LINEA DE MOLDEO

Por definición

HBP= Tiempo en horas (H), que el equipo estuvo programado y listo para producir.

Tiempo de paro como % de HBP= Horas de paro/ HBP

Como apreciamos la principal causa de paros es el tiempo utilizado en cambio de productos, el 8.05% de las HBP.

En un periodo de 10 meses las horas brutas de producción de la línea corresponden a 5040 horas máquina, por lo que el número de horas máquina utilizado en cambios de formato es de 405.72. En las temporadas altas de producción de chocolates, esto es los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, se estima en promedio 13 cambios de producto por semana.

La siguiente causa en orden de importancia corresponde a fallas mecánicas 4.09% de las HBP, producto de paros imprevistos por daños en equipos. El tercer grupo correspondiente a falta de material de embalaje, se refiere a falta de carros para almacenar producto en proceso, que inducen paros en la línea de moldeo y representa un 3,94 % de las HBP

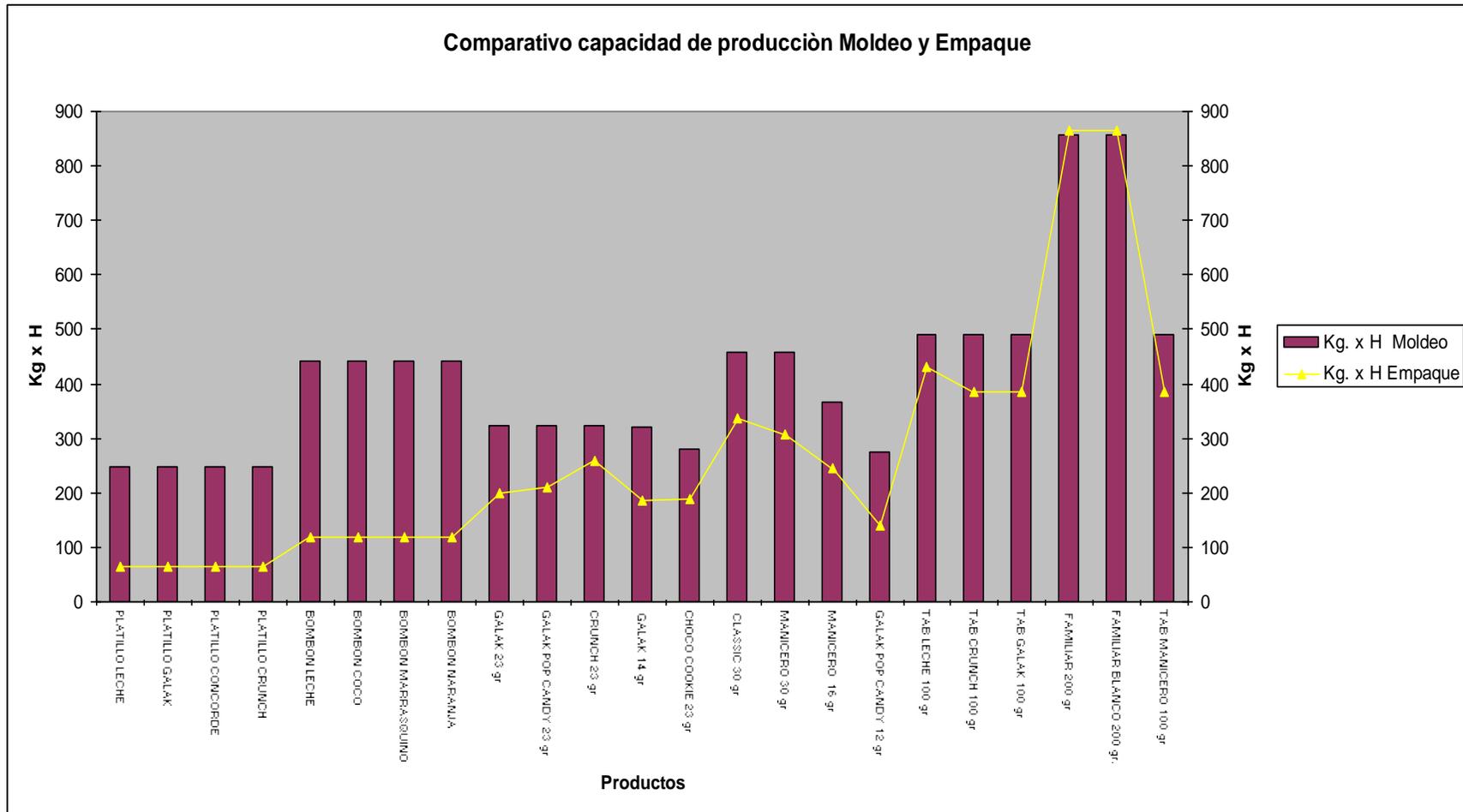


Fig 2.11 COMPARATIVO DE VELOCIDADES DE MOLDEO Y EMPAQUE

En la gráfica se muestra la diferencia existente entre la capacidad de moldeo y empaque, vemos que en todos los casos y para todos productos, la velocidad de la línea de moldeo sobrepasa a la velocidad de la línea de empaque, siendo los platillos y bombones quienes tienen la brecha más grande, seguidos por las barras de 23 –30 gr y las barras de 14-16 gr. A consecuencia de esto los carros que almacenan producto en proceso se llenan y esto obliga a parar la producción de la línea de moldeo.

Conclusiones:

Luego de revisar los detalles del proceso de fabricación de chocolates, los equipos con que cuenta la instalación que estamos estudiando, y sus principales causas de paros durante este año, podemos notar que uno de sus principales problemas es el tiempo empleado en la realización de cambios de producto.

Comparando las velocidades de procesamiento de la línea de moldeo y las líneas de empaque podemos notar que existe un desbalance, entre las mismas, dependiendo del tipo de producto. Para esto existen los carros de almacenamiento de producto en proceso, que funcionan como amortiguadores de este desbalance, sin

embargo cuando los programas de producción son demasiado fuertes en un ítem en particular los carros se llenan y esto induce paradas de la línea de moldeo no por problemas verdaderos en la misma sino por falta de capacidad de almacenamiento de producto en proceso, este ítem corresponde al 3.94 % de las HBP.

Las velocidades de procesamiento de las envolvedores de bombones y platillos son relativamente bajas, por lo que durante la producción de estos ítems, las paradas de la línea de moldeo son comunes

CAPITULO 3

3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SECUENCIACIÓN PARA UNA MOLDEADORA DE CHOCOLATES

Introducción

Ahora que conocemos el proceso de fabricación de chocolates, todas sus etapas y algunos de los controles que se llevan durante el mismo, podemos introducirnos en un problema común para los fabricantes, la secuenciación de los productos en la línea de moldeo.

Existen 23 productos distintos que son moldeados en la CAVEMIL, de esos 23 productos en promedio se moldean 13 por semana de acuerdo con un programa de producción semanal.

El programa de producción semanal se basa en el programa de producción de largo plazo y se complementa con información relacionada con necesidades de venta y stocks mínimos de inventario en los centros de distribución.

El chocolate pertenece a una categoría de productos conocida como “bienes de impulso”, esto quiere decir que las personas que lo compran no lo hacen para satisfacer una necesidad básica, o por su valor nutricional, simplemente lo compran porque quieren tener el placer de saborear un chocolate; a consecuencia de esto la demanda de las distintas variedades de chocolate no sigue una tendencia clara por lo que el contenido del programa de producción es variable y puede contener combinaciones de productos complicadas de procesar, debido a que cada producto tiene sus particularidades de acuerdo a los ingredientes que contiene.

Cambios de masas blancas a oscuras, dosificaciones de ingredientes como arroz crocante, galleta triturada o popping candy, utilizar saborizantes en las masas de chocolates los cuales son adicionados directamente en el tanque pulmón de los equipos cristalizadores, son algunas de las dificultades que se pueden nombrar.

¿Cuál es el factor que define la dificultad o facilidad de la operación de moldeo, tomando en cuenta los cambios de formato?

La secuencia de procesamiento de los distintos trabajos en el equipo es este factor. El tiempo empleado en cambios de formato depende únicamente del tipo de trabajo anterior y el tipo de trabajo nuevo.

Este capítulo tiene por objetivo mostrar la aplicación de un método de secuenciación en una línea de moldeo de chocolates con el objetivo de reducir el costo de las actividades de cambio de formato.

3.1 Determinación de matriz de costo de cambio

3.1.1 Definición de variables que intervienen en el costo de cambio de productos

En este caso en particular, las variables más importantes que intervienen directamente en el costo de cambio de productos son los siguientes:

- El tiempo empleado en la operación de cambio de formatos. (este tiempo bien podría ser utilizado en actividades de producción)
- El retrabajo generado durante la operación de cambio de formato.
- Pérdidas de venta por no satisfacer pedidos

EL TIEMPO EMPLEADO EN CAMBIOS DE FORMATO EN UNA LINEA MOLDEADORA DE CHOCOLATES.

De forma general, el cambio de formato de una línea moldeadora de chocolates requiere de las siguientes operaciones como mínimo:

- Limpieza y purga del equipo dosificador.
- Cambio de moldes
- Ajustes relacionados con la dosificación del producto entrante.

Cambio de formato en MLP

Los cambios de formato en este equipo son relativamente sencillos, el peso de los utilajes es manejable. No suelen durar más de una hora.

Este equipo tiene 3 placas de dosificación dependiendo del producto a moldear:

Placa 1: se utiliza en la producción de bombones

Placa 2: se utiliza en la producción de platillos

Placa 3: se utiliza en las barras de 30 gr.

Un cambio de formato en la MLP aquí implica una limpieza interna del dosificador, un cambio de placas y en el peor de los casos el lavado de los rotores, adicional el ajuste de los émbolos que deben estar activos, para regular el peso del producto a dosificar.

Retirar los moldes del producto anterior y colocar los nuevos moldes.

Cambio de formato en MLR

Un cambio de formato en este equipo varía de media hora a cuatro o cinco horas.

Este equipo tiene 5 placas de dosificación dependiendo del producto a moldear:

Placa 1: se utiliza en los formatos de 100, 125 y 200 gr

Placa 2: se utiliza en los formatos de 23 y 30 gr

Placa 3: se utiliza en los formatos de 12, 14 y 16 gr.

Placa 4: se utiliza en la producción de bombones

Placa 5: se utiliza en la producción de platillos

Cuenta con varios juegos de rotores que se montan en el equipo dependiendo del peso del producto a dosificar:

Un par de rotores idénticos se utilizan en la producción de formatos de 12-14-16 gr.

Un par de rotores idénticos se utilizan en la producción de bombones y platillos

Un rotor en combinación con cualquiera de los otros mencionados se utiliza en la producción de los formatos de 23-100-125-200 gr.

Debido a que el rotor pesa aproximadamente 50 Kg., un cambio de formato debe ser realizado por dos personas como mínimo

Cuando existe cambios de masas de chocolate blanco a oscuro o viceversa, es necesario limpiar exhaustivamente el interior del equipo dosificador para evitar mezclas de las masas y defectos de calidad en el producto moldeado. (Chocolates oscuros con manchas blancas, chocolates blancos con manchas oscuras, o contaminación con ingredientes que no debería contener el producto terminado)

3.1.2 Recolección y análisis de datos

Cada cambio de formato requiere un grupo de operaciones distintas, en lo que se refiere a la preparación del equipo, para recopilar y clasificar toda esta información se ha utilizado una matriz en la cual se detalla claramente cuales son las actividades entre cambios de productos.

A cada actividad se le ha asignado una letra, y dependiendo del número de actividades que conlleve un cambio de formato, se han ubicado estas letras en las filas y columnas de la matriz, cada color representa el tipo de moldes que usa cada producto

TABLA 20. ACTIVIDADES REALIZADAS EN CAMBIOS DE FORMATO

CODIGO	ACTIVIDAD
A	PURGA MOLDEADORA
B	LIMPIEZA, ESPATULAR REMOVEDORES, ESPATULAR INTERIOR DE MOLDEADORA, ESPATULAR MOLDES
C	LIMPIEZA DE BOTELLA DOSIFICADORA - CAMBIO DE TUBERIA DE MASA
D	LIMPIEZA INTENSIVA (RETIRAR ROTORES)
E	AJUSTE EN DOSIFICADORA DE INGREDIENTES (MANI - ARROZ CROCANTE- POPPING CANDY - GALLETA TRITURADA)
F	CAMBIO DE SABOR
G	CAMBIO DE PLACAS
H	LAVADO DE PLACA
I	CAMBIO DE MOLDES

TABLA 21. ACTIVIDADES EN CAMBIO DE FORMATO MLP

PRODUCTO	PLATILLO LECHE	PLATILLO GALAK	PLATILLO CONCORDE	PLATILLO CRUNCH	BOMBON LECHE	BOMBON COCO	BOMBON MARRASQUINO	BOMBON NARANJA
PLATILLO LECHE		ABDH	A	E	AGI	AGI	AGI	AGI
PLATILLO GALAK	ABH		ABH	ABH	ABGI	ABGI	ABGI	ABGI
PLATILLO CONCORDE	AH	ABH		AH	AGI	AGI	AGI	AGI
PLATILLO CRUNCH	ABH	ABDHI	ABH		ABGI	ABGI	ABGI	ABGI
BOMBON LECHE	GI	ABDHI	AGI	GI		F	F	F
BOMBON COCO	AGI	ABDHI	AGI	AGI	F		F	F
BOMBON MARRASQUINO	AGI	ABDHI	AGI	AGI	F	F		F
BOMBON NARANJA	AGI	ABDHI	AGI	AGI	F	F	F	

TABLA 22. ACTIVIDADES EN CAMBIO DE FORMATO MLR

PRODUCTO	GALAK POPPING 12 gr	VAQUITA 14 gr	MINI MANICERO 16 gr	CRUNCH 23	B. LECHE 30 gr	GALAK 23 gr	GALAK POPPING CANDY 23	CHOCOCOOKIE	MANICERO 30 gr	TAB LECHE 100 gr	TABLETA CRUNCH 100 gr	TAB GALAK 100 gr	TAB MANICERO 100 gr	TAB. FAMILIAR 200 GR	FAMILIAR BLANCO 200 GR
GALAK POPPING 12 gr		ABDEHI	ABCDEHI	ABCDEGI	ABCDGI	ABDEGI	DEGI	ABDEGI	ABCDEHI	ABCDGI	ABCDEGI	ABDEGI	ABCDEGI	ABCDGI	ABDGI
VAQUITA 14 gr	EHI		ABCDEHI	ABCDEGI	ABCDGI	GI	ADEGI	ABEGI	ABCDEGI	ABCDGI	ABCDEGI	EDGI	ABCDEGI	ABCDGI	ABDGI
MINI MANICERO 16 gr	ABCDEHI	ABCDEHI		ABCDEGI	ABCDGI	ABCDEGI	ABCDEGI	ABCDEGI	DEGI	ABCDGI	ABCDEGI	ABCDEGI	DEGI	ABDGI	ABCDEGI
CRUNCH 23 gr	ABCDGI	ABCDGI	ABCDEGI		AB	ABCDH	ABCDEH	ABCDEH	ABCDEHI	ABGI	AEGI	ABCDEHI	AEGI	ABDGI	ABCDGI
B. LECHE 30 gr	ABCEGI	ABCEGI	AEGI	E		ABCE	ABCDEH	ABCE	AE	GI	EGI	ABCGI	AEGI	AGI	ABCGI
GALAK 23 gr	DGI	GI	ABCDEGI	ABCDH	ABCDH		E	EH	ABCDEH	ABCDHI	ABCDGI	EGI	ABCDGI	ABCDGI	ABGI
GALAK POPPING 23 gr	DEGI	ABDEGI	ABCDEGI	ABCDEH	ABCDH	ABDEH		ABDEH	ABCDEH	ABCDGI	ABCDEGI	ABDEGI	ABCDEGI	ABCDGI	ABDGI
CHOCOCOOKIE	ABDGI	ABDGI	ABCDEGI	ABCEH	ABCDH	ABDEH	ABDEH		ABCDEH	ABCDGI	ABCDEGI	ABDEGI	ABCDEGI	ABCDGI	ABDGI
MANICERO 30 gr	ABCDGI	ABCDGI	GI	ABCDEH	ABCDH	ABCDEH	ABCDEH	ABCDEH		ABCDGI	ABCDEGI	ABCDEGI	EGI	ABDGI	ABCDGI
TAB LECHE 100 gr	ABCDEGI	ABCEGI	AEGI	EG	G	ABCEG	ACEGI	ABCEG	AEG		E	ABCEH	AE	I	AHÍ
TABLETA CRUNCH 100 gr	ABCDEGI	ABCDGI	ABCDEGI	EGI	AGI	ABCDGI	ABCDEGI	ABCDEGI	ABEGI	AH		ABCDGI	AEH	ABDHI	ABCDHI
TAB GALAK 100 gr	DEGI	DEGI	ABCDEGI	ABCDEGI	ABCGI	EGI	EGI	ABDEGI	ABCDEGI	ABCDH	ABCDH		ACDH	ABCDHI	ABDI
TAB MANICERO 100 gr	ABCDGI	ABCDGI	DEGI	ABEGI	ABDEGI	ABCDGI	ABCDGI	ABCDGI	EI	AH	AEH	ABCDHI		ABDHI	ABCDHI
TABLETA FAMILIAR 200 gr	ACDEGI	ACDEGI	ADEGI	AEGI	AGI	ACEGI	ACEGI	ACEGI	AEGI	AHÍ	AEHI	ACEHI	AEI		AH
FAMILIAR BLANCO 200 gr	DEGI	DEGI	ACDEGI	ABCDEGI	ABCGI	EGI	EGI	EGI	ABCDEGI	ACHI	ABCHI	EHI	ACEHI	ABCH	

Cada actividad lleva un determinado tiempo, obviamente el tiempo total que demora un cambio de formato depende del número de actividades, generalmente mientras más letras lleve cada casillero de la matriz mayor será el tiempo que consume esa operación. También influye en el tiempo total los tipos de ingredientes que contenga cada masa debido a que esto determina el nivel de dificultad de la limpieza.

Analizando reportes de producción se han obtenido tiempos promedio de las actividades de cambio de formato, esta información ha sido verificada en planta y discutida con los operadores.

TABLA 23. COMPONENTES DEL COSTO DE HORA DE CAMBIO DE FORMATO.

Componente	\$/H
Horas de MO	29,83
Energía Eléctrica	102,75
Consumo de vapor	33,14
Total	165,72

El costo de cambios de producto para cada elemento de la matriz se calcula con la siguiente formula:

$$CC_{ij} = T_{ij} \times Cf$$

donde:

CCij = costo de cambiarse del producto i al j (\$)

Tij = Tiempo empleado en cambiarse del producto i al j (horas)

Cf = costo de una hora de cambio de formato en la línea (\$/h), es un valor constante

TABLA 24. TIEMPO DE CAMBIO DE FORMATO EN MLP (HORAS)

PRODUCTO	PLATILLO LECHE	PLATILLO GALAK	PLATILLO CONCORDE	PLATILLO CRUNCH	BOMBON LECHE	BOMBON COCO	BOMBON MARRASQUINO	BOMBON NARANJA
PLATILLO LECHE		1	0,5	0,25	1	1	1	1
PLATILLO GALAK	1		1	0,5	1	1	1	1
PLATILLO CONCORDE	0,5	1		0,5	1	1	1	1
PLATILLO CRUNCH	0,5	1	1		1	1	1	1
BOMBON LECHE	1	1,5	1	1,5		0,25	0,25	0,25
BOMBON COCO	1	1,5	1	1,5	0,25		0,25	0,25
BOMBON MARRASQUINO	1	1,5	1	1,5	0,25	0,25		0,25
BOMBON NARANJA	1	1,5	1	1,5	0,25	0,25	0,25	

TABLA 25. COSTO DE ACTIVIDADES DE CAMBIO DE FORMATO EN MLP (\$)

PRODUCTO	PLATILLO LECHE	PLATILLO GALAK	PLATILLO CONCORDE	PLATILLO CRUNCH	BOMBON LECHE	BOMBON COCO	BOMBON MARRASQUINO	BOMBON NARANJA
PLATILLO LECHE		166	83	41	166	166	166	166
PLATILLO GALAK	166		166	83	166	166	166	166
PLATILLO CONCORDE	83	166		83	166	166	166	166
PLATILLO CRUNCH	83	166	166		166	166	166	166
BOMBON LECHE	166	249	166	249		41	41	41
BOMBON COCO	166	249	166	249	41		41	41
BOMBON MARRASQUINO	166	249	166	249	41	41		41
BOMBON NARANJA	166	249	166	249	41	41	41	

TABLA 26. TIEMPO DE CAMBIO DE FORMATO EN MLR (HORAS)

PRODUCTO	GALAK POPPING 12 gr	VAQUITA 14 gr	MINI MANICERO 16 gr	CRUNCH 23	B. LECHE 30 gr	GALAK 23 gr	GALAK POPPING CANDY 23 gr	CHOCOCOOKIE 23 gr	MANICERO 30 gr	TAB LECHE 100 gr	TABLETA CRUNCH 100 gr	TAB GALAK 100 gr	TAB MANICERO 100 gr	TABLETA FAMILIAR 200 gr	FAMILIAR BLANCO 200 gr
GALAK POPPING 12 gr		3,75	4	4	4	4	2,5	4	4	4	4	4	4	4	4
VAQUITA 14 gr	1		3	3	3	2	2,5	2,5	3	3	3	2	4	3	2,5
MINI MANICERO 16 gr	4	4		2,5	2,5	4	4	4	2	2,5	2,5	4	4	2,5	4
CRUNCH 23	4	4	2,25		1,5	3	3	3	1	2,5	0,75	4	4	2,5	4
B. LECHE 30 gr	4	4	2,5	0,5		3	3	3	0,5	0,75	1	4	4	1	4
GALAK 23 gr	2	2	2,5	1	1,5		0,5	0,5	1,5	2,5	1,5	0,75	4	2,5	1,5
GALAK POPPING 23 gr	2	4	4	3,5	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4
CHOCOCOOKIE 23 gr	4	2,5	2,5	1,5	1,5	2	2		1,5	2,75	1,5	2	4	1,5	2,5
MANICERO 30 gr	4	4	2	2	2	4	4	2		2,5	2,5	4	0,75	2,5	4
TAB LECHE 100 gr	4	4	2	1	1	4	4	4	1		0,5	4	1,5	1	2,5
TABLETA CRUNCH 100 gr	4	4	2,5	1	2	4	4	4	2	1,5		1,5	3	1,5	2
TAB GALAK 100 gr	2	2	2,5	2	2	1	1	1,5	2	2	1		3	2	1,5
TAB MANICERO 100 gr	4	4	3,5	4	4	4	4	4	4	2	3	3		2	3,5
TABLETA FAMILIAR 200 gr	4	4	2	1,5	1	4	4	4	1	1	1,25	4	1,5		2
FAMILIAR BLANCO 200 gr	2	2	2,5	2	2	1	1	1	2	1,75	1,5	1	2,5	1,5	

TABLA 27. COSTO DE ACTIVIDADES DE CAMBIO DE FORMATO EN MLR (\$)

PRODUCTO	GALAK POPPING 12 gr	VAQUITA 14 gr	MINI MANICERO 16 gr	CRUNCH 23	B. LECHE 30 gr	GALAK 23 gr	GALAK POPPING CANDY 23 gr	CHOCOCOOKIE 23 gr	MANICERO 30 gr	TAB LECHE 100 gr	TABLETA CRUNCH 100 gr	TAB GALAK 100 gr	TAB MANICERO 100 gr	TABLETA FAMILIAR 200 gr	FAMILIAR BLANCO 200 gr
GALAK POPPING 12 gr		621	663	663	663	663	414	663	663	663	663	663	663	663	663
VAQUITA 14 gr	166		497	497	497	331	414	414	497	497	497	331	663	497	414
MINI MANICERO 16 gr	663	663		414	414	663	663	663	331	414	414	663	663	414	663
CRUNCH 23	663	663	373		249	497	497	497	166	414	124	663	663	414	663
B. LECHE 30 gr	663	663	414	83		497	497	497	83	124	166	663	663	166	663
GALAK 23 gr	331	331	414	166	249		83	83	249	414	249	124	663	414	249
GALAK POPPING 23 gr	331	663	663	580	663	663		663	663	663	663	663	663	663	663
CHOCOCOOKIE 23 gr	663	414	414	249	249	331	331		249	456	249	331	663	249	414
MANICERO 30 gr	663	663	331	331	331	663	663	331		414	414	663	124	414	663
TAB LECHE 100 gr	663	663	331	166	166	663	663	663	166		83	663	249	166	414
TABLETA CRUNCH 100 gr	663	663	414	166	331	663	663	663	331	249		249	497	249	331
TAB GALAK 100 gr	331	331	414	331	331	166	166	249	331	331	166		497	331	249
TAB. MANICERO 100 gr	663	663	580	663	663	663	663	663	663	331	497	497		331	580
TABLETA FAMILIAR 200 gr	663	663	331	249	166	663	663	663	166	166	207	663	249		331
FAMILIAR BLANCO 200 gr	331	331	414	331	331	166	166	166	331	290	249	166	414	249	

EL RETRABAJO GENERADO DURANTE LA OPERACIÓN DE CAMBIO DE FORMATO.

Se ha definido una matriz en la cual se registra, la cantidad de masa de chocolate utilizada en las purgas y cambios de productos con diferentes ingredientes.

La cantidad de masa utilizada en las purgas, previene que el nuevo producto a procesar en la moldeadora no tenga manchas o residuos de otros productos.

El costo de retrabajar el producto, esta relacionado con:

El costo de procesarlo por primera vez.

Las perdidas por retrabajo, pues no se puede recuperar el 100 % del producto.

El costo de revisar el producto y modificarlo para poder reprocesarlo (Revisar el producto con un detector de metales, análisis microbiológicos y evaluación sensorial, fundirlo y agregarlo en los tanques de masas)

TABLA 28. COMPONENTES DEL COSTO DE RETRABAJO X Kg

Componente	\$/Kg
Costo de procesar por primera vez	0,59
Pérdida de ingredientes (arroz crocante, maní)	0,15
Revisiones, análisis y adecuación para uso	0,24
Total	0,98

TABLA 29. CANTIDAD DE RETRABAJO GENERADO EN OPERACIONES DE CAMBIO DE FORMATO MLP (Kg)

PRODUCTO	PLATILLO LECHE	PLATILLO GALAK	PLATILLO CONCORDE	PLATILLO CRUNCH	BOMBON LECHE	BOMBON COCO	BOMBON MARRASQUINO	BOMBON NARANJA
PLATILLO LECHE		25	10	10	10	10	10	10
PLATILLO GALAK	25		25	25	25	25	25	25
PLATILLO CONCORDE	10	25		10	10	10	10	10
PLATILLO CRUNCH	25	25	25		25	25	25	25
BOMBON LECHE	10	25	10	10		10	10	10
BOMBON COCO	10	25	10	10	10		10	10
BOMBON MARRASQUINO	10	25	10	10	10	10		10
BOMBON NARANJA	10	25	10	10	10	10	10	

TABLA 30. COSTO DE CANTIDAD DE RETRABAJO GENERADO EN OPERACIONES DE CAMBIO DE FORMATO MLP (\$)

PRODUCTO	PLATILLO LECHE	PLATILLO GALAK	PLATILLO CONCORDE	PLATILLO CRUNCH	BOMBON LECHE	BOMBON COCO	BOMBON MARRASQUINO	BOMBON NARANJA
PLATILLO LECHE		24,5	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
PLATILLO GALAK	24,5		24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
PLATILLO CONCORDE	9,8	24,5		9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
PLATILLO CRUNCH	24,5	24,5	24,5		24,5	24,5	24,5	24,5
BOMBON LECHE	9,8	24,5	9,8	9,8		9,8	9,8	9,8
BOMBON COCO	9,8	24,5	9,8	9,8	9,8		9,8	9,8
BOMBON MARRASQUINO	9,8	24,5	9,8	9,8	9,8	9,8		9,8
BOMBON NARANJA	9,8	24,5	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	

TABLA 31. CANTIDAD DE RETRABAJO GENERADO EN OPERACIONES DE CAMBIO DE FORMATO MLR (Kg)

PRODUCTO	GALAK POPPING 12 gr	VAQUITA 14 gr	MINI MANICERO 16 gr	CRUNCH 23	B. LECHE 30 gr	GALAK 23 gr	GALAK POPPING CANDY 23 gr	CHOCOCOOKIE 23 gr	MANICERO 30 gr	TAB LECHE 100 gr	TABLETA CRUNCH 100 gr	TAB GALAK 100 gr	TAB MANICERO 100 gr	TABLETA FAMILIAR 200 Gr.	FAMILIAR BLANCO 200 Gr.
GALAK POPPING 12 gr		50	50	50	50	50	10	50	50	50	50	50	50	50	50
VAQUITA 14 gr	10		50	25	25	10	10	10	50	25	25	10	50	25	10
MINI MANICERO 16 gr	50	50		25	25	50	50	25	10	25	25	50	10	25	50
CRUNCH 23	50	25	25		25	25	50	50	25	25	10	25	25	25	50
B. LECHE 30 gr	50	25	10	10		25	50	50	10	10	10	25	10	10	25
GALAK 23 gr	10	10	50	25	50		10	25	50	50	25	0	50	25	0
GALAK POPPING 23 gr	10	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50
CHOCOCOOKIE 23 gr	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50
MANICERO 30 gr	50	50	10	25	25	50	50	50		25	25	50	0	25	50
TAB LECHE 100 gr	50	25	10	10	10	25	50	50	10		10	25	10	10	25
TABLETA CRUNCH 100 gr	50	25	25	10	25	25	50	50	25	25		25	25	25	50
TAB GALAK 100 gr	25	10	50	25	50	10	25	25	50	50	25		50	25	25
TAB MANICERO 100 gr	50	50	10	25	25	50	50	50	10	25	25	50		25	50
TABLETA FAMILIAR 200 gr.	50	25	25	10	10	25	50	50	25	10	10	25	25		25
FAMILIAR BLANCO 200 gr.	10	10	25	25	25	10	10	10	25	25	25	10	25	25	

TABLA 32. MATRIZ DE COSTO DE RETRABAJO GENERADO EN OPERACIONES DE CAMBIO DE FORMATO MLR (\$)

PRODUCTO	GALAK POPPING 12 gr	VAQUITA 14 gr	MINI MANICERO 16 gr	CRUNCH 23	B. LECHE 30 gr	GALAK 23 gr	GALAK POPPING CANDY 23 gr	CHOCOCOOKIE 23 gr	MANICERO 30 gr	TAB LECHE 100 gr	TABLETA CRUNCH 100 gr	TAB GALAK 100 gr	TAB MANICERO 100 gr	TABLETA FAMILIAR 200 Gr.	FAMILIAR BLANCO 200 Gr.
GALAK POPPING 12 gr		49	49	49	49	49	9,8	49	49	49	49	49	49	49	49
VAQUITA 14 gr	9,8		49	24,5	24,5	9,8	9,8	9,8	49	24,5	24,5	9,8	49	24,5	9,8
MINI MANICERO 16 gr	49	49		24,5	24,5	49	49	24,5	9,8	24,5	24,5	49	9,8	24,5	49
CRUNCH 23	49	24,5	24,5		24,5	24,5	49	49	24,5	24,5	9,8	24,5	24,5	24,5	49
B. LECHE 30 gr	49	24,5	9,8	9,8		24,5	49	49	9,8	9,8	9,8	24,5	9,8	9,8	24,5
GALAK 23 gr	9,8	9,8	49	24,5	49		9,8	24,5	49	49	24,5	0	49	24,5	0
GALAK POPPING 23 gr	9,8	49	49	49	49	49		49	49	49	49	49	49	49	49
CHOCOCOOKIE 23 gr	49	49	49	49	49	49	49		49	49	49	49	49	49	49
MANICERO 30 gr	49	49	9,8	24,5	24,5	49	49	49		24,5	24,5	49	0	24,5	49
TAB LECHE 100 gr	49	24,5	9,8	9,8	9,8	24,5	49	49	9,8		9,8	24,5	9,8	9,8	24,5
TABLETA CRUNCH 100 gr	49	24,5	24,5	9,8	24,5	24,5	49	49	24,5	24,5		24,5	24,5	24,5	49
TAB GALAK 100 gr	24,5	9,8	49	24,5	49	9,8	24,5	24,5	49	49	24,5		49	24,5	24,5
TAB MANICERO 100 gr	49	49	9,8	24,5	24,5	49	49	49	9,8	24,5	24,5	49		24,5	49
TABLETA FAMILIAR 200 gr.	49	24,5	24,5	9,8	9,8	24,5	49	49	24,5	9,8	9,8	24,5	24,5		24,5
FAMILIAR BLANCO 200 gr.	9,8	9,8	24,5	24,5	24,5	9,8	9,8	9,8	24,5	24,5	24,5	9,8	24,5	24,5	

3.1.3 Definición de Matriz de Costo de Cambio

La matriz de costo de cambio es el resultado de la conjunción, de las dos matrices generadas anteriormente.

TABLA 33 MATRIZ DE COSTO DE CAMBIO MLP (\$)

PRODUCTO	PLATILLO LECHE	PLATILLO GALAK	PLATILLO CONCORDE	PLATILLO CRUNCH	BOMBON LECHE	BOMBON COCO	BOMBON MARRASQUINO	BOMBON NARANJA
PLATILLO LECHE		190	93	51	175	175	175	175
PLATILLO GALAK	190		190	107	190	190	190	190
PLATILLO CONCORDE	93	190		93	175	175	175	175
PLATILLO CRUNCH	107	190	190		190	190	190	190
BOMBON LECHE	175	273	175	258		51	51	51
BOMBON COCO	175	273	175	258	51		51	51
BOMBON MARRASQUINO	175	273	175	258	51	51		51
BOMBON NARANJA	175	273	175	258	51	51	51	

TABLA 34. MATRIZ DE COSTO DE CAMBIO MLR (\$.)

PRODUCTO	GALAK POPPING 12 gr	VAQUITA 14 gr	MINI MANICERO 16 gr	CRUNCH 23	B. LECHE 30 gr	GALAK 23 gr	GALAK POPPING CANDY 23 gr	CHOCOCOOKIE 23 gr	MANICERO 30 gr	TAB LECHE 100 gr	TABLETA CRUNCH 100 gr	TAB GALAK 100 gr	TAB MANICERO 100 gr	TABLETA FAMILIAR 200 gr	FAMILIAR BLANCO 200 gr
GALAK POPPING 12 gr		670	712	712	712	712	424	712	712	712	712	712	712	712	712
VAQUITA 14 gr	175		546	522	522	341	424	424	546	522	522	341	712	522	424
MINI MANICERO 16 gr	712	712		439	439	712	712	687	341	439	439	712	672	439	712
CRUNCH 23	712	687	397		273	522	546	546	190	439	134	687	687	439	712
B. LECHE 30 gr	712	687	424	93		522	546	546	93	134	175	687	672	175	687
GALAK 23 gr	341	341	463	190	298		93	107	298	463	273	124	712	439	249
GALAK POPPING 23 gr	341	712	712	629	712	712		712	712	712	712	712	712	712	712
CHOCOCOOKIE 23 gr	712	463	463	298	298	380	380		298	505	298	380	712	298	463
MANICERO 30 gr	712	712	341	356	356	712	712	380		439	439	712	124	439	712
TAB LECHE 100 gr	712	687	341	175	175	687	712	712	175		93	687	258	175	439
TABLETA CRUNCH 100 gr	712	687	439	175	356	687	712	712	356	273		273	522	273	380
TAB GALAK 100 gr	356	341	463	356	380	175	190	273	380	380	190		546	356	273
TAB. MANICERO 100 gr	712	712	590	687	687	712	712	712	672	356	522	546		356	629
TABLETA FAMILIAR 200 gr	712	687	356	258	175	687	712	712	190	175	217	687	273		356
FAMILIAR BLANCO 200 gr	341	341	439	356	356	175	175	175	356	314	273	175	439	273	

3.2 Algoritmo de Inserción más Cercana.

3.2.1 Presentación del algoritmo

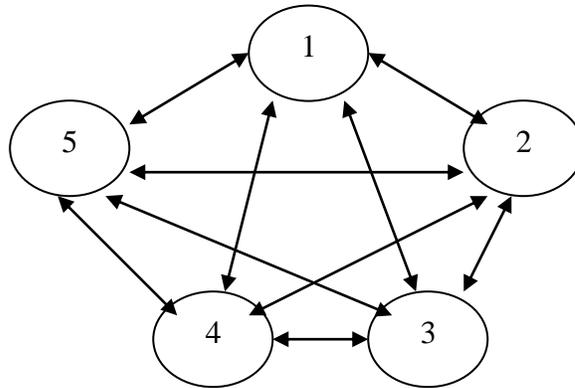
Suponga que tiene N trabajos a ser procesados en una máquina, el tiempo total de procesamiento es función del tiempo de procesamiento por unidad y del tamaño del batch.

El tiempo total empleado en cambios de formato depende de la secuencia en la cual los trabajos serán procesados.

Los cambios de productos, por ejemplo cambios de tamaño de presentaciones en líneas de empaque pueden ser relativamente fáciles, solo requieren un cambio de la bobina de empaque flexible y la regulación del sellado, pero cambios en el contenido de los empaques puede requerir extensivas limpiezas y cambios de utilajes en las maquinarias. Lo esencial de ambos ejemplos es que el tiempo individual de cambio depende solamente del trabajo actual y del trabajo próximo.

Esta situación corresponde al Problema del Viajero, en el que un vendedor tiene que visitar cada ciudad de su

territorio y regresar a casa. El problema puede ser visualizado gráficamente:



Cada ciudad (trabajo), se convierte en un nodo, el largo de los arcos corresponde a la distancia entre las ciudades (tiempo de cambio de formato). El vendedor quiere encontrar la ruta más corto del gráfico.

El largo de los viajes es mostrado en los arcos, la distancia de la ciudad i a la j es denotada por C_{ij} . Hemos asumido en la figura que todos los caminos son bidireccionales.

Existen muchas formulaciones matemáticas para el TSP, una apropiada es permitir X_{ij} sea 1 si la ciudad j es visitada

inmediatamente después de i y 0 de otra forma, enunciándolo formalmente:

$$\text{Minimize: } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij}$$

Sujeto a :

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1 \quad \text{para todo } i$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} = 1 \quad \text{para todo } j$$

No subrutas $X_{ij}=0$ o 1

La pregunta obvia no es como resolver el Problema del Viajero, pues este pertenece a la clase de problemas difíciles, que incrementa su dificultad de resolución si el tamaño N aumenta.

Para problemas con un gran número de variables soluciones óptimas son difíciles de obtener y los métodos heurísticos son comúnmente utilizados.

Con estos métodos se pueden encontrar soluciones “buenas”, con un tiempo de procesamiento computacional proporcional a N^2 .

ALGORITMO DE INSERCIÓN MÁS CERCANA

Este comienza seleccionando cualquier ciudad, luego procede a través de $N-1$ estados, adicionando una nueva ciudad a la secuencia por cada estado. En cada etapa selecciona una ciudad de las que no ha sido asignada que está más cerca que cualquiera de las otras ciudades en la secuencia parcial.

Adicionamos la ciudad que cause el incremento más pequeño en el largo de la ruta tour

Vamos a usar la siguiente nomenclatura: S_a es el conjunto de las ciudades disponibles (sin asignar aún) en cualquier estado, S_p es la secuencia parcial de ciudades ya asignadas en cualquier estado denotado por $S_p = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, esto implica que la ciudad S_2 es visitada inmediatamente después de S_1 , para cada ciudad o asignada j , usamos $c(j)$ para determinar que ciudad en la secuencia parcial esta más cerca de j .

La nomenclatura $c(j)$ se repite mucho en todos los estados, por ultimo las letras entre corchetes $[i]$ se refieren en la i ésima ciudad en la secuencia parcial.

Paso 0: Inicio

$n=1$ $S_p=\{1\}$ $S_a=\{2, \dots, N\}$ For $j=2, \dots, N$
 $c(j)=1$

Paso 1: seleccione una nueva ciudad. Encuentre $j^* = \operatorname{argmin}_{j \in S_a} (C_{j, c(j)}, \text{ or } C_{c(j), j})$. Seguir con $n=n+1$

Paso 2: Inserte j^* , actualice $c(j)$, $S_a=S_a-j^*$.

Encuentre la ciudad $i^* \in S_p$ tal que

$i^* = \operatorname{argmin}_{i \in S_p} \{C_{i, j^*} + C_{j^*, [i+1]} - C_{i, [i+1]}\}$.

Actualice $S_p = \{s_1, \dots, i^*, j^*, i^*+1, i+1, \dots, S_n\}$.

Para todo $j \in S_a$, si $\min \{C_{j, j^*}, C_{j^*, j}\} < C_{j, c(j)}$ entonces $C(j) = j^*$, si $n < N$, ir al paso 2

3.2.2 Explicación del modelo

El algoritmo descrito anteriormente tiene una interpretación muy simple y lógica.

La información que se requiere para la aplicación de este algoritmo es una matriz donde se muestren las distancias, tiempo, o costo de ir de un estado a otro.

En el problema del viajero esta matriz mostrará las distancias entre una ciudad y otra; en un problema de cambios de formato, esta matriz proporcionará información de cuanto tiempo toma realizar el cambio de un producto a otro.

El planteamiento del problema surge, con un conjunto de tareas que deben ser procesadas en un equipo, en nuestro caso será la moldeadora de chocolates.

Éstas tareas vienen definidas por el programa de producción semanal, en donde se detallan las cantidades y los productos a ser moldeados.

TABLA 35. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN SEMANA 28 DEL 7 AL 13 DE JULIO

PRODUCTO	CANTIDAD (KG)
Galak 23 gr	16,890
Crunch 23 gr	6,540
Chococookie 23 gr	4,984
B. Leche 30 gr	2,400
Tab Leche 100 gr	2,520
Tableta Crunch 100 gr	3,000
Tab Galak 100 gr	4,500

Siguiendo los pasos del algoritmo realizamos el siguiente desarrollo, todos los valores se extraen de la tabla 33 Matriz de Costo de Cambio MLP (\$) y tabla 34 Matriz de Costo de Cambio MLR (\$):

Paso 0: Seleccionamos cualquier producto, este depende de con que producto se terminó la semana, por lo que asignamos galak 23.

$S_p = \{\text{galak 23 gr}\}$

$S_a = \{\text{Crunch 23 gr, Chococookie 23 gr, B. Leche 30 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr, Tab Galak 100 gr}\}$

Paso 1: Seleccionamos el producto hacia el cual nos podríamos cambiar

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 190$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Chococookie 23 gr}) = 107$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{B. leche 30 gr}) = 298$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) = 463$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) = 273$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Galak 100 gr}) = 124$$

Cambiarse a Chococookie 23 gr representa el mínimo costo asociado por lo que lo escogemos.

Paso 2: insertamos Chococookie 23 gr. en S_p .

Podemos ubicarlos en el siguiente orden

$$\begin{aligned} (\text{galak 23 gr} - \text{Chococookie 23 gr}) &= 107 \\ (\text{Chococookie 23 gr} - \text{galak 23 gr}) &= 380 \end{aligned}$$

Eligiendo el que representa el menor costo incremental:

$$S_p = \{\text{galak 23 gr}, \text{Chococookie 23 gr}\}$$

$$S_a = \{\text{Crunch 23 gr}, \text{B. Leche 30 gr}, \text{Tab Leche 100 gr}, \text{Tableta Crunch 100 gr}, \text{Tab Galak 100 gr}\}$$

Realizamos una comparación para ver cual es el elemento más cercano del grupo S_p a los elementos del grupo S_a .

El más cercano a Crunch 23 gr es galak 23 gr.

El más cercano a B. Leche 30 gr es un empate, ambos productos demoran lo mismo en cambiarse.

El más cercano a Tab Leche 100 gr es Galak 23 gr

El más cercano a Tableta Crunch 100 gr es Galak 23 gr

El más cercano a Tab Galak 100 gr, es Galak 23 gr

Como vemos el producto que se encuentra mas cerca de la mayoría de los productos que faltan por asignar es Galak 23, por lo que lo utilizamos como punto de referencia para las comparaciones de tiempo de cambio.

$$C(\text{galak 23 gr - Crunch 23 gr})=190$$

$$C(\text{galak 23 gr - B. Leche 30 gr})= 298$$

$$C(\text{galak 23 gr - Tab Leche 100 gr})= 463$$

$$C(\text{galak 23 gr - Tableta Crunch 100 gr})= 273$$

$$C(\text{galak 23 gr - Tab Galak 100 gr})= 124$$

Cambiarse a Tab Galak 100 gr representa el mínimo costo asociado por lo escogemos.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

$$(\text{Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococoockie 23 gr})$$

$$(\text{galak 23 gr - Tab Galak 100 gr - Chococoockie 23 gr})$$

$$(\text{galak 23 gr - Chococoockie 23 gr - Tab Galak 100 gr})$$

Los costos incrementales a las secuencias previamente formadas se calculan de la siguiente manera:

$$C(\text{Tab Galak 100 gr - galak 23 gr})=175$$

$$C(\text{galak 23 gr - Tab Galak 100 gr}) + C(\text{Tab Galak 100 gr - Chococoockie 23 gr}) -$$

$$C(\text{galak 23 gr - Chococoockie 23 gr})= 124+273-107= 290$$

$$C(\text{Chococoockie 23 gr - Tab Galak 100 gr})= 380$$

De lo que concluimos que insertar en la primera posición el Tab Galak 100 gr. produce el mínimo costo incremental.

Actualizamos los subgrupos Sp y Sa

$S_p = \{ \text{Tab Galak 100 gr, galak 23 gr, Chococookie 23 gr} \}$

$S_a = \{ \text{Crunch 23 gr, B. Leche 30 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr} \}$

El más cercano a Crunch 23 gr es Galak 23 gr.

El más cercano a B. Leche 30 gr es un empate, entre Galak 23 gr y Chococookie 23 gr .

El más cercano a Tab Leche 100 gr es Tab Galak 100 gr

El más cercano a Tab Crunch 100 gr es Tab Galak 100 gr

En este caso podemos elegir a Galak 23 gr o Tab Galak 100 gr para usarlo como punto de comparación, nos decidimos por Galak 23.

$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Crunch 23 gr})} = 190$

$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{B. Leche 30 gr})} = 298$

$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Leche 100 gr})} = 463$

$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr})} = 273$

Cambiarse a Crunch 23 gr representa el mínimo costo asociado por lo que lo escogemos.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

(crunch 23gr - Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr)
 (Tab Galak 100 gr – crunch 23 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr)
 (Tab Galak 100 gr - galak 23 gr – crunch 23 - Chococookie 23 gr)
 (Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr- crunch 23 gr)

Calculamos el costo incremental:

$C(\text{crunch 23 - Tab Galak 100 gr}) = 687$
 $C(\text{Tab Galak 100 gr – crunch 23 gr}) + C(\text{crunch 23 gr - galak 23 gr}) - C(\text{Tab Galak 100 gr - galak 23 gr}) = 356 + 522 - 175 = 703$
 $C(\text{galak 23 gr – crunch 23 gr}) + C(\text{crunch 23 gr - Chococookie 23 gr}) - C(\text{galak 23gr - Chococookie 23 gr}) = 190 + 546 - 107 = 629$
 $C(\text{Chococookie 23 gr - crunch 23 gr}) = 298$

Concluimos que insertar crunch 23 gr en la última posición produce el menor costo incremental.

Actualizamos los subgrupos S_p y S_a

$S_p = \{ \text{Tab Galak 100 gr, galak 23 gr, Chococookie 23 gr, Crunch 23 gr} \}$
 $S_a = \{ \text{B. Leche 30 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr} \}$

El más cercano a B. Leche 30 gr es Crunch 23 gr.

El más cercano a Tab Leche 100 gr es Tab Galak 100 gr

El más cercano a Tableta Crunch 100 gr es Crunch 23 gr.

Tomamos como punto de referencia el Crunch 23 gr.

$C(\text{crunch 23 gr - B. Leche 30 gr}) = 273$
 $C(\text{crunch 23 gr - Tab Leche 100 gr}) = 439$

$$\underline{C(\text{crunch } 23 \text{ gr} - \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr}) = 134}$$

Seleccionamos Tableta Crunch 100 gr

Analizamos donde lo vamos a insertar

(Tableta Crunch 100 gr - Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr)

(Tab Galak 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Tableta Crunch 100 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - Tableta Crunch 100 gr - crunch 23 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr - Tableta Crunch 100 gr)

$$C(\text{crunch } 100 \text{ gr} - \text{Tab Galak } 100 \text{ gr}) = 273$$

$$C(\text{Tab Galak } 100 \text{ gr} - \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr}) + C(\text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr} - \text{galak } 23 \text{ gr}) - C(\text{Tab Galak } 100 \text{ gr} - \text{galak } 23 \text{ gr}) = 190 + 687 - 175 = 702$$

$$C(\text{galak } 23 \text{ gr} - \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr}) + C(\text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr} - \text{Chococookie } 23 \text{ gr}) - C(\text{galak } 23 \text{ gr} - \text{Chococookie } 23 \text{ gr}) = 273 + 712 - 107 = 878$$

$$C(\text{chococookie } 23 \text{ gr} - \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr}) + C(\text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr} - \text{crunch } 23 \text{ gr}) - C(\text{chococookie } 23 \text{ gr} - \text{crunch } 23 \text{ gr}) = 298 + 175 - 298 = 175$$

$$\underline{C(\text{crunch } 23 \text{ gr} - \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr}) = 134}$$

Insertamos Tableta Crunch 100 gr. al final de la secuencia.

Actualizamos los subgrupos Sp y Sa

$Sp = \{ \text{Tab Galak } 100 \text{ gr}, \text{galak } 23 \text{ gr}, \text{Chococookie } 23 \text{ gr}, \text{Crunch } 23 \text{ gr}, \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr} \}$

$Sa = \{ \text{B. Leche } 30 \text{ gr}, \text{Tab Leche } 100 \text{ gr}, \}$

El más cercano a B Leche 30 gr es crunch 23 gr

El mas cercano a Tab Leche 100 gr es Tableta Crunch

100 gr

Al haber un empate seleccionamos cualquiera, en este caso la experiencia nos inclina hacia crunch 23 gr.

$$C(\text{crunch 23 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) = 273$$

$$C(\text{crunch 23 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) = 439$$

Seleccionamos el B. Leche 30 gr

Analizamos donde lo vamos a insertar

(B. Leche 30 gr - Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - B. Leche 30 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - B. Leche 30 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - B. Leche 30 gr - crunch 23 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr - B. Leche 30 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - crunch 23 gr - Tableta Crunch 100 gr - B. Leche 30 gr)

$$C(\text{B. Leche 30 gr} - \text{Tab Galak 100 gr}) = 687$$

$$C(\text{Tab Galak 100 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) + C(\text{B. Leche 30 gr} - \text{galak 23 gr}) - C(\text{Tab Galak 100 gr} - \text{galak 23 gr}) = 380 + 522 - 175 = 727$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) + C(\text{B. Leche 30 gr} - \text{Chococookie 23 gr}) - C(\text{galak 23 gr} - \text{chococookie 23 gr}) = 298 + 546 - 107 = 737$$

$$C(\text{Chococookie 23 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) + C(\text{B. Leche 30 gr} - \text{crunch 23 gr}) -$$

$$C(\text{chococookie 23 gr} - \text{crunch 23 gr}) = 298 + 93 - 298 = 93$$

$$C(\text{crunch 23 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) + C(\text{B. Leche 30 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) - C(\text{crunch 23 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) = 273 + 175 - 134 = 314$$

$$C(\text{Tableta Crunch 100 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) = 356$$

Actualizamos Sp y Sa

$S_p = \{ \text{Tab Galak 100 gr, galak 23 gr, Chococookie 23 gr, B. Leche 30 gr, Crunch 23 gr, Tableta Crunch 100 gr} \}$

$S_a = \{ \text{Tab Leche 100 gr,} \}$

Por ultimo insertamos el último elemento del subgrupo

Sa en una posición tal que produzca el menor incremento

(Tab Leche 100 gr, Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - B. Leche 30 gr - crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr – Tab Leche 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - B. Leche 30 gr - crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr – Tab Leche 100 gr - Chococookie 23 gr - B. Leche 30 gr - crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr- Tab Leche 100 gr – B. Leche 30 gr - crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr- B. Leche 30 gr – Tab Leche 100 gr - crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr- B. Leche 30 gr - crunch 23 gr – Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr- B. Leche 30 gr - crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr - Tab Leche 100 gr)

$$C(\text{Tab Leche 100 gr - Tab Galak 100 gr}) = 687$$

$$C(\text{Tab Galak 100 gr – Tab Leche 100 gr}) + C(\text{Tab Leche 100 gr - galak 23 gr}) - C(\text{Tab Galak 100 gr - galak 23}) = 380+687-175 = 892$$

$$C(\text{galak 23 gr – Tab Leche 100 gr}) + C(\text{Tab Leche 100 gr - Chococookie 23 gr}) -$$

$$C(\text{galak 23 gr - chococookie 23 gr}) = 463+712-107 = 1068$$

$$C(\text{Chococookie 23 gr- Tab Leche 100 gr}) + C(\text{Tab Leche 100 gr – B. Leche 30 gr}) -$$

$$C(\text{chococookie 23 gr – Tab Leche 30 gr}) = 505+175-298 = 382$$

$$C(\text{B. Leche 30 gr – Tab Leche 100 gr}) + C(\text{Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr}) - C(\text{Tab Leche 30 gr – Tableta Crunch 100 gr}) = 134+93-175 = 52$$

$$C(\text{crunch 23 gr – Tab Leche 100 gr}) + C(\text{Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr}) -$$

$$C(\text{crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr}) = 439+93-134 = 398$$

$$C(\text{Tableta Crunch 100 gr – Tab Leche 100 gr}) = 273$$

La secuencia final elegida es

(Tab Galak 100 gr - galak 23 gr - Chococookie 23 gr - B. Leche 30 gr – Tab Leche 100 gr - crunch 23 gr – Tableta Crunch 100 gr)

El costo de la secuencia elegida es de = $175+107+298+134+175+134=$ **1023 USD**

3.2.3 Aplicación en situación actual tomando en cuenta restricciones del sistema de manufactura.

Tomamos como ejemplo un programa de producción semanal y su implementación sin tomar en cuenta ningún criterio de secuenciación.

Del programa de producción debemos tomar en cuenta que lo único que no es fijo es la producción de platillos y bombones, estos se insertan en la secuencia de producción una vez a la semana para abastecer a las maquinas empacadoras (HPN y SAPAL), además como las masas de bombones son saborizadas se deben realizar en el siguiente orden para evitar mezclas de sabores, del más fuerte al mas débil (Cereza, naranja, coco, leche).

TABLA 36. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN SEMANA 36 DEL 1 AL 7 DE SEPTIEMBRE

PRODUCTO	CANTIDAD (Kg)
Galak 23 gr	14,820
Crunch 23 gr	9,596
Galak Pop candy 23 gr	7,130
Manicero 30 gr	16,200
Mini Manicero 16 gr	1,800
Tableta Tab Galak 100 gr	6,000
Tableta Manicero 100 gr	2,100
Platillo Leche	2,000
Platillo Galak	2,000

PRODUCTO	CANTIDAD (Kg)
Platillo Concorde	2,000
Platillo Crunch	2,000
Bombón leche	3,000
Bombón coco	3,000
Bombón Marrasquino	3,000
Bombón Naranja	3,000

$S_p = \{\text{galak 23 gr}\}$

$S_a = \{\text{Crunch 23 gr, Galak Popping Candy 23 gr, Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr, Tab Galak 100 gr, Tab Manicero 100 gr}\}$

$C(\text{Crunch 23 gr}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{Chococoockie 23 gr}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{B. Leche}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{Tab Leche 100 gr}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{Tableta Crunch 100 gr}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{Tab Galak 100 gr}) = \text{galak 23 gr}$

Dentro del subgrupo S_p el producto que está más cerca (y el único), de los elementos del grupo S_a (elementos por asignar) es el galak 23 gr.

Paso 1: Seleccionamos el producto hacia el cual nos podríamos cambiar

$C(\text{galak 23 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 190$

$C(\text{galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) = 93$

$C(\text{galak 23 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 298$

$C(\text{galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 463$

$C(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Galak 100 gr}) = 124$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) = 712$$

Cambiarse a Galak Popping Candy 23 gr representa el mínimo costo asociado por lo que lo escogemos.

Paso 2: insertamos Galak Popping Candy 23 gr. en S_p podemos ubicarlos en el siguiente orden

$$\begin{aligned} &(\text{galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) = 93 \\ &(\text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{galak 23 gr}) = 712 \end{aligned}$$

Eligiendo el que representa el menor costo incremental:

$$S_p = \{\text{galak 23 gr, Galak Popping Candy 23 gr}\}$$

$$S_a = \{\text{Crunch 23 gr, Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr, Tab Galak 100 gr, Tab Manicero 100 gr}\}$$

Realizamos una comparación para ver cual es el elemento más cercano del grupo S_p a los elementos del grupo S_a .

El más cercano a Crunch 23 gr es Galak 23 gr.

El más cercano a Manicero 30 gr es Galak 23 gr.

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Galak 23 gr

El más cercano a Tab Galak 100 gr, es Galak 23 gr

El más cercano a Tab Manicero 100 gr es un empate entre Galak 23 gr y Galak Popping Candy 23 gr

Como vemos el producto que se encuentra mas cerca de la mayoría de los productos que faltan por asignar es Galak 23, por lo que lo utilizamos como punto de referencia para las comparaciones de tiempo de cambio.

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Crunch 23 gr})} = 190$$

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Manicero 30 gr})} = 298$$

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr})} = 463$$

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Galak 100 gr})} = 124$$

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr})} = 712$$

Cambiarse a Tab Galak 100 gr representa el mínimo costo asociado por lo escogemos.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

(Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr)
 (Galak 23 gr - Tab Galak 100 gr - Galak Popping Candy 23 gr)
 (Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Tab Galak 100 gr)

Los costos incrementales a las secuencias previamente formadas se calculan de la siguiente manera:

$$C_{(\text{Tab Galak 100 gr} - \text{Galak 23 gr})} = 175$$

$$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Tab Galak 100 gr}) + C(\text{Tab Galak 100 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) \\ - C(\text{galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) = 124 + 190 - 93 = 221 \\ C(\text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Tab Galak 100 gr}) = 712$$

De lo que concluimos que insertar en la primera posición la Tab Galak 100 gr. produce el menor costo incremental.

Actualizamos los subgrupos Sp y Sa

$$S_p = \{ \text{Tab Galak 100 gr}, \text{Galak 23 gr}, \text{Galak Popping Candy 23 gr} \} \\ S_a = \{ \text{Crunch 23 gr}, \text{Manicero 30 gr}, \text{Minimanicero 16 gr}, \text{Tab Manicero 100 gr} \}$$

El más cercano a Crunch 23 gr es Galak 23 gr.

El más cercano a Manicero 30 gr es Galak 23 gr.

El más cercano a Minimanicero 16 gr es un empate entre Galak 23 gr y Tab Galak 100 gr

El más cercano a Tab Manicero 100 gr es Tab Galak 100 gr

Seleccionamos Galak 23 gr como punto de comparación.

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 190$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 298$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 463$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) = 712$$

Cambiarse a Crunch 23 gr representa el mínimo costo asociado por lo que lo escogemos.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

(Crunch 23 - Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Crunch 23 - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Crunch 23 - Galak Popping Candy 23 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23)

Calculamos el costo incremental:

$C(\text{crunch 23 - Tab Galak 100 gr}) = 687$
 $C(\text{Tab Galak 100 gr - crunch 23 gr}) + C(\text{crunch 23 gr - galak 23 gr}) - C(\text{Tab Galak 100 gr - galak 23 gr}) = 356 + 522 - 175 = 703$
 $C(\text{galak 23 gr - crunch 23 gr}) + C(\text{crunch 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr}) - C(\text{galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr}) = 190 + 546 - 93 = 643$
 $C(\text{Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 gr}) = 629$

Concluimos que insertar crunch 23 gr en la última posición produce el menor costo incremental.

Actualizamos los subgrupos S_p y S_a

$S_p = \{ \text{Tab Galak 100 gr, Galak 23 gr, Galak Popping Candy 23 gr, Crunch 23 gr} \}$
 $S_a = \{ \text{Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr, Tab Manicero 100 gr} \}$

El más cercano a Manicero 30 gr es Crunch 23 gr.

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Crunch 23 gr

El más cercano a Tab Manicero 100 gr es Tab Galak 100 gr

Tomamos como punto de referencia el crunch 23 gr

$$C(\text{crunch } 23 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) = 190$$

$$C(\text{crunch } 23 \text{ gr} - \text{Minimanicero } 16 \text{ gr}) = 397$$

$$C(\text{crunch } 23 \text{ gr} - \text{Tab Manicero } 100 \text{ gr}) = 687$$

Seleccionamos Manicero 30 gr

Analizamos donde lo vamos a insertar

(Manicero 30 gr - Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23)

(Tab Galak 100 gr - Manicero 30 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23)

(Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Manicero 30 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23)

(Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Manicero 30 gr - Crunch 23)

(Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 -Manicero 30 gr)

$$C(\text{Manicero } 30 - \text{Tab Galak } 100 \text{ gr}) = 712$$

$$C(\text{Tab Galak } 100 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 - \text{galak } 23 \text{ gr}) - C(\text{Tab Galak } 100 \text{ gr} - \text{Galak } 23 \text{ gr}) = 380 + 712 - 175 = 917$$

$$C(\text{Galak } 23 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr}) - C(\text{galak } 23 \text{ gr} - \text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr}) = 298 + 712 - 93 = 917$$

$$C(\text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Crunch } 23 \text{ gr}) - C(\text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr} - \text{Crunch } 23 \text{ gr}) = 712 + 356 - 629 = 439$$

$$C(\text{Crunch } 23 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) = 190$$

Insertamos Manicero 30 gr. al final de la secuencia.

Actualizamos los subgrupos Sp y Sa

$$Sp = \{ \text{Tab Galak } 100 \text{ gr}, \text{Galak } 23 \text{ gr}, \text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr}, \text{Crunch } 23 \text{ gr}, \text{Manicero } 30 \text{ gr} \}$$

$$S_a = \{ \text{Minimanicero 16 gr, Tab Manicero 100 gr} \}$$

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Manicero 30 gr

El más cercano a Tab Manicero 100 gr es Manicero 30 gr

Al haber un empate seleccionamos cualquiera, en este caso seleccionamos hacia crunch 23 gr.

$$C(\text{Manicero 30 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 341$$

$$C(\text{Manicero 30 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) = 124$$

Seleccionamos Tab Manicero 100 gr

Analizamos donde lo vamos a insertar

$$C(\text{Tab Manicero 100 gr} - \text{Tab Galak 100 gr}) = 546$$

$$C(\text{Tab Galak 100 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) + C(\text{Tab Manicero 100 gr} - \text{Galak 23 gr}) - C(\text{Tab Galak 100 gr} - \text{Galak 23 gr}) = 546 + 712 - 175 = 1083$$

$$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) + C(\text{Tab Manicero 100 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) - C(\text{Galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) = 712 + 712 - 93 = 1331$$

$$C(\text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) + C(\text{Tab Manicero 100 gr} - \text{Crunch 23 gr}) - C(\text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 712 + 687 - 629 = 770$$

$$C(\text{Crunch 23 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) + C(\text{Tab Manicero 100 gr} - \text{Manicero 30 gr}) - C(\text{Crunch 23 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 687 + 672 - 190 = 1169$$

$$C(\text{Manicero 30 gr} - \text{Tab Manicero 100 gr}) = 124$$

Insertamos Tab Manicero 100 gr en la última posición y actualizamos los grupos S_p y S_a .

$$S_p = \{ \text{Tab Galak 100 gr, Galak 23 gr, Galak Popping Candy 23 gr, Crunch 23 gr, Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr} \}$$

$$S_a = \{ \text{Minimanicero 16 gr, } \}$$

Por ultimo insertamos el Minimanicero 16 gr

(Minimanicero 16 gr- Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Minimanicero 16 gr- Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Minimanicero 16 gr- Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Minimanicero 16 gr - Crunch 23 -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 - Minimanicero 16 gr -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 -Manicero 30 gr- Minimanicero 16 gr -, Tab Manicero 100 gr)
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Crunch 23 -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr- Minimanicero 16 gr)

$C(\text{Minimanicero } 16 \text{ gr- Tab Galak } 100 \text{ gr})=712$

$C(\text{ Tab Galak } 100 \text{ gr - Minimanicero } 16 \text{ gr})+ C(\text{Minimanicero } 16 \text{ gr- Galak } 23 \text{ gr})- C(\text{Tab Galak } 100 \text{ gr - Galak } 23 \text{ gr})= 463 + 712 - 175 = 1000$

$C(\text{Galak } 23 \text{ gr - Minimanicero } 16 \text{ gr})+ C(\text{Minimanicero } 16 \text{ gr- Galak Popping Candy } 23 \text{ gr}) - C(\text{Galak } 23 \text{ gr - Galak Popping Candy } 23 \text{ gr})= 463 + 712 - 93 = 1082$

$C(\text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr - Minimanicero } 16 \text{ gr})+C(\text{Minimanicero } 16 \text{ gr -Crunch } 23) - C(\text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr - Crunch } 23)= 712+ 439 - 629 = 522$

$C(\text{Crunch } 23 - \text{Minimanicero } 16 \text{ gr}) + C(\text{Minimanicero } 16 \text{ gr -Manicero } 30 \text{ gr}) - C(\text{Crunch } 23 - \text{Manicero } 30 \text{ gr})= 397 + 341 - 190 = 548$

$C(\text{Manicero } 30 \text{ gr- Minimanicero } 16 \text{ gr}) + C(\text{Minimanicero } 16 \text{ gr - Tab Manicero } 100 \text{ gr}) - C(\text{Manicero } 30 \text{ gr- Tab Manicero } 100 \text{ gr})= 341+ 672 - 124 = 889$

$C(\text{Tab Manicero } 100 \text{ gr- Minimanicero } 16 \text{ gr})= 590$

La secuencia final elegida es:

(Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Minimanicero 16 gr -Crunch 23 -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr)

La secuencia que se siguió en la realidad fue la siguiente:

Bombón Coco – Bombón Leche – Tab Galak 100 gr — Manicero 30 gr - Crunch 23 – Bombón Cereza – Bombón Naranja – Bombón Coco – Bombón Leche – Galak 23 gr– Manicero 100 gr - Platillo Galak – Galak 23 gr - Galak Pop candy 23 gr – Minimanicero 16 gr – Platillo Leche – Platillo Crunch - Platillo Concorde

C(Bombón Coco – Bombón Leche) + C (Bombón Leche – Tab Galak 100 gr) + C(Tab Galak 100 gr – Manicero 30 gr) + C (Manicero 30 gr – Crunch 23) + C(Crunch 23 – Bombón Cereza) + C (Bombón Cereza – Bombón Naranja) + C (Bombón Naranja – Bombón Coco) + C (Bombón Coco – Bombón Leche) + C(Bombón Leche – Galak 23 gr) + C(Galak 23 gr – Manicero 100 gr) + C(Manicero 100 gr - Platillo Galak) + C (Platillo Galak – Galak 23 gr) + C(Galak 23 gr - Galak Pop candy 23 gr) + C (Galak Pop Candy 23 gr- Minimanicero 16 gr) + C (Minimanicero – Platillo Leche)+ C (Platillo Leche - Platillo Crunch) + C (Platillo Crunch – Platillo Concorde) =

$$51+124+380+356+124+51+51+51+124+712+124+124+93 + 712+124+51+190 = 3442$$

Utilizando el método de secuenciación habríamos seguido el siguiente orden,
 (Tab Galak 100 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Minimanicero 16 gr -Crunch 23 -Manicero 30 gr, Tab Manicero 100 gr)

Con un costo de

$$175+93+712+439+190+124 = 1733$$

A esto se le adiciona una corrida de bombones en el siguiente orden:

Bombón cereza – Bombón Naranja – Bombón Coco – Bombón Leche = 153

Y una corrida de platillos en el siguiente orden:

Platillo Galak – Platillo Concorde – Platillo leche – Platillo Crunch= 334

Mas $124 \times 4 = 496$ que es el costo de intercalar la serie de bombones y platillos en la secuencia elegida

Con un costo total de 2220

TABLA 37. COMPARATIVO DE COSTOS (\$)

SECUENCIA DE PRODUCTOS SIN ANALISIS	SECUENCIA DE PRODUCTOS CON ANALISIS	DIFERENCIA
3,442	2,220	1,222

TABLA 38. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN SEMANA 37 DEL 8 AL 14 DE SEPTIEMBRE

PRODUCTO	CANTIDAD (KG)
Galak 23 gr	10,680
Vaquita 14 gr	12,216
Galak Pop candy 23 gr	3,312
Manicero 30 gr	13,200
Minimanicero 16 gr	7,200
Platillo Leche	2,000
Platillo Galak	2,000
Platillo Concorde	2,000
Platillo Crunch	2,000
Bombón leche	3,000
Bombón coco	3,000
Bombón Marrasquino	3,000
Bombón Naranja	3,000

Paso 0: Seleccionamos cualquier producto, este depende de con que producto se terminó la semana, por lo que asignamos galak 23.

$S_p = \{\text{galak 23 gr}\}$ $S_a = \{\text{Vaquita 14 gr, Galak Popping Candy 23 gr, Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr}\}$

$C(\text{Vaquita 14 gr}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{Galak Popping Candy 23 gr}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{Manicero 30 gr}) = \text{galak 23 gr}$

$C(\text{Minimanicero 16 gr}) = \text{galak 23 gr}$

Paso 1: Seleccionamos el producto hacia el cual nos podríamos cambiar

$C(\text{galak 23 gr} - \text{Vaquita 14 gr}) = 341$

$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) = 93$

$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 298$

$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 463$

Cambiarse a Galak Popping Candy 23 gr representa el mínimo costo asociado por lo que lo escogemos.

Paso 2: insertamos Galak Popping Candy 23 gr en S_p .

Podemos ubicarlos en el siguiente orden

$$\begin{aligned} (\text{galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) &= 93 \\ (\text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{galak 23 gr}) &= 712 \end{aligned}$$

Eligiendo el que representa el menor costo incremental:

$$S_p = \{ \text{galak 23 gr}, \text{Galak Popping Candy 23 gr} \}$$

$$S_a = \{ \text{Vaquita 14 gr}, \text{Manicero 30 gr}, \text{Minimanicero 16 gr} \}$$

Realizamos una comparación para ver cual es el elemento más cercano del grupo S_p a los elementos del grupo S_a .

El más cercano a Vaquita 14 gr es galak 23 gr.

El más cercano a Manicero 30 gr es un empate entre Galak 23 gr y Galak Popping Candy 23 gr.

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Galak 23 gr

Como vemos el producto que se encuentra más cerca de la mayoría de los productos que faltan por asignar es Galak 23, por lo que lo utilizamos como punto de referencia para las comparaciones de tiempo de cambio.

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Vaquita 14 gr})} = 341$$

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Manicero 30 gr})} = 298$$

$$C_{(\text{galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr})} = 463$$

Cambiarse a Manicero 30 gr representa el mínimo costo asociado por lo escogemos.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

(Manicero 30 gr - galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr)
 (galak 23 gr – Manicero 30 gr - Galak Popping Candy 23 gr)
 (galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr – Manicero 30 gr)

Los costos incrementales a las secuencias previamente formadas se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 &C(\text{Manicero 30 - galak 23 gr})= 712 \\
 &C(\text{galak 23 gr – Manicero 30 gr}) + C(\text{Manicero 30 gr – Galak Popping Candy 23 gr}) - \\
 &C(\text{galak 23 gr- Galak Popping Candy 23 gr})= 298 + 712 - 93 = 917 \\
 &C(\text{Galak Popping Candy 23 gr - Manicero 30gr})= 712
 \end{aligned}$$

Al existir un empate, podemos insertar Manicero de 30 gr en la primero o última posición, decidimos insertarlo en la ultima para minimizar cambios de masas blancas a oscuras

Actualizamos los subgrupos Sp y Sa

$$\begin{aligned}
 S_p &= \{ \text{galak 23 gr, Galak Popping Candy 23 gr, Manicero 30 gr} \} \\
 S_a &= \{ \text{Vaquita 14 gr, Minimanicero 16 gr} \}
 \end{aligned}$$

El más cercano a Vaquita 14 gr es Galak 23 gr.

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Manicero 30 gr

En este caso podemos elegir a Galak 23 gr o Manicero 30 gr, para usarlo como punto de comparación, nos decidimos por Galak 23 gr.

$$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Vaquita 14 gr}) = 341$$

$$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 463$$

Cambiarse a Vaquita 14 gr representa el mínimo costo asociado por lo que lo escogemos.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

(Vaquita 14 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Manicero 30 gr)

(Galak 23 gr - Vaquita 14 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Manicero 30 gr)

(Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Vaquita 14 gr - Manicero 30 gr)

(Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr - Manicero 30 gr - Vaquita 14 gr)

Calculamos el costo incremental:

$$C(\text{Vaquita 14 gr} - \text{galak 23 gr}) = 341$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Vaquita 14 gr}) + C(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) -$$

$$C(\text{galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) = 341 + 424 - 93 = 672$$

$$C(\text{galak Popping Candy 23 gr} - \text{Vaquita 14 gr}) + C(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Manicero 30 gr}) -$$

$$C(\text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 712 + 546 - 712 = 546$$

$$C(\text{Manicero 30 gr} - \text{Vaquita 14 gr}) = 712$$

Concluimos que insertar Vaquita 14 gr en la primera posición produce el menor costo incremental.

Actualizamos los subgrupos Sp y Sa

$$S_p = \{ \text{Vaquita 14 gr}, \text{galak 23 gr}, \text{Galak Popping Candy 23 gr}, \text{Manicero 30 gr} \}$$

$$S_a = \{ \text{Minimanicero 16 gr} \}$$

Analizamos donde vamos a insertar el Minimanicero 16 gr

$$(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{Vaquita 14 gr} - \text{Galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Manicero 30 gr})$$

$$(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Minimanicero 16 gr} - \text{Galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Manicero 30 gr})$$

$$(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Manicero 30 gr})$$

$$(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr} - \text{Manicero 30 gr})$$

$$(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Manicero 30 gr} - \text{Minimanicero 16 gr})$$

Calculamos el costo incremental:

$$C(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{Vaquita 14 gr}) = 712$$

$$C(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Minimanicero 16}) + C(\text{Minimanicero 16} - \text{Galak 23 gr}) - C(\text{Vaquita 14 gr} - \text{Galak 23 gr}) = 546 + 712 - 341 = 917$$

$$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Minimanicero 16}) + C(\text{Minimanicero 16} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) -$$

$$C(\text{Galak 23 gr} - \text{Galak Popping Candy 23 gr}) = 463 + 712 - 93 = 1082$$

$$C(\text{Galak Popping Candy 23 gr} - \text{Minimanicero 16}) + C(\text{Minimanicero 16} - \text{Manicero 30 gr}) - C(\text{Galak popping Candy 23 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 712 + 341 - 712 = 341$$

$$C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Minimanicero } 16 \text{ gr}) = 341$$

La Secuencia final elegida es:

(Vaquita 14 gr - Galak 23 gr - Galak Popping Candy 23 gr –
Manicero 30 gr – Minimanicero 16 gr)

Con un costo asociado de:

$$C(\text{Vaquita } 14 \text{ gr} - \text{Galak } 23 \text{ gr}) + C(\text{Galak } 23 \text{ gr} - \text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr}) + C(\text{Galak Popping Candy } 23 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Minimanicero } 16 \text{ gr}) = 341 + 93 + 712 + 341 = 1487$$

A esto se le adiciona una corrida de bombones en el siguiente orden:

Bombón cereza – Bombón Naranja – Bombón Coco –
Bombón Leche = 153

Y una corrida de platillos en el siguiente orden:

Platillo Galak – Platillo Concorde – Platillo leche – Platillo
Crunch = 334

Mas $124 \times 4 = 496$ que es el costo de intercalar la serie de bombones y platillos en la secuencia elegida

El costo total de cambio de formato de la secuencia elegida es de **2470**

La secuencia que se siguió fue la siguiente:

Galak Pop candy 23 gr – Platillo Concorde – Platillo Leche
 – Platillo Crunch – Bombón Cereza – Bombón Naranja –
 Bombón Coco – Bombón Leche – Galak Pop candy 23 gr
 – Galak 23 gr – Platillo Galak – Platillo Crunch - Platillo
 Leche – Platillo Concorde – Manicero 30 gr – Manicero 16
 gr - Vaquita 14 gr - Bombón Cereza – Bombón Naranja –
 Bombón Coco – Bombón Leche – Vaquita 14 gr

$C(\text{Galak Pop candy } 23 \text{ gr} - \text{Platillo Concorde}) + C(\text{Platillo Concorde} - \text{Platillo Leche}) + C(\text{Leche} - \text{Platillo Crunch}) + C(\text{Platillo Crunch} - \text{Bombón Cereza}) + C(\text{Bombón Cereza} - \text{Bombón Naranja}) + C(\text{Bombón Naranja} - \text{Bombón Coco}) + C(\text{Bombón Coco} - \text{Bombón Leche}) + C(\text{Bombón Leche} - \text{Galak Pop candy } 23 \text{ gr}) + C(\text{Galak Pop candy } 23$

gr – Galak 23 gr)+C(Galak 23 gr – Platillo Galak)+C(Platillo Galak – Platillo Crunch)+C(Platillo Crunch - Platillo Leche)+C(Platillo Leche – Platillo Concorde)+C(Platillo Concorde – Manicero 30 gr)+C(Manicero 30 gr – Manicero 16 gr)+C(Manicero 16 gr - Vaquita 14 gr)+C(Vaquita 14 gr – Bombón Cereza) +C(Bombón Cereza – Bombón Naranja)+C(Bombón Naranja – Bombón Coco)+C(Bombón Coco – Bombón Leche)+ C(Bombón Leche – Vaquita 14 gr)

Con un costo de cambio de formato semanal de:

$$124+93+51+190+51+51+51+124+712+124+107+107+93+124+341+712+124+51+51+51+124= \mathbf{3456}$$

TABLA 39. COMPARATIVO DE COSTOS (\$)

SECUENCIA DE PRODUCTOS SIN ANALISIS	SECUENCIA DE PRODUCTOS CON ANALISIS	DIFERENCIA
3,456	2,470	986

**TABLA 40 . PROGRAMA DE PRODUCCIÓN SEMANA 38
DEL 8 AL 14 DE SEPTIEMBRE**

PRODUCTO	CANTIDAD (KG)
Crunch 23 gr	1,656
B. Leche 30 gr	2,400
Manicero 30 gr	8,640
Minimanicero 16 gr	3,960
Tab Leche 100 gr	2,880
Tab Tableta Crunch 100 gr	2,400
Tab Familiar 200 gr	13,200

Siguiendo los pasos del algoritmo realizamos el siguiente desarrollo:

Paso 0: Seleccionamos cualquier producto, este depende de con que producto se terminó la semana, por lo que asignamos Tab Familiar 200 gr.

$S_p = \{ \text{Tab Familiar 200 gr} \}$ $S_a = \{ \text{Crunch 23 gr, B. Leche 30 gr, Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr} \}$

Dentro del subgrupo S_p el producto que está más cerca (y el único), de los elementos del grupo S_a (elementos por asignar) es la Tab Familiar 200 gr .

Paso 1: Seleccionamos el producto hacia el cual nos podríamos cambiar

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 258$$

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) = 175$$

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 190$$

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 356$$

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) = 175$$

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) = 217$$

Al existir un empate podemos seleccionar cualquiera, nos decidimos por Tab Leche 100 gr.

Paso 2: insertamos Tab. Leche 100 gr en Sp.

Podemos ubicarlos en el siguiente orden

$$(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) = 175$$

$$(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Tab Familiar 200 gr}) = 175$$

Eligiendo el primer caso:

$$S_p = \{ \text{Tab Familiar 200 gr}, \text{Tab Leche 100 gr} \} \quad S_a = \{ \text{Crunch 23 gr}, \text{B. Leche 30 gr}, \text{Manicero 30 gr}, \text{Minimanicero 16 gr}, \text{Tableta Crunch 100 gr} \}$$

Realizamos una comparación para ver cual es el elemento más cercano del grupo Sp a los elementos del grupo Sa.

El mas cercano a Crunch 23 gr es Tab Leche 100 gr.

El más cercano a B. Leche 30 gr es un empate, ambos productos demoran lo mismo en cambiarse .

El mas cercano a Manicero 30 gr es Tab Leche 100

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Tab Leche 100 gr

El más cercano a Tableta Crunch 100 gr, es Tab Leche
100 gr

Como vemos el producto que se encuentra mas cerca de la mayoría de los productos que faltan por asignar es Tab leche 100 gr, por lo que lo utilizamos como punto de referencia para las comparaciones de tiempo de cambio.

$$C(\text{Tab Leche 100 gr - Crunch 23 gr})=175$$

$$C(\text{Tab Leche 100 gr - B. Leche 30 gr})= 175$$

$$C(\text{Tab Leche 100 - Manicero 30 gr})= 175$$

$$C(\text{Tab Leche 100 gr - Minimanicero 16 gr})= 341$$

$$C(\text{Tab Leche 100 - Tableta Crunch 100 gr})= 93$$

Cambiarse a Tab Crunch 100 gr representa el mínimo costo asociado por lo escogemos.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

(Tableta Crunch 100 gr – Familiar 200 gr – Tab Leche 100 gr)
(Familiar 200 gr – Tableta Crunch 100 gr - Tab Leche 100 gr)
(Familiar 200 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr)

Los costos incrementales a las secuencias previamente formadas se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 C(\text{Tableta Crunch 100 gr} - \text{Familiar 200 gr}) &= 273 \\
 C(\text{Familiar 200 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) + C(\text{Tableta Crunch 100 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) - C(\text{Familiar 200 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) &= 217 + 273 - 175 = 315 \\
 C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) &= 93
 \end{aligned}$$

De lo que concluimos que insertar en la última la Tab Crunch 100 gr. produce el mínimo costo incremental.

Actualizamos los subgrupos S_p y S_a

$$S_p = \{ \text{Tab Familiar 200 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr} \}$$

$$S_a = \{ \text{Crunch 23 gr, B. Leche 30 gr, Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr,} \}$$

El más cercano a Crunch 23 gr es un empate entre Tab Leche 100 gr y Tableta Crunch 100 gr

El más cercano a B. Leche 30 gr es un empate, Entre Tab Familiar 200 gr y Tab Leche 100 gr.

El más cercano a Manicero 30 gr es Tab Leche 100

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Tab Leche 100 gr

En este caso elegimos Tab Leche 100 gr para usarlo como punto de comparación.

$$C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 175$$

$$C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{B. Leche 30 gr}) = 175$$

$$C(\text{Tab Leche 100} - \text{Manicero 30 gr}) = 175$$

$$C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 341$$

Seleccionamos B. Leche 30 gr.

Ahora debemos decidir donde lo insertamos dentro del subgrupo ya formado de tal forma que represente el menor costo incremental.

(B. Leche 30 gr - Familiar 200 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Familiar 200 gr - Tab Leche 100 gr - B. Leche 30 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Familiar 200 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - B. Leche 30 gr)

Calculamos el costo incremental:

$$C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Tab Familiar 200 gr}) = 175$$

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{B Leche 30 gr}) + C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) - C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) = 175 + 134 - 175 = 134$$

$$C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{B Leche 30 gr}) + C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) - C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) = 175 + 175 - 93 = 257$$

$$C(\text{Tableta Crunch 100 gr} - \text{B Leche 30 gr}) = 356$$

Concluimos que insertar B Leche 30 gr en la segunda posición produce el menor costo incremental.

Actualizamos los subgrupos S_p y S_a

$$S_p = \{ \text{Tab Familiar 200 gr, B. Leche 30 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr} \}$$

$$S_a = \{ \text{Crunch 23 gr, Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr, } \}$$

El más cercano a Crunch 23 gr es B Leche 30 gr

El más cercano a Manicero 30 gr es B Leche 30 gr

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Tab Leche 100 gr

Tomamos como punto de referencia la B Leche 30 gr

$$C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 93$$

$$C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 93$$

$$C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 424$$

Seleccionamos Crunch 23 gr

Analizamos donde lo vamos a insertar

(Crunch 23 gr - Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Familiar 200 gr - Crunch 23 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Crunch 23 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Crunch 23 gr - Tableta Crunch 100 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr)

$$C(\text{Crunch 23 gr} - \text{Tab Familiar 200 gr}) = 439$$

$$C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Crunch 23 gr}) + C(\text{Crunch 23 gr} - \text{B Leche 30 gr}) - C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{B Leche 30 gr}) = 258 + 273 - 175 = 356$$

$$C(\text{B Leche 30 gr} - \text{crunch 23 gr}) + C(\text{crunch 23 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) - C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) = 273 + 712 - 107 = 93 + 439 - 134 = 398$$

$$C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{crunch 23 gr}) + C(\text{crunch 23 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) - C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) = 175 + 134 - 93 = 216$$

$$C(\text{Tableta Crunch 100 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 175$$

Insertamos Crunch 23 gr. al final de la secuencia.

Actualizamos los subgrupos Sp y Sa

$$Sp = \{ \text{Tab Familiar 200 gr, B. Leche 30 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr, Crunch 23 gr} \}$$

$$Sa = \{ \text{, Manicero 30 gr, Minimanicero 16 gr, } \}$$

El más cercano a Manicero 30 gr es B Leche 30 gr

El más cercano a Minimanicero 16 gr es Tab Leche 100 gr

Al haber un empate seleccionamos cualquiera, en este caso seleccionamos B Leche 30 gr.

$$C(B \text{ Leche } 30 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) = 93$$

$$C(B \text{ Leche } 30 - \text{Minimanicero } 16 \text{ gr}) = 424$$

Seleccionamos el Manicero 30 gr

Analizamos donde lo vamos a insertar

(Manicero 30 gr - Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr)

(Familiar 200 gr - Manicero 30 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Manicero 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Manicero 30 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Manicero 30 gr - Crunch 23 gr)

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr - Manicero 30 gr)

$$C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Tab Familiar } 200 \text{ gr}) = 439$$

$$C(\text{Tab Familiar } 200 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{B Leche } 30 \text{ gr}) - C(\text{Tab Familiar } 200 \text{ gr} - \text{B Leche } 30 \text{ gr}) = 190 + 356 - 175 = 371$$

$$C(B \text{ Leche } 30 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Tab Leche } 100 \text{ gr}) - C(B \text{ Leche } 30 - \text{Tab Leche } 100 \text{ gr}) = 93 + 439 - 134 = 398$$

$$C(\text{Tab Leche } 100 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr}) - C(\text{Tab Leche } 100 \text{ gr} - \text{Tableta Crunch } 100 \text{ gr}) = 175 + 439 - 93 = 521$$

$$C(\text{Tab Crunch } 100 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) + C(\text{Manicero } 30 \text{ gr} - \text{Crunch } 23 \text{ gr}) - C(\text{Tab Crunch } 100 \text{ gr} - \text{Crunch } 23 \text{ gr}) = 356 + 356 - 175 = 537$$

$$C(\text{Crunch } 23 \text{ gr} - \text{Manicero } 30 \text{ gr}) = 190$$

Insertamos Manicero 30 gr en la última posición

Actualizamos Sp y Sa

$S_p = \{ \text{Tab Familiar 200 gr, B. Leche 30 gr, Tab Leche 100 gr, Tableta Crunch 100 gr, Crunch 23 gr, Manicero 30 gr} \}$
 $S_a = \{ \text{Minimanicero 16 gr} \}$

Por ultimo insertamos el último elemento del subgrupo

S_a en una posición tal que produzca el menor incremento

(Minimanicero 16 gr - Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr - Manicero 30 gr)
 (Familiar 200 gr - Minimanicero 16 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr - Manicero 30 gr)
 (Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Minimanicero 16 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr - Manicero 30 gr)
 (Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Minimanicero 16 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr - Manicero 30 gr)
 (Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Minimanicero 16 gr - Crunch 23 gr - Manicero 30 gr)
 (Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr - Minimanicero 16 gr - Manicero 30 gr)
 (Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr - Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr - Manicero 30 gr - Minimanicero 16 gr -)

$C(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{Tab Familiar 200 gr}) = 439$
 $C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) + C(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{B Leche 30 gr}) - C(\text{Tab Familiar 200 gr} - \text{B Leche 30 gr}) = 356 + 439 - 175 = 620$
 $C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) + C(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) - C(\text{B Leche 30 gr} - \text{Tab Leche 100 gr}) = 424 + 439 - 134 = 729$
 $C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) + C(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) - C(\text{Tab Leche 100 gr} - \text{Tableta Crunch 100 gr}) = 341 + 439 - 93 = 687$
 $C(\text{Tab Crunch 100 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) + C(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{Crunch 23 gr}) - C(\text{Tab Crunch 100 gr} - \text{Crunch 23 gr}) = 439 + 439 - 175 = 703$
 $C(\text{Crunch 23 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) + C(\text{Minimanicero 16 gr} - \text{Manicero 30 gr}) - C(\text{Crunch 23 gr} - \text{Manicero 30 gr}) = 397 + 341 - 190 = 548$
 $C(\text{Manicero 30 gr} - \text{Minimanicero 16 gr}) = 341$

La secuencia final elegida es

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr -
Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr -Manicero 30 gr -
Minimanicero 16 gr)

El costo de la secuencia elegida es de

$$175+134+93+175+190+341=1108$$

La secuencia que se siguió en realidad fue la siguiente:

Minimanicero 16 - Manicero 30 gr - B Leche 30 - Crunch
23 gr — Tab Familiar 200 – Tab Leche 100 – Tab Crunch
100

Con un costo de :

$$341+356+93+439+175+175 = \mathbf{1579}$$

Utilizando el método de secuenciación hubiéramos
seguido el siguiente orden

(Familiar 200 gr - B. Leche 30 gr - Tab Leche 100 gr -
Tableta Crunch 100 gr - Crunch 23 gr -Manicero 30 gr -
Minimanicero 16 gr)

El costo de la secuencia elegida es de

$$175+134+93+175+190+341=\mathbf{1108}$$

TABLA 41. COMPARATIVO DE COSTOS (\$)

SECUENCIA DE PRODUCTOS SIN ANALISIS	SECUENCIA DE PRODUCTOS CON ANALISIS	DIFERENCIA
1,579	1,108	471

De forma adicional al uso del algoritmo de inserción más cercana, podemos recomendar una técnica para evitar paradas en la línea de moldeo, basada en el análisis comparativo de las velocidades de producción de las líneas de moldeo y empaque.

Como vimos en la figura 10 del capítulo 2 (Comparativo de velocidades de moldeo y empaque), la principal brecha de velocidades se encuentra en los productos: bombones y platinos.

TABLA 42. COMPARATIVO DE VELOCIDADES DE MOLDEO Y EMPAQUE DE BOMBONES Y PLATILLOS

Artículo	Producción Esperada CAVEMIL (KG X HORA)	Producción Esperada CAVANNA - SIG - HPN- SAPAL (KG X HORA)	GAP PRODUCCION (KG X HORA)
PLATILLO LECHE	248	64,35	184
PLATILLO GALAK	248	64,35	184
PLATILLO CONCORDE	248	64,35	184
PLATILLO CRUNCH	248	64,35	184
BOMBON LECHE	443	118,26	325
BOMBON COCO	443	118,26	325
BOMBON MARRASQUINO	443	118,26	325
BOMBON NARANJA	443	118,26	325

Al existir dos líneas independientes de temperado de masa blanca y oscura y dos equipos dosificadores montados en línea, es posible fabricar dos productos diferentes al mismo tiempo, con el objetivo de balancear la línea de moldeo (Cavemil), con las líneas de empaque (Cavanna, Hpn y Sapal).

Para esto se requiere definir que número de moldes de cada tipo de producto se va montar en la línea con el objetivo de lograr el balance deseado y verificar la compatibilidad de los productos (tipo de masa y tiempo de permanencia en el túnel de enfriamiento para un correcto desmoldeo) a fin de evitar defectos en el producto terminado.

CRITERIOS PARA DEFINIR PRODUCTOS A MOLDEAR AL MISMO TIEMPO:

- UTILIZAN LA MISMA MASA DE CHOCOLATE

PRODUCTO	PRODUCTO
B. LECHE 30 GR	BOMBON LECHE
	PLATILLO LECHE
	PLATILLO CRUNCH

PRODUCTO	PRODUCTO
TAB. LECHE 100 GR	BOMBON LECHE
	PLATILLO LECHE
	PLATILLO CRUNCH

PRODUCTO	PRODUCTO
TAB GALAK 100 GR	PLATILLO GALAK

PRODUCTO	PRODUCTO
CRUNCH 23 GR	BOMBON LECHE
	PLATILLO LECHE
	PLATILLO CRUNCH

MASAS BLANCAS CON MASAS OSCURAS

PRODUCTO	PRODUCTO
GALAK 23 GR	PLATILLO GALAK

PRODUCTO	PRODUCTO
GALAK 23 GR	BOMBON LECHE, NARANJA, COCO, CEREZA
	PLATILLO LECHE, PLATILLO CONCORDE
	PLATILLO CRUNCH

PRODUCTO	PRODUCTO
GALAK 100 GR	BOMBON LECHE, NARANJA, COCO, CEREZA
	PLATILLO LECHE, PLATILLO CONCORDE PLATILLO CRUNCH

PRODUCTO	PRODUCTO
CRUNCH 100 GR	BOMBON LECHE
	PLATILLO LECHE
	PLATILLO CRUNCH

CALCULOS REQUERIDOS

VELOCIDAD MOLDEADORA.

Se ajusta según el tipo de masa y tamaño del producto, se mide en dosificaciones por minuto.

VELOCIDAD MOLDEADORA. (Kg X H)

Veloc. Mold = $\frac{\text{Peso cavidad} \times \# \text{ cavidades molde} \times \text{Dosif} \times \text{minuto}}{60}$

CALCULO DE CANTIDAD DE MOLDES REQUERIDOS PARA UN CIERTO NIVEL DE PRODUCCIÓN

El número total de moldes en el equipo es 570, en relación con esa cantidad de moldes, el número de dosificaciones x minuto y la cantidad de masa en cada dosificación, se obtiene la tasa en Kg x hora del equipo.

Mediante una regla de tres podemos calcular cuantos moldes podemos retirar para balancear la linea .

$$\begin{array}{r} 570 \text{ moldes} \\ X \end{array} \quad \begin{array}{r} 340 \text{ Kg X H} \\ 280 \text{ Kg X H} \end{array}$$

$$X = \frac{280 \text{ Kg X H} \times 570 \text{ MOLDES}}{340 \text{ Kg X H}} = 469.41 \text{ moldes}$$

EJEMPLO DE APLICACIÓN: MEZCLA CRUNCH 23 gr – PLATILLO CRUNCH

CAMBIOS DE FORMATO DURANTE LA SEMANA			
PROGRAMA SEMANAL		220 bar/minuto	
CRUNCH 23	KGXH CAVEMIL	KGXH CAVANNA	BRECHA
9824	324	258,06	66
TIEMPO REQUERIDO H	30,32		
TURNOS	3,79		
DIAS	1,26		
PLATILLO LECHE	KGXH CAVEMIL		
1500	248		
TIEMPO REQUERIDO H	6,05		
TURNOS	0,76		
DIAS	0,25		
	Cuantos moldes requiero para producir		
KG/H	324	570	MOLDES
KG/H	258	x	
	moldes barra 23		moldes platillo
	x=	453,8888889	y=
			116,1111111
			100 moldes
tiempo que demora en recorrer cadena (Min)	moldes barra 30	moldes platillo	tiempo que demora en recorrer cadena (min)
20	460	110	4,78
	en una hora produciríamos		
20	4,78	20	4,78
107,916	24,684	107,916	24,684
	crunch23	Platillo leche	
KG/H	272,136	49,368	
HORAS REQUERIDAS	36,09959726	30,38405445	
CULMINAR PROGRAMA			

Luego de 36 horas se termina de moldear la barra crunch de 23 gr, mientras que a las 30 horas se termina de moldear el platillo, permitiendo intercalar otro producto.

EJEMPLO DE APLICACIÓN GALAK 23 gr – PLATILLO GALAK

CAMBIOS DE FORMATO DURANTE LA SEMANA			
PROGRAMA SEMANAL	23 dosif x min	220 bar/minuto	
GALAK 23 GR	KGXH CAVEMIL	KGXH CAVANNA	BRECHA
14820	324	199,41	125
TIEMPO REQUERIDO H	45,74		
TURNOS	5,72		
DIAS	1,91		
PLATILLO GALAK	KGXH CAVEMIL		
3000	248		
TIEMPO REQUERIDO H	12,10		
TURNOS	1,51		
DIAS	0,50		
Cuantos moldes requiero para producir			
KG/H	324	570	MOLDES
KG/H	199	x	
	moldes barra 23		moldes platillo
	x=	350,0925926	219,9074074
		350	220 moldes
tiempo que demora en recorrer cadena (Min)	moldes barra 23	moldes platillo	tiempo que demora en recorrer cadena (min)
15,2173913	350	220	9,57
en una hora produciríamos			
15,2173913	9,57	15,2173913	9,57
82,11	49,368	82,11	49,368
	GALAK 23	PLATILLO GALAK	
KG/H	220,524	98,736	
HORAS REQUERIDAS CULMINAR PROGRAMA	67,20356968	30,38405445	

A las 67 horas se culmina con el programa de Galak de 23 y a las 30 horas el programa de platillo Galak, permitiendo intercalar otro producto.

EJEMPLO DE APLICACIÓN MASAS BLANCAS CON MASAS OSCURAS

GALAK 23 gr CON PLATILLO LECHE

CAMBIOS DE FORMATO DURANTE LA SEMANA			
PROGRAMA SEMANAL	23 dosif x min	220 bar/minuto	
GALAK 23 GR	KGXH CAVEMIL	KGXH CAVANNA	BRECHA
10680	324	199,41	125
TIEMPO REQUERIDO H	32,96		
TURNOS	4,12		
DIAS	1,37		
PLATILLO LECHE	KGXH CAVEMIL		
2000	248		
TIEMPO REQUERIDO H	8,06		
TURNOS	1,01		
DIAS	0,34		
Cuantos moldes requiero para producir			
KG/H	324	570	MOLDES
KG/H	199	x	
moldes barra 23			moldes platillo
x=	350,0925926	219,9074074	y=
	350	220	moldes
tiempo que demora en recorrer cadena (Min)	moldes barra 23	moldes platillo	tiempo que demora en recorrer cadena (min)
15,2173913	350	220	9,57
en una hora produciríamos			
15,2173913	9,57	15,2173913	9,57
82,11	49,368	82,11	49,368
			56,304
GALAK 23	PLATILLO LECHE		
KG/H	220,524	98,736	
HORAS REQUERIDAS	48,43010285	20,2560363	
CULMINAR PROGRAMA			

Como vemos en 48 horas terminaríamos de moldear al producto Galak 23 gr y en 20 horas el platillo leche, permitiendo intercalar otro producto en el tiempo sobrante.

EJEMPLO DE APLICACIÓN MASAS BLANCAS CON MASAS OSCURAS

GALAK 23 gr CON BOMBON

CAMBIOS DE FORMATO DURANTE LA SEMANA				
	PROGRAMA SEMANAL	23 dosif x min	220 bar/minuto	
	GALAK 23 GR	KGXH CAVEMIL	KGXH CAVANNA	BRECHA
	10680	324	199,41	125
	TIEMPO REQUERIDO H	32,96		
	TURNOS	4,12		
	DIAS	1,37		
	BOMBON LECHE	KGXH CAVEMIL		
	3000	443		
	TIEMPO REQUERIDO H	6,77		
	TURNOS	0,85		
	DIAS	0,28		
	Cuantos moldes requiero para producir			
	KG/H	324	570	MOLDES
	KG/H	199	x	
	moldes barra 23			moldes bombón
	x=	350,0925926	219,9074074	y=
		350	220	moldes
tiempo que demora en recorrer cadena (Min)	moldes barra 23	moldes bombón	tiempo que demora en recorrer cade	
15,2173913	350	220	9,57	
en una hora produciríamos				
15,2173913	9,57	15,2173913	9,57	10,43478261
82,11	90,882	82,11	90,882	56,304
	KG/H	GALAK 23	BOMBON	
		220,524	181,764	
	HORAS REQUERIDAS	48,43010285	16,50491847	
	CULMINAR PROGRAMA			

Como vemos en 48 horas terminaríamos de moldear al producto Galak 23 gr y en 16 horas el platillo leche, permitiendo intercalar otro producto en el tiempo sobrante

Conclusiones:

La aplicación del método de secuenciación permite asignar un orden de procesamiento a los trabajos definidos en el programa de producción, reduciendo el costo asociado a los cambios de formatos.

En la tabla comparativa se muestra un resumen de los resultados:

TABLA 43. RESULTADOS DE SECUENCIACIÓN DE PRODUCTOS

SEMANA	SECUENCIA DE PRODUCTOS SIN ANALISIS	SECUENCIA DE PRODUCTOS CON ANALISIS	DIFERENCIA
36	3,442	2,220	1,222
37	3,456	2,470	986
38	1,579	1,108	471
39	3,526	2,008	1,518
40	2,956	1,535	1,521
42	3,425	2,625	800
45	2,968	1,923	1,045
47	4,269	3,206	1,063
48	2,789	1,912	877
49	4,258	3,359	899
50	3,571	1,369	2,202
TOTAL	36,239	23,735	12,504
	% DISMINUCION COSTO		34.5 %

TABLA 44. RESUMEN DE RESULTADOS MEZCLA DE PRODUCTOS

COMBINACION	H. UTILIZAD.	H. X SEPARADO	DIFERENCIA H	PRODUCCION ADICIONAL(Kg.)
CRUNCH 23 - PLATILLO LECHE	36,09	37,12	1,03	281,8
GALAK 23 - PLATILLO GALAK	67,2	58,59	-8,61	3635,2
GALAK 23 - PLATILLO LECHE	48,43	41,77	-6,66	2782,2
GALAK 23 - BOMBON	48,43	40,48	-7,95	5803,6

En la tabla se muestran, los resultados de combinar productos, aunque se utilizan mas horas que si se elaborarán los productos por separado, se puede producir mas en Kg, pues siempre en la mezcla se utiliza la velocidad de dosificación mayor.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. El uso del algoritmo de inserción más cercana para determinar el orden en el cual los trabajos serán procesados por la máquina (Cavemil), contribuye en la mejor utilización de los recursos de producción. Con una reducción estimada del 34.5% de los costos asociados con los cambios de formato.(Mano de obra, energía, consumo vapor, generación de retrabajo, etc).
2. Se estima que el costo anual empleado en actividades de cambio de formato en el año 2004 es de \$ 181,695 ; por lo que una reducción del 34.5% representa \$62,500 de ahorro anuales.

3. La implementación de esta tesis, no ha requerido ningún tipo de inversión relacionado con compras de equipos o modificaciones en la línea de producción. La mayoría de los ensayos se realizaron durante intervalos normales de producción, de forma que no se incurrió en costos adicionales de mano de obra o energía.
4. La implementación del método de secuenciación requiere un nivel elevado disciplina y planificación.

Durante las reuniones semanales de planificación no se discute sólo acerca de los productos que se van a fabricar en la semana siguiente, sino que además se llegan a acuerdos acerca del orden en el cual van a ser procesados esos productos usando el método de secuenciación y la factibilidad de esas secuencias.

Así también se hacen supuestos con respecto a posibles cambios durante el programa, por la espera de la llegada de algún material de empaque o actividades de mantenimiento planeado de los equipos de producción.

5. Los grupos de productos definidos para las mezclas, al momento tienen sus limitaciones, principalmente por el uso de masas saborizadas. Para saborizar una masa se adiciona la esencia (cereza, naranja, coco, leche), a la masa de chocolate con leche, directamente en el tanque pulmón que alimenta al equipo precristalizador, esto implica que mientras se está produciendo algún bombón

saborizado no se puede producir otro tipo de producto que use masa leche porque saldría contaminado con el sabor de la esencia. restringiendo el número de combinaciones posibles

6. Moldear dos productos al mismo tiempo requiere un mayor nivel de atención del operador, este debe activar y desactivar las moldeadoras de chocolates de acuerdo al producto, sino se toman las debidas precauciones se puede dosificar de forma errada el producto en los moldes.
7. Durante el moldeo de dos productos, se debe tratar de dosificar en la tolva de alimentación de la moldeadora la cantidad exacta de masa de chocolate para cada tramo de producto, debido a que si queda demasiada masa precristalizada en la tolva, esta se endurece rápidamente y puede ocasionar paradas en la línea.
8. Es muy posible que durante el moldeo de chocolate blanco con oscuro, las barras salgan manchadas con residuos del otro producto, en algunas ocasiones las moldeadoras gotean mientras no están dosificando, por lo que se debe colocar una bandeja metálica como protección en la base de la moldeadora que no está siendo utilizada.

4.2 Recomendaciones

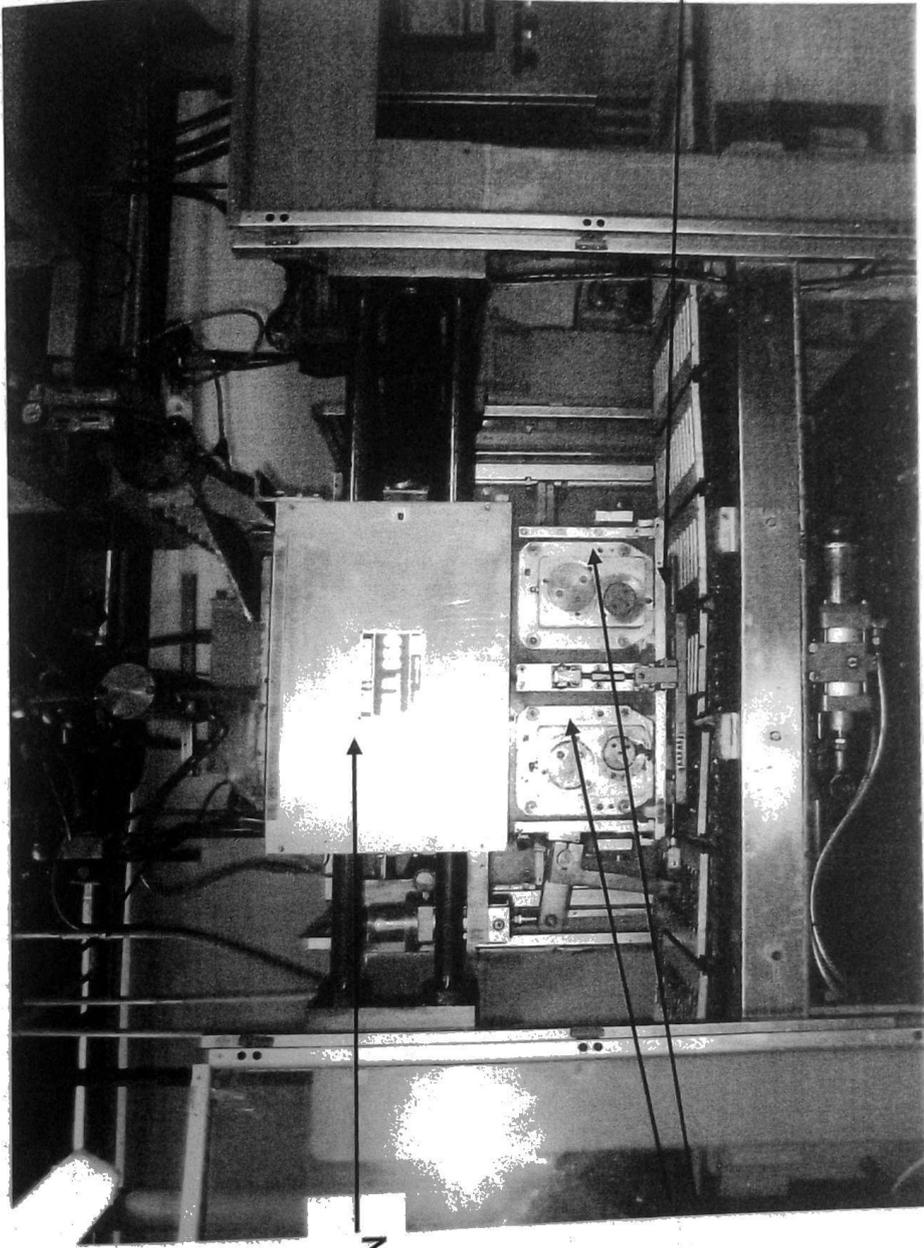
- Todo el personal de mandos medios de fabricación y operadores, debe estar familiarizado con la aplicación del método de secuenciación, con el objetivo de mantener su utilización de forma consistente. Se debe realizar una exposición de cuales son los beneficios obtenidos con la aplicación del mismo, contrastados con la inversión nula.
- La mezcla de productos durante el moldeo, al momento tiene sus limitaciones por los grupos que se pueden formar con los equipos disponibles, sin embargo esto se podría solucionar con la instalación de otro equipo precristalizador, con su respectivo tanque pulmón y circuito cerrado de tuberías, que podría ser utilizado solo para la preparación de productos con masas saborizadas, incrementando la flexibilidad de la línea y eliminando los problemas por masas de chocolate contaminadas con sabores de esencias. Sin embargo habría que hacer un estudio relacionado con los posibles incrementos en la demanda de chocolates, para justificar este incremento de capacidad por la adquisición de un equipo.

- Otra área donde se puede aplicar el mismo concepto de secuenciación es la de preparación de masas de chocolates (proceso anterior al moldeo), pues para poder secuenciar correctamente en la moldeadora, se debe contar con la cantidad exacta de masas de chocolate, para que esta variable no se convierta en una restricción.
- Cada vez que se lance un nuevo producto al mercado, es necesario realizar el estudio para determinar el tiempo requerido para actividades de cambio de formato, con el objetivo de mantener actualizada la matriz de costo de cambio, de igual forma cuando un producto se retira del mercado, hay que eliminarlo de la matriz.

APÉNDICES

APÉNDICE A

ESQUEMA MOLDEADORA MLR



DOSIFICADOR
DE
INGREDIENTES

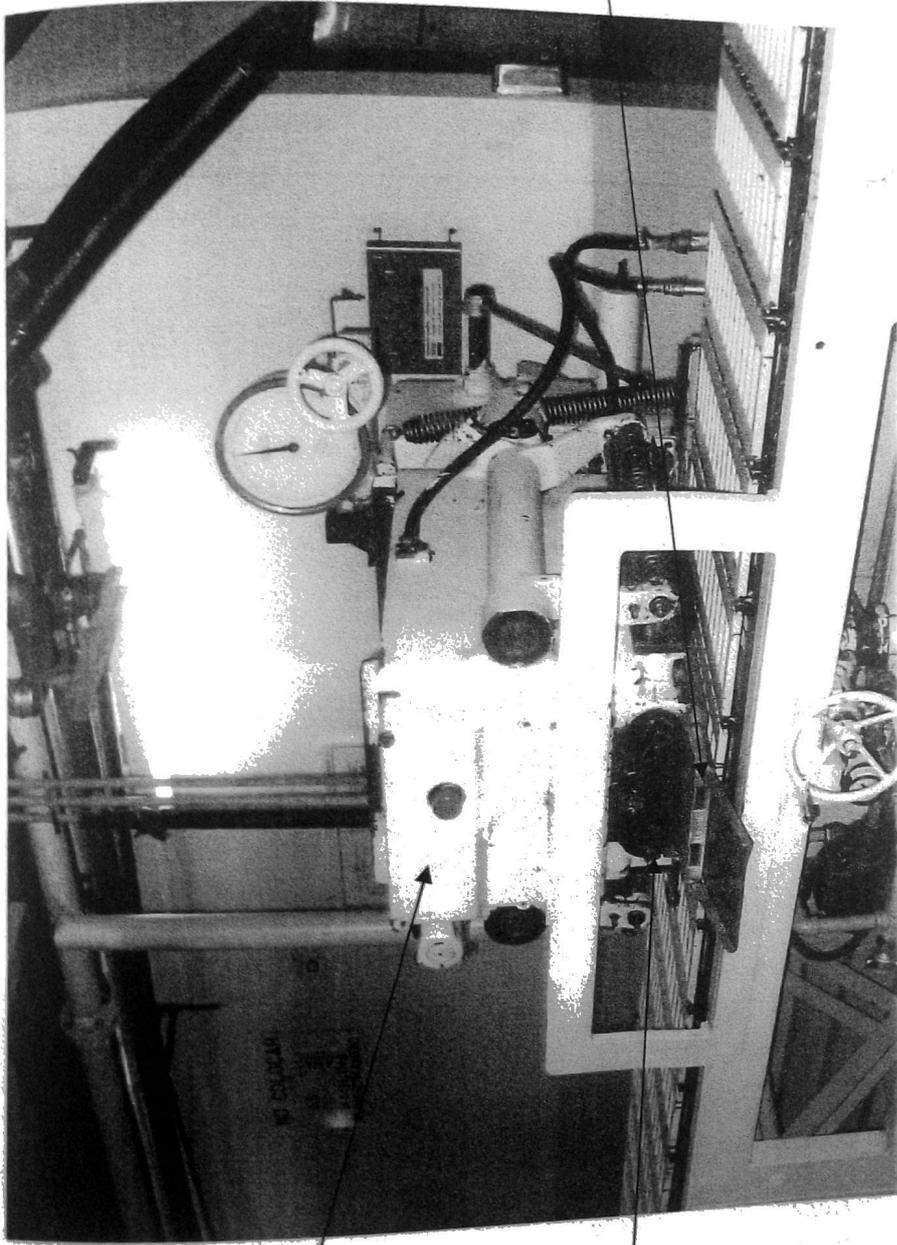
PLACA
DOSIFICADORA

TINA DE
DOSIFICACIÓN

ROTORES

APÉNDICE B

ESQUEMA MOLDEADORA MLP



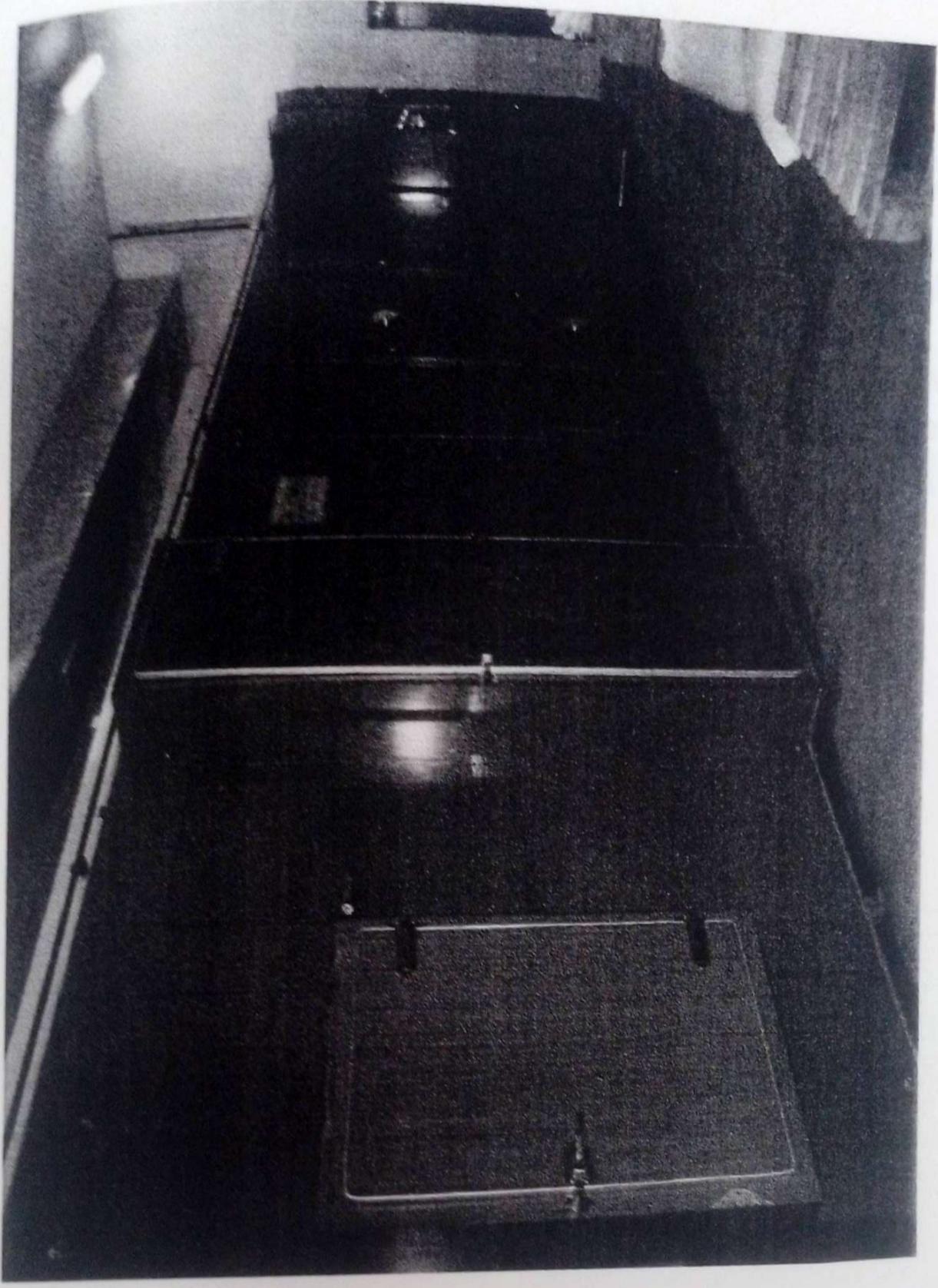
**TINA DE
DOSIFICACIÓN**

**PISTONES DE
ASPIRACIÓN Y
DOSIFICACIÓN**

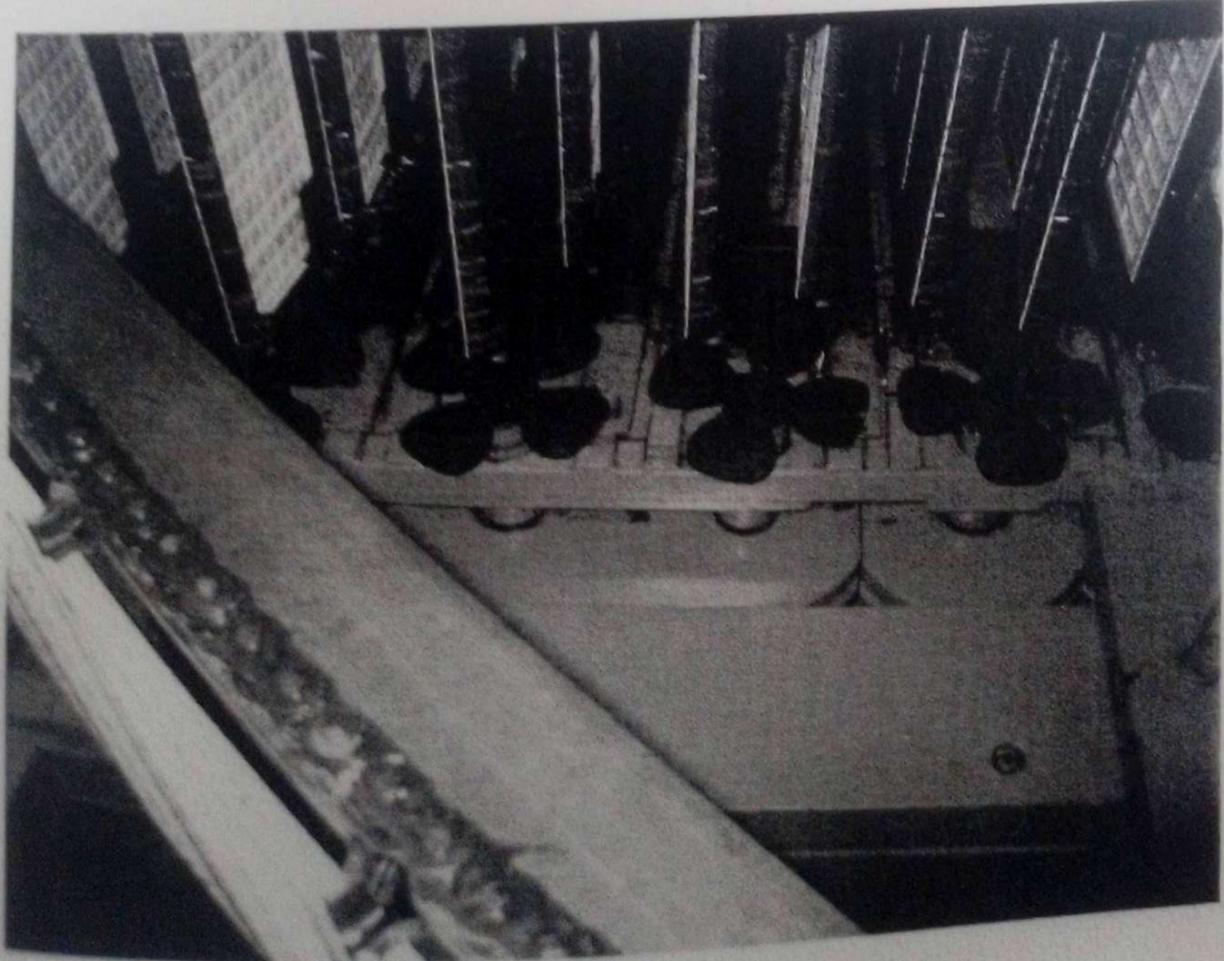
PLACA DE PURGA

APÉNDICE C

VISTA LATERAL DEL TÚNEL



INTERIOR DEL TÚNEL

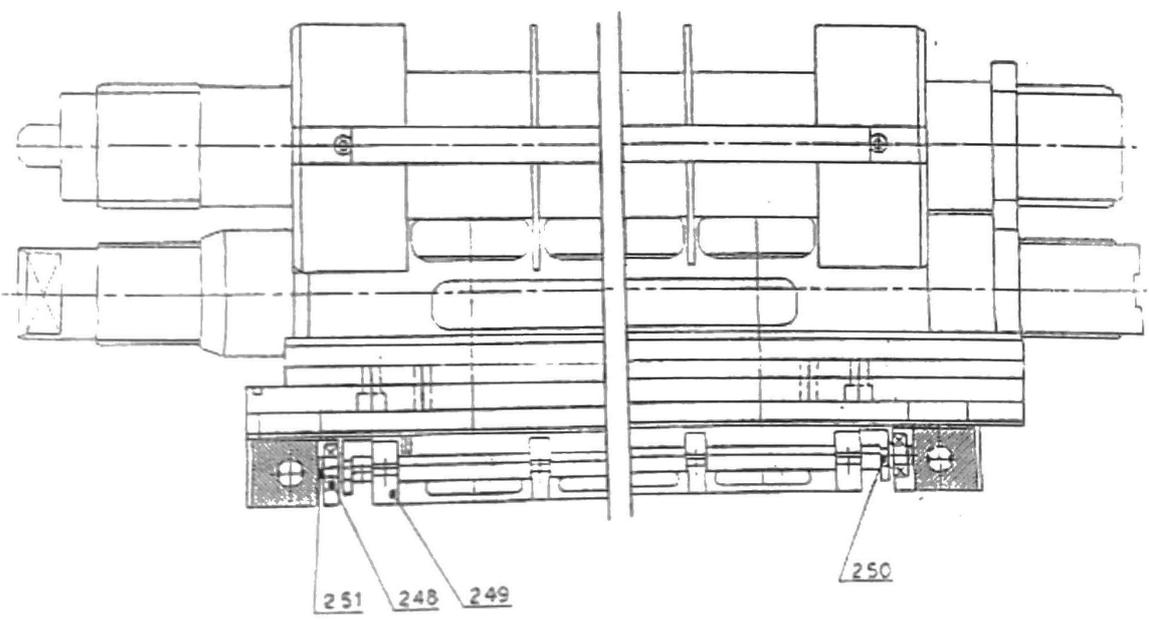
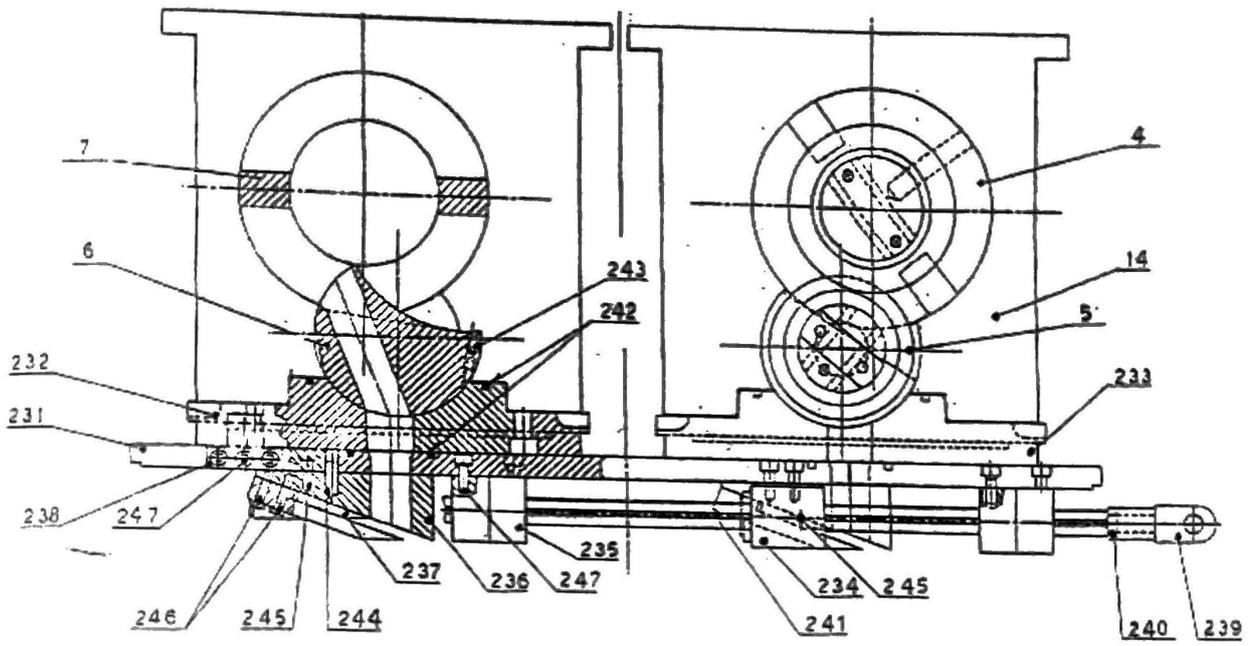




APÉNDICE D

PLANO 1. PARTES DE MOLDEADORA MLR

CARLE & MONTANARI S.p.A. - MILANO (1)



T.8419

POS.	NOTA	DESCRIPCION	N° TABLA Y N° FOTO
231		Contraplancha para dispositivo a lengua	T.8419 - T.21586C
232		Placa de fondo izquierda para dispositivo a lengua - vista volcada	T.8419 - T.21586C
233		Placa de fondo derecha para dispositivo a lengua	T.8419 - 20 T.21586C
234		Bloquecito deslizamiento hoja	T.8419 - 20
235		Grupo deslizable	T.8419 - 20
236		Boquilla	T.8419 - 20 - T.21586C
237		Hoja	T.8419 - 20
238		Bloquecito de tope	T.8419
239		Horquilla	T.8419 - 20
240		Tuerca inox M12	T.8419 - 20
241		Ensamblador KONIK	T.8419 - 20
242		Empaque redondo de gomaespuma siliconada	T.8419 - 20
243		Tornillos inox 6 x 12	T.8419
244		Clavija cilindrica 8 x 20	T.8419 - 20
245		Tornillo inox 6 x 16	T.8419 - 20
246		Tornillo inox 5 x 20	T.8419 - 20
247		Tornillo inox 6 x 20	T.8419 - 20
248		Cojinete de empuje 6001-2RS	T.8419 - 20
249		Puente de extremidad	T.8419 - 20
250		Perno porta cojinete	T.8419 - 20
251		Anillo UNI 7435 - diámetro 12	T.8419 - 20

Descripción de partes contenidas en el plano de la moldeadora MLR, en la columna de la izquierda se puede consultar los nombres de las componentes. (Obtenido del "MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE MOLDEADORA MLR" CARLE & MONTANARI

BIBLIOGRAFÍA

1. RONALD G ASKIN, CHARLES R STANDRIDGE, Modeling and Analysis of Manufacturing Systems, Primera Edición, Editorial John Wiley & Sons, INC, 1991, pp. 19-21 , 266-271
2. ST BECKET, Fabricación y utilización industrial del chocolate, Primera Edición, Editorial Acribia, 1988, pp. 33-43, 53-61, 67-92, 109-112, 137-157, 179-191
3. CARLE & MONTANARI, Manual de instrucciones para la instalación y el mantenimiento de moldeadora, 1994, pp 4a.50 , 13-14