

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

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

“Parametrización y Modelado de un Módulo de Programación de
la Producción en una Empresa de Productos Cárnicos”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Presentada por:

Evelyn Mariana Jácome Martínez

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2007

AGRADECIMIENTO

A mis padres que inculcaron siempre el esfuerzo, dedicación y entrega en todos nuestros deberes como personas responsables.

A los profesores y compañeros que fueron parte de esta etapa de mi vida y con los que seguro seguiremos contando en nuestra carrera profesional, en especial al Ing. Marcos Buestán y la empresa que me brindó su apoyo.

DEDICATORIA

A Dios, fuente de amor infinito, quien conoce y guía nuestros proyectos de vida.

A mis padres, por el apoyo brindado en todo momento, por su amor incondicional y generosidad.

A mi esposo, por su compañía, amor y entrega a nuestro proyecto de familia.

A mis hermanos, también por su cariño y respeto y finalmente a todos quienes hicieron posible este proyecto.

TRIBUNAL DE GRADUACION



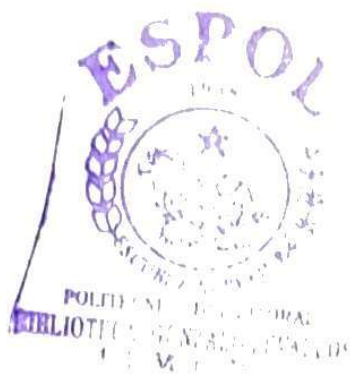
Ing. Omar Serrano V.
DELEGADO DECANO FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Marcos Buestán B.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Jorge Abad M.
VOCAL



DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Evelyn Mariana Jácome Martínez

RESUMEN

La empresa a la que nos vamos a referir en este trabajo, es una empresa mediana en su género, dedicada a la elaboración de distintos tipos de productos embutidos, curados y otros productos cárnicos principalmente de cerdo, con 25 años en el mercado y asesoría española. Su producción es consumida mayoritariamente en el mercado local, aprovechando la amplia red de distribución de las cadenas más grandes de supermercados, y otra parte mediante una flotilla propia de distribución; mientras un porcentaje pequeño es destinado para exportación a países vecinos.

Las exigencias y cambiante demanda del mercado, fueron las razones que llevaron a la empresa a actualizar su sistema de información, requiriendo que éste sea integrado y abarque sus procesos de producción que son el corazón del negocio. Con la extensa gama de productos, se hacía cada vez más difícil la administración de la planta, así como mantener una buena organización, por lo cual la empresa necesitaba una herramienta que les permita responder a tiempo a los constantes ajustes de la producción, además de controlar sus costos.

El objetivo de este proyecto es parametrizar y modelar un módulo de Planeación y Programación de la Producción, que incorpora las más recientes filosofías de producción, como la Teoría de Restricciones (TOC), para la planeación y programación de los productos cárnicos elaborados por una empresa nacional de alimentos.

Al lograr implementar una herramienta de este tipo se espera tener una base de datos confiable e interactiva, para la administración de las fórmulas de los productos, pues al estar integrada con los modelos de la programación e inventarios requerirá estar constantemente actualizada. También permitirá a

la planta una planeación de la producción más ágil y precisa, lo cual también ayuda a una reducción de costos, porque mientras más se afinen los modelos y se consideren todas las tareas que agreguen valor en la planeación, se podrá controlar mejor los tiempos evitando desperdicios. Además, se podrían modelar productos y predecir tiempos de entrega con mayor flexibilidad, lo cual bien podría traducirse en una ventaja competitiva para la empresa.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
INDICE ENERAL.....	II
SIMBOLOGIA.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IV
INDICE DE TABLAS.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	11
1.3 Objetivo general.....	13
1.3.1 Objetivos específicos.....	14
1.4 Metodología.....	15
CAPITULO 2	
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Conceptos básicos y evolución del ERP – Enterprise Resource Planning.....	17

2.2	Funcionalidad del sistema SP3 - Planeación y Programación de la Producción.....	27
2.3	Funcionalidad del simulador.....	41

CAPITULO 3

3.	INDUCCIÓN A LA EMPRESA.....	51
3.1	Distribución de la planta.....	51
3.2	Análisis de las operaciones.....	63
3.3	Árbol de inventarios.....	79

CAPITULO 4

4.	ASPECTOS RELEVANTES Y MODELADO DE PROCESOS.....	88
4.1	Metodología de la modelación.....	89
4.2	Modelado de recursos.....	98
4.3	Horarios.....	103
4.4	Tiempos de procesos.....	107
4.5	Programación de la producción.....	110

CAPITULO 5

5.	PARAMETRIZACIÓN DE PRODUCTOS.....	120
5.1	Modelado de rutas de productos.....	120
5.1.1	Modelado de producto de acuerdo a la formulación tipo 1.....	125

5.1.2 Modelado de producto de acuerdo a la formulación	
tipo 2.....	131
5.1.3 Modelado de producto de acuerdo a la formulación	
Tipo 3.....	142
5.2 Variables de ambiente.....	147

CAPITULO 6

6. MODELADO DE TIEMPOS DE PROCESOS.....	151
6.1 Parametrización de estándares.....	151
6.1.1 Tiempos de procesos.....	154
6.1.2 Tiempos de preparación.....	158
6.1.3 Tiempos de liberación.....	160

CAPITULO 7

7. PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	167
7.1 Órdenes de producción.....	167
7.2 Resultados de la programación.....	172
7.3 Explosión de materiales.....	192

CAPITULO 8

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	195
--	-----

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

SIMBOLOGÍA

CRM	Customer Relationship Management – Administración de las relaciones con los clientes
ERP	Enterprise Resource Planning - Planeador de los recursos de la empresa
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points – Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control
ICA	Instituto Colombiano de Alimentaciones
ISO	International Standard Organization – Organización de estándares internacionales
MP	Materia prima
MRP	Material Requirement Planning - Planeador de los requerimientos de materiales
MRPII	Manufacturing Resources Planning - Planificación de Recursos de Fabricación
OP	Operaciones
PP	Producto en Proceso
PT	Producto Terminado
SCM	Supply Chain Management - Administración de la cadena de suministros
SP3	Módulo o Sistema de Planeación y Programación de la Producción
TOC	Theory of Constraints - Teoría de Restricciones

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Etapas de Evolución Posterior a los Sistemas ERP.....	24
Figura 2.2	Componentes de un Sistema BI.....	27
Figura 2.3	Pantalla del Logo del SP3-Sistema de Planeación y Programación de la Producción.....	28
Figura 2.4	Diagrama de Menú de SP3.....	29
Figura 2.5	Mantenimiento de Conversión de Unidades.....	31
Figura 2.6	Diagrama de la Ingeniería de Productos.....	32
Figura 2.7	Pantalla de Mantenimiento de Recursos.....	33
Figura 2.8	Pantalla Estructura Jerárquica de los Recursos.....	34
Figura 2.9	Pantalla Clases de Recursos.....	35
Figura 2.10	Pantalla Desglose de Jornadas.....	36
Figura 2.11	Pantalla Asignación de Tiempos Excepcionales a Recursos....	37
Figura 2.12	Diagrama de cómo SP3 calcula el horario efectivo de un Recurso dado un día específico y un conjunto de desgloses...	38
Figura 2.13	Diagrama de la relación del Sistema SP3 con otras áreas de la Empresa.....	40
Figura 2.14	Pantalla que corresponde al Simulador.....	41
Figura 2.15	Menú Interfaz con el Simulador.....	42
Figura 2.16	Pantalla del Proceso Convertir Datos para el Simulador.....	43
Figura 2.17	Pantalla del Proceso Recibir Programa de Producción del Simulador.....	44
Figura 2.18	Diagrama de Flujo de los pasos de la Teoría de las Restricciones, TOC (Goldratt).....	46
Figura 2.19	Pantalla Borrado órdenes del Programa No realizadas.....	50
Figura 3.1	Diagrama de las secciones de Secciones de la Planta de Elaborados Cárnicos.....	52
Figura 3.2	Flujo de la línea de mortadelas para la variedad pastel jamón..	65
Figura 3.3	Flujo de la línea de mortadela común.....	66
Figura 3.4	Flujo para la línea de salchichas en Planta.....	67
Figura 3.5	Flujo de la línea de Patés en la Planta.....	68
Figura 3.6	Flujo del proceso corto para proceso corto para la línea de curados.....	69
Figura 3.7	Flujo del Proceso largo para la línea de Curados.....	71
Figura 3.8	Flujo de la Línea de frescos para el producto de Hamburguesa.....	72
Figura 3.9	Flujo de la Línea de Frescos para el producto de Albóndigas...	73
Figura 3.10	Flujo de la Línea de Frescos para el producto morcilla.....	74
Figura 3.11	Flujo de la Línea de Inyectados para piezas.....	76
Figura 3.12	Flujo de la Línea de Inyectados, Jamón Americano.....	77
Figura 3.13	Flujo de la Línea de Inyectados, Jamón Virginia.....	78
Figura 3.14	Flujo de la Línea de Inyectados, Jamón Visking.....	79

Figura 3.15	Esquema del Árbol de Inventario de Producto Terminado.....	82
Figura 3.16	Árbol de la Clasificación del Inventario de Carne.....	84
Figura 3.17	Árbol de la Clasificación del Inventario de Producción.....	86
Figura 4.1	Diagrama de los enlaces de producto, fórmulas y operaciones con los que opera el sistema para determinar la ruta del producto.....	91
Figura 4.2	Muestreo para obtener la merma de enfriamiento del Paté de Champiñones.....	97
Figura 4.3	Diagrama del concepto de merma en las relaciones de producto en proceso.....	98
Figura 4.4	Diagrama explicativo de la aplicación de recursos en el Programa de Ordenes de Producción.....	102
Figura 4.5	Diagrama de Planeación con la Aplicación del Concepto de Horarios y Tiempos efectivos de los recursos.....	104
Figura 4.6	Diagrama de la Aplicación de Tiempos de Procesos.....	110
Figura 4.7	Diagrama de Parámetros del Sistema para correr el Simulador.....	112
Figura 4.8	Pantalla de Mensajes de Carga de Productos, horarios, Recursos.....	113
Figura 4.9	Declaración de clases de Recursos como restricción.....	114
Figura 4.10	Simulación de los Recursos declarados como restricción.....	116
Figura 4.11	Pantalla de Simulador de Ordenes y Programa de Producción.....	117
Figura 5.1	Formato de Plantilla de Flujos de Procesos.....	120
Figura 5.2	Tipos de Fórmulas según el Sistema de Pedidos.....	123
Figura 5.3	Modelado de Pernil al Horno (Inyectado).....	126
Figura 5.4	Explosión con solicitud de pedido de una Fórmula Tipo 1.....	127
Figura 5.5	Relación de PP con merma.....	129
Figura 5.6	Relación de PP con porcentaje de incremento de masa.....	130
Figura 5.7	Modelado de Jamón Virginia (Inyectado), con Fórmula Tipo 2.....	132
Figura 5.8	Fórmula de un con tipo 2, considerando Mermas.....	133
Figura 5.9	Ejemplo del Cálculo de PP con una fórmula Tipo 2.....	134
Figura 5.10	Operación Intermedia de una Fórmula con Tipo 2.....	136
Figura 5.11	Modelado del Paté de Champiñones (Tipo 2).....	139
Figura 5.12	Pantalla de Parametrización de Insumos por Operaciones.....	141
Figura 5.13	Modelado de una Mortadela Especial Dados.....	142
Figura 5.14	Botón de Visualización de las Variables de Ambiente.....	149
Figura 6.1	Pantalla de Parametrización de los Tiempos de Procesos.....	152
Figura 6.2	Tiempo de preparación Parametrizado de manera conjunta o por separado del tiempo de proceso.....	158
Figura 6.3	Diferencias de considerar el tiempo de preparación Parametrizado por separado del tiempo de proceso.....	164
Figura 7.1	Pantalla de Solicitud de Pedido.....	168

Figura 7.2	Mensaje Carga de Datos del Simulador.....	171
Figura 7.3	Menú de los pasos para la Simulación.....	172
Figura 7.4	Pantalla de la Programación de Ordenes.....	173
Figura 7.5	Opción de Búsqueda por Ordenes.....	174
Figura 7.6	Programa con opción mostrar horarios.....	175
Figura 7.7	Programa con tiempo disponible menor al requerido.....	177
Figura 7.8	Programa con proyección en una orden.....	178
Figura 7.9	Detalle del seguimiento de una orden.....	179
Figura 7.10	Ventana propiedades de la orden.....	180
Figura 7.11	Ventana resumen de operación con sus elementos.....	181
Figura 7.12	Extracto del Reporte de Operaciones del Simulador.....	183
Figura 7.13	Seguimiento del Programa de la Orden de Jamón York Natural.....	186
Figura 7.14	Reporte de Recursos usados y tiempos de la orden 1703.....	188
Figura 7.15	Ventana de Ordenes a considerar en la planeación.....	191
Figura 7.16	Ventana de la Opción Orden Nueva.....	192
Figura 7.17	Pantalla de Resumen Orden (Seguimiento) con Resumen Operación (Materiales) y su Fórmula.....	193
Figura 7.18	Reporte de Insumos del Simulador.....	194

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Secuencia de Operaciones para el Paté de Champiñones PN0102.....	92
Tabla 2	Estructura y Recursos definidos para la Planta.....	100
Tabla 3	Estructura de la Familia de Jornadas de la Empresa.....	106
Tabla 4	Subdivisión de la Jornada en varios desgloses.....	107
Tabla 5	Funciones aceptadas por la Base de Datos para formular las Expresiones Transformadoras.....	137
Tabla 6	Insumos de las Operaciones para el Paté de Champiñones.....	138
Tabla 7	Lista de MP para la parada de Mortadela Especial Dados.....	143
Tabla 8	Insumos de las operaciones para Mortadela Especial Dados.....	144
Tabla 9	Clases de Recursos para la Línea de Salchichas.....	153
Tabla 10	Clases de Recursos para la Línea de Inyectados.....	154
Tabla 11	Lista de pedido ú órdenes a programar.....	170
Tabla 12	Comparación órdenes reprogramadas del programa.....	184
Tabla 13	Configuración de Tiempos para productos Jamón York Natural (IN0122).....	187
Tabla 14	Comparación entre los tiempos resultantes de la explosión del Simulador y los obtenidos por los estándares establecidos Manualmente.....	188

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

1. E-VOLUTIONSOFT, Manuales del Consultor, revisión 2000.
2. ELIYAHU GOLDRATT – JEFF COX, La Meta: Un Proceso de Mejora Continua, editorial North River Press, 1992
3. MENDENHALL SINICICH, Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias, Cuarta edición, editorial Prentice HallLUIS CUATRECASAS,
4. Gestión Competitiva de Stocks y Procesos de Producción, Ediciones Gestión 2000, Barcelona 2003.
5. HARREL – GOSH – BOWDEN, Simulation, Segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill.
6. WALLACE J. HOPP – MARK L. SPEARMAN, Factory Physics, Segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill, 2000.
7. <http://www.albaspectrum.com/International/Microsoft/SPA/MicrosoftAxaptaERP.htm>
8. <http://www.pc-news.com/detalle.asp?sid=&id=10&Ida=1692>
9. <http://www.multimedios106.com/home/contenidos.php?id=127&identificaarticulo=8602>
10. www.e-volutionsoft.com

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente trabajo es dar a conocer el proceso de modelado de productos en un sistema de planeación y programación de la producción, señalando todos y cada uno de los elementos que intervienen en el proceso productivo de esta empresa.

Este documento está compuesto por ocho capítulos que se pueden dividir en tres partes principales: la presente sección introductoria, que incluye hasta el primer capítulo; los siguientes tres capítulos de contenido teórico, de la empresa y del sistema; y, la última parte en que se desarrollan la parametrización y el modelado de los productos terminados.

En el primer capítulo se describe, entre otros, el objetivo principal de la tesis, los objetivos específicos y su metodología de desarrollo.

Cada uno de los siguientes tres capítulos están dedicados a explicar los fundamentos teóricos del tema presentado, con la respectiva inducción a los procesos de la empresa y la introducción a los fundamentos principales del sistema SP3 a parametrizar.

En los últimos capítulos se demuestra como se realiza el parametrizado de los productos, por medio del modelado de procesos, insumos y tiempos, en

base a estos resultados se desarrollará una Simulación de órdenes de producción, a través de una aplicación informática basada en la filosofía de la teoría de las restricciones.

Con la ayuda de este documento se aspira contribuir a la comprensión de la aplicación de la tecnología de información en la Planeación y Programación de la Producción, orientada a colaborar en los procesos de toma de decisiones por parte de los administradores de la producción.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La Empresa objeto del proyecto que vamos a desarrollar, a la que de aquí en adelante mencionaremos como “LA EMPRESA” es una industria del sector cárnico, específicamente elaborados cárnicos de cerdo como son los embutidos, curados, algunos cortes ahumados y otros productos derivados.

En Julio de 1982, un grupo de empresarios visionarios formaron esta empresa y entraron al mercado ecuatoriano ofreciendo productos diferentes, sanos y apetecidos, basados en fórmulas y componentes de origen español pero adaptados al gusto del mercado nacional. Así empieza a tomar forma un sueño de quien fuera unos de sus fundadores, el español, Sr. José Viniegra, quien inicialmente había incursionado en la labor estableciendo una industria familiar

encargándose personalmente de todo el proceso y aplicando toda su experiencia en los productos.

Muy comprometida con la calidad que no solo ha sido parte de su slogan durante todos sus 25 años de trayectoria, sino que también ha sido parte de su filosofía y mensaje continuamente transmitido a sus trabajadores. Durante sus primeros años, con el fin de mantener sus estándares de calidad realizó varios acuerdos con productores independientes para a través de asesorías permanentes, para hacer que produzcan cerdos sanos, bien alimentados y de buena carne, sin embargo, al ver que éstos esfuerzos no garantizaban los intereses ni la calidad que perseguían, seis años más tarde se hizo realidad el proyecto de tener una granja porcina propia, la cual está localizada en el sector de Laigua, a unos 7 Kilómetros de Latacunga, en la provincia de Cotopaxi, y a tan solo 11 Km de la Planta procesadora. Sin embargo, también se complementa con las operaciones de la Oficina Central, que opera desde la ciudad de Quito, donde se maneja toda el área administrativa-financiera, de Ventas, incluyendo las operaciones de Distribución, y a solo una distancia aproximada de 2,5 horas.

Así empezó a importar cerdos de raza de varios países como Estados Unidos, Chile y Perú, actividad que sigue haciendo cada 3 años con la finalidad de renovar la sangre. Posteriormente la empresa empezó a

desarrollar su propia línea de cerdos. Higiene, tecnología y sanidad, son en resumen lo que el visitante puede encontrar en la Granja Porcina de la empresa, uno de sus mayores logros y fortalezas. Básicamente la granja debe reproducir y criar cerdos que representen productividad pero a la vez que ofrezcan carne de buena calidad, es decir magra y en estado sanitario. Ahí se crían alrededor de 10000 cerdos que son supervisados por especialistas, la reproducción se consigue mediante inseminación artificial hace 15 años, siendo una de las granjas pioneras en implantar y difundir esta técnica a todo el país.

A continuación viendo la necesidad de tener animales bien alimentados la empresa montó una fábrica de balanceados propia, en el año de 1989, en un sector de la granja adecuado para ésta y un año más tarde se instaló su propio camal para tener las garantías de higiene en el faenamiento. La planta de balanceados tiene una capacidad de hasta 1000 toneladas y en promedio al día producen 456 sacos de 40 kilos cada uno, abasteciendo así a la granja y a quienes compran sus pies de crías, pero también piensas expandir sus producción e ir incrementando poco a poco la venta en el mercado el alimento con sus fórmulas de balanceado. Los cerdos entonces se crían con alimento especial y antes de su faenamiento tienen la edad ideal para ofrecer una carne saludable, es decir no pasan de los 160 días de nacidos, con un peso promedio de 95 kilos.

El camal frigorífico que se implementó dentro de la planta es el primer paso del procesamiento, y fue diseñado y construido con el asesoramiento técnico alemán Sigfrit Muller, asesor de la OEA y de la GTZ. Este lugar está dotado de tecnología y limpieza que exigen las normas de higiene internacionales para el faenamiento correcto de los cerdos. El veterinario controla cada uno de sus procesos al 100%, además expertos laboratoristas realizan a cada animal el examen en el triquinoscopio.

La calidad de los productos de la empresa ha trascendido del Ecuador, y ya en 1993 empezaron los esfuerzos por incursionar en el mercado colombiano, y actualmente continúan las exportaciones a este mercado completamente fortalecido, puesto que sus productos se expenden en 28 ciudades del país vecino, también iniciaron la comercialización con Perú. Y así continúan en su preparación para conquistar nuevos mercados externos y una prueba de ello es el haber trabajado y logrado la certificación de sus Sistema de Gestión de Calidad bajo la norma ISO 9002.

Producto de los avances tecnológicos y de comercialización de la empresa se sintió la necesidad de una primera ampliación a la planta procesadora, y en 1994 se duplicó el espacio y la cantidad de producción. La planta ubicada también en la Panamericana Sur de la

ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, estratégicamente ubicada para la obtención de su principal materia prima, los cerdos de raza y libre de todo tipo de patología. Ahí se produce la extensa gama de 90 productos y unas 300 presentaciones diferentes de embutidos los cuales posteriormente son enviados a todos sus canales de distribución del país entero, para lo que es trascendental su presencia en las grandes cadenas de supermercados, pero también en segmentos más pequeños.

La búsqueda y oferta de nuevos productos para cubrir los requerimientos de los clientes y el mantener una adecuada cadena de frío en todas las etapas de producción, almacenamiento y comercialización de los productos, tan necesaria para su conservación, son aspectos primordiales para lograr la cobertura actual y el crecimiento permanente.

La fábrica tiene especial cuidado en las materias primas que utiliza, así los aditivos que son de calidad USP, lo cual garantiza la idoneidad de los productos para el consumo alimentario, y las especie naturales que se consumen en el proceso son adquiridas en grano para garantizar la pureza necesaria en la elaboración de los productos.

Los equipos utilizados son de acero inoxidable en toda la planta, aptos para estar en contacto con los alimentos, y han sido verificados por

inspectores de ICA –Instituto Colombiano de Alimentaciones. El personal de la planta es completamente sano, se les lleva un control y chequeo obligatorio semestralmente y todos portan un carné que los mantiene acreditados como aptos para manipular alimentos. Se controla con precaución la limpieza e higiene de la fábrica para que no exista ningún agente contaminante en los equipos y mesas, en los instrumentos de trabajo, pisos y paredes. Los jabones y desinfectantes que se utilizan en la planta son biodegradables y no dejan residuos. La planta tiene técnicos capacitados en el país y en el exterior, también permanentemente se realizan seminarios sobre salud e higiene en el trabajo, seguridad industrial y diferentes temas de educación y cultura. Además los materiales que se utilizan en el proceso de empaque de los productos cárnicos, que son importados de Alemania, EEUU, Japón, México y Venezuela, cumplen todos los requisitos exigidos por los organismos internacionales.

Para la empresa la idea de implantar un sistema de calidad comenzó aproximadamente en el año 99, pero el programa se suspendió ya que el país atravesaba una dura y complicada situación. Luego en enero del año 2001, cuando la economía ecuatoriana estaba más estable, los encargados de este proceso retomaron nuevamente el trabajo, para lo cual se empezó a incentivar y educar a los trabajadores sobre lo que es un sistema de calidad, ya que ellos fueron los protagonistas

de ese logro. Pese a la dedicación y constancia que exigía esta labor, no fue complicado, una de sus principales fortalezas es indiscutiblemente su personal, el cual vive el compromiso continuo de trabajar con los estándares de calidad. Alrededor de 300 personas laboran diariamente realizando productos que satisfacen a cada paladar ecuatoriano; algunas de ellas son trabajadoras que se han desarrollado humana y profesionalmente desde el inicio de la empresa.

El siguiente paso fue implantar el sistema como tal, que se resume en un conjunto de medidas y técnicas de sistematización para lograr la sanidad económica y la calidad de los productos. La acreditación exigió mucha disciplina, la cual contenía 20 puntos esenciales que incluyen los requisitos de control sobre varias áreas.

Con la norma ISO 9002 lo que se logró fue reglamentar todo proceso productivo de sus tres áreas: planta de balanceados, granja porcina y proceso de fabricación y comercialización, consiguiendo ofrecer al consumidor productos garantizados por una cadena de calidad. Así mismo, la empresa, se convirtió en la primera empresa ecuatoriana de alimentos que logra certificar tres sistemas en una sola auditoria. Para la versión 2000 de la norma, ya fueron integrados la parte administrativa y los distribuidores.

Producto de dicho crecimiento empezaron también a desear otras mejoras en el campo de sus sistemas informáticos, pues sentían la necesidad de enfrentar los nuevos retos con una retroalimentación a tiempo e integrada, que les diera la suficiente capacidad de análisis no solo de los procesos contables y comerciales sino también en el área productiva que es el corazón del negocio. Es así como el Gerente General, Sr. Omar Olivas, conjuntamente con el Gerente de Sistemas, luego de varios meses de búsqueda, terminaron con la contratación del software e-volution Manufacturing y NAF Núcleo Administrativo Financiero, ambos de empresas costarricenses expertas en su área: ArtInSoft en el área de manufactura y CODISA en el área contable, pero finalmente afiliadas e integradas en sus soluciones para evolucionar también como un ERP¹ sólido.

Entre los proyectos a corto plazo está conseguir otras certificaciones de calidad como la HACCP.

¹ ERP, Enterprise Resource Planning (Planeador de los recursos de la empresa).

1.2 Planteamiento del Problema

Los directivos y gerentes de las empresas de manufactura se enfrentan hoy a un mercado cambiante y a una competencia más fiera que nunca. No es suficiente ofrecer un producto de alta calidad y un excelente servicio al cliente; las exigencias del mercado demandan rapidez, flexibilidad en cuanto al servicio externo y una mayor precisión en todo el proceso de producción y distribución.

Es en este contexto donde las aplicaciones ERP intentan resolver los problemas de integración y optimización de la empresa a través de un paquete de módulos, cuyas aplicaciones contemplan la administración para una manufactura sincronizada: el mejor complemento en cualquier estrategia de supply chain management (SCM)².

Como consecuencia del progreso tecnológico de la empresa y de comercialización, la empresa sintió la necesidad de mejorar en el área informática. Ya que es muy duro mantener una buena organización en la parte productiva si se cuenta con una gama tan extensa de productos, como los tiene la empresa, y lo cual hacía cada vez más difícil hacer cálculos manuales o meramente basados en la experiencia para desarrollar los planes de Producción que les permitan

² SCM, Supply Chain Management (Administración de la Cadena de Suministros).

satisfacer las necesidades, se volvía además más difícil producir a tiempo, esto disminuía las expectativas del crecimiento por volumen de producción aún cuando estaba asegurada la Calidad.

Por lo tanto necesitaban implementar herramientas modernas que permitan seguir compitiendo en el futuro y seguir ofreciendo una excelente calidad, con un mejor manejo de inventarios y producción completamente integrados. Además de automatizar más la producción por medio de reportes y planes más confiables que les permitan responder a tiempo a los constantes ajustes a los programas de producción y el conocimiento exacto de los costos de producción que solo los conocían contablemente al final del mes o cierre del periodo.

Es así como el Gerente General, Sr. Omar Olivas, conjuntamente con el Gerente de Sistemas, impulsó un proyecto para adquirir un sistema de información que les diera una gran ventaja en el mercado y que se pudiera traducir en beneficio económico y agilización de sus procesos. Buscaban a través de este sistema de información poder administrar sus fórmulas, productos y procesos y los costos asociados a éstos contando con un programa de automatización. La tecnología de información es la principal herramienta con la cual, el gerente moderno fundamenta mejor la toma de decisiones.

Con base en la revisión de estas necesidades y de los recursos, se evaluaron varios tipos de software y E-volution Manufacturing fue la solución que se adaptó a la empresa porque algunos tipos de software eran muy pequeños y los de clase mundial presentaban una implementación traumática por su alto grado de sofisticación. Además se hizo los comparativos de costos y calidad de las soluciones presentadas y hallaron en este sistema un producto novedoso y profesional que permitía realizar sus controles requeridos. Es importante recalcar que la opción de adquirirlo es una opción de un equipo de trabajo donde intervinieron todo el grupo gerencial de la empresa, de esta manera no solo se alcanzan soluciones exactas sino también un compromiso conjunto y coordinado de la empresa.

1.3 Objetivo General

Parametrizar y modelar un módulo de Planeación y Programación de la Producción, que incorpora las más recientes filosofías de producción, como la Teoría de Restricciones (TOC), para la planeación y programación de los productos cárnicos elaborados por una empresa nacional de alimentos.

1.3.1 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar la correspondiente inducción de los procesos de la empresa para conocer sus secciones, líneas y clasificación de productos, así como comprender sus términos.
- ✓ Identificar aspectos relevantes del proceso y de la organización a ser considerados como parte del desarrollo de los modelos. Determinando así qué tipo de información de los productos y procesos existe y/o cuál deberá empezar a recolectarse.
- ✓ Determinar los diferentes patrones de productos a modelar y establecer las consideraciones generales del modelado, que permitan de alguna manera conseguir los mejores resultados para la simulación de las órdenes y productos, así como para la parametrización de los modelos en la herramienta.
- ✓ Parametrizar y configurar los Modelos en el Sistema de Planeación y Programación de la Producción SP3 del sistema E-volution Manufacturing y simular las ordenes de producción para descubrir las ventajas de la herramienta y cambios del proceso de planeación y programación.

1.4 Metodología

Para alcanzar los objetivos del presente trabajo se seguirá un procedimiento organizado que incluirá las siguientes etapas:

Primero se realizará una inducción de la empresa, se identificarán los aspectos relevantes de sus procesos, se modelarán los flujos de los productos y finalmente se parametrizará y probará los resultados en el simulador del sistema E-volution Manufacturing.

Inducción a la empresa

La tarea de inducción a la empresa consiste en conocer su proceso de producción, para lo cual se recorrerá la planta para identificar sus secciones, líneas de procesos con sus operaciones y puestos de trabajo, ver sus productos y aprender la terminología especializada que manejen. Se conocerá y entrevistará a los Supervisores de líneas o áreas.

Identificación de aspectos relevantes.

Para conocer los aspectos más sobresalientes de la planta se hará el seguimiento en planta de los productos, revisando la documentación o registros de producción que utilicen, se revisará además sus documentación de procesos ISO cuando sea necesario. Se hará la

identificación de productos tipo por línea y finalmente entrevistas a los responsables de la realización y ajustes al plan de producción.

Modelamiento de los flujos de productos.

Se diagramará los flujos de procesos de los productos, se determinará los insumos de las operaciones respectivas y su fórmula de asignación de materiales a las operaciones, también se determinará los tiempos por operaciones y finalmente se establecerá la codificación para las operaciones y fórmulas de productos en el sistema.

Parametrización y simulación en el sistema

La parametrización consiste en ingresar todas las configuraciones de los modelos de los productos tipo en el Sistema de Planeación y Programación de la Producción SP3, siguiendo su esquema de carga y probar luego con el simulador los modelos programados. Finalmente se pueden probar varios modelos para obtener un resultado similar a un programa de producción real de la planta.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos Básicos y Evolución del ERP - Enterprise Resource Planning

Los sistemas ERP son sistemas inteligentes que ayudan a la toma de decisiones en los niveles directivos de las empresas, porque integran la información de varias áreas de una compañía, como son: producción, contabilidad, finanzas, ventas, compras, entre otros, permitiendo mantener una mejor organización de los datos actuales y futuros de diferentes procesos del negocio y por tanto pronosticarlos.

Para comprender su desarrollo debemos señalar que su origen data de los años 70, cuando conforme los sistemas contables y financieros dejaron de ser el centro de atención de todos los desarrolladores de software, aparecen en el mercado unos sistemas más complejos y

especializados para la empresa, denominados MRP (Material Requirement Planning), los cuales tenían por objeto planificar todos los requerimientos de materia prima dentro de las organizaciones de manufactura. Ejemplo de ello resulta el software “Mapics”, que fue uno de los primeros MRP, desarrollado por IBM.

El fundamento de los MRP se usó casi por 10 años y la dependencia con ese fundamento fue muy fuerte a través del tiempo. Ciertamente se dieron algunas mejoras en la estructura de MRP a través de los años: el tiempo de respuesta un poco más rápido y aspectos como programas maestros de planificación de órdenes en firme.

Siempre se reconoció abiertamente algunos defectos fundamentales de los MRP, a continuación anotamos los más criticados por la propia naturaleza de los sistemas MRP y sus desarrollos iniciales:

- MRP asume su planeación con una capacidad infinita. El MRP señala que no hay problema, aún si se tiene un requerimiento de 1000 hrs. para un recurso que en realidad solo tiene 500 hrs. de disponibilidad, además para el MRP las horas del recurso estarán siempre disponibles porque el programa de producción maestro así lo establece. También asume que los materiales requeridos estarán disponibles y almacenados antes de la fecha solo para ser recogidos y utilizados.

- MRP utiliza programación hacia atrás. El proceso de programación nace desde el envío de los primeros materiales requeridos, que no necesariamente están en inventario y necesitan ser comprados o elaborados. MRP no tiene la capacidad para cargar centros de trabajo dinámicamente, consecuentemente, la mayoría de los casos el usuario usaba el promedio simple, promedio ponderado o en el peor de los casos, tiempos de liberación, los cuales pueden o no ser lo mas apropiados. MRP podía incluso indicar que necesitaba comenzar algunas operaciones con anterioridad a la fecha actual, basado en tiempos de liberación ajustados, lo que es imposible en la realidad.
- MRP ajusta los tamaños de lotes. En relación a este ajuste se aproximan las cantidades planeadas de las órdenes de trabajo según batch, produciendo generalmente algo más de lo necesario para completar el lote, lo que genera desperdicio e inventario innecesario. Concepto que contrasta con las filosofías modernas de “cero inventario” o con la filosofía de TOC, que señala que el inventario no vendido disminuye la velocidad de la planta para producir dinero.

- Los cálculos que requería un sistema MRP para planificar órdenes de compra y producción, eran muy simples, pero habían de reproducirse para una gran cantidad de datos.
- Los sistemas MRP estaban concebidos para su uso mediante un soporte informático, adoptando la utilización de bases de datos compartidas. Los aspectos clave de un sistema MRP estaban relacionados con las limitaciones y posibilidades de este tipo de soporte.
- Los sistemas MRP habían sido desarrollados mediante diferentes formas de estructura modular. Este carácter modular se refería tanto a la realización de procesos, como al software que respaldaba el funcionamiento de estos sistemas.

Para contrastar la disponibilidad de recursos necesarios para la ejecución de las órdenes de producción planificadas aparece en la década de los 80 el MRP II. Incorporando así una nueva interpretación a las siglas MRP, “Material Requirement Planning”, por un concepto más amplio con la connotación de “Manufacturing Resources Planning” o sistemas de Planificación de Recursos de Fabricación, por lo que incorpora el cálculo de capacidades para fabricar y consumir, es por esto por lo que en ocasiones también fue referido como MRP con capacidad finita.

En el MRP II se introduce un módulo de centros de trabajo donde se define la disponibilidad de recursos para el sistema. Se introduce también el concepto de rutas, donde se establece en qué centros de trabajo y qué intensidad de uso requiere cada artículo para su fabricación, determinando así el consumo esperado de los recursos por las órdenes de producción planificadas. Mediante la planificación de las necesidades de capacidad se realiza la comparación entre la capacidad disponible de cada centro de trabajo y la carga resultante del conjunto de órdenes de producción planificadas para un período determinado.

Otro proceso característico empieza a darse en la década de los 90, cuando los directivos y gerentes de empresas enfrentaron una serie de exigencias en relación a una competencia voraz, acompañada de un mercado cambiante, cuyos cambios exigían rapidez, flexibilidad y una mayor precisión en todo el proceso de producción y distribución. En este contexto aparecen las denominadas aplicaciones ERP, intentando resolver los problemas de integración y optimización de la empresa a través de un paquete de módulos.

Una etapa importante de la evolución de los sistemas ERP fue la incorporación de la Teoría de Restricciones (Ver capítulo 2.3). La sincronización del ERP se refiere a un conjunto de principios, procedimientos y técnicas donde cada acción es evaluada en términos del

objetivo global del sistema. Paralelamente a este tipo de sistema ERP, se incorpora el SCM (Supply Chain Management)³ que ofrece una base para sincronizar y optimizar los elementos clave en el proceso de manufactura y distribución, así como para comprender la fluctuación de la demanda y administrar la producción, almacenamiento y logística.

Actualmente los ERP incorporan además múltiples funciones por medio de aplicaciones como: recursos humanos, automatización de ventas, compras, mantenimiento de planta, diseño de productos, control de agentes, etc. Aún así, el corazón de un sistema ERP sigue siendo el módulo de administración de la producción.

La selección de un sistema ERP se basa en las necesidades y situación particular de cada empresa. El costo de un paquete ERP también varía dependiendo de los tipos de software y el tamaño de la compañía y puede costar desde unos cuantos miles de dólares hasta varios millones. En ciertos ámbitos, se considera a las soluciones ERP como un proceso complejo, caro y difícil de instalar, pero esto es debido a la diversa oferta de aplicaciones, cuando no hay suficiente información y análisis en el proceso de mercadeo. Sin embargo, cuando la empresa ha seleccionado bien en base a sus necesidades la implantación es un proceso evolutivo natural.

³ SCM – Supply Chain Management o Gestión de la cadena de Suministro es el término para describir las soluciones que integran un conjunto de procesos de producción y logística cuyo objetivo final es la entrega de producto a un cliente.

Los principales vendedores a nivel mundial de ERP en orden de ingresos son: SAP, Oracle, Peoplesoft, JD. Edwards y la corporación Baan. Además de otras compañías más pequeñas pero que con gran estrategia crecieron aceleradamente gracias a convertirse en verdaderos aliados de sus clientes.

Estudios indican que se vive el final del dominio del ERP. El último año de su dominio en el mercado de aplicaciones empresariales, fue en 1999 como efecto de las sobreinversiones por las especulaciones del cambio de dígitos “Y2K” del año 2000. En el año 2002, ocurre una clara recuperación del ERP debido al surgimiento de productos enfocados al mercado mediano, tales como los de SSA, Solomon (Microsoft Business Solutions), Exactus, Epicor, Dynaware, Kepler, QAD e Intelesys, y el lanzamiento de productos de Oracle y SAP orientados a empresas medianas. Pero en el 2003, de nuevo retorna a crecimientos negativos de -2% ó -3%.

Sin embargo de la culminación del ciclo de vida, dentro de este proceso de evolución se puede decir que los sistemas ERP constituyen la base del desarrollo de los sistemas especializados de gestión que se dieron después, tal como se muestra en la Figura 2.1.

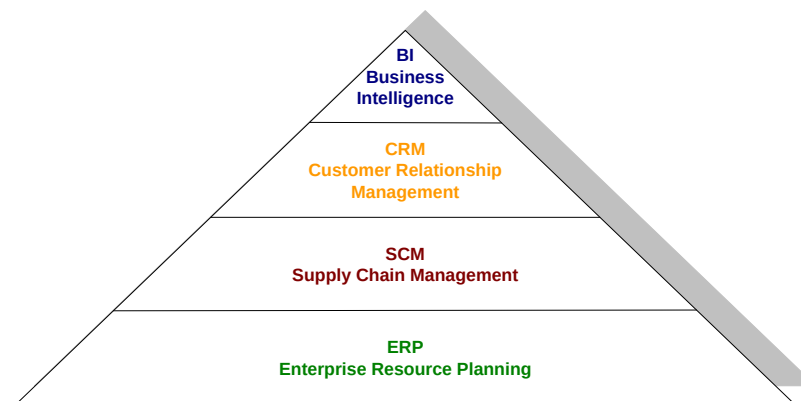


FIGURA 2.1 ETAPAS DE EVOLUCIÓN POSTERIOR A LOS SISTEMAS ERP.

SCM - Supply Chain Management

La Gestión de la Cadena de Suministro agrupa el conjunto de procesos de producción y logística cuyo objetivo final es la entrega de un producto a un cliente. Esto quiere decir, que incluye las actividades asociadas desde la obtención de materiales para la transformación del producto, hasta su colocación en el mercado.

SCM actualmente incorpora los conceptos de comercio electrónico y tecnologías Web, sin embargo, esta solución no deja de tener sus problemas relacionados con la concepción y universalización de éstos mercados electrónicos. No obstante, una compañía puede utilizar una solución SCM para alcanzar una ventaja competitiva y mejorar su margen de beneficio, pues al obtener una mayor visibilidad en la totalidad de la

cadena de suministro pueden reducir los gastos, mejorar la eficiencia operacional y responder mejor a las fluctuaciones de la demanda.

CRM - Customer Relationship Management

CRM es una herramienta que contempla globalmente la relación Organización-Cliente permitiendo planificar las gestiones de marketing y comerciales con clientes. Este tipo de soluciones permitió aprovechar los sistemas y bases de datos ya existentes, en definitiva mejorar las relaciones con los clientes, empleados y colaboradores.

Las soluciones CRM fueron una propuesta a la necesidad por parte de las organizaciones de acceder y compartir fácilmente toda la información crítica empresarial, con el fin de desarrollar informes de producción y sistemas de análisis que hagan aumentar el negocio y de ofrecer a sus clientes la información que necesitan en el momento oportuno.

Igualmente las soluciones CRM con tecnología Web, logran crear un sistema de análisis de la estrategia comercial que profundiza en los datos de cliente y que ayuda a mantener una posición más competitiva en el mercado.

A pesar de las importantes oportunidades "teóricas" que ofrecen los

sistemas CRM, estudios demuestran que el 55 al 75 % de los proyectos de implantación de CRM no alcanzan sus objetivos debido a los cambios organizacionales y la inercia al cambio de políticas de las empresas.

BI - Business Intelligence

Después de los ERP y CRM los proveedores de software apuntan ahora a las herramientas de BI con el objeto de dar sentido a un mar de datos e información, integrándolos a través de indicadores clave de rendimiento y planificación que los conviertan en estratégicos para la toma real de decisiones.

Si bien con los sistemas operacionales corporativos como los ERP o CRM, la idea era acumular datos en una misma base integrada, ahora el BI o Inteligencia del Negocio, es la siguiente etapa pues busca darle un sentido de negocio a toda esa información.

Los sistemas actuales de BI están contruidos en una moderna infraestructura, que consisten de una arquitectura modular. En la figura 2.2 se muestra los componentes de los sistemas BI.



FIGURA 2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA BI

2.2. Funcionalidad del Sistema SP3 – Planeación y Programación de la Producción

El E-volution Manufacturing es un software de aplicación industrial, desarrollado por E-volutionSoft (antes Artinsoft) utilizando las últimas teorías de manufactura y tecnología oracle cliente/servidor. E-volution Manufacturing es un conjunto integrado de módulos que cubren las necesidades de cada una de las áreas funcionales relacionadas con el proceso de manufactura. Estos módulos son: Inventarios, Compras, C2P- Control y Costos de la Producción y SP3- Planeación y Programación de la Producción, Mantenimiento industrial y Control de Calidad.



FIGURA 2.3 PANTALLA DEL LOGO DEL SP3 - SISTEMA DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

El módulo de SP3 soporta las actividades de planeación y programación de la planta de producción, controlando la formulación de todos los productos mediante su estructura de ingeniería de productos, calculando la explosión de los materiales y los tiempos requeridos para su elaboración, así como la disponibilidad de todos los recursos (llámense éstos mano de obra, maquinaria, etc.).

Diagrama de la estructura física del sistema

La Figura 2.4 que se muestra a continuación indica la forma en la cual está organizado el menú del sistema SP3.

Sistema de Planeación y Programación de la Producción

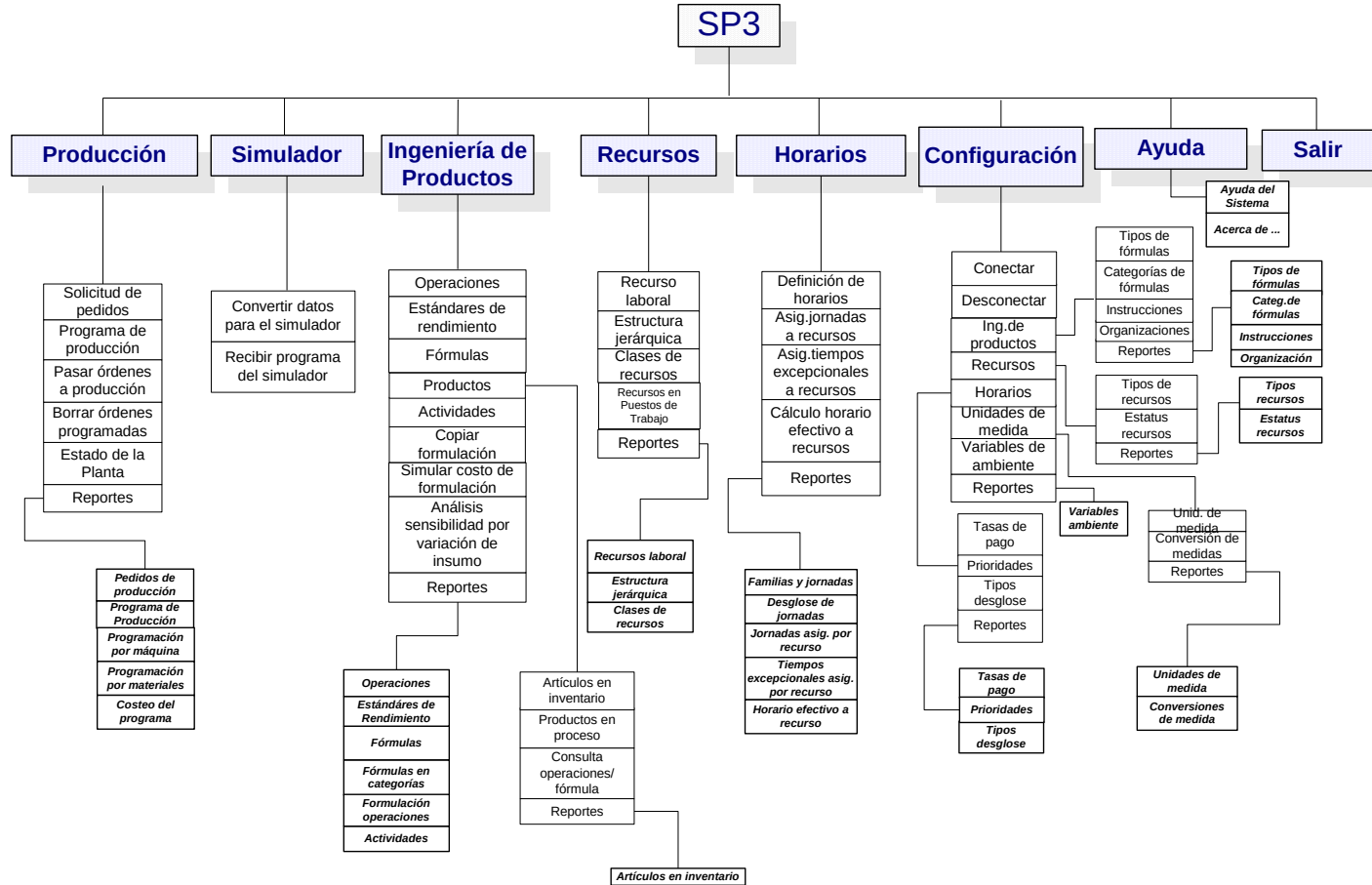


FIGURA 2.4 DIAGRAMA DEL MENÚ DE SP3

A continuación se enumeran los aspectos más importantes en los que se fundamenta el sistema:

Conversión de Unidades de Medida en el SP3

SP3 administra un sistema de unidades de medida que facilita la reutilización de fórmulas y operaciones por medio de cohesiones automáticas realizadas por el sistema. Las cohesiones son conversiones de tipo que el sistema lleva a cabo internamente, y para las cuales el usuario a definido previamente las expresiones de transformación.

En el sistema existen las Unidades de Medida básicas, como son: Metro (Longitud), Kilogramo (Masa) y Segundo (Tiempo), las cuales vienen predefinidas en el sistema. En base a éstas medidas se pueden definir otras nuevas unidades, en el Mantenimiento de Unidades, por ejemplo múltiplos o sub-múltiplos de las base, definiendo las nuevas unidades e indicando el factor de conversión con respecto a otra unidad.

Pero además existe la opción de Mantenimiento de conversión de unidades (figura 2.5) donde se pueden definir relaciones tan específicas según la complejidad de los procesos o productos que se necesiten modelar, por ejemplo una relación de CM a KG, se puede definir ingresando la relación encontrada y pudiendo evaluar los resultados en la casilla de verificación.

Mantenimiento de Conversiones de Medidas

Datos de Conversión

Código Desde: CM

Código Hasta: KLG

Descripción: DE CENTIMETROS A KG

Expresión de Transformación: $X \cdot 45 + 6$

Evaluación de Prueba: $1 = 51$

Cant1. Valor a convertir

Cant2. Resultado de la Evaluación.

FIGURA 2.5 MANTENIMIENTO DE CONVERSIÓN DE UNIDADES.

Ingeniería de Productos

En Ingeniería de productos se administran las recetas utilizadas para elaborar un producto. El objetivo general de la ingeniería de productos es permitir determinar los materiales, recursos y tiempos estándar que se utilizan en la elaboración de un producto. Esto es muy importante para SP3, ya que para generar un programa de producción se necesita saber las cargas de trabajo requeridas para construir un producto en cada recurso utilizado dentro de su construcción y las materias primas que se requieren para fabricarlo.

Cada producto tiene una o varias fórmulas asociadas y una misma fórmula puede ser asociada a varios productos permitiendo su reutilización. Las fórmulas tienen relacionada una operación atómica, y las operaciones entre si están relacionadas por el producto en proceso que van produciendo o requiriendo de una o más operaciones anteriores configurando además el resto de materiales para producir un producto. Ver Diagrama de la figura 2.6.

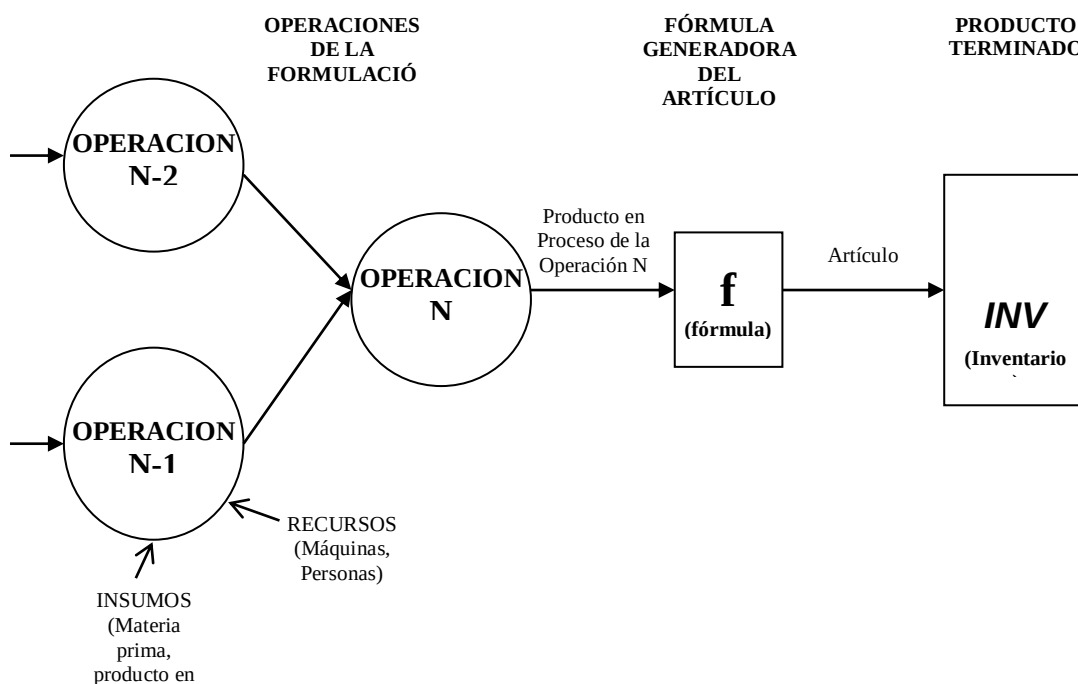


FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE LA INGENIERÍA DE PRODUCTOS

Capacidades de los Recursos

Cada compañía, planta, departamento, máquina, herramienta y operario son denominados y definidos dentro del SP3 como recursos. Ver la figura 2.7 del sistema, donde se administran los diferentes recursos existentes en la organización.

The screenshot shows a software window titled "Mantenimiento de Recursos Laborales". It contains three main sections: "Recurso", "Costos", and "Producción".

- Recurso Section:**
 - Código: ECCUMQ-01
 - Descripción: Cutter Kramer + Grebe
 - Tipo: Máquinas (dropdown)
 - Estatus: Activo (dropdown)
 - Ubicación: Pastas Finas
- Costos Section:**
 - Costo Unitario Estándar: 0
 - Costo Unitario Real: 0
 - Medida de Tiempo de los Costos: HRS
 - Moneda: DOLARES (dropdown, shown twice)
- Producción Section:**
 - Prioridad de Programación: (dropdown)
 - Amortiguador de Tiempo: (input field)
 - Capacidad Mínima: (input field)
 - Capacidad Máxima: (input field)
 - Medida de Tiempo de Amortiguador: (input field)
 - Medida de Capacidades: (input field)

FIGURA 2.7 PANTALLA DE MANTENIMIENTO DE RECURSOS.

Además se administra su estructura jerárquica (Ver figura 2.8). Esta estructura sirve para definir una composición de recursos, es decir, manejar la definición de que un recurso puede contener a otro, por ejemplo: una compañía contiene plantas, y ésta a su vez contiene departamentos, luego un departamento contiene máquinas, herramientas y operarios. La estructura jerárquica facilita además la asignación de jornadas a los

recursos, pues solo con asignar una jornada al recurso padre existe la posibilidad de que automáticamente se indique si esta jornada se aplica a los componentes hijos.

Estructura Jerárquica de Recursos

Recurso

Código: PLANTA Descripción: Recurso padre que incluye todos los recursos

Tipo: Planta

Recursos Hijos

Código	Tipo	Descripción	Jornadas Padre	T.Excep Padre
ECMLMQ-01	Máquinas	Molystick	☒	☒
ECMOMQ-01	Máquinas	Molino de Carne	☒	☒
ECPRMQ-01	Máquinas	Longvac,Prevacio BUSH	☒	☒
ECRPMQ-01	Máquinas	Reactor Pulmonar	☒	☒
ECSCMQ-03	Máquinas	Sierra circular MAINCA	☒	☒

Remover Todos Remover Agregar Otro Recurso ...

FIGURA 2.8 PANTALLA ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE LOS RECURSOS.

El sistema además permite agrupar un conjunto de recursos de acuerdo a sus características operativas, de rendimiento o físicas, éste concepto de agrupación se denomina en SP3 como “Clase de recurso” y es utilizada por el módulo de Operaciones para simplificar la declaración de operaciones que utilizan conjuntos de recursos similares. La pantalla de asociación de clases de recursos se muestra en la figura 2.9.

Mantenimiento de Clase de Recursos

Datos Clase de Recursos

Código Clase: SELN

Descripción: Selladoras de Gas (Nitrogeno) y Vacío

Fecha Digitado: 15-08-2002

Recursos Seleccionados

Código	Descripción
ECSEMQ-01	Selladora KOCH
ECSEMQ-02	Selladora ULTRAVAC
ECSEMQ-03	Selladora MOYMAT

Modelador

FIGURA 2.9 PANTALLA CLASES DE RECURSOS.

Horarios

Existe una relación muy estrecha entre ambas estructuras: los recursos y el sistema de horarios, ambos se encargan de imponer un conjunto de restricciones de tiempos a los recursos disponibles. Un simulador de producción hace solicitudes de disponibilidad laboral de los distintos recursos para un período de tiempo definido apoyándose también en horarios, o jornadas para SP3, para determinar la disponibilidad de los diferentes recursos.

El sistema permite definir calendarios efectivos para cada recurso. Por ejemplo, una actividad programada de mantenimiento preventivo puede corresponder a un período de tiempo muerto para un recurso.

Las diferentes actividades que realiza un recurso en el tiempo durante un día, pueden ser asignadas de dos maneras:

1. Por medio de su jornada de trabajo dejándolo de esta forma fijo en dicha jornada. Ver figura 2.10. Una jornada laboral distribuye las diferentes actividades realizadas por el recurso en un día por medio de clases de tiempos: productivos e improductivos con escala de prioridades.

The screenshot shows a software window titled "Desglose de Dias". It contains two main sections: "Jornada" and "Desglose del Día".

Jornada Section:

- Familia:** PRD
- PRODUCCION FABRICA**
- Jornada:** 1
- TURNO GRAL FABRICA 7 A 18**

Desglose del Día Section:

Inicio	Final	Tipo Desglose	Prioridad
07:00	12:30	NORMAL	30 JORNADA NORMAL
12:31	13:00	ALIMENTACION	40 ALIMENTACION
13:01	18:00	NORMAL	30 JORNADA NORMAL
18:01	18:15	MANTENIMIENTO LIMPIEZA	20 LIMPIEZA

Buttons on the right side of the "Desglose del Día" section:

- Rec. Asoc.
- Verificar
- Regresar

FIGURA 2.10 PANTALLA DESGLOSE DE JORNADAS.

2. Asociando directamente al horario del recurso, como un tiempo excepcional, afectando de esta forma su actuación en un día específico.

Asignación de Tiempos Excepcionales a Recursos

Recurso

Código Recurso: ECCUMQ-02 Descripción: Cutter Cato 120

Aplica Jornadas Padre: ☒ Aplica T.Excep. Padre: ☒

Mayo 2007

L	K	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Ene Feb Mar Abr May Jun
Jul Ago Set Oct Nov Dic

← 2007 →

Desglose

Inicio	Final	Tipo Desglose	Prioridad
13:00	14:30	MANTENIMIENTO MAQUI	50 MANTE PREVENTI

Verificar Traslape Propagar desglose

FIGURA 2.11 PANTALLA ASIGNACIÓN DE TIEMPOS EXCEPCIONALES A RECURSOS.

El programa tiene como objetivo calcular el horario real a partir de todas las asignaciones hechas a los recursos, es decir, se toma en cuenta no solo la asignación básica de jornadas, sino también los casos en los que se asignaron tiempos extraordinarios al recurso.

Ver el esquema del cálculo de horarios efectivo de los recursos en el diagrama de la figura siguiente. Donde al final podemos ver el traslape resultante de todos los horarios asignados.

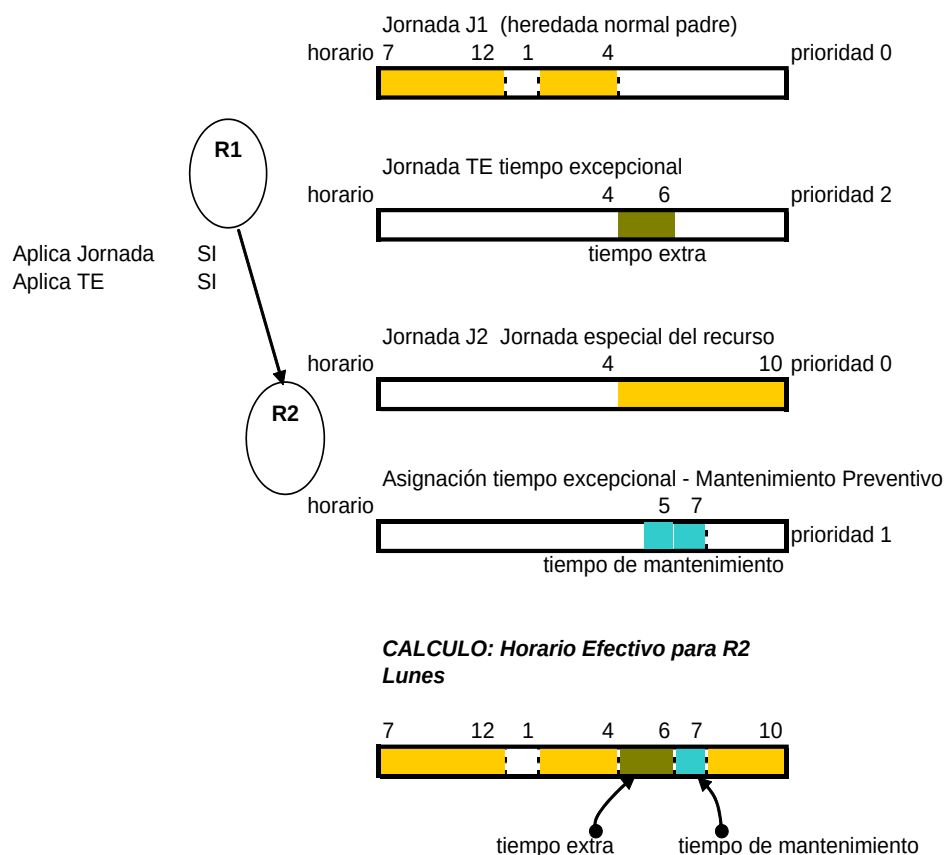


FIGURA 2.12 DIAGRAMA DE CÓMO SP3 CALCULA EL HORARIO EFECTIVO DE UN RECURSO DADO UN DÍA ESPECÍFICO Y UN CONJUNTO DE DESGLOSES.

Planeación y Programación de la Producción

El proceso de planeación y programación de la producción integra todos los componentes anteriores: ingeniería de productos, recursos y horarios.

Esta función empieza por almacenar los pedidos de los distintos productos y clientes. Luego por intermedio del simulador hace la explosión de los productos en cada pedido y calcula la disponibilidad de cada recurso en el

lapso de tiempo que se va a programar; desde el punto de partida hasta la fecha de corte del programa. Genera los programas de producción, en tiempos virtuales, para un conjunto de pedidos, tomando en consideración las existencias de materiales y termina almacenando los programas detallados como órdenes de producción.

El SP3 está basado en un algoritmo de generación de programas de producción novedoso que soluciona los problemas encontrados en algoritmos como la programación dinámica. Este algoritmo asegura un programa de producción realista ya que es el usuario quien toma las decisiones y no la aplicación.

Diagrama de relación del SP3 con los demás sistemas

El diagrama de la figura 2.13 adjunta sirve para mostrar en forma general las relaciones que el módulo SP3 de planeación y programación de la producción debe mantener con diferentes entidades de la organización.

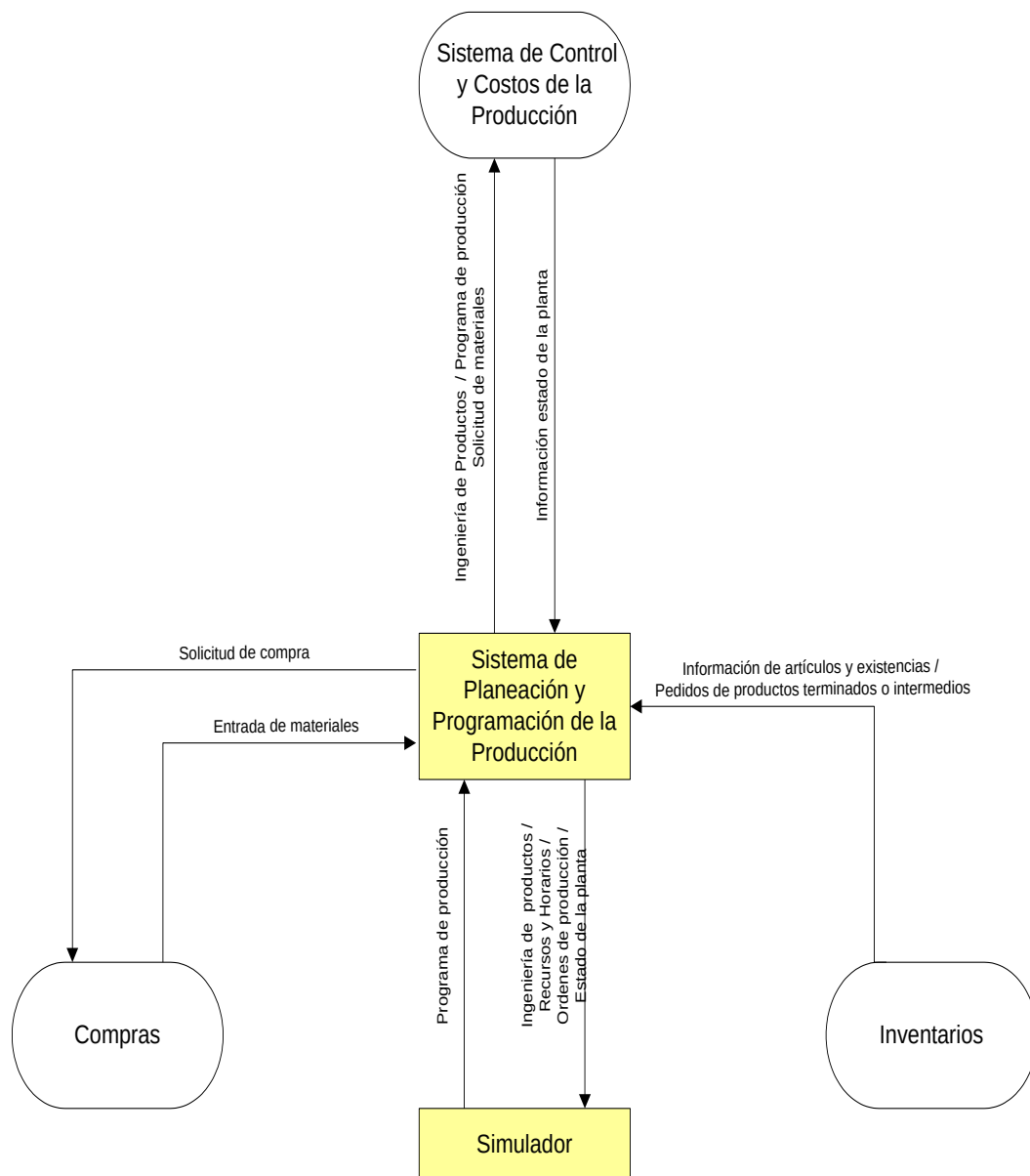


FIGURA 2.13 DIAGRAMA DE LA RELACIÓN DEL SISTEMA SP3 CON OTRAS ÁREAS DE LA EMPRESA.

2.3. Funcionalidad del Simulador

El Simulador es una herramienta para la simulación finita de órdenes de producción. Está basado en Teoría de Restricciones (TOC) y es una herramienta muy dinámica para las labores de estimación de fechas de entrega y reprogramación de planes de producción.

El simulador plantea que en un proceso de manufactura el nivel de producción es manejado por los recursos, que a su vez pueden encontrarse restringidos (o con menos capacidad que la requerida) en su disponibilidad. Los recursos que se encuentran en esta situación se denominan “Cuellos de Botella” y aparecen identificados cada vez que se programa mientras se van tomando las decisiones respectivas para levantar la restricción, de forma que se aumente la productividad.

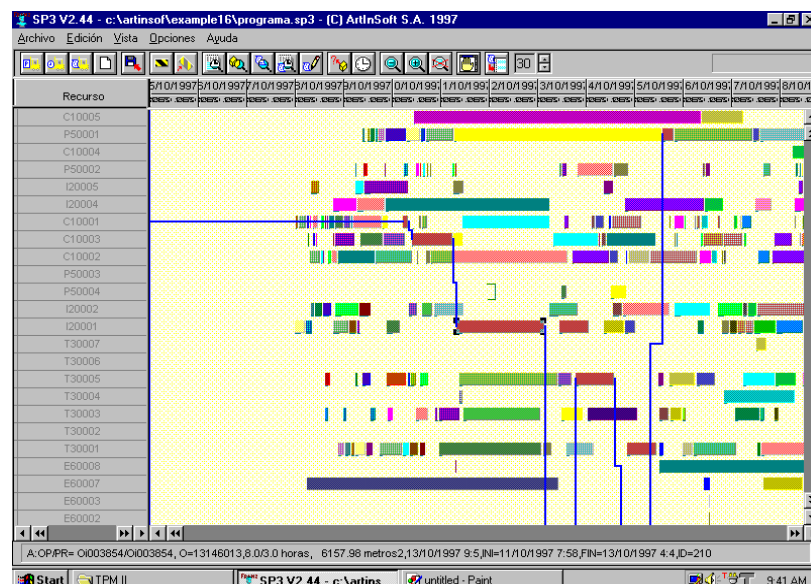


FIGURA 2.14 PANTALLA QUE CORRESPONDE AL SIMULADOR

Menú del SP3 con las opciones del Simulador

A continuación la Figura 2.15 presenta las opciones del menú del sistema SP3 que contiene la interfaz con el con el simulador. En este menú muy simple se puede observar las dos opciones: la de convertir los datos para el simulador y recibir el programa de producción simulador.

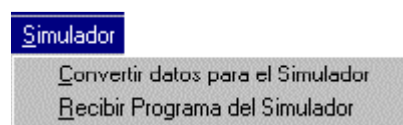


FIGURA 2.15 MENÚ INTERFAZ CON EL SIMULADOR.

Convertir datos para el Simulador

Este proceso toma los datos de Ingeniería de productos, capacidades, recursos, horarios y los almacena en ciertos archivos con un formato especial para que los tome el simulador, comenzando por definir el rango de fechas para el que se desea simular el plan (Ver figura 2.16). Si se consideran las existencias en inventario, que incluye materias primas y producto en proceso, se planea solo la parte faltante de cada pedido; si no se considera las existencias, se planea en forma completa la explosión de los pedidos u órdenes independientemente de las existencias.

The screenshot shows a Windows-style window titled "Datos para el Simulador". Inside, there's a section titled "Generar Datos para el Simulador". It contains several input fields and a button:

- Rango de Simulación:**
 - Fecha inicio: 05-05-2007
 - Fecha fin: (empty field)
- Directorio de Datos:**
 - Directorio: C:\Artinsoft\sp3\datos
 - Seleccionar... (button)
- Existencias de Productos:**
 - Text: Para los Pedidos de Productos Terminados o Intermedios, se van o no a considerar las existencias en inventario de esos productos, al programar la cantidad pedida :
 - Radio buttons:
 - ☒ NO Contemplar Existencias (Programa Cantidad Completa)
 - ☐ SI Enviar Existencias (Programa Faltantes)
- Moneda de Costos en Simulación:**
 - Moneda: DOLARES (dropdown menu)
 - Fecha Tipo Cambio: 05-05-2007
- Procesar** (button)

FIGURA 2.16 PANTALLA DEL PROCESO CONVERTIR DATOS PARA EL SIMULADOR.

Recibir programa del Simulador

Es el proceso inverso, por lo tanto toma el programa generado por el simulador y lo transfiere al almacenamiento de las órdenes de producción planeadas (SP3) para su posterior aprobación formal. Para ejecutar el proceso debe estar configurada la ruta del directorio donde almacenó el programa generado por el simulador. Ver figura 2.17.



FIGURA 2.17 PANTALLA DEL PROCESO RECIBIR PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DEL SIMULADOR.

A continuación se enumeran los aspectos más importantes en los que se fundamenta el Simulador: Teoría de Restricciones TOC, programar asegurando el tiempo de entrega, calcular el plan de compras, ser una herramienta de análisis Qué pasa si? y la reprogramación de órdenes.

Teoría de Restricciones TOC

La teoría de las restricciones o TOC (*Theory of Constraints*) fue creada por el Dr. En Física de origen israelí, Eliyahu M. Goldratt. Como empresario en la industria del software inicia su investigación y desarrollo acerca de ésta teoría que formalmente plasma a manera de novela en su Best Seller “La Meta”.

La teoría de restricciones es una metodología científica que permite enfocar las soluciones a los problemas críticos de las empresas, sin importar su tamaño, ni su giro, para que éstas se acerquen a su meta mediante un proceso de mejora continua. Una restricción es definida por Goldratt como: “Todo lo que impide que un sistema alcance un mayor rendimiento en comparación con su meta”.

Un ahorro de tiempo en un recurso restricción significa ahorrar este tiempo en todo el sistema productivo. Un recurso no-restricción es aquel que sobrepasa o promedia su capacidad operativa. Un ahorro de tiempo en un recurso no-restricción es un espejismo que infla los productos en procesos y terminados, aumentando de esta forma nuestro gasto operativo, costo de mantenimiento de inventario, riesgo ante un cambio de especificaciones de productos, etc. Para controlar la producción vendida (no el inventario de productos terminados), el inventario y el gasto operativo, se debe analizar el sistema para encontrar la existencia de cuellos de botella y recursos restringidos por la capacidad. El diagrama de los pasos del proceso según el modelo TOC se esquematiza en la siguiente figura.

Filosofía: Teoría de Restricciones (Goldratt)

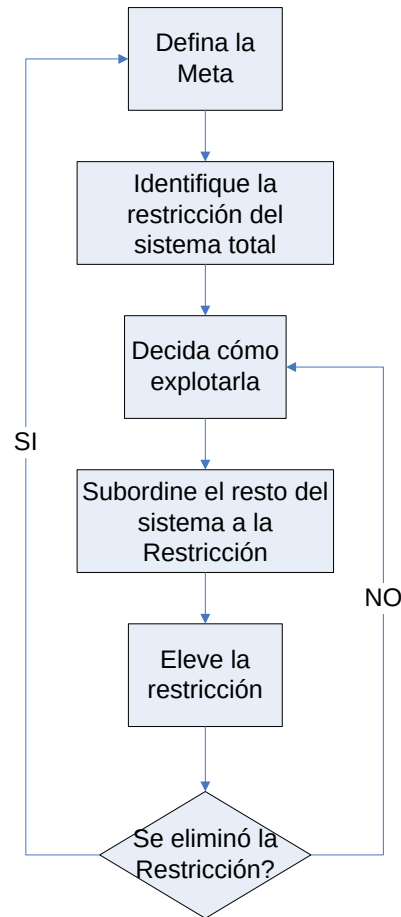


FIGURA 2.18 DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PASOS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES, TOC (GOLDRATT)

Según esta teoría existen dos tipos de limitaciones:

1. Las limitaciones físicas. Son los equipos, instalaciones, recursos humanos, etc., que están evitando que el sistema cumpla con su meta de negocio. Existen dos modos de explotarla: agregando más capacidad, por ejemplo, contratar personal, alquilar o comprar más

equipo; o, aprovechando al máximo la capacidad del sistema, lo que equivale a aplicar una gestión eficiente.

2. Las limitaciones de políticas. Son todas aquellas reglas que evitan que la empresa alcance su meta. Existe sólo un modo de explotar una política: reemplazándola.

Programación de las órdenes al Tiempo de entrega

El simulador programa todas las ordenes simuladas arreglándolas en función de su fecha de entrega hacia atrás, proponiendo el plan más óptimo en que se deben empezar las operaciones, en función de los recursos, para poder estar seguros que si se mantiene el plan quedarán procesadas en el tiempo que se las requiera.

Integración con Compras

El simulador se encarga de generar la explosión de materiales para las órdenes programadas, basado en estos resultados el sistema puede hacer comparaciones con las existencias actuales de inventarios de las distintas bodegas, sean éstos productos en proceso o materias primas, de esta manera es posible conseguir un plan automático de compras que se puede analizar y aprobar en otro módulo.

Análisis de escenarios del tipo Qué pasa si ...?

El simulador es una herramienta que permitirá planear la producción en función de varios escenarios sirviendo de soporte a los directores o jefes quienes podrán analizar el comportamiento de la planta frente a ciertos ajustes o cambios, antes de decidir las acciones a tomar.

Solo cambiando cualquier configuración en el SP3, como: modelos de procesos de un producto, agregando o inactivando recursos a una línea, modificando o jugando con las jornadas de los recursos, omitiendo o creando nuevos pedidos ficticios y volviendo a cargar los datos modificados al simulador, podremos ver los resultados a futuro tantas veces se desee, según las modificaciones a evaluar.

Reprogramación de órdenes

En procesos productivos donde el ciclo es mayor que un día, es necesario reprogramar el plan de producción. En otras ocasiones, cuando ocurre un error en alguna máquina y toda la planeación se debe ajustar de acuerdo al retraso, es necesario reprogramar las órdenes.

Para realizar este proceso se requiere seguir los siguientes pasos:

1. Cambiar el estado a “Realizado” en los pedidos que terminaron o que no se van a realizar más.
2. Ingresar toda la información actual de las órdenes producidas para que estén al día según el seguimiento real en planta, porque dependiendo de lo que se haya reportado del avance serán los resultados de la reprogramación de los pedidos.
3. Generar los datos para el Simulador considerando existencias. Procurando que no transcurra mucho tiempo desde que se genera los datos para simular hasta que reciba el programa de producción, porque si las condiciones de la planta han variado mucho con respecto al momento en que se tomó el estado de la planta, se podrían reprogramar tareas que probablemente ya se realizaron.
4. Simular nuevamente. El proceso de carga es igual al de una programación normal, pero como también se cargan los productos en proceso se programará la cantidad faltante de las órdenes: operaciones que habrían terminado no se programarán, operaciones incompletas se harán por el producto en proceso que falte y si no han comenzado se programarán completas.
5. Borrar las órdenes y operaciones que no se han realizado. El nuevo plan tiene la nueva programación de las órdenes y las operaciones que

no se habían hecho, por lo que es necesario eliminar las recibidas en la planeación anterior, para que en la base de datos quede un solo plan actualizado. La Figura 2.19 muestra la pantalla de borrado de órdenes y operaciones.

Orden de Pedido	Cliente	Producto	Medida	Fecha Inicio	Fecha Fin	Borrar
376	1790542750002	CN0801	KG	25-08-2003 14:24	26-08-2003 00:21	☒
372	1790542750002	SN0302	KG	24-08-2003 04:08	24-08-2003 04:50	☒
616	1790542750002	CN0208	KG	29-08-2003 07:41	31-08-2003 03:31	☒
651	1790542750002	ZIF0201	KG	02-09-2003 08:34	03-09-2003 06:39	☒
654	1790542750002	IN0108	KG	28-08-2003 15:08	03-09-2003 00:48	☒
663	1790542750002	XCN0302	KG	01-09-2003 15:21	01-09-2003 16:06	☒
840	1790542750002	FN0406	KG	03-09-2003 07:00	12-09-2003 02:02	☒
399	1790542750002	FN0601	KG	26-08-2003 13:47	26-08-2003 15:36	☒
1564	1790542750002	SN0601	KG	17-09-2003 13:05	17-09-2003 15:20	☒

Producto: VIENESA EN FRANKFUTER 15 CM X 5 KILOS

Cantidad: 45

Estado: Programada

Borrar órdenes marcadas

Ir a Borrar Operaciones

FIGURA 2.19 PANTALLA BORRADO ORDENES DEL PROGRAMA NO REALIZADAS.

6. Recibir el nuevo programa simulado por medio de la opción del menú Simulador: Recibir Programa del Simulador. Ver pantalla de la figura 2.17.
7. Opcionalmente, se puede revisar las órdenes del programa recibido.

CAPITULO 3

3. INDUCCIÓN A LA EMPRESA

3.1 Distribución de la Planta

El presente capítulo describe la base para poder desarrollar el proceso de modelado de los productos de la empresa, pues para ello primero debemos empezar por familiarizarnos con la planta de cárnicos.

A continuación se presentará un breve esquema de la distribución de la planta con sus secciones, y describiremos los procesos que en ellas se desarrollan. Incluso nos referiremos como sección al hablar de ciertas bodegas, pues son parte de los procesos. Es normal que usemos algunos términos muy específicos de los procesos cárnicos los cuales podrán encontrarlos ampliados en el glosario.

En la figura 3.1 encontramos la disposición con que se encuentran ubicadas las distintas Secciones que se encontraron en la Planta.

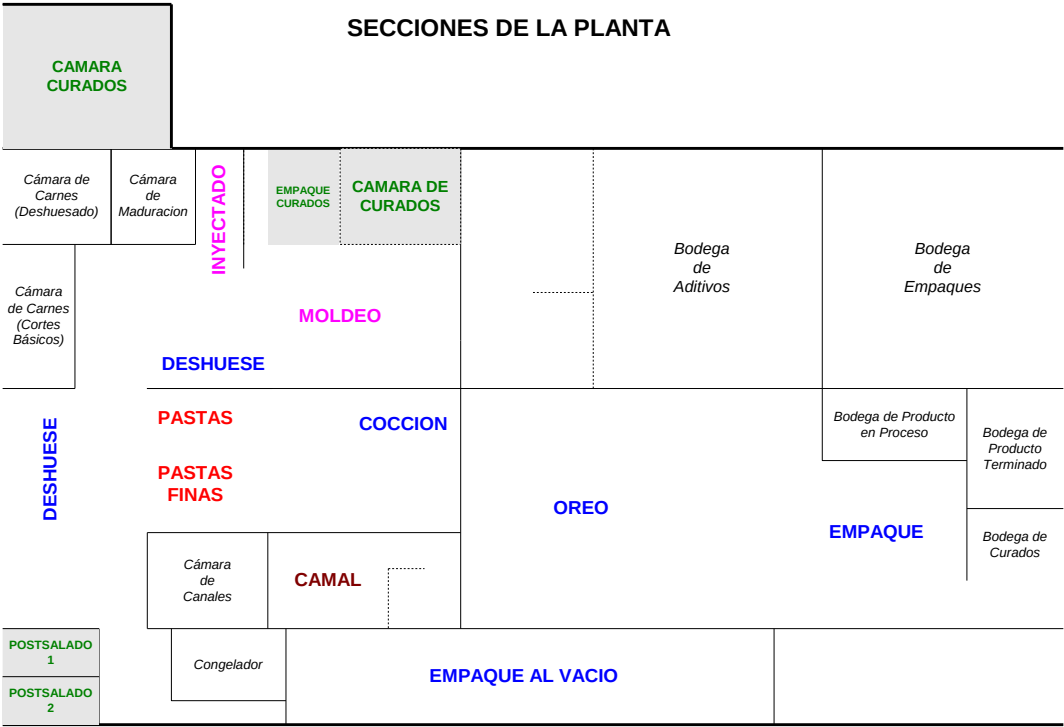


FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE LAS SECCIONES DE LA PLANTA DE ELABORADOS CÁRNICOS.

A continuación se realiza una descripción de las secciones identificadas para explicar los procesos que conlleva cada una de ellas. Se tratará de seguir la secuencia en que fluyen las órdenes hasta llegar a su conclusión para explicar las secciones.

Camal:

Es la sección donde se faenan los cerdos en pie para obtener la principal materia prima, la carne de cerdo. Esta operación se hace máximo dos

veces por semana (los días lunes y jueves) con un promedio de 380 cerdos diarios.

Incluye una línea de procesos de avanzada tecnología, que logra además buena productividad, pues se comprueba que cumplen con un rendimiento de 1 cerdo faenado por minuto. Comenzando con la insensibilización del animal para evitar la contaminación de la carne, así como, la realización de exámenes y control de calidad a cada animal durante el faenamiento, para obtener la aprobación de la carne.

El producto de esta sección son principalmente las canales de cerdos, entre otros subproductos como: cabezas, patas, vísceras etc. Cierta parte de los subproductos que sirven específicamente para la elaboración de algunos productos (por ejemplo, la cabeza de cerdo para la fabricación del queso de chanco) son conservados, pero en mayor porcentaje los subproductos se venden a terceros el mismo día. Mientras que las canales rechazadas del camal tienen su proceso para asegurar la destrucción por medio de incineración.

Cámara de Canales:

Las cámaras son cuartos fríos, que mantienen el control de la temperatura y condiciones requeridas para la conservación de la carne según lo

requieren los distintos procesos, de ahí que se clasifican en varios tipos a lo largo del proceso.

La primera cámara destinada para las carnes es por tanto la cámara de canales, donde se almacenan las canales de cerdo aprobadas, que provienen inmediatamente del Camal. Aquí se conservan junto con las canales de reses que, por otro lado, son comprados a otros proveedores pero igualmente inspeccionadas.

Congelador:

Los canales de la cámara de canales posteriormente son llevados a una de las secciones de deshuese, donde con ayuda de unas sierras especiales, se imprimen lo que se denominan cortes primarios. Este tipo de corte primario divide al canal en unas cuatro piezas específicas: piernas, brazos, lomo, panceta, las mismas que son almacenadas en el congelador. Además en ciertas ocasiones, en el congelador se almacena también carne deshuesada para producción.

Deshuese:

Involucra aproximadamente unos 30 operarios que realizan manualmente esta operación, provistos de cuchillos y cubetas. Aquí se obtienen los distintos tipos de cortes del canal que dan como resultado distintos tipos de

carne: lomos, chuletas, jamón, tocinos, espaldilla etc. y carne deshuesada según las necesidades de producción.

Cámara de carnes:

En la Cámara de carnes se mantiene la carne que proviene de Deshuese y que es propiamente ya considerada lista para usar en producción.

La carne deshuesada es un producto de un proceso que marca un hito, porque con Deshuese termina una cadena de procesos previo, independiente al de producción, pero que cumple con la obtención de las materia prima principal de toda la planta y para todos los productos. Pero es a partir de la utilización de estas carnes con que arranca cualquier proceso de producción, combinando las demás secciones de la planta según lo requieran los distintos productos finales para la venta.

Bodega de Aditivos:

En éste lugar se preparan y pesan todos los ingredientes de producción, disponiéndolos separadamente por orden. Aquí se manipulan materias primas al granel como: harinas, sal, especias, aditivos, incluso productos frescos como huevos, etc. todo se arregla en palets según la formulación del producto y la orden, para que estén listos de agregar directamente en los distintos procesos.

Incluso hay materia prima que debe ser preparada previamente, por ejemplo ciertas especias que deben ser molidas, peladas o productos remojados, etc.

Pastas:

Es la sección donde se procesan la mayor cantidad de los productos y puede clasificarse en dos subprocesos: el de Pastas Finas y el de Pastas propiamente dicho. Son casi excluyentes y la diferencia está en la máquina que procesa la pasta de carne. En la subdivisión Pastas Finas, la carne es picada en una máquina denominada “Cutter”, semejante a una gran licuadora; mientras, en la subdivisión Pastas, la carne se procesa primero en el molino de carnes, aunque puede alternar con en cutter, dependiendo de ciertos productos.

A continuación, los homogenizadores, someten las masas procesadas al vacío extrayendo el aire e igualando las pastas. Existe una para cada subdivisión.

La siguiente y final operación de la sección se lleva a cabo en las embutidoras: para tripas naturales, en la división de Pastas, o para tripas artificiales, en la división Pastas finas.

En algunos casos la pasta no se procesa inmediatamente en esta sección, sino que según el producto requiere otros procesos, como reposo o

maceración antes del embutido, para lo que es llevada intercaladamente a la Cámara de Maduración.

Cámara de Maduración:

La cámara de maduración conserva también producto en proceso, sin embargo las condiciones son distintas, porque ya no conserva carne totalmente pura sino curada o mezclada con otras materias primas. Recibe algunos lotes de proceso de las secciones de Pastas, Pastas finas, así como de Inyectados.

Esta cámara incluye un subproceso que se realiza en un aparato especial denominado Reactor, que tiene forma de una gran cápsula, cuya función es aplicar ciertos masajes a la carne en tiempos programados.

Inyectado:

Esta sección caracteriza a los productos de la familia del mismo nombre. Aquí el proceso comienza preparando la salmuera (dilución de sal), en las proporciones requeridas según el producto, que luego se inyecta a las carnes según los porcentajes deseados con ayuda de las respectivas máquinas. Generalmente las carnes de Inyectados pasan a la cámara de Maduración donde van a reposar y/o usar el Reactor, según el producto.

Moldeo:

La sección contiene unas tres líneas para embutir, sacar vacío y clipar los jamones. También se colocan manualmente en sus respectivos moldes, según su peso o variedad.

Cocción:

El área de cocción está conformada por dos líneas: la primera se procesa en las denominadas tinas de cocción en agua, seguida, las tinas de enfriamiento, que sirven para aplicar una cocción tipo baño de María, que se usa para mortadelas y patés. Otro proceso de cocción se realiza en los hornos de cocción al vapor o para ahumado, donde se cocinan en cambio ciertos productos de inyectados y salchichas, que finalmente se olean al ambiente. En ambos casos según la variedad de los productos se controlan los tiempos y temperaturas de cocción de los mismos.

Para iniciar éstas operaciones los productos deben haber venido arreglados previamente de la sección anterior, en jaulas para la cocción en las tinas o en los coches de cocción, cuando usan el horno.

Oreo:

En ésta área se mantienen retirados del paso los coches que salen de los hornos para su enfriamiento. Aquí se encargan ciertos operarios de descargarlos luego de que cumplan su tiempo de enfriamiento.

Bodega de producto en Proceso (Bodega de PP):

Recibe todos los productos prácticamente terminados, pues solo les falta ser empacados en las distintas presentaciones y etiquetados. También hay productos que habiendo salido para la operación de empaque regresan temporalmente a alcanzar cierta temperatura requerida para el proceso de sellado al vacío.

Además los encargados de ésta son quienes requisan el material usado para las órdenes en proceso, tanto para el proceso de embutido, como para el empaque y etiquetado final de los productos, de la Bodega de Empaques pues en algunos casos deben prepararlo imprimiendo las fechas de los lotes, y lo entregan a las secciones respectivas.

Bodega de Empaques:

Aquí se mantiene el inventario de todas las clases de envolturas de los productos, etiquetas, fundas, cajas, sellos, además de otros como tripas de embutido, piolas (para el embutido de salchichas o piezas de inyectados), clips, incluso los desinfectantes orgánicos e inorgánicos (para las tripas, pisos), etc.

Empaque y Empaque al Vacío:

Son secciones donde un grupo de operarios realizan actividades como: etiquetar piezas, cortar piezas, lonchar los productos, ordenarlos y/o clasificarlos para colocarlos en su envoltura final, sellarlo con ayuda de ciertas máquinas de empaque al vacío o con nitrógeno según corresponda, empaquetar, etiquetar, ordenar los productos para su almacenamiento final entre otras presentaciones más grandes que faciliten su manipulación o inventario.

Son operaciones que básicamente consideramos manuales, aunque tengan la ayuda de ciertas máquinas en la sección como las cortadoras, balanzas o selladoras.

La sección de empaque se usa más para las piezas o productos más grandes, y la sección de Empaque al Vacío es usada más bien para los productos al granel o en presentaciones más pequeñas. Un ejemplo simple: una pieza de mortadela de 5 Kg se etiqueta en Empaque, pero si se va a realizar presentaciones de la misma rebanada en paquetes de menor peso: 200 gr, 250 gr, 1 kg, etc. se lonchan, embalan y sellan en la sección de empaque al vacío.

Bodega de Producto Terminado (Bodega de PT):

Es donde se recibe y almacena el producto final completamente terminado y listo para la venta que proviene de las secciones de empaque y empaque al vacío. Existe una característica y es que en algunas ocasiones este producto sale nuevamente a la sección de empaque, cuando se requiere que sea reprocesado para obtener nuevas presentaciones al granel, por ejemplo cuando un producto ha estado sin movimiento, o cuando no hay este producto en la bodega de producto en proceso, retornando luego como otro producto terminado distinto.

Postsalados

Son dos cuartos fríos donde se mantiene enterrados en una mezcla de sal en grano y otros la piezas que van a emplearse para el proceso de curados, por ejemplo las piernas de jamón serrano.

Estufado:

El estufado es el proceso previo de los curados, antes de dirigirlos a las cámaras de maduración, consiste en una especie de horno en el que se les proporciona a los productos las condiciones adecuadas de temperatura y humedad necesarias para su maduración. Su ubicación es en el área de Empaque de curados.

Cámaras de Curados:

Estas secciones no son precisamente cámaras, sino más bien unos cuartos especiales donde reposan los productos del mismo nombre, para someterse al proceso más importante y característico, que los convierte además en los productos más caros debido a su tiempo producción, que oscila entre tres a seis meses aproximadamente, tiempo de que adquieren la maduración exacta.

Pero durante este tiempo se controla la humedad y la temperatura, incluso si es necesario por medio de unos ventiladores especiales, y además son inspeccionados regularmente mediante algunas pruebas, incluso destructivas pues se cortan piezas para comprobar el estado del lote.

Al final del proceso e incluso antes si lo requieren los productos, son sometidos a una limpieza especial por unidad, donde los operarios retiran con cepillos la capa de hongo que se forma en la superficie del producto.

Empaque de Curados:

Es una sección de empaque más pequeña, pero donde se realizan los mismos procesos de empaque al vacío específicamente para terminar las presentaciones de los productos curados.

Bodega de Curados

Es la bodega donde se almacena el producto terminado de Curados completamente listo para la venta. A veces, por el nivel de producción esta resulta muy pequeña para el almacenaje, por lo que en ciertas ocasiones también se encuentra producto curado en la Bodega de Producto Terminado. Pero esto no afecta la calidad del producto, porque las temperaturas de almacenamiento final de los productos cárnicos son las mismas, no obstante afecta un poco por razones de organización.

3.2. Análisis de las Operaciones

De la observación y análisis de las secciones y procesos de la planta, se pudo concluir lo siguiente:

- ✓ La distribución de la planta no posee líneas completamente definidas para cada uno de los grupos o familias de productos terminados, a saber: Inyectados, Salchichas, Mortadelas, Frescos, Curados y Patés, sino que existe la combinación de ciertos recursos de las secciones, para la producción de las distintas variedades de productos. La distribución de la planta es por procesos.

- ✓ La mayor parte de las líneas ocupan procesos comunes como son los realizados en las secciones de: Deshuese, Cocción, Oreo, Empaque y Empaque al vacío.
- ✓ La línea de productos Inyectados usa, entre otras áreas, exclusivamente la Sección de Inyectado y Moldeo.
- ✓ Los productos Curados si bien se preparan en la sección de Pastas poseen secciones especiales como: Postsalados, Cámaras de Curados, donde pasan la mayor parte del tiempo, y Empaque de Curados.
- ✓ Las secciones de Pastas y Pastas Finas se usan para preparar, como su nombre lo indica, una pasta a base de carnes y aditivos. Este proceso se requiere para casi todos los productos de los distintos grupos: Salchichas, Mortadelas, Frescos y Curados, excepto inyectados, y abarca pequeñas líneas que terminan hasta el embutido de los productos crudos.

En conclusión, las secciones no determinan las líneas de los productos o familias, en cambio éstas si se podrían diferenciar más fácilmente por el tipo de operaciones requeridas para su producción, las cuales se identificarán mejor por su flujo a través de las distintas secciones físicas de la planta. Para analizar el flujo de las líneas de productos fue necesario primeramente observar los procesos, además se hizo uso de la

documentación de sus procesos, gracias a que la empresa esta certificada con ISO 9000.

Para determinar las distintas líneas de producción se presentará mejor un diagrama por separado con el flujo de los procesos típicos por sección de planta requeridos por cada familia.

Mortadelas

Para la familia de Mortadelas, la sección predominante es la de Pastas finas, aunque cierta variedad como el Pastel de Jamón, requiere incluso la línea de pastas y se intercala con la cámara de maduración.

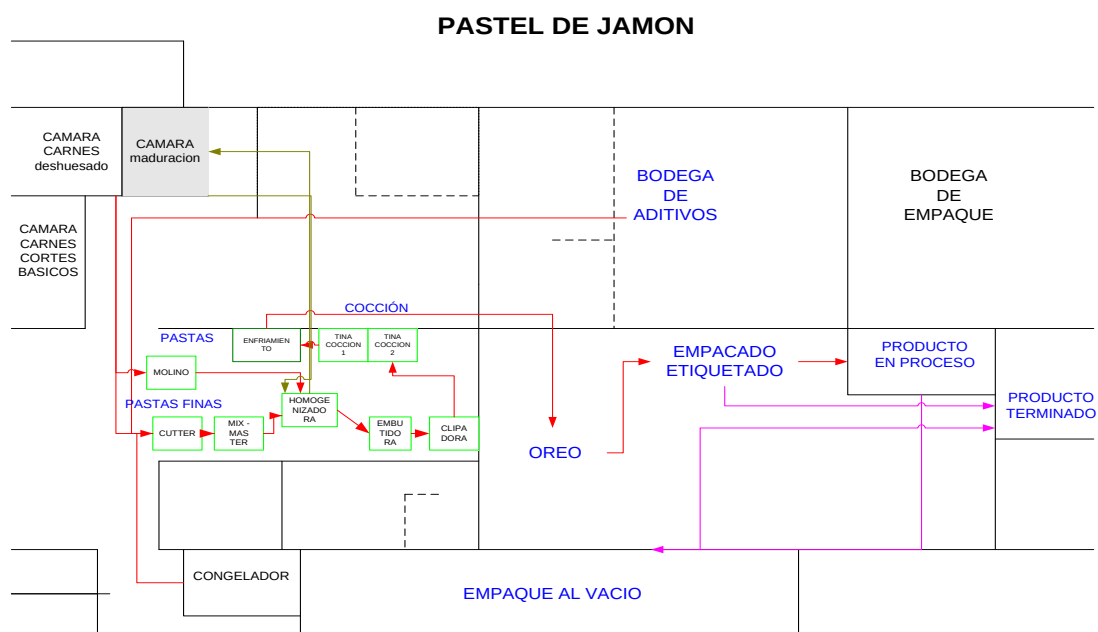


FIGURA 3.2 FLUJO DE DE LA LÍNEA DE MORTADELAS, PARA LA VARIEDAD PASTEL DE JAMÓN

Luego continúan con la sección de cocción donde se utilizan las tinas, oreo y empaçado, donde les colocan las etiquetas de los lotes para ir a la bodega de PP y si son para producto final en piezas luego van a la bodega de PT. Si se requieren más presentaciones, entonces se trasladan las piezas a Empaque al vacío y luego a la bodega de PT.

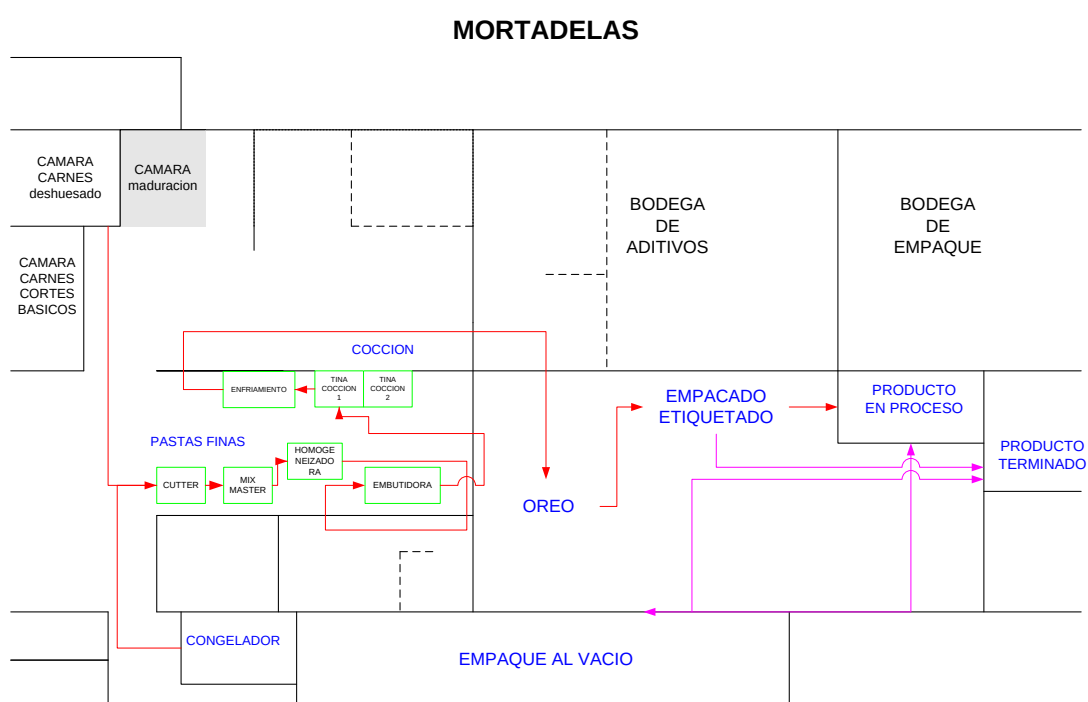


FIGURA 3.3 FLUJO DE DE LA LÍNEA DE MORTADELAS COMÚN.

Salchichas

La familia de Salchichas, también comienza en la sección Pastas finas, luego pasa a la cocción que se realiza en los Hornos. Para su enfriamiento se disponen los coches en la sección de oreo y terminado su enfriamiento

se almacenan en la bodega de PP, intercalado con etiquetado para presentaciones al granel. Luego es trasladado el producto a Empaque al vacío; puede retornar a la bodega de PP varias veces, cuando se requiere recuperar la temperatura adecuada para el sellado al vacío. Cuando está finalmente empacado se lleva a la bodega de PT.

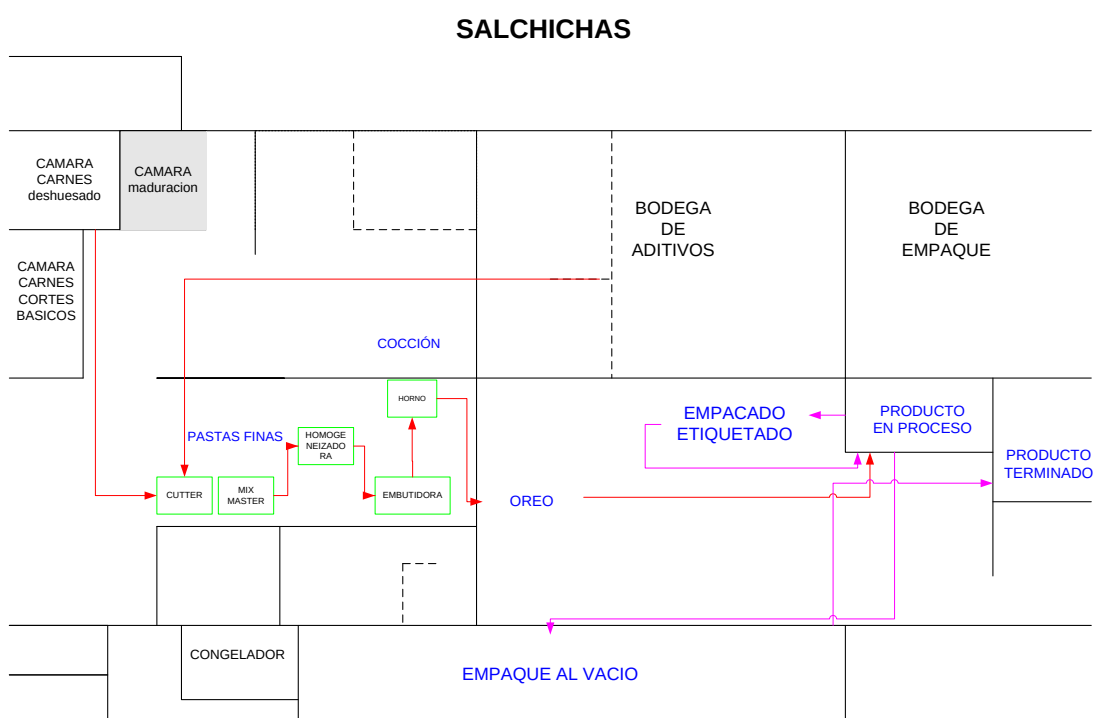


FIGURA 3.4 FLUJO PARA LA LÍNEA DE SALCHICHAS EN PLANTA.

Patés

Inicia su proceso en la sección Pastas finas, luego pasa a la cocción en Tinajas, con su respectivo enfriamiento también en tinajas. Terminado es

curado largo, tipo el requerido para el producto estrella, el “Jamón Serrano”, cuyo proceso de curado oscila en los 6 meses.

El curado corto requiere una mezcla en las secciones de pastas finas y pastas, intercalando con la cámara de maduración, luego se realiza el estufado (adjunto a de la sección de empaque de curados). Aquí comienza el proceso más largo en la cámara de curados, donde finalmente terminado se empaca en la sección de Empaque de curados y las presentaciones terminadas se almacenan en la bodega de curados.

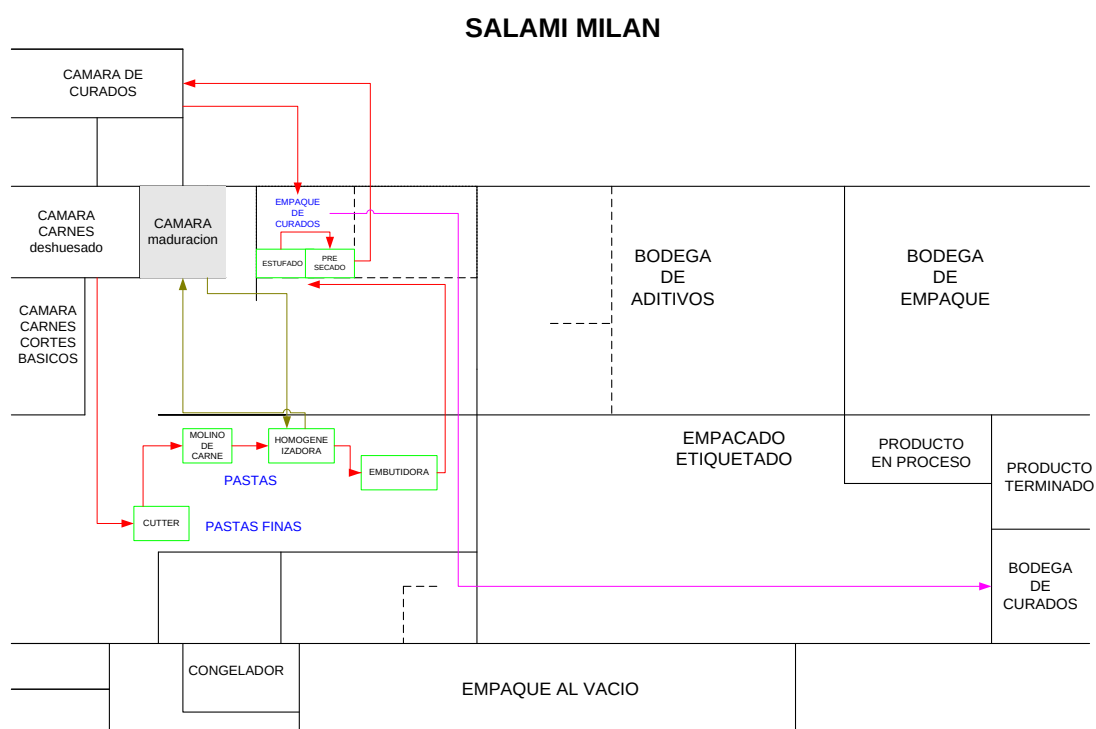


FIGURA 3.6 FLUJO DEL PROCESO CORTO PARA LA LÍNEA DE CURADOS.

El curado de proceso largo generalmente se usa en piezas de cerdo completas, como en este caso la pierna, ya no aplica a una mezcla de carnes picadas. Entonces el proceso empieza en Postsolado donde se entierran las piernas por un periodo de tiempo corto, luego del cual se llevan a la precámara de curados. Aquí empieza el proceso más largo y van rotando según se vaya comprobando la maduración de las mismas a la cámara de curados, adicionalmente se ayuda a este proceso colocando las piernas en la estufadora en tiempos determinados.

Esta variedad de curado es la más compleja además en cuanto a empacado, pues usa solo el empaque de curados para las presentaciones pequeñas rebanadas. Las presentaciones de la pierna completa se terminan en Empacado y etiquetado, por la comodidad del área para piezas más grandes, donde incluso se cortan en porciones más pequeñas que se sellan en Empaque al vacío y posteriormente el producto terminado se almacena en la bodega de curados, aunque las piezas más grandes suelen ir a la bodega de PT por razones de espacio.

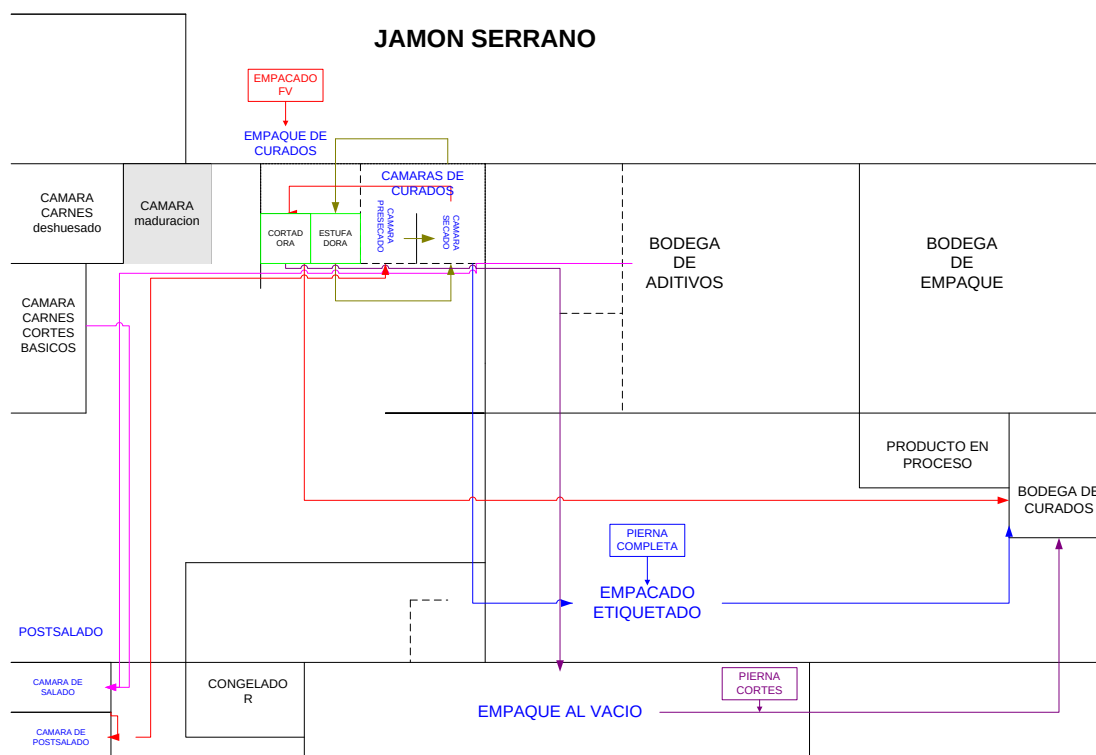


FIGURA 3.7 FLUJO DEL PROCESO LARGO PARA LA LÍNEA DE CURADOS.

Frescos

Los frescos se caracterizan por ser una línea cuyos productos terminados no son para el consumo inmediato, pues les falta cocinar, freír o asar, según el gusto del cliente, máximo se habrá aplicado un ligero ahumado para resaltar sabores y aromas.

Es una línea un poco compleja por la variedad de rutas que pueden tomar sus productos, pero sencilla dado el número de secciones. Ejemplo de ello serán las hamburguesas, albóndigas y morcillas.

Para el caso de las hamburguesas, se muele y mezcla las carnes en la sección pastas finas, donde se aprovecha de la embutidora solo para dosificar la cantidad de producto para el formado. El producto formado pasa al congelador de carnes para que pueda ser manipulable para el empaclado y etiquetado final, luego del cual se almacenan en bodega de PT

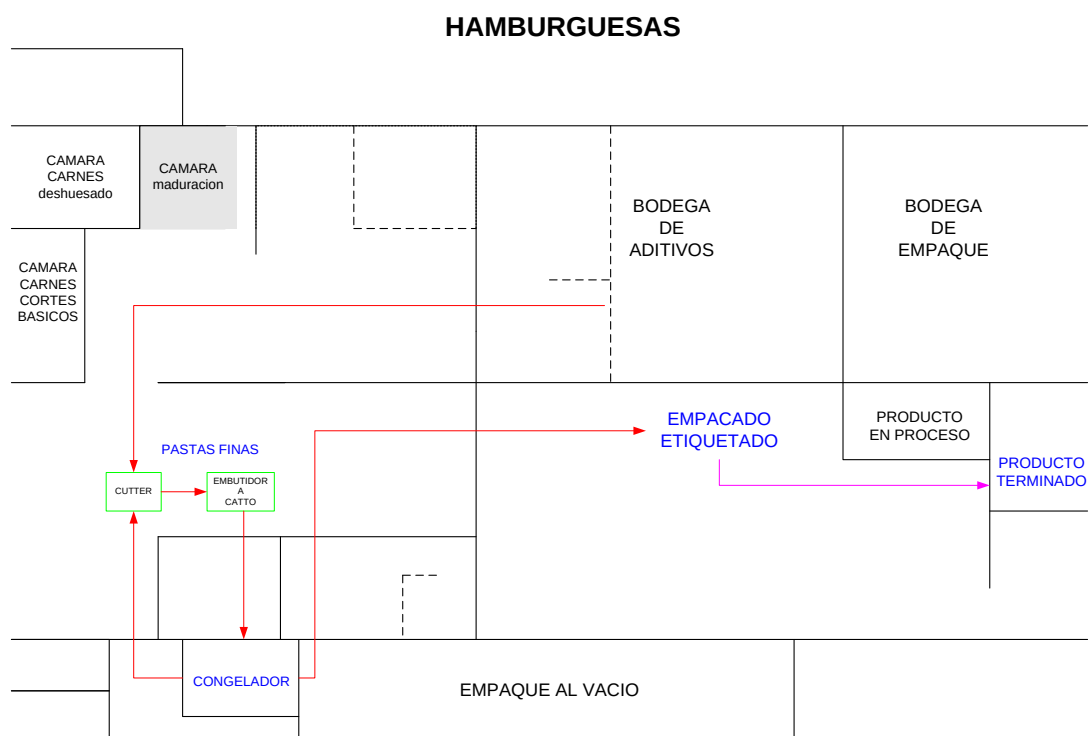


FIGURA 3.8 FLUJO DE LA LÍNEA DE FRESCOS PARA EL PRODUCTO HAMBURGUESA

El producto fresco, Albóndigas, se prepara primero en la sección de Pastas con el molino de carne donde termina con el formado manual, luego se procede a una sección totalmente aislada de la planta, la cocina de la

empresa, donde se procede a freír rápidamente a las albóndigas para que queden selladas, ahí mismo se enfrían y son transportadas a bodega de PP, empackado y etiquetado y finalmente a la bodega de PT.

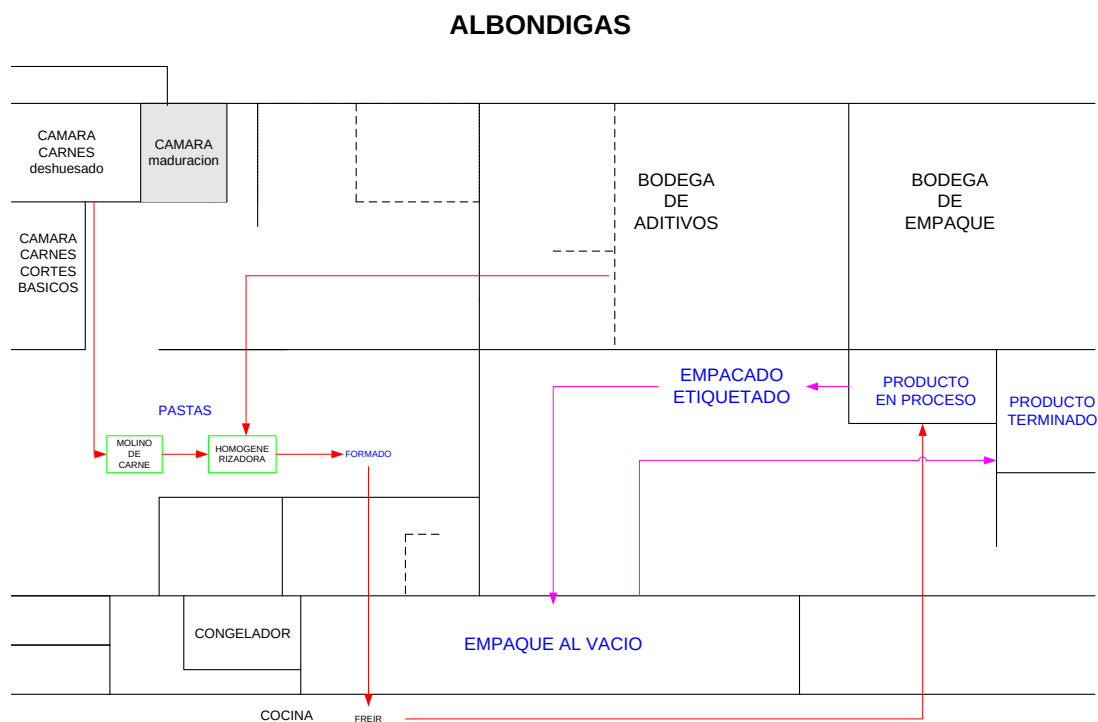


FIGURA 3.9 FLUJO DE LA LÍNEA DE FRESCOS PARA EL PRODUCTO ALBÓNDIGAS

La morcilla es similar a la gran mayoría de frescos como la longaniza, salchicha blanca y roja. Empieza su proceso en la sección de pastas donde terminan por el embutido en las tripas naturales, se sujeta manualmente con piolas, luego se dirigen a cocción donde normalmente se da un proceso de ahumado en los hornos y se terminan por enfriar en la sección de oreo.

De allí finalmente ocupan las secciones de empackado y etiquetado, bodega de PP intercalando con el empaque al vacío previo a su almacenamiento final en la bodega de PT.

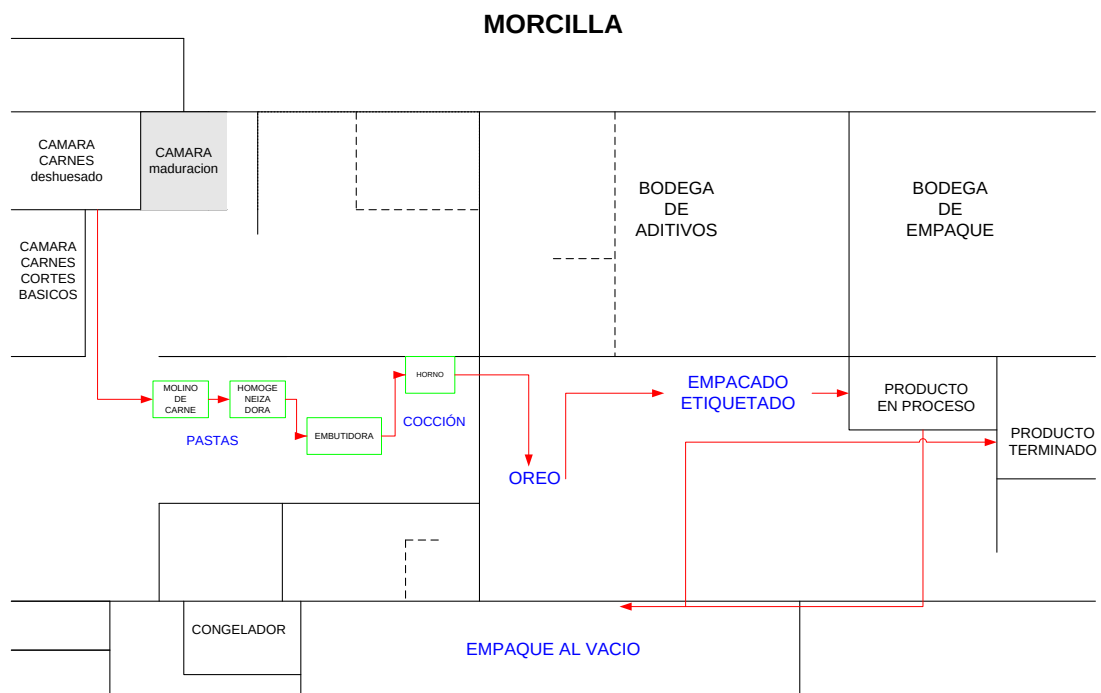


FIGURA 3.10 FLUJO DE LA LÍNEA DE FRESCOS PARA EL PRODUCTO MORCILLA.

Inyectados

Los inyectados se caracterizan principalmente por el uso de las secciones de inyectado y moldeo. Aunque la variedad de estos productos involucre procesos diferentes para cada uno de ellos, a diferencia de los frescos, se enmarcan dentro de las mismas secciones.

Incluso se pudo distinguir que hay productos que provienen de piezas de cerdo o pollo inyectadas completas, como sucede con el pollo o chuleta ahumada. Una gran variedad de jamones característicos de inyectados basan su producto en una mezcla de carnes inyectadas y maceradas que luego se embuten y colocan en moldes especiales para su cocción o ahumado. A continuación explicaremos variedades características de inyectados.

La chuleta ahumada, representa a la ruta usada normalmente para las piezas de cerdo o pollo. Empieza en la sección de inyectados donde se inyecta la salmuera en las piezas y pasan a la cámara de maduración a reposar. Luego del tiempo que corresponda se les da el ahumado en los hornos de cocción y proceden a enfriarse en la sección de oreo. Se traslada el producto a la bodega de PP, de donde es requisado normalmente para terminarse en las secciones de empaque y empaque al vacío para obtener sus presentaciones finales que se almacenan en la bodega de PT.

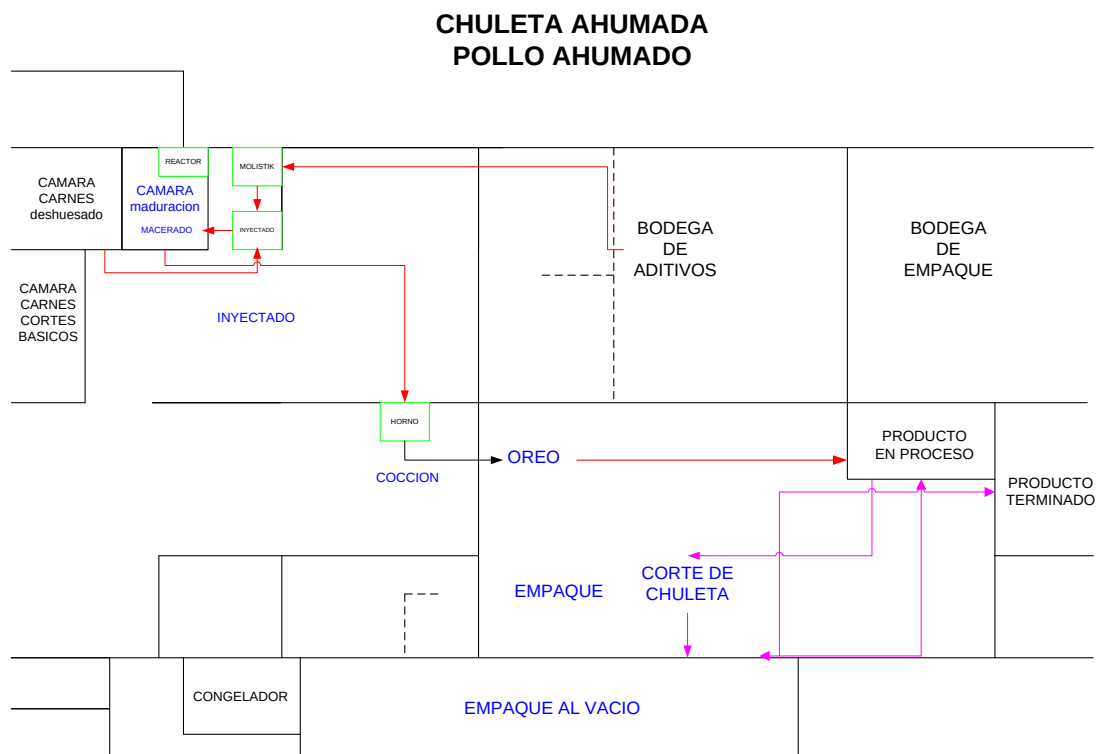


FIGURA 3.11 FLUJO DE LA LÍNEA DE INYECTADOS, PARA PIEZAS

El Inyectado de la variedad jamón americano explica otro flujo de procesos y secciones para los inyectados. Igualmente empieza en inyectados, pero intercalando con la cámara de maduración y su reactor, luego de macerarse las carnes son sometidas a vacío para extraer el aire simultáneamente con el embutido y clipado en la sección de Moldeo donde terminan con este proceso. Los moldes se trasladan luego a cocción para usar las tinas respectivas regresando nuevamente a moldeo cuando el producto está frío para retirar los moldes. Las piezas de jamones son trasladadas bodega de PP, pero si son terminadas como piezas grandes

van a empaqueo y etiquetado previo a la bodega de PT o se requisan para la sección de empaque al vacío y finalmente a la bodega de PT.

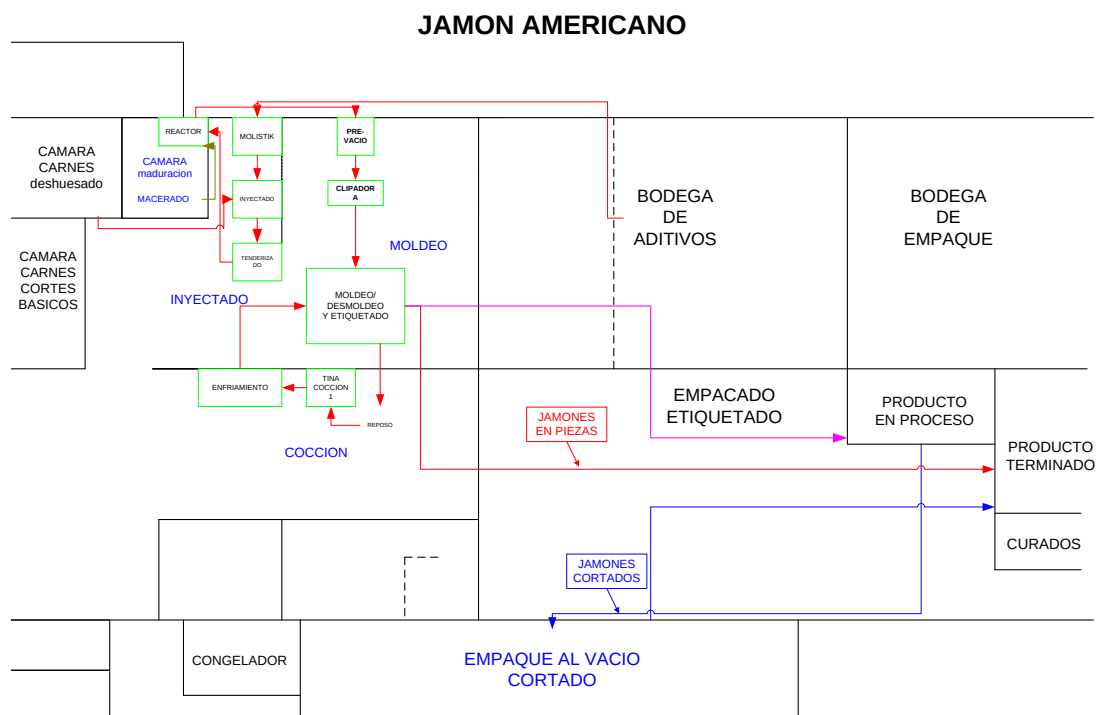


FIGURA 3.12 FLUJO DE LA LÍNEA DE INYECTADOS, JAMÓN AMERICANO.

Otros inyectados como el Jamón Virginia y el Visking tienen un proceso similar al jamón americano arriba mencionado, pero se diferencian por los procesos en las secciones de moldeo, pues no usan propiamente moldes, sino que más bien las piezas son embutidas con procesos diferentes, y el proceso de cocción.

Por ejemplo, en el caso del Virginia, en moldeo se empaqueta la pieza en un liencillo y la cocción se realiza en el horno, por tanto no hay que retornar a moldeo a retirar moldes y como se refresca al ambiente usan la sección oreo. El Visking es embutido en fundas, amarrado y pinchado, en la sección de moldeo, también se cocina en el Horno y se oreo al ambiente.

De ahí el proceso de empaclado es similar van a bodega de PP, empaque y etiquetado si son piezas grandes, o empaque al vacío previamente de la bodega de PT.

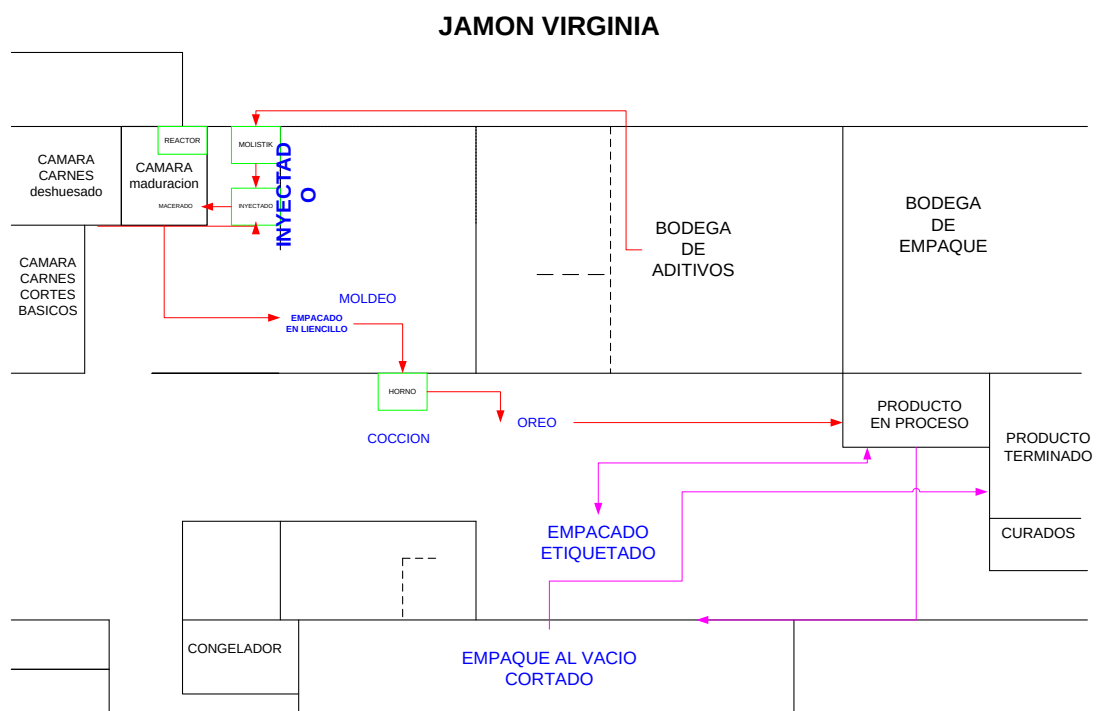


FIGURA 3.13 FLUJO DE LA LÍNEA DE INYECTADOS, JAMÓN VIRGINIA.

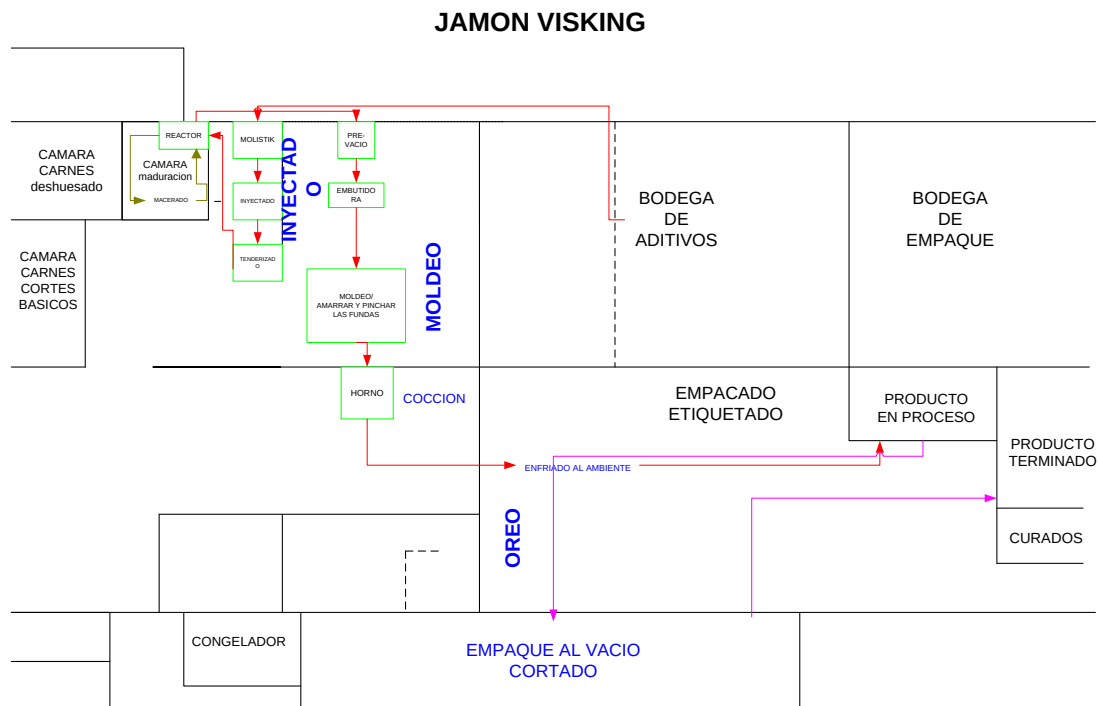


FIGURA 3.14 FLUJO DE LA LÍNEA DE INYECTADOS, JAMÓN VISKING.

3.3 Árbol de Inventarios

Ahora vamos a hablar de los inventarios de la empresa, comenzando por el más importante, el inventario de producto terminado, que es la razón de ser de la empresa y además muy complejo por todo lo anteriormente mencionado.

Para la clasificación de los distintos tipos de inventarios, se llevó a cabo la definición de árboles de Clasificación bastante estructurados y balanceados, como resultado de la implantación del módulo de

inventarios de e-volution Manufacturing, el mismo que proporciona en la mayoría de casos la lógica para la codificación de los productos.

Inventario de producto terminado

La empresa, tal como se pudo explicar en el capítulo 3.2 tiene a su haber la elaboración de una amplia gama de productos, los cuales a su vez se comercializan en una serie de presentaciones finales que resultan de empacar al producto con distintos pesos, incluso cortado en piezas o rebanado en distintas presentaciones y en algunos casos hasta con ciertas combinaciones de productos, por ej.: el producto parrillada que incluye variedades de productos frescos como: una morcilla, salchicha blanca, salchicha roja, longaniza; el mix de curados: que trae rebanadas de jamón serrano, salami y pepperonis etc.

En la mayoría de los casos el Jefe de Producción no planea en que tipo de presentación final será colocado un producto sino hasta el momento en que éste se encuentra elaborado, puesto que los tipos de presentaciones se originan de los pedidos existentes y cambios de la demanda. Aunque si existen ciertos casos donde las órdenes de producción si son generadas con el tipo de presentación final, sin embargo puede incluso ocurrir que un producto final, es decir empacado en una presentación de producto terminado, sea desempacado con el fin de generar otro u otros para otro tipo de presentación requerida.

El primer nivel de clasificación para el árbol de PT está determinado por las líneas de producción que constituyen las familias de los productos: Curados “C”, Frescos “F”, Inyectados “I”, Salchichas “S”, Mortadelas “M” y Patés “P”. El segundo nivel se refiere a la MP cárnica característica, en base a la formulación del producto, la clasificación es: Normal “N”, que corresponde a la carne de cerdo; Familiar “F”, que incluye más carne de res que cerdo; Pollo “P”, Pavo “V” y de tipo Especial “E”, donde pueden ir los combinados.

Finalmente, la tercera clasificación la determina la variedad de los productos de una línea, por ejemplo: en la línea de inyectados tenemos: Jamones, Chuleta, Tocino, Pollo ahumado, etc. Estas variedades son codificadas, en cambio por una secuencia numérica de 2 dígitos. Dentro de las variedades pueden incluirse todas las presentaciones posibles para un producto y se codifica con una secuencia de dos dígitos numéricos adicionales.

Podemos ver en el Diagrama de la figura 3.15 el esquema del Árbol de Inventario de Producto Terminado, para el ejemplo usamos la línea de Inyectados hasta indicar incluso algunos de los códigos de sus productos finales.

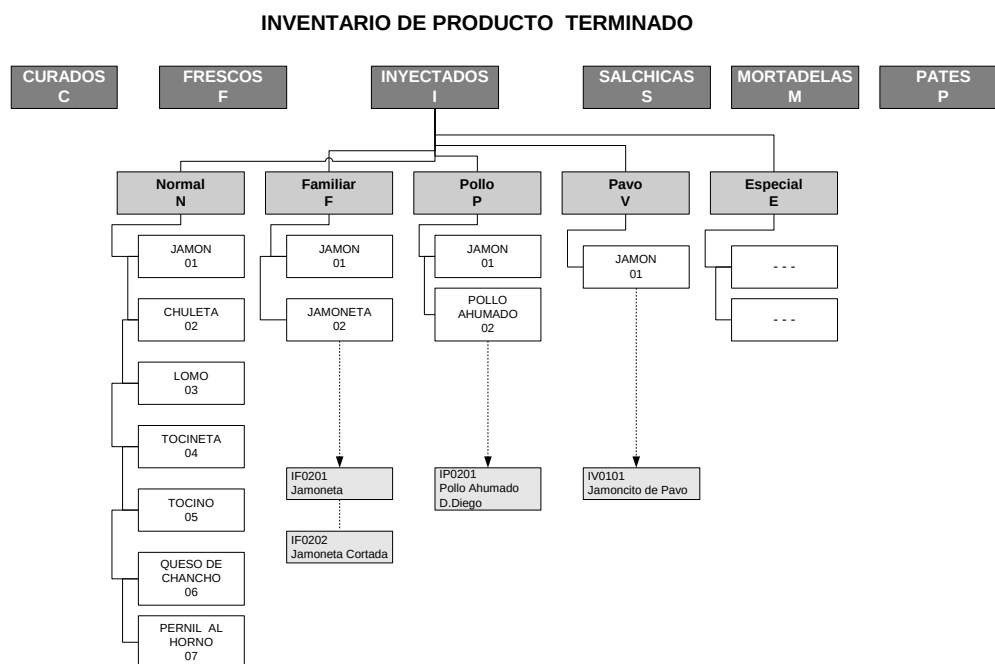


FIGURA 3.15 ESQUEMA DEL ÁRBOL DE INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO

El árbol de inventarios de PT completo se puede observar en el Anexo 1.

En este caso la estructura del árbol sirve de base para la codificación de los inventarios que usan códigos alfanuméricos, por ejemplo:

El Producto Terminado se codifican como: NNXXXX, N son letras y X son números. Cada letra tiene además su interpretación con respecto a la clasificación del producto. Ejemplo:

IF0202 Jamoneta cortada

I Por Inyectados

F Por tipo de fórmula Familiar, o combinación de carnes de cerdo con res

- 02 Variedad de Inyectado familiar: Jamoneta
- 02 Número del artículo correspondiente a su presentación, ej. Cortada
FV 250 gr.

Inventario de Materias Primas:

El inventario de Materias primas es otro tipo de inventario muy variado y complejo, porque en él encontramos toda la gama de los productos que se requieren para la producción y que se mantiene incluso clasificado en distintas bodegas. Para empezar encontramos que las materias primas se han dividido en dos grupos importantes: el primero que corresponde a la estructura del inventario de carnes y el segundo corresponde al inventario de producción.

Inventario de Carnes

El inventario de carnes tiene clasificaciones más fáciles de comprender, primero se clasifican por sus usos específicos en producción: Carnes, Subproductos, Emulsiones, y luego por el origen o tipo de carne.

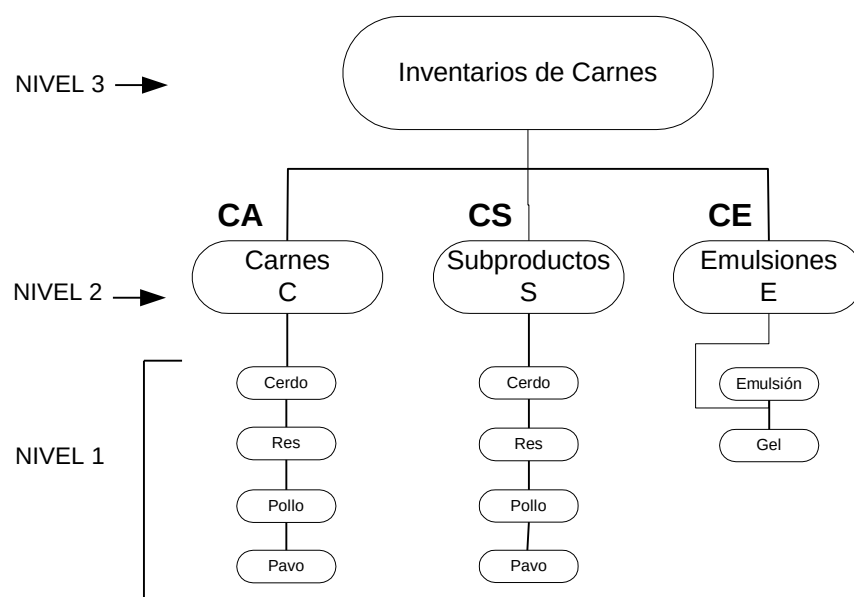


FIGURA 3.16 ÁRBOL DE LA CLASIFICACIÓN DEL INVENTARIO DE CARNES.

Las carnes igualmente se codifican como el PT, bajo el esquema de un árbol balanceado de clasificación, donde su código alfanumérico tiene relación con la clasificación de las carnes. En general para este inventario se da la siguiente estructura de códigos: CAXXXX para carnes, CEXXXX para las emulsiones y CSXXXX para los subproductos, Ejemplo:

CA0102 Carne I de Cerdo

CA Carne

01 Cerdo

02 Carne tipo I

CE0101 Emulsión cruda

CE Emulsión

01 Cruda

Inventario de Producción:

El árbol de la estructura de inventarios de fabricación comprende en cambio los siguientes grupos principales: aditivos, empaques, fundas, etiquetas y otros insumos.

El inventario de Aditivos se presta más bien para establecer clasificaciones, según su utilidad o su función en la producción. No hay una clasificación de primer nivel así que se conserva el mismo nombre de clasificación Aditivos para éste nivel y en el segundo nivel encontramos sus siguientes variedades: aglutinantes, antioxidantes, colorantes, conservantes, desinfectante, emulsionante, etc.

Los empaques si pueden clasificarse en empaques, propiamente dichos, fundas y etiquetas. A su vez los empaques se dividen en: mallas, piolas, rollos, tripas, clips, cajas, generalmente su uso es para embutido y moldeo. Las fundas se clasifican en: fundas con logotipo, metálicas, sin logotipo nacionales y sin logotipo importadas. Las etiquetas dada la variedad y cantidad es preferible clasificarlas por las líneas de productos pues tienen relación con el etiquetado final que es por producto, por tanto se clasifican según las líneas: inyectados, mortadelas, salchichas, frescos, etc.

Y el inventario adicional para la fábrica, generalmente no tiene relación con los productos sino más bien es de uso general en ciertas secciones de la planta, incluso insumos administrativos, por lo que se ha denominado como Otros inventarios de fábrica, se clasifica en: material para empaque, material de limpieza, útiles de oficina, cocina, uniformes, herramientas menores, como: cuchillos, cepillos, etc.

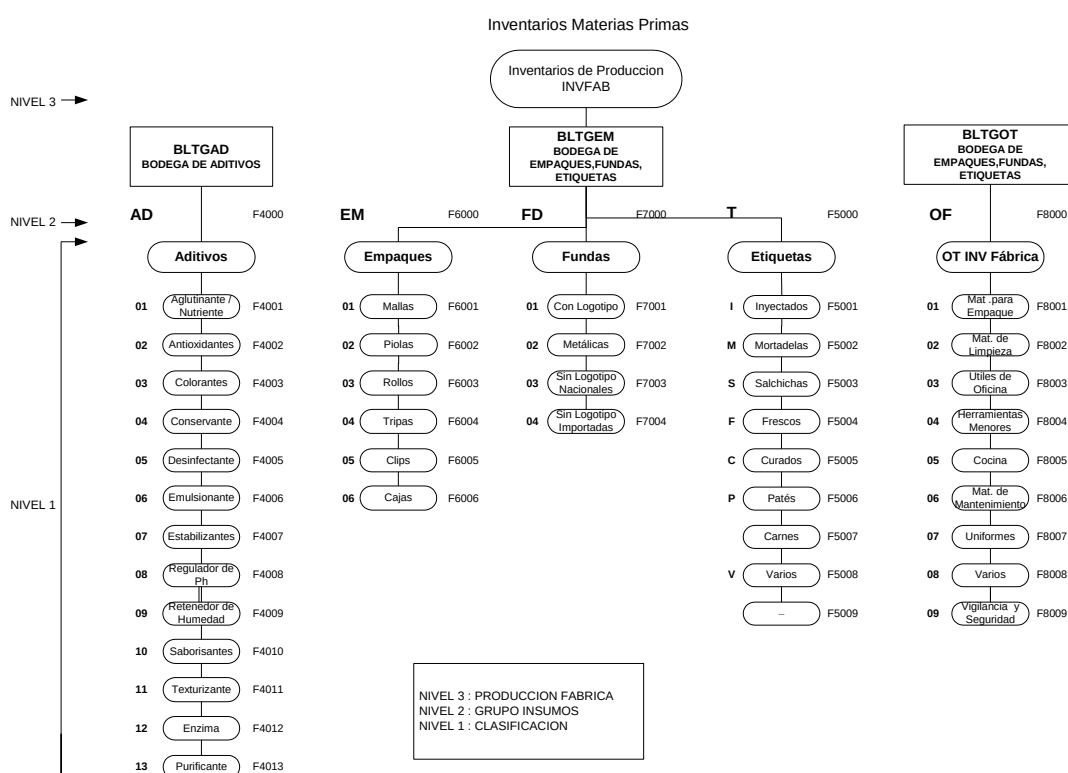


FIGURA 3.17 ÁRBOL DE LA CLASIFICACIÓN DEL INVENTARIO DE PRODUCCIÓN.

Los códigos también son alfanuméricos, con estructura NNXXXX, N letras y X números:

Los aditivos empiezan con: ADXXXX.

Los empaques empiezan con: EMXXXX

Las fundas empiezan con: FDXXXX

Los Otros insumos empiezan con: OFXXXX

Y las etiquetas empiezan con T, seguido de la letra que identifica a cada familia, I Inyectados, F frescos, C curados, P pates, etc., por tanto se codifican como T_XXXX.

CAPITULO 4

4. ASPECTOS RELEVANTES Y MODELADO DE PROCESOS

El propósito del Sistema de Planeación y Programación de la Producción (SP3), es soportar las actividades de planeación y programación de la planta de producción, controlando la formulación de todos los productos, calculando la explosión de los materiales y los tiempos requeridos para su elaboración, así como la disponibilidad de los recursos (mano de obra, maquinaria y otros).

En el presente capítulo explicaremos la metodología con la que opera el sistema para la estructuración de productos, haciendo los respectivos contrastes para los procesos reales de la empresa, de manera que se puedan aclarar ciertos aspectos importantes a considerar en el modelado de los productos. Además, en base a esta información, se explicará cuál es la lógica usada por el simulador para presentar la programación de las órdenes de producción.

4.1 Metodología de la Modelación

La metodología con que se modela en el sistema las rutas de producción de un producto comienza por registrar al mismo en el módulo de inventarios, como un artículo de tipo PT, eso le permitirá al módulo SP3 poder relacionarlo posteriormente con alguna fórmula de producción. Por otro lado, también deben registrarse todos los ítems correspondientes a las materias primas, que serán utilizadas en la producción del producto, con tipo de clasificación MP. Por ejemplo, un artículo PT que vamos a describir luego, el paté de champiñones, cuyo código es el PN0102, o las materias primas: Nitrito de Sodio AD0403, Champiñones AD1011, etc.; cuya codificación se explicó en la sección 3.3.

Luego requerimos definir las operaciones, que constituyen una unidad atómica de trabajo, las mismas que pueden o no recibir materias primas, o al menos algún producto en proceso (de otra operación) para transformarlo en otro, usando algún tipo de recurso (máquina u operario) en tiempos determinados.

Las operaciones se registran por producto mediante un código que las describe y guardan relación con dos aspectos importantes para la planeación: la primera es la relación de insumos o materias primas requeridas para convertir una unidad de producto; y, la segunda es la

relación de tiempos de producción, asociado con el recurso donde se lleva a cabo este proceso.

Cada operación registra además un producto intermedio o en proceso, que se denomina igual que la operación generadora, es decir, ambos operación y producto en proceso tienen un mismo nombre en el sistema. La mecánica con que se relacionan las materias primas a una operación, mediante una fórmula de consumo, es la misma para los PP, que también son insumos de alguna otra operación. Así se define entonces la secuencia de las operaciones requeridas, desde la primera hasta la última por las que pasa el producto.

Finalmente la Fórmula del producto, es otro objeto de relación, que se crea con un nombre que la identificará y contendrá: la relación del nombre del producto terminado que activará su proceso de explosión; y, la última operación, generadora de la cadena de operaciones de donde se obtiene dicho producto.

Con estos pasos recién hemos definido la ruta del producto, tal como lo indica el diagrama siguiente:

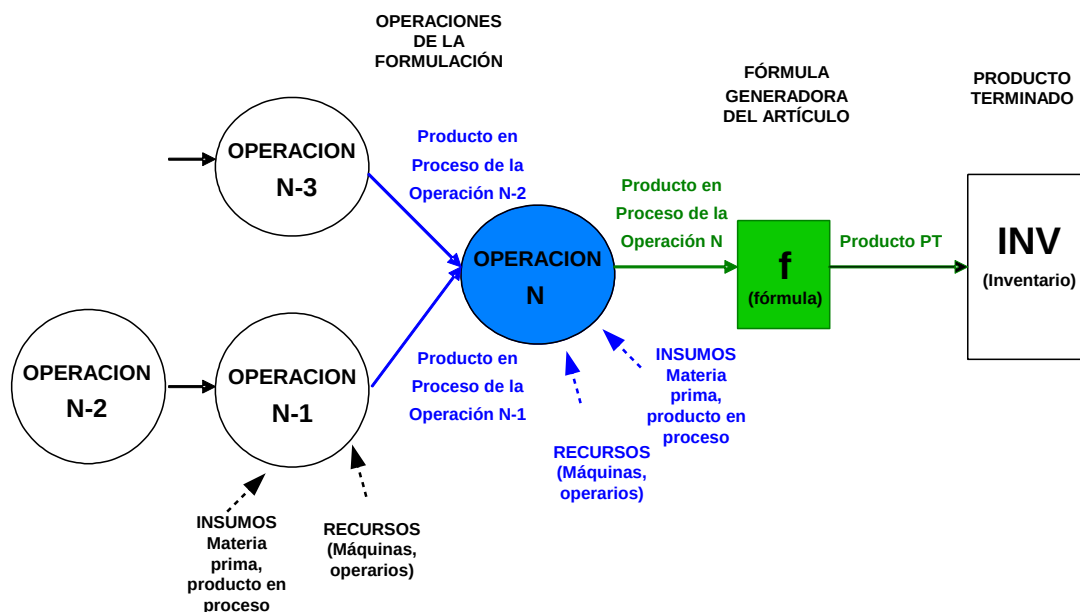


FIGURA 4.1 DIAGRAMA DE LOS ENLACES DE PRODUCTO, FÓRMULAS Y OPERACIONES CON LOS QUE OPERA EL SISTEMA PARA DETERMINAR LA RUTA DEL PRODUCTO.

Para el modelado de los productos en el sistema, los artículos, fórmulas y operaciones se relacionan entre sí por medio de unidades de medidas. En las operaciones la unidad de medida corresponde al parámetro con que se mide el producto en proceso, y en la fórmula igual existe una relación con la unidad del artículo del inventario PT.

Para facilitar la comprensión de lo que representaría una secuencia de operaciones, veamos el ejemplo descrito en la tabla 1:

TABLA 1
SECUENCIA DE OPERACIONES PARA EL PATÉ DE CHAMPIÑONES
PN0102.

Pasos	Código de Operación	Descripción de Operación	Producto Proceso	Descripción de PP	Comentario PP	Unidad PP	Insumo OP (PP)
1	N1PN0102	Cocción de carne paté de Champiñones	N1PN0102	PP de la operación N1PN0102	Carne cocida para paté	KG	-
2	N2PN0102	Picado de carne paté de champiñones	N2PN0102	PP de la operación N2PN0102	Carne picada para paté	KG	N1PN0102
3	N3PN0102	Picado de Hígado paté de champiñones	N3PN0102	PP de la operación N3PN0102	Hígado picado para paté	KG	-
4	S4PN0102	Picado completo pasta paté de champiñones	S4PN0102	PP de la operación S4PN0102	Pasta completa picada para paté	KG	N2PN0102 N3PN0102
5	S5PN0102	Homogeneizado pasta paté de champiñones	S5PN0102	PP de la operación S5PN0102	Pasta homogeneizada para paté	KG	S4PN0102
6	N6PN0102	Embutido pasta paté de champiñones	N6PN0102	PP de la operación N6PN0102	Patés embutidos	KG	S5PN0102
7	S7PN0102	Cocción paté de champiñones	S7PN0102	PP de la operación S7PN0102	Patés cocinados	KG	N6PN0102
8	N8PN0102	Enfriado de paté de champiñones	N8PN0102	PP de la operación N8PN0102	Patés enfriados	KG	S7PN0102
9	S9PN0102	Etiquetado de paté de champiñones	S9PN0102	PP de la operación S9PN0102	Patés etiquetados	KG	N8PN0102

En este caso, todo el control de productos en proceso y productos terminados a inventario se lleva en Kilogramos⁴ (KG), por lo que ésta será la unidad de medida base en todas las operaciones. Aún cuando el sistema de inventarios permita, a los productos terminados, el manejo de una doble unidad de medida: siendo la unidad principal correspondiente a los KG; la unidad secundaria adicional corresponde a la unidad de presentación final

⁴ Kilogramos, unidad de medida, que está definida en el sistema con el código “KG”.

del producto, o unidad de venta. Por ejemplo, en el caso de los PT, encontraremos su control de existencias tanto en KG como en otras unidades de medida, por ejemplo: FV100 - Funda al vacío de 100 gr., FV500 - Funda al vacío de 500 gr., PIEZAS 5 - Pieza de 5 KG, etc. según corresponda al artículo.

Las materias primas, según consta en la documentación ISO, acerca de la formulación de insumos para todos los productos, también es dosificada en la unidad de medida principal KG. Sólo en la operación de Empaque hay otros insumos, como las etiquetas, piolas o fundas, que utilizan otras unidades de medida distintas, como: la unidad "U", metros "M", etc.

La formulación de las MP, en una operación, funciona como la parametrización de una función matemática, que expresa la relación del insumo en función al producto en proceso dado. Por ejemplo: si para obtener una unidad de PP, la receta indica que se agrega un 50% de una MP en particular, la expresión para la MP será $f(x) = 0.5 \cdot X$; donde X corresponde a las unidades de los PP.

Con este ejemplo podemos comprobar entonces, que cuando la operación requiera producir 1 unidad de PP, automáticamente calculará, por reemplazo en la fórmula del insumo, que se requieren 0.5 KG de la MP determinada.

Este es un caso muy simple, pero sobre este principio se basa el desarrollo de los modelos que se explicarán más adelante.

Similar a la relación de materias primas de una operación, es la formulación del producto en proceso. Si regresamos a observar en la tabla 1, existe una columna que se denomina “Insumos OP (PP)”, esta indica cuando una operación requiere del PP de una o más operaciones. Por ejemplo, la operación S4PN0102 Picado completo pasta paté de champiñones, requiere los PP de las operaciones N2PN0102: Picado de carnes y N3PN0102: Picado de Hígado; o la operación N8PN0102: Enfriado de paté, requiere del producto de la operación S7PN0102: Cocinado del paté. Solo las operaciones iniciales, y en este caso excluyentes, como las N1PN0102 o N3PN0102 no tienen necesidad de algún PP.

Los productos en proceso también tienen su expresión transformadora que expresa la relación entre las operaciones y aquí comienza un aspecto importante a ser considerado en el modelado de los procesos cárnicos. Si tratáramos con líneas de ensamblaje por ejemplo, la relación entre PP resultaría más sencilla, pues generalmente serían expresiones del tipo $F(x) = 2X, 4X, X, 0.5X$, etc. de acuerdo a cuantas unidades del PP anterior requiera la operación.

Sin embargo, en nuestro caso es importante destacar, que para todas las distintas familias de productos terminados o líneas de producción, y en

todos los procesos existe una variable intrínseca de los procesos cárnicos, que consiste en el porcentaje de merma⁵ del producto. Aunque esta variable depende de muchos factores ambientales y de proceso, la tasa aproximada por producto generalmente es fija.

La merma es en algunos casos muy significativa: como en las operaciones de cocción, cámara de curados, moldeo, etc.; en otros, resulta casi despreciable, como: en el picado de pastas, empaque, etc. Adicionalmente es controlada en ciertos puntos de control a lo largo del proceso, registrando el peso de entrada y salida, especialmente entre las secciones, pero en las Hojas de Producción solo se hace referencia a la merma total del producto, por las diferencias de peso desde que este contiene todos sus aditivos e insumos hasta que sale de empaque final.

Como se necesitaba conocer la expresión transformadora entre cada operación, en este caso la merma entre operaciones, se recurrió al muestreo por producto, a través de los últimos Controles de Producción, correspondientes a las órdenes de un mes específico; o, si el producto era muy especial o de temporada, etc. se buscaban las órdenes del mes de mayor producción (Por ejemplo, el carré de cerdo es un producto que se elabora básicamente para navidad, o en diciembre). De estas órdenes se obtuvo el peso con que fueron programadas y el modo en que éste fue

⁵ Merma, es la pérdida de peso del producto por evaporación o secado.

variando a medida que pasaban por cada una de las operaciones. Posteriormente empleando el software T-Stat fue posible obtener una función que relaciona los pesos del PP entre secciones contiguas.

En el ejemplo del gráfico siguiente de la Figura 4.2 se muestra la forma en que se halló la función que relaciona el peso del producto PN0102, entre las operaciones cocción y enfriado.

Se puede notar la relación lineal que muestra que el nivel de merma se mantiene constante al ser independiente del peso del PP en la operación precedente.

Orden	Tot.Orden	Cocción	Enfriado	MERMA
#	KG	KG	KG	KG
1	100	99	97	2
2	200	194	190	4
3	100	100	98	2
4	200	198	194	4
5	400	387	380	7
6	100	98	96	2
7	200	193	189	4
8	400	397	390	7
9	100	99	97	2
10	100	100	98	2
11	200	197	192	5
12	100	98	96	2
13	200	198	194	4
14	100	100	98	2
15	100	97	95	2
16	100	99	97	2

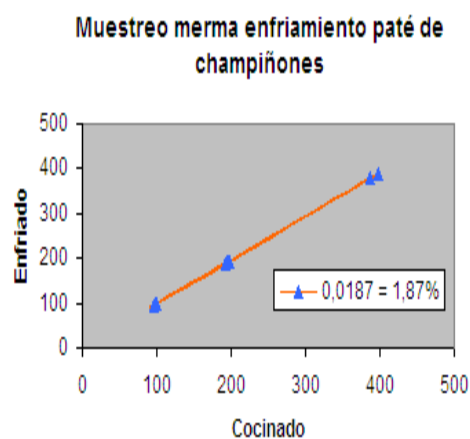


FIGURA 4.2 MUESTREO PARA OBTENER LA MERMA DE ENFRIAMIENTO DEL PATÉ DE CHAMPIÑONES.

Con estos resultados obtendríamos la expresión que nos permitiría configurar la fórmula de insumo para la operación N8PN0102 Enfriado de Paté, del PP requerido de la Operación previa S7PN0102 Paté cocinado, con la relación $F(X) = X / (1 - 0.0187)$.

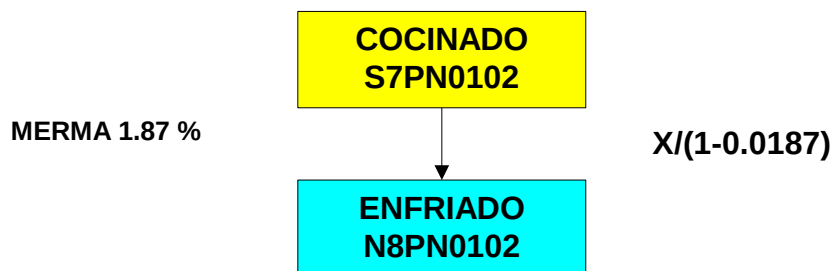


FIGURA 4.3 DIAGRAMA DEL CONCEPTO DE MERMA EN LAS RELACIONES DE PRODUCTO EN PROCESO.

De tal manera que si queremos obtener 100 KG de producto paté fresco, se debe haber cocinado, según la merma, 102 KG de paté embutido, y así sucesivamente.

4.2. Modelado de Recursos

Los recursos son la base o unidad de ejecución de las operaciones o procesos donde se desarrollan los productos. Se debe empezar definiendo los diferentes recursos existentes en la organización, empezando por los recursos más generales como: compañía, departamentos, maquinarias u operarios, cada uno de ellos se reconoce como "recurso" en el módulo de SP3.

Luego se determina una estructura jerárquica que sirve para administrar la relación entre los recursos, asociándolos a manera de un árbol de clasificación de padres e hijos, que puede interpretarse como la relación de dependencia o subordinación de unos recursos con otros. Sobre todo

la estructura es útil para la aplicación de jornadas y Horarios, que se verá más adelante, pues con esta relación es más sencillo asignar jornadas y horarios, a un recurso padre y a sus recursos hijos, sin tener que registrarla individualmente a todos los recursos designados.

Para clasificar los recursos se solicitó a los encargados de mantenimiento de la empresa, un listado de los equipos, los que previamente se encontraban clasificados por sección, del mismo se tuvo que seleccionar solo algunas máquinas, pues lo importante es considerar realmente aquellas que tienen relación con el producto en proceso que originan los PT.

A continuación puede verse en la Tabla 2 la estructura de los recursos padres e hijos que se definieron para los modelos de la empresa (La tabla completa de recursos se muestra en el anexo 2).

TABLA 2
ESTRUCTURA Y RECURSOS DEFINIDOS PARA LA PLANTA.

CODIGO RECURSO PADRE	DESCRIPCION	CODIGO RECURSO	DESCRIPCION
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	BALANZA	Balanza
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	COHCOC1	Coche de cocción
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	ECCUMQ-01	Cutter Kramer + Grebe
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	ECMLMQ-01	Molystick
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	ECMOMQ-01	Molino de Carne
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	ECRPMQ-01	Reactor Pulmonar
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	JAULA1	Jaula de cocción
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	OPDESHUESE1	Operarios de Deshuese
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	OPEMPAQUE1	Operario de Empaque
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	PAILA	PAILA
PLANTA	PLANTA DE CÁRNICOS	SE_CAMAL	Sección Camal
OPEMPAQUE1	Operario de Empaque	OPEMPAQUE2	Operario de Empaque
OPEMPAQUE1	Operario de Empaque	OPEMPAQUE4	Operario de Empaque
JAULA1	Jaula de cocción	JAULA2	Jaula de cocción
JAULA1	Jaula de cocción	JAULA3	Jaula de cocción
EMACE-01	Recurso Macerado	EMACE-02	Recurso Macerado
EMACE-01	Recurso Macerado	EMACE-04	Recurso Macerado
ECESMQ-01	Estufaje 1	ECESMQ-02	Estufaje 2
ECESMQ-01	Estufaje 1	ECESMQ-03	Estufaje 3
COHCOC1	Coche de cocción	COHCOC3	Coche de cocción
CAMARENF1	Cámara de enfriamiento	CAMARENF2	Cámara de enfriamiento
CAMARENF1	Cámara de enfriamiento	CAMARENF3	Cámara de enfriamiento
AMBIENTE1	AMBIENTE	AMBIENTE10	AMBIENTE
AMBIENTE1	AMBIENTE	AMBIENTE11	AMBIENTE
AMBIENTE1	AMBIENTE	AMBIENTE2	AMBIENTE
AMBIENTE1	AMBIENTE	AMBIENTE7	AMBIENTE
AMBIENTE1	AMBIENTE	AMBIENTE9	AMBIENTE
AMBIENTE1	AMBIENTE	CAMARENF1	Cámara de enfriamiento

Acerca de la estructura de los recursos de la Tabla 2 podemos realizar las siguientes observaciones:

El recurso PLANTA o Planta de Cárnicos, es la cabeza principal de la estructura. Ligado a la PLANTA se encuentran la mayoría de los recursos. En caso de que de acuerdo a un programa se necesite que dos o más órdenes pasen por un mismo recurso, como sucede realmente, será

necesario crear recursos ficticios según la cantidad de órdenes que puedan realizarse al mismo tiempo en un recurso.

Un ejemplo de recurso ficticio es el llamado AMBIENTE1, fue necesaria su creación ya que la operación Oreo es una operación intrínseca dentro de la cadena de procesos para obtener ciertos productos, y necesita ser modelada, porque dura un tiempo establecido; y, como las operaciones dentro del sistema, requieren ser llevadas a cabo en una clase de recurso⁶, se creó el recurso “AMBIENTE” asociado a la clase de recurso “AMB”. Por tanto, todas las operaciones de Oreo que se configuren invocaran a la clase de recurso “AMB”, y según coexistan al mismo tiempo, en un programa determinado de producción, las operaciones con un mismo tipo de recurso “AMB”, cada orden tomará un recurso de la clase. Es por ello que se han creado un número determinado de recursos AMBIENTE (del uno al 10), que coincide con el número de órdenes aproximado que físicamente puede haber en la sección oreo al mismo tiempo.

Se subordinaron todos los recursos AMBIENTE a un padre: “AMBIENTE 1”, porque todos tendrán la misma disponibilidad de tiempo, y cuando se defina el horario para el recurso “AMBIENTE1”, automáticamente, todos los AMBIENTE#, compartirán el mismo horario.

⁶ Clase de recurso, es un concepto que agrupa un conjunto de recursos de acuerdo a sus características operativas. Es utilizada por el módulo de fórmulas para simplificar la declaración de operaciones que utilizan conjuntos de recursos similares.

A continuación veremos en la figura 4.4 como se esquematiza, utilizando una pequeña fracción de un programa de órdenes, la aplicación del concepto de Recursos para el sistema.

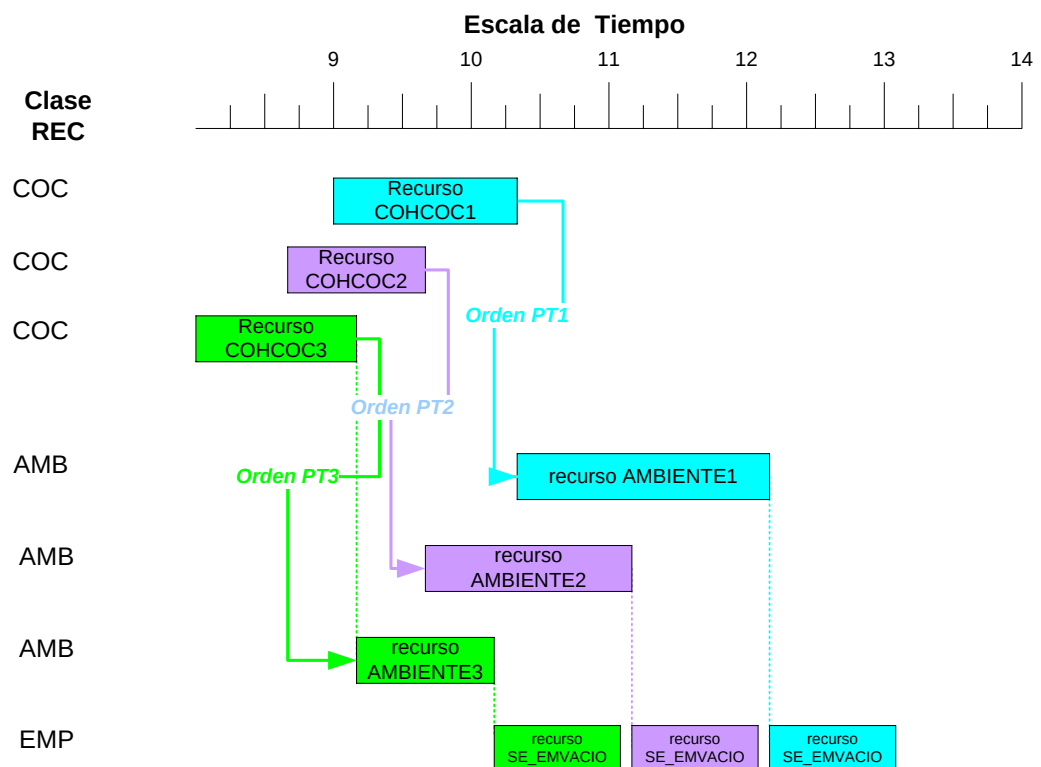


FIGURA 4.4 DIAGRAMA EXPLICATIVO DE LA APLICACIÓN DE RECURSOS EN EL PROGRAMA DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN.

La programación se realiza desde la fecha de pedido de la orden hacia atrás. En la figura vemos diferenciadas tres órdenes de productos, que utilizan casi simultáneamente las mismas clases de recursos. Cuando deben utilizar una misma clase, por ejemplo EMP, y en la clase existe un

solo recurso para llevar a cabo la operación, SE_EMVACIO, entonces todas las órdenes deben programarse intercaladas hasta completar su ciclo en el mismo recurso. En cambio, cuando deben programarse para una clase que contiene varios recursos, veamos las clases AMB o COC, las operaciones van tomando cada uno de los recursos disponibles, de la clase que corresponda, sin perder tiempo hasta que se agoten los recursos de la clase o encuentre alguno desocupado.

4.3. Horarios

La definición de Horarios en el sistema funciona en base a una estructura de Jornadas. Y cada jornada corresponde a un conjunto de desgloses de tiempos u horarios para un día determinado, donde cada desglose de tiempo se califica en función de su utilización: Normal, Almuerzo, Mantenimiento, Limpieza, etc. éstos a su vez son calificados como tipos de tiempos productivos o improductivos, y también se califican con prioridades a los desgloses de tiempos.

Estas jornadas estructuradas se aplicarán a los recursos, las cuáles también sirven de base para la planeación de las órdenes, porque para programar las mismas el sistema necesita tener una base sobre la cual pueda calcular los tiempos efectivos de disponibilidad de los recursos.

La programación de órdenes, como resultado del cálculo de horas efectivas de los recursos, se puede ver en la siguiente figura, donde la aplicación de las jornadas a los recursos de las operaciones las ordena en función a su disponibilidad de tiempos asignados.

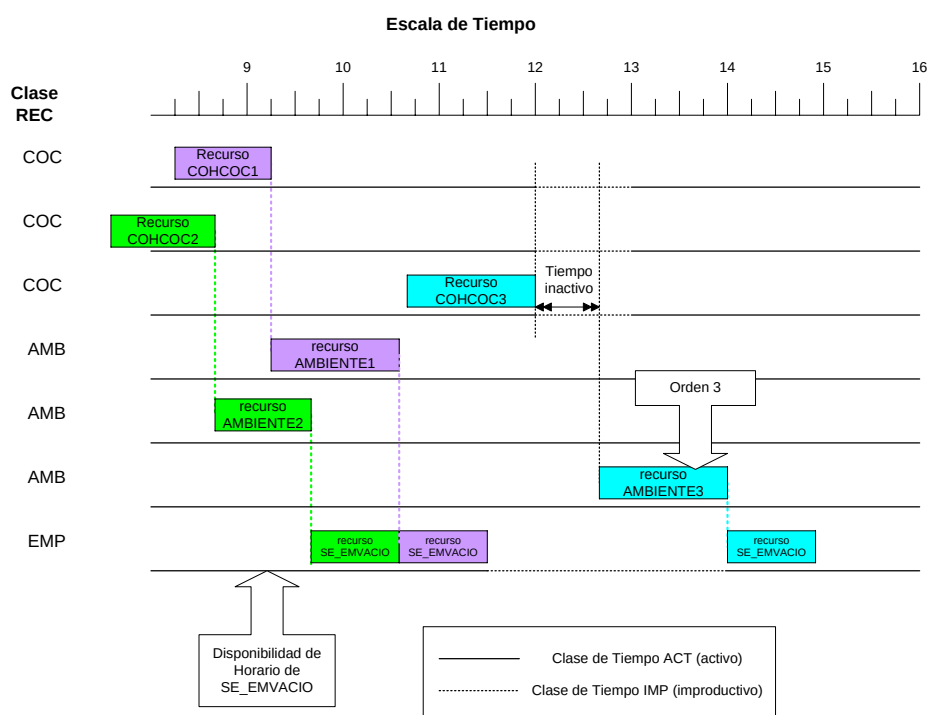


FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE LA PLANEACIÓN CON LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE HORARIOS Y TIEMPOS EFECTIVOS DE LOS RECURSOS

Pero el horario o disponibilidad de un recurso no solo se define por la aplicación de las jornadas. Aparte se puede afectar a un recurso específico cuando lo requiera en base a programaciones de tiempos excepcionales. Por ejemplo, que hubiera alguna reparación o un mantenimiento preventivo. De esta manera por ejemplo, si como vemos en la figura 4.5, se hubiera asignado un tiempo muerto

excepcional al recurso SE_EMVACIO, de 11H30 a 14H00, que incluso es único en su clase, las operaciones no considerarían éste periodo y se programarían unas más temprano y otras más tarde de este período.

Incluso vemos en la figura 4.5 como es el efecto de una jornada normal. En el caso de los recursos tipo COC todos tienen un periodo de receso de 12H00 a 13H00, sea por almuerzo o algún desglose de tipo improductivo de la jornada, este tiempo no es considerado para el programa de órdenes, por lo que si la explosión de operaciones, en este caso para la orden 3, coincide con a utilización de recursos inactivos deberá hacerlo en cualquiera de ellos apenas encuentre un momento disponible para la clase de recursos.

Para nuestro caso, en la empresa se configuró una sola jornada padre, que incluye todas las jornadas posibles de producción en la empresa, asociada a los distintos recursos padres e incluso a recursos específicos (Ver estructura de las jornadas configuradas en la tabla 3). En la definición de Jornadas no se usó desgloses muy complejos, como se verá son turnos corridos sin descansos, pues como sucede en la planta cuando es hora de almuerzo, que sería uno de los principales motivos de interrupción de los procesos, los operarios se turnan para no dejar desprovista las secciones. Y en lo que se refiere

a tiempos de limpieza éstos se hacen antes o después de los turnos e incluso son considerados como la preparación de las operaciones (ver 4.4 Tiempos de preparación), además hay operarios destinados sólo a la limpieza, es decir como apoyo indirecto a los procesos.

TABLA 3
ESTRUCTURA DE LA FAMILIA DE JORNADAS DE LA EMPRESA.

FAMILIA DE JORNADAS

PRODUCCIÓN EN FÁBRICA PRD

JORNADAS		DESGLOSES			
Cód.	Descripción	H. Inicio	H. Fin	Tp Desgl.	Acción
1	TURNO GRAL FABRICA 7 A 18	7:00	18:00	NORMAL	ACT
2	TURNO TOTAL FABRICA 7 A 20	7:00	20:00	NORMAL	ACT
3	TURNO 24 HORAS AL DIA	1:00	23:59	NORMAL	ACT
4	TURNO COMPLEMENTARIO 20 A 22 HORAS	20:01	22:00	NORMAL	ACT

Por ejemplo, una jornada especial es la jornada “24 HORAS AL DIA”, ésta jornada aplica a recursos como: AMBIENTE# o EMACE-# Recurso Macerado, porque corresponderán a los procesos de enfriamiento o reposo, los que siempre estarán disponible cuando les toque el proceso; y, aún si se dan al fin de la jornada, los PP pueden quedarse durante el resto de la tarde o noche mientras cumplan su tiempo de proceso.

Si se requiriera se podría subdividir una jornada en varios desgloses, por ejemplo:

TABLA 4
SUBDIVISION DE JORNADA EN VARIOS DESGLOSES

JORNADA	DESGLOSE	HORA INICIO	HORA FIN	TP_TIEMPO
Jornada General	CAFÉ	07:00	07:15	IMP
	LIMP	07:16	07:30	IMP
	NORM	07:31	13:00	ACT
	ALMU	13:01	13:45	IMP
	NORM	13:46	17:30	ACT
	MANT	17:31	18:00	IMP

4.4. Tiempos de Procesos

Así como los recursos tienen definida su disponibilidad de horarios, también los procesos tienen definidos sus estándares de consumo de tiempos.

Esto va en los parámetros de cada Operación, por PP, y se clasifican en tres tipos de tiempos:

Tiempo de Producción

El tiempo de producción puede definirse como el tiempo promedio requerido para ejecutar un proceso. Para el caso de los productos de la empresa éstos tiempos de producción si fueron obtenidos fácilmente, sea por que se encontraban en los instructivos de procesos de la documentación ISO o porque podían ser calculados tomando como referencia los tiempos reportados en las hojas de control de producción.

Tiempos de liberación:

El tiempo de liberación consiste en el tiempo que tiene que esperar una operación, luego de que la operación precedente ha iniciado. Esta clase de tiempos no están calculados sin embargo pueden ser obtenidos considerando que a partir de ellos se desea que exista una perfecta sincronización entre operaciones. Por ejemplo para los recursos tipo Tanque, donde se procesa un producto por batch, el tiempo de liberación para el siguiente proceso es igual al tiempo promedio, porque la siguiente operación debe programarse completamente una vez terminado el batch. Si fuera un proceso tipo continuo por unidad como el empackado el tiempo de liberación puede ser igual al tiempo de empackado de una unidad de transporte de PT,

que es cuando la siguiente operación pueda continuar con el proceso que corresponda.

Tiempos de preparación:

Es también conocido como tiempo de Set Up de una operación, y es el tiempo en que se prepara previamente sea el recurso o los materiales que se requieren para la ejecución de una operación. Por ejemplo, cuando una operación por el cambio de producto a elaborarse requiere la calibración de equipos.

Al igual que los tiempos de liberación éstos tiempos no se encuentran registrados realmente, algunos fueron obtenidos por muestreo, cálculos o estimados con ayuda de las consultas a los operarios expertos y supervisores.

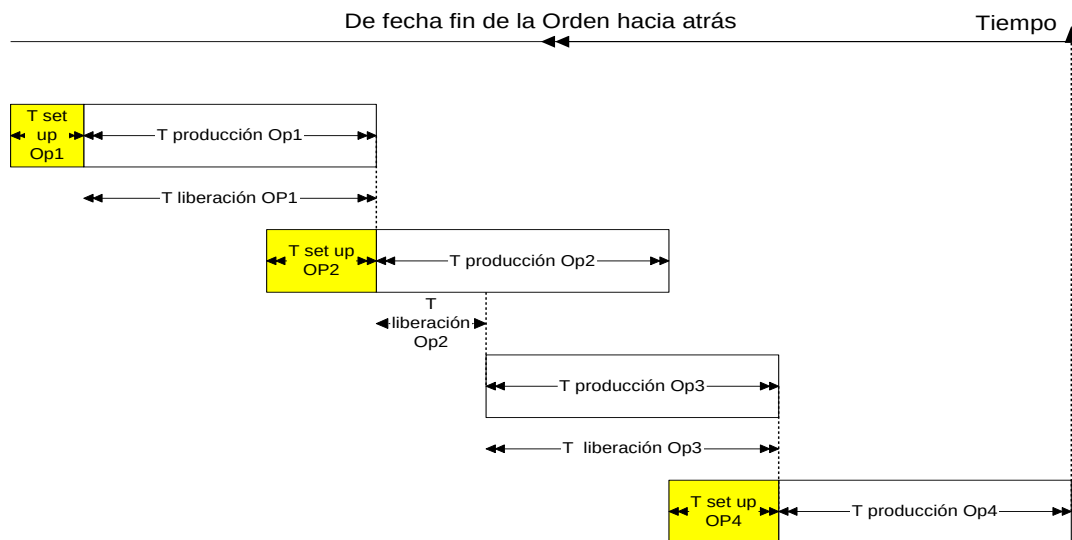


FIGURA 4.6 DIAGRAMA DE LA APLICACIÓN DE TIEMPOS DE PROCESOS

4.5 Programación de la Producción

La programación de la producción se realiza por medio del Simulador de la Producción del Sistema SP3, del que a continuación explicaremos sus fundamentos. En primera instancia, para el uso del simulador se deben indicar y definir los parámetros del sistema, luego proceder a la carga de datos, posteriormente se simulan las órdenes de producción aplicando la Teoría de Restricciones (TOC). El usuario final puede tomar sus decisiones y finalmente guardar el programa simulado, para luego almacenarlo en la base de datos, donde residirá el programa de producción.

Esta sección describe la forma de utilización del Planeador de la Producción y a continuación se detallan cada uno de los procesos antes mencionados.

a. Ingreso al Simulador

Al ingresar al Sistema deberá indicar cuál archivo de parámetros utilizará. Este archivo contiene la ruta donde se encuentran los datos de ingeniería de productos, capacidades y pedidos; además, indica cuál será el archivo de preferencias del simulador (que son configuraciones de usuario para determinar detalles como colores de la programación, pantalla, etc), el de formatos, el de registro de errores y el archivo inicial del programa que se genere.

Seguidamente aparecerá la pantalla donde se digita el rango de fechas que se quiere simular. Se podrá cambiar el período de simulación posteriormente, si se selecciona la opción de reiniciar toda la simulación.



FIGURA 4.7 PANTALLA DE PARÁMETROS DEL SISTEMA PARA CORRER EL SIMULADOR

b. Carga de Datos

Se deben cargar los datos de formulación de productos provenientes del sistema de ingeniería de productos, horarios de los recursos y las órdenes de producción.

Posterior a cada etapa de la carga aparece la figura 4.8, para comprobar que todos los datos se hayan cargado bien y no haya ningún error. En un archivo denominado SP3ERROR.LOG quedarán almacenados todos los mensajes de advertencias y errores encontrados.

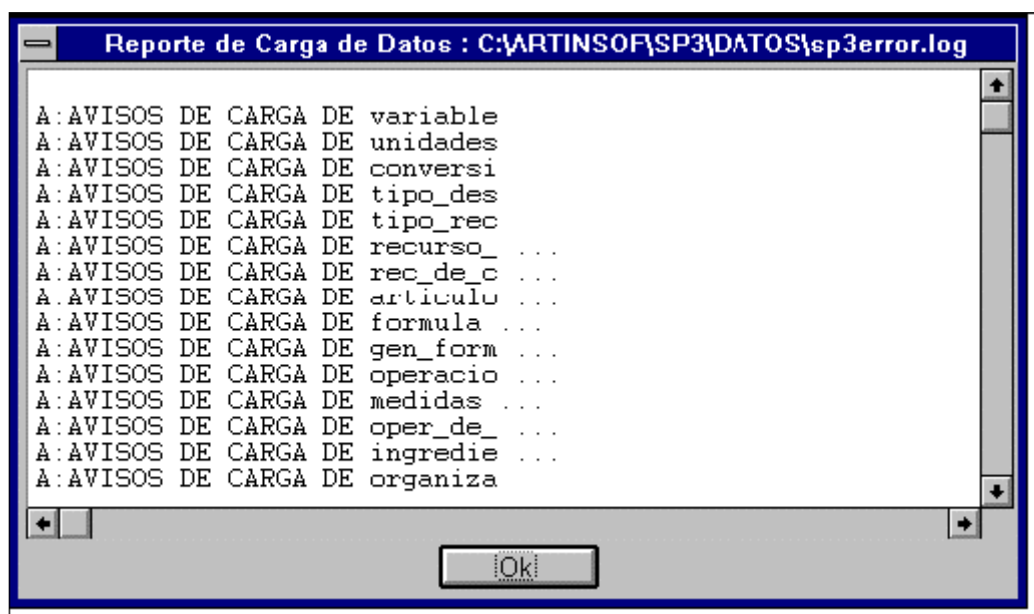


FIGURA 4.8 PANTALLA DE MENSAJES DE CARGA DE PRODUCTOS, HORARIOS, RECURSOS.

c. Declaración de Restricciones

Después de haber cargado exitosamente todos los datos requeridos por el sistema, se procede a la declaración de las clases de recursos como restricción. Esto se realiza presionando el botón de declaración de restricción, seguidamente se observa una ventana como la que muestra la figura 4.9, donde aparecen las clases de recurso, su disponibilidad, el sobrante de tiempo y el amortiguador de tiempo⁷ en horas.

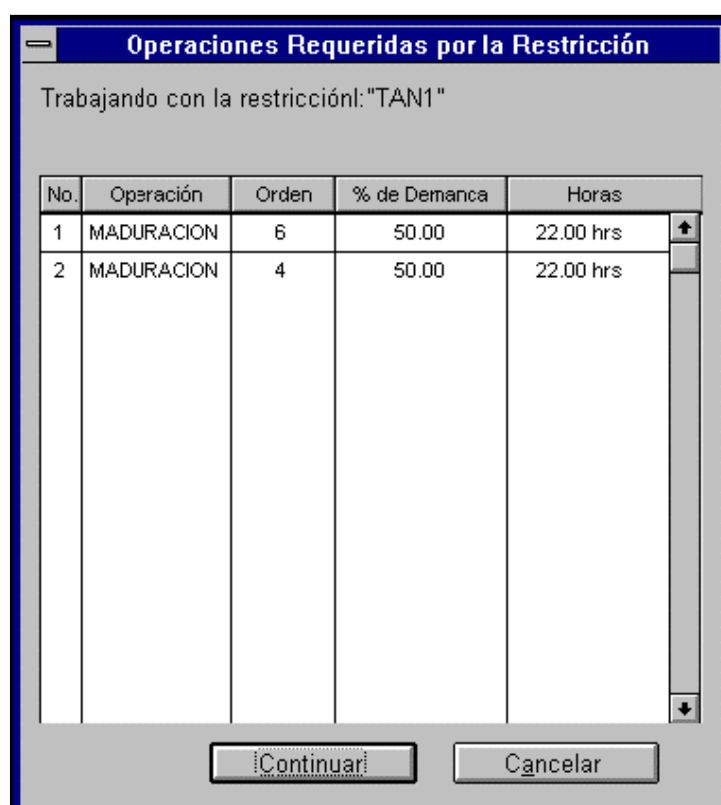
⁷ Amortiguador o tiempo de embarque, es configurable por operación de cada producto, equivale a un tiempo de margen o colchón, que indicará cuanto tiempo antes debe haberse finalizado el producto para entregar al cliente o entre operaciones.

d. Simulación de Recursos de Restricción

Una vez declarado una clase de recursos como restricción, se procede a simularla. Este proceso despliega dos pantallas de verificación de datos para que el usuario revise que las operaciones y los pedidos sean verosímiles.

Obsérvese la figura 4.10, en la pantalla se visualiza el código de las operaciones que van a realizar los recursos de la clase elegida, el número de la orden, el porcentaje requerido de la demanda y las horas requeridas por esa operación, si se quiere Continuar basta con presionar Enter, para proseguir con la siguiente clase de recurso.

Al presionar Cancelar se aborta el proceso de programación, y regresaríamos al paso 1 de esta sección. Pero también podemos realizar modificaciones o ajustes a priori, en los recursos, horarios, solicitudes, etc. antes de evaluar el programa simulado.



Operaciones Requeridas por la Restricción

Trabajando con la restricción: "TAN1"

No.	Operación	Orden	% de Demanda	Horas
1	MADURACION	6	50.00	22.00 hrs
2	MADURACION	4	50.00	22.00 hrs

Continuar Cancelar

FIGURA 4.10 SIMULACIÓN DE LOS RECURSOS DECLARADOS COMO RESTRICCIÓN.

Posteriormente a esta ventana aparecerán programados los recursos de la clase, con las operaciones que deben realizar en el tiempo que se tiene disponible, de acuerdo a las fechas de entrega. Las órdenes se van programando de la fecha de entrega hacia atrás.

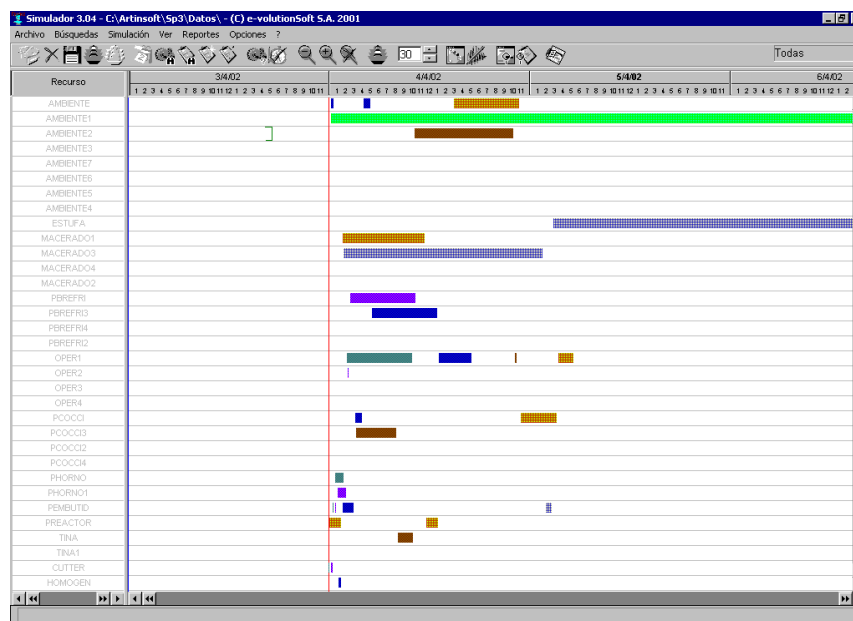


FIGURA 4.11 PANTALLA DEL SIMULADOR DE ÓRDENES Y PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

La figura 4.11 nos muestra la vista general del simulador, donde se disponen por medio de un diagrama de Gant, todas las órdenes programadas en el tiempo (que aparece en la escala superior) e identificadas por los distintos colores. Cada bloque de la orden representa el tiempo de proceso de una operación en un recurso, los mismos que se encuentran señalados en la columna de la izquierda de la pantalla. Así mismo aparecerá remarcado el recurso restrictivo o “cuello de botella”. Recuerde que las operaciones de una orden se van a programar lo más cercano posible a la fecha de entrega, para que no se tenga inventario de producto terminado por un mayor tiempo a lo necesario, ya que esto eleva los costos.

e. Ajustes al Programa Simulado

Esta etapa es cuando el usuario puede movilizar las operaciones según su experiencia. Podrían aparecerle operaciones que se encuentren retrasadas, por lo que deberá tomar decisiones para aumentar la capacidad de la clase de recursos, ya sea agregando horas laborables o incrementando la cantidad de recursos a la clase.

En caso de necesitar modificaciones al horario, deberá realizar los cambios en el sistema de Capacidades y volver a iniciar la simulación. Este es el segundo paso en Teoría de Restricciones: “Explote la restricción”, esto es, utilice al máximo sus recursos restrictivos: aplicando técnicas como manufactura sincronizada, haciendo optimizaciones de tiempos de preparación.

Durante la simulación, se podrán observar con detalle las operaciones que se están programando, al hacer doble click a una operación graficada se muestra el detalle de la operación: la fecha de entrega de ese producto, el número de la orden, la fecha y hora de inicio, la fecha y hora final de esa operación, la cantidad de horas de duración y la cantidad de unidades solicitadas.

Por otra parte, el usuario podrá desplazar las operaciones hacia el pasado o hacia el futuro al correr cualquier barra de una operación (drag

and drop), siempre que no caiga en un tiempo ya asignado o imposible de utilizar. De manera similar, se podrá mover una operación de un recurso a otro, siempre que sea de la misma clase de recurso y tenga tiempo disponible.

Una vez que ha explotado la restricción, debe subordinar todas las demás decisiones a las que tomó para superar la restricción. Este es el tercer paso de la Teoría de Restricciones: “Subordine todo lo demás a las decisiones”. Esto se refiere a restricciones de políticas organizacionales.

El siguiente paso en Teoría de Restricciones es: “Eleve las restricciones del sistema”. Esto se refiere a incrementar la capacidad de los recursos.

El quinto paso de la Teoría es: “Si se rompió la restricción, regrese al paso 1”. Esto significa que dentro de la simulación deberá seguir programando las otras clases de recurso, seleccionando la siguiente clase más restrictiva, simulando las órdenes y volviendo a pasar por los cinco pasos de la Teoría de Restricciones, lo cual significa regresar al punto número 3 de esta secuencia: Declaración de Restricciones.

Finalmente, cuando ya se tienen todos los recursos programados, se deberá guardar el programa para que sean leídos por el sistema SP3.

CAPITULO 5

5. PARAMETRIZACIÓN DE PRODUCTOS

5.1. Modelado de Rutas de Productos

El modelado de productos requiere una gran cantidad de información con respecto a los procesos, recursos y tiempos de cada producto a modelar. Para la recolección de esta información se configuró el siguiente formato (figura 5.1) en el cual se recogió los aspectos más relevantes, por medio de la observación en planta, y del seguimiento registrado en las Hojas de Control de la Producción.

Producto: Pate de Champiñones Tamaño de Lote: 200 Kg. Padre: _____ Puro: _____ Nombre: _____

NUM	OPERACIÓN	S	Máquina	Capacidad recurso	SET UP tiempo	F	Tiempo promedio	F	Cantidad Liberacion	Merma %	Incremento %	Gráfico
1	Cocinado de Carnes		paila	50 kg	5 min.		15 min.	X	15 min.	0	0	
2	Picado de Hígado		cutter	100 kg	3 min.		5 min /100 KG			0	0	
3	Picado de Carnes		cutter	100 kg	3 min.		5 min / 100 KG			0	0	
4	Picado		cutter	100 kg	5 min.					0	0	
5	Homogenizado	X	homogeniz.		0		10 min.	X		1%	0	
6	Embutido		emb catto		0		30 min. /100 KG			0	0	
7	Cocinado	X	tinac coc.		0		20 min.	X		1,87%	0	
8	Enfriado		tinac enf.		0		30 min.	X		0	0	
9	Refrigerado		cam.PP		0		1 H	X		0	0	
10	Empaque	X	Op empaque		5 min.	X	1 H/100 KG			0	0	
11												

FIGURA 5.1 FORMATO DE PLANTILLA DE FLUJOS DE PROCESOS

En el formato se muestra la secuencia de operaciones, si éstas son llevadas a cabo en alguna máquina o equipo, en el caso de tratarse de un equipo tipo tanque se detalla su capacidad. Si el proceso fuera en línea o continuo no habría capacidad del recurso. En este formato se incluye el tiempo de Set up del proceso, si hubiere, este puede ser fijo (columna “F”), o depender del tamaño del lote, es decir, depender del volumen de la cantidad a procesar.

De la misma manera, el tiempo promedio del proceso puede ser fijo (columna “F”), o variable, como sucede en la línea de empaque, si la orden es pequeña se ocupa menos tiempo que cuando se trata de una orden grande, entonces la operación no tiene un tiempo promedio “fijo”.

Cantidad de liberación, esto se presenta por ejemplo, en un proceso continuo, cuando se libera de artículo en artículo, o según la capacidad del medio de transporte que dirija los PP a la siguiente operación. En este formato además se incluye la merma por operación, encontrada mediante el cálculo que se explicó en la sección 4.1; o, por otro lado, el incremento en peso, cuando en el proceso hay inyección o adición de insumos, y que corresponde al concepto opuesto de merma. Finalmente en la columna gráfico, se

hace un esquema simple, que sirve para conectar las operaciones entre sí.

Con esta información básica se desarrollaron las parametrizaciones de los modelos, empezando por diagramar los flujos por productos, que se explicarán a continuación. Cabe resaltar que los datos que se presentarán en el presente capítulo han sido modificados para resguardar la confidencialidad de la información sobre los productos de la empresa.

El sentido en que una operación se relaciona con otra es contrario al sentido del flujo del proceso, pues los programas se planean de atrás hacia delante según la filosofía del sistema, tanto para la explosión de las operaciones, como para la explosión de materiales de la orden.

Empezando por la Solicitud de pedido, que determina la cantidad del producto terminado que se desea obtener de la Orden, descubrimos el primer comportamiento del sistema que tuvo que ser adaptado a las necesidades de la empresa, y de la cual derivan los siguientes tres tipos de fórmulas que se describen en el gráfico de la figura 5.2.

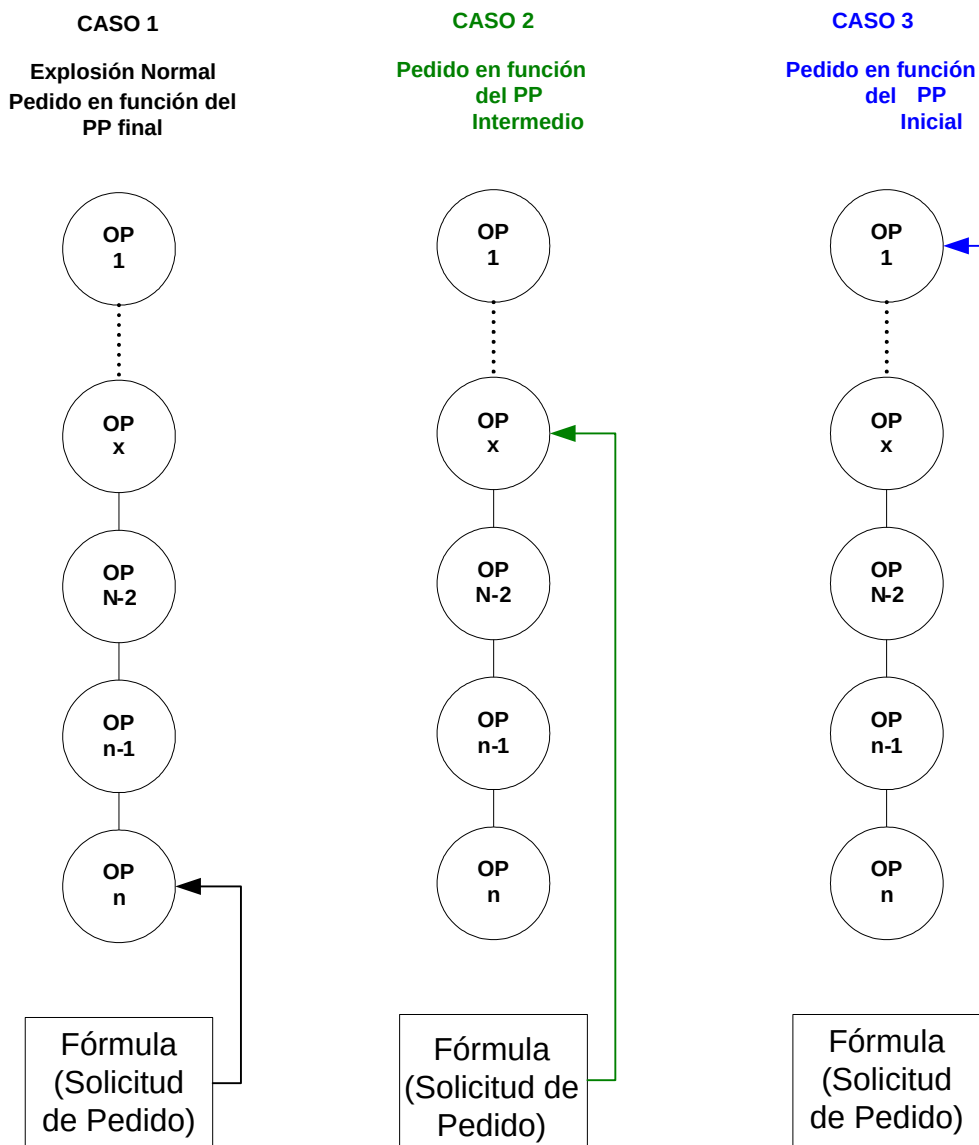


FIGURA 5.2 TIPOS DE FÓRMULAS SEGÚN EL SISTEMA DE PEDIDOS.

El desarrollo del producto según la teoría normal, del sistema, consiste en que la solicitud del pedido, ligado a la fórmula por producto, tenga relación con la cantidad a obtener en la última

operación de la cadena de procesos, o primera en la explosión, caso señalado como tipo 1, o de explosión Normal.

Sin embargo, en la empresa, lo más común es solicitar las órdenes de producción (o paradas), en función de la cantidad de carne que se va a procesar. Ya que por el tema de las mermas e inyecciones, el rendimiento final no es exacto, y además, de esta cantidad depende el cálculo de los insumos principales de la orden. De este concepto se derivan los tipos de fórmulas de los casos 2 y 3 de la figura 5.2, en donde la solicitud no está ligada con la operación final sino con la operación intermedia o una operación inicial respectivamente.

El caso 2, se refiere a órdenes en las cuales la solicitud está en función de un conjunto de insumos que ingresan al proceso, pero que no necesariamente lo hacen en la primera operación. Esto se da especialmente cuando la masa completa de carne al proceso, ingresa en una operación intermedia del flujo, es decir, cuando incluso puede haber ciertas operaciones previas.

El caso 3, por otro lado, se da cuando la cantidad solicitada está en función de algún insumo aplicado en la primera operación, que en este caso corresponde a la cantidad de carne que ingresa al proceso inicial.

Para explicar el modelado se usará apenas unos cuantos productos, cuyos esquemas hacen referencia a los casos más destacados, y en base a los cuales se copió la estructura para el resto de productos y líneas. Por ejemplo, vamos a explicar el caso del inyectado, Pernil al Horno, con fórmula tipo 1, y el inyectado, Jamón Virginia, con fórmula tipo 2. De la línea de patés, el paté de champiñones, con formulación tipo 2; y, la mortadela especial dados, con tipo de formulación 3.

5.1.1 Modelado de producto de acuerdo a la Formulación Tipo

1.

A continuación se presenta un diagrama del modelado del pernil al Horno de acuerdo al tipo de fórmula 1, es decir la solicitud del pedido está relacionada con lo que se desea obtener en la última operación. Cabe indicar que para el proceso de elaboración de embutidos, en ningún caso se aplica este tipo de fórmula. Lo presentado a continuación es meramente un ejemplo:

MODELADO DE PERNIL AL HORNO con Fórmula de pedido tipo 1

MERMA PROMEDIO 42.4%

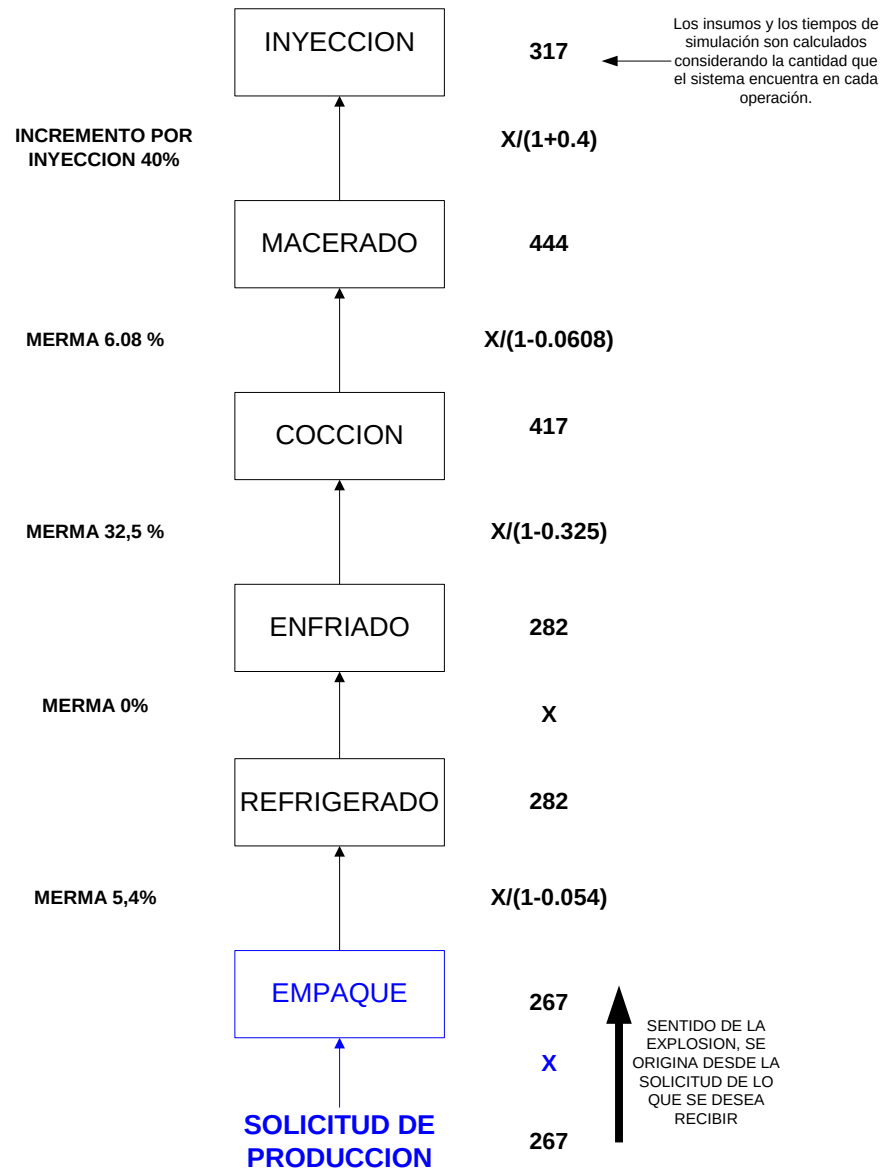


FIGURA 5.3 MODELADO DE PERNIL AL HORNO (INYECTADO).

Del producto se modelan primero todas las operaciones por las que pasa, como en este caso (de inicio a fin): Inyección, Macerado, Cocción, Enfriado, Refrigerado y Empaque. Luego se definen las relaciones de los PP.

En el diagrama se muestra un ejemplo con valores para efectos de comprobación de las fórmulas, el cual indica que la cantidad a solicitar es 267 Kg., y como la expresión de conversión de la fórmula con la última operación de Empaque es = "X", entonces en la última operación deberá empacarse la misma cantidad de Kg., o sea los 267. En este caso, la solicitud de pedido corresponde al tipo de fórmula 1.

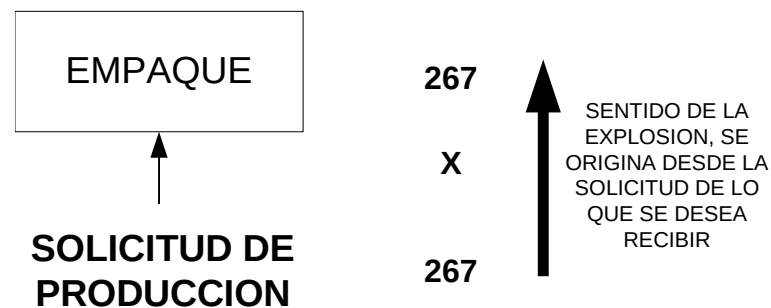


FIGURA 5.4 EXPLOSIÓN CON SOLICITUD DE PEDIDO DE UNA FÓRMULA TIPO 1

Y así continuamos con el resto de operaciones que se ligan entre sí, a través de la expresión de relaciones de los PP, que indica la

proporción del producto requerido de la operación predecesora, para obtener una cierta cantidad de producto resultante en la operación siguiente.

Las cantidades del PP pueden ir variando entre una operación y otra hasta obtener el producto final. Por ejemplo, cuando sucede un proceso con merma o incremento, la proporción del PP anterior ya no es la misma, sino que se calcula en relación al porcentaje estimado (ver sección 4.1). En este caso, de refrigerado a empaque, hay una merma del 5,4%, lo cual quiere decir que para llevar a empaque los 267 Kg deberían haberse refrigerado un poco más de Kg de PP, que equivalen a los 267 más el peso de la merma, o sea 282 Kg. Por tanto, usando el porcentaje encontramos la expresión que convertirá los Kg. de empaque a Kg. de refrigerado.

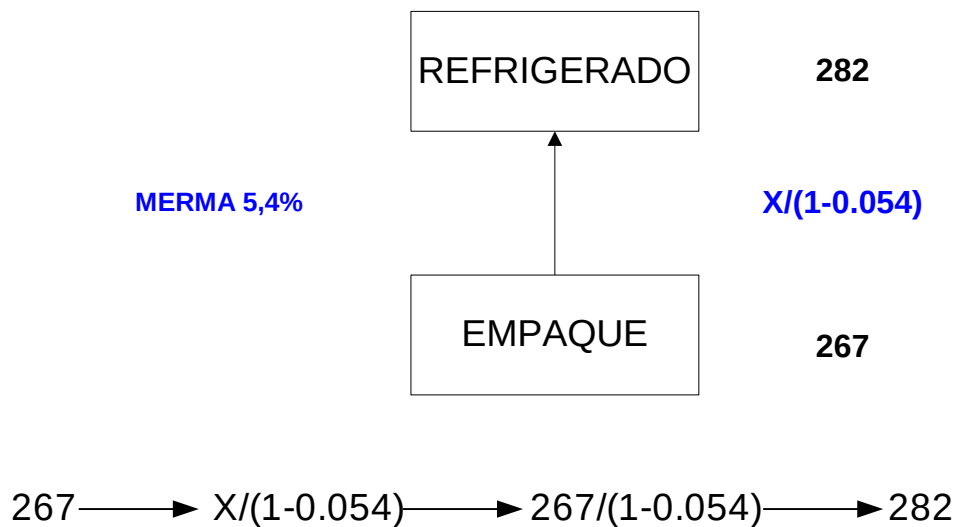


FIGURA 5.5 RELACIÓN DE PP CON MERMA.

Podemos observar que la relación consiste en dividir para un factor cuya estructura es la unidad menos la merma.

De la misma manera, si se requiere establecer entre las operaciones, porcentajes de incremento de peso, es casi la misma expresión pero dividida para la unidad más el porcentaje de incremento.

Por ejemplo, como se observa en la figura 5.4, normalmente el incremento se da en la operación de inyección, porque justamente es un proceso en que se inyecta salmuera, en una cierta proporción con respecto a la masa de carne dada. Solo que este porcentaje no es variable, al contrario, es controlado y medido por

medio de la máquina, mientras que la merma si es estimada. La idea de estandarizar la expresión es para que sea más fácil para modelar cualquier proceso solo con cambiar el factor de merma o incremento, que en el caso de la figura 5.6 es de 0.4.

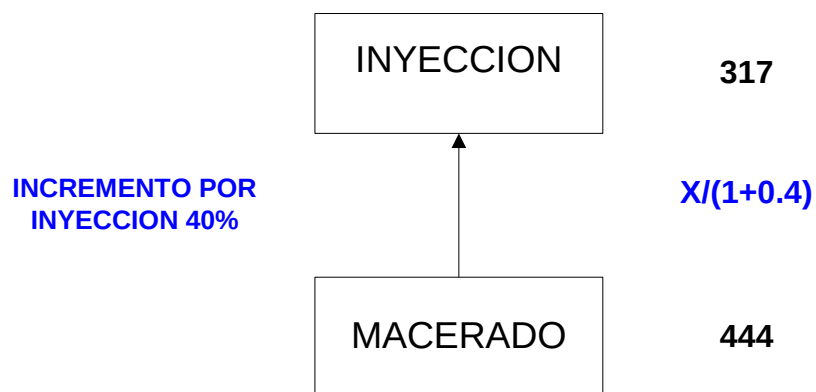


FIGURA 5.6 RELACIÓN DE PP CON PORCENTAJE DE INCREMENTO DE MASA.

Con éste producto podemos indicar la diferencia entre usar una fórmula de tipo 1 o del tipo 2 y 3. El pedido con la fórmula tipo 1 requeriría solicitar la cantidad después de todas las mermas e incrementos teóricos de cada producto, por la persona encargada de la programación, basado en solicitar los Kg. que espera recibir como PT. Mientras que con una fórmula tipo 2 o 3 no se consideran mermas e incrementos y se pide en función de lo que va a preparar, es decir de la materia prima empleada en otras operaciones iniciales del proceso.

5.1.2 Modelado de producto de acuerdo a la Formulación Tipo

2.

A continuación se presenta el proceso de elaboración del Jamón Virginia el cual se comporta de acuerdo al tipo de formulación 2 (figura 5.7). Destacamos además el uso de los códigos para la denominación de las operaciones que se configurarán en el sistema. Cabe indicar que para este producto la operación intermedia corresponde al Inyectado.

Este corresponde a un flujo típico de los productos inyectados, pues contiene porcentajes de incremento y mermas.

La estructura de la fórmula para relacionar los PP con merma o incremento será la misma para todos los casos.

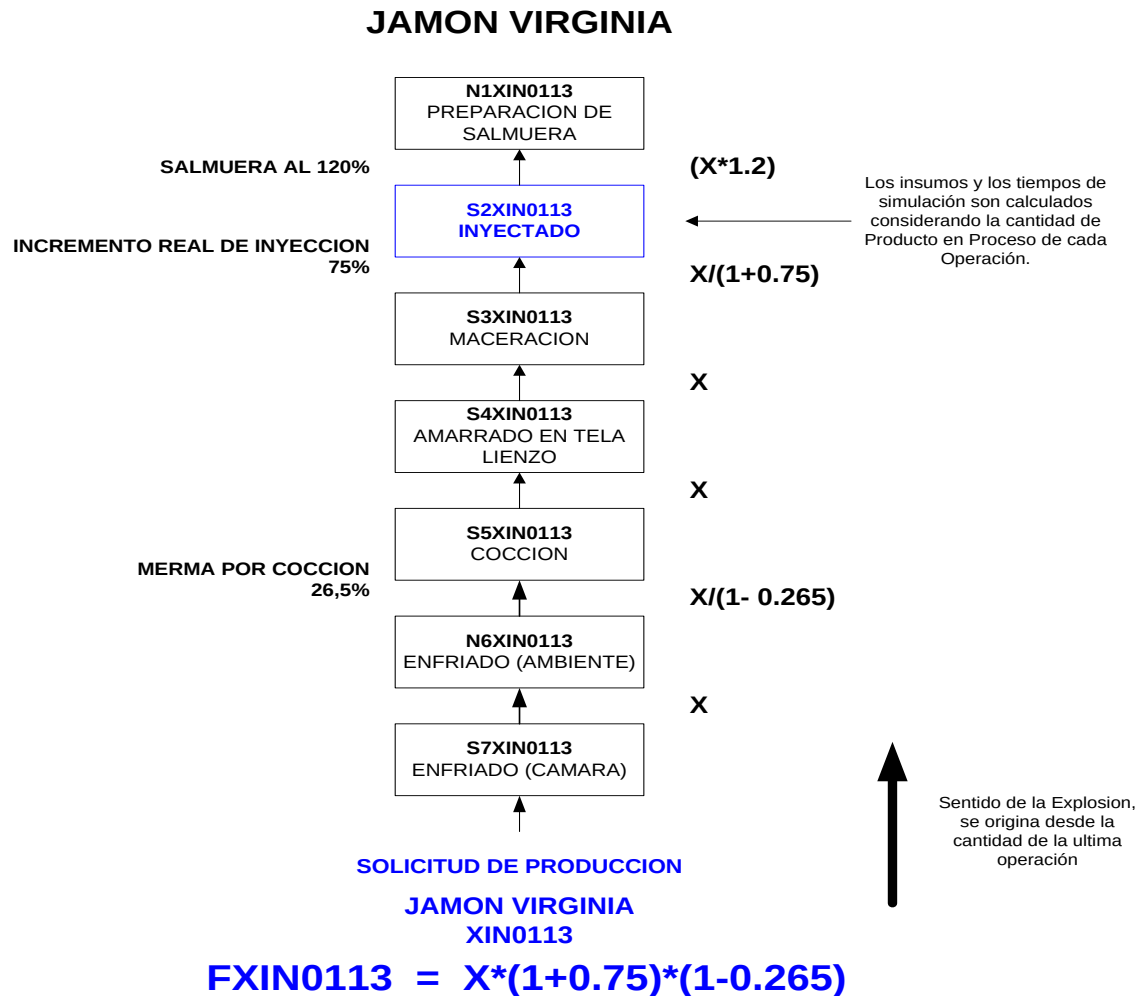
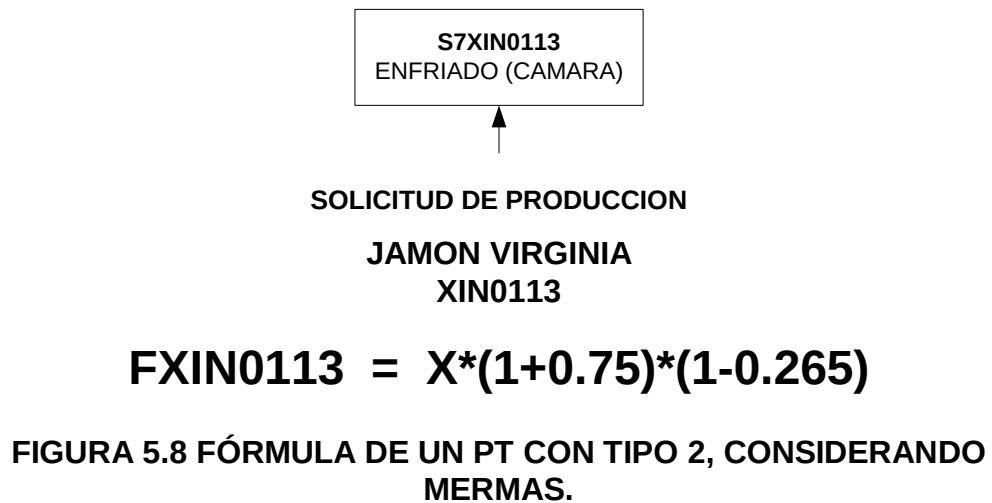


FIGURA 5.7 MODELADO DEL JAMÓN VIRGINIA (INYECTADO), CON FÓRMULA TIPO 2.

En este tipo de formulación, en la fórmula ligada a la solicitud de pedido, será necesario multiplicar todos los factores de merma o incremento que se vayan encontrando a lo largo de la cadena de operaciones hasta llegar a la operación indicada.



Con éste método solo basta con solicitar la cantidad a procesar, y automáticamente el sistema calculará la cantidad que corresponda a la última operación, sin alterar las relaciones de los PP. La misma cantidad a solicitar será equivalente al PP calculado para la operación intermedia.

A continuación se presenta en el mismo modelo del jamón virginia, el ejemplo del desarrollo del cálculo para los PP por operación, de acuerdo a una fórmula de tipo 2 (Ver figura 5.9).

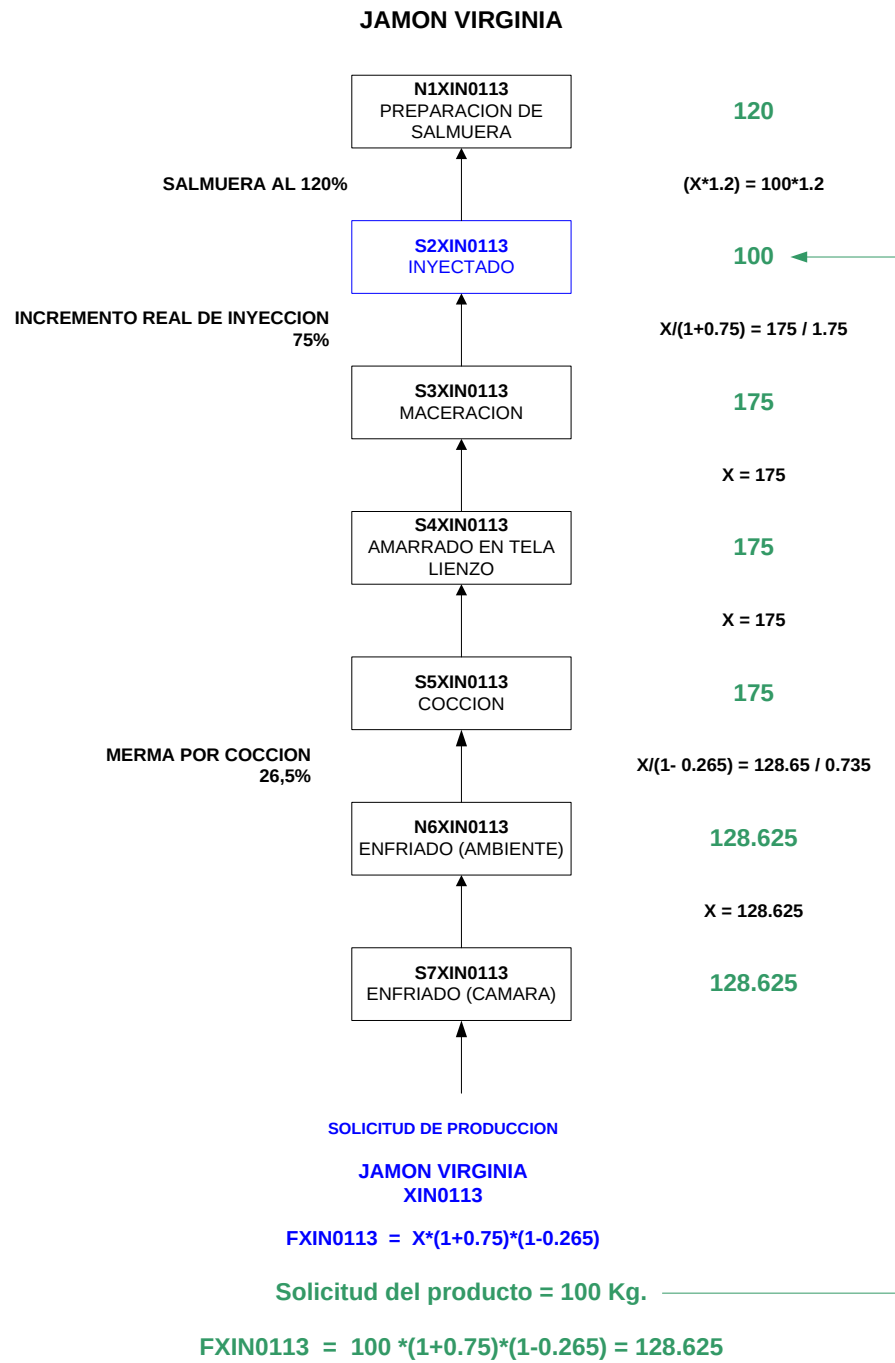


FIGURA 5.9 EJEMPLO DEL CÁLCULO DE PP CON UNA FÓRMULA TIPO 2.

Si se solicitan 100 Kg de jamón virginia, esto corresponde al producto que se va a inyectar y no al producto terminado que se espera recibir, este producto es ingresado en una etapa intermedia del proceso. De esta manera la fórmula correspondiente a la última operación deberá contar con ciertos factores, que permitan que al llegar a la operación de inyectado (intermedia) la cantidad de producto que ingrese sea igual a 100 Kg.

A continuación se presenta la fórmula correspondiente a la última operación, en la cual se pueden observar los factores que fueron añadidos:

$$FXIN0113 = X * (1+0.75) * (1-0.265)$$

El ejemplo de la figura 5.9 demuestra la forma en que al ordenar 100 Kg, el sistema automáticamente programará que en la última operación de enfriado, resultante del incremento menos las mermas, habrán 128.625 Kg, pero al llegar a la operación de inyectado habrán los 100 Kg tal como fue solicitada la orden.

Estos inyectados tienen fórmula tipo 2, precisamente porque antes del inyectado existen otras operaciones, como son la

preparación de la salmuera. Esta es una operación previa de la mayoría de los productos de la línea.

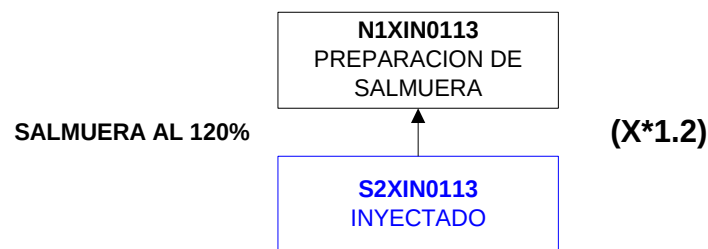


FIGURA 5.10 OPERACIÓN INTERMEDIA DE UNA FÓRMULA TIPO 2.

En casi todo bloque de parametrización de Expresiones Transformadoras encontramos la opción de incluir Funciones (predeterminadas por el sistema). Estas son comandos que arrojan resultados específicos, por ejemplo como funciona un operador de suma “+”. El uso de estas funciones requiere de un formato, de tal manera que el operador clasifique y ordene los Inputs para procesar un resultado.

TABLA 5
FUNCIONES ACEPTADAS POR LA BASE DE DATOS PARA
FORMULAR LAS EXPRESIONES TRANSFORMADORAS.

FORMATO	DESCRIPCION Y CONCEPTO
CEIL(N)	Redondeo del entero de N hacia arriba
FLOOR(N)	Redondeo del entero N hacia abajo
ROUND (N, M)	N redondeado a M decimales
ROUND (N)	N redondeado a 0 decimales
SIGN (N)	Retorna -1 si N es negativo, 1 si N es positivo
TRUNC (N, M)	Caso1: N truncado a M decimales
TRUNC (N)	Caso 3: N truncado a 0 decimales
E1* E2	E1 multiplicado por E2
E1 / E2	E1 dividido entre E2;E2><0
E1+E2	Suma de E1 y E2
E1 – E2	Restar E2, a E1
DECODE (Variable,valor1,res1,valor2,res2,...,res x defecto)	Si la variable es igual a valor1 retorna res1, si es valor2 retorna res2,..., si no corresponde a ningún valor toma el resultado Default.

Algunas de las funciones permitidas en la base de datos y que se han requerido para los modelos de la empresa se detallan en la tabla 5. En la formulación de insumos las más usadas son: los operadores “*”, “/” y las funciones “ROUND” y “CEIL”.

Veamos la siguiente tabla donde constan las fórmulas de transformación para todos los insumos del paté de champiñones:

TABLA 6

INSUMOS DE LAS OPERACIONES PARA EL PATÉ DE CHAMPIÑONES

Tabla de insumos para las operaciones del Paté de Champiñones

CODIGO_OPERACION	CODIGO_ARTICULO	MEDIDA_ENTRADA	FORMULA_TRANSFORMACION	MEDIDA_SALIDA
N2PN0102	N1PN0102	KG	ROUND(X)	KG
S4PN0102	N2PN0102	KG	ROUND(X*(25/100))	KG
S4PN0102	N3PN0102	KG	ROUND(X*(25/100))	KG
S5PN0102	S4PN0102	KG	X	KG
S5PN0102	AD0101	KG	ROUND(X*(24/100.11))	U
S5PN0102	AD0202	KG	ROUND(X*(0.1/100.11),2)	KG
S5PN0102	AD0403	KG	ROUND(X*(0.015/100.11),2)	KG
S5PN0102	AD0404	KG	ROUND(X*(0.1/100.11),2)	KG
S5PN0102	AD0602	KG	ROUND(X*(0.5/100.11),2)	KG
S5PN0102	AD0604	KG	ROUND(X*(1.36/100.11),3)	KG
S5PN0102	AD1002	KG	ROUND(X*(0.22/100.11),3)	KG
S5PN0102	AD1005	KG	ROUND(X*(0.5/100.11),2)	KG
S5PN0102	AD1006	KG	ROUND(X*(0.1/100.11),2)	KG
S5PN0102	AD1011	KG	ROUND(X*(7.5/100.11),2)	KG
S5PN0102	AD1028	KG	ROUND(X*(0.085/100.11),3)	KG
S5PN0102	AD1030	KG	ROUND(X*(0.265/100.11),3)	KG
S5PN0102	AD1033	KG	ROUND(X*(1.7/100.11),2)	KG
S5PN0102	CA0104	KG	ROUND(X*(25/100.11),1)	KG
S5PN0102	CE0202	KG	ROUND(X*(20/100.11),1)	KG
S5PN0102	CS0116	KG	ROUND(X*(25/100.11),1)	KG
N6PN0102	S5PN0102	KG	X	KG
S7PN0102	N6PN0102	KG	X	KG
S7PN0102	EM0301	KG	ROUND((X/0.11)*0.15,2)	M
S7PN0102	EM0505	KG	CEIL(X/0.11)*2	U
N8PN0102	S7PN0102	KG	ROUND(X/(1-0.0534))	KG
S9PN0102	N8PN0102	KG	X	KG
S9PN0102	TP0102	KG	CEIL(X/0.11)	U

Las líneas resaltadas se refieren al detalle de los insumos PP, que corresponden a las flechas del modelado del producto (figura 5.11). Adicional al PP, como sugiere la tabla 6, se adicionan otras MP en las operaciones. Por ejemplo, en la S5PN0102, que corresponde al homogeneizado, es donde se han relacionado la mayor cantidad de insumos.

MODELADO DEL PATE DE CHAMPIÑONES

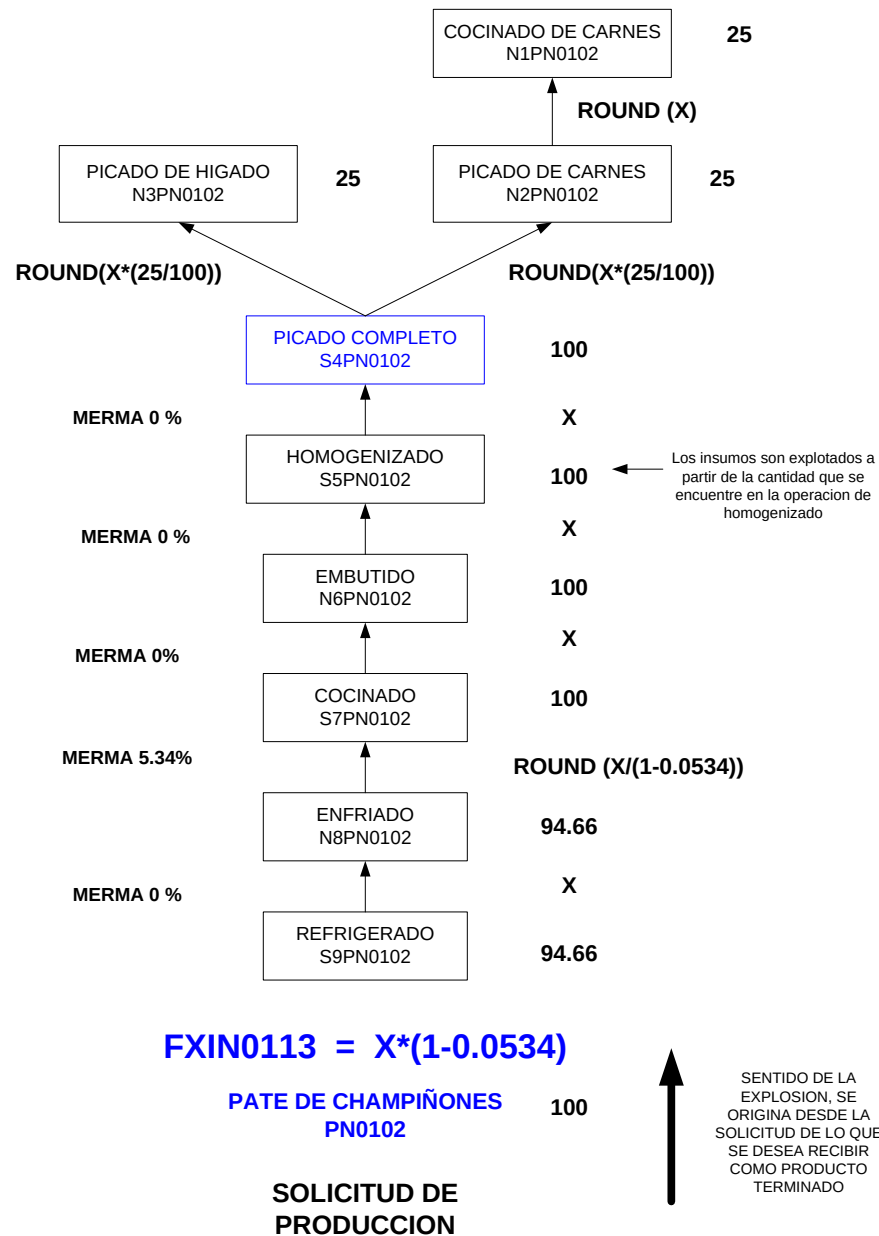


FIGURA 5.11 MODELADO DEL PATÉ DE CHAMPIÑONES (TIPO 2).

En la formulación de los insumos, la variable X, corresponde al peso del producto en proceso, de la operación asociada. Es decir, si en la operación S7PN0102, COCINADO, requerimos adicionar el insumo EM0505, con la expresión $\text{CEIL}(X/0.11)*2$; y en la explosión del PP corresponden a la operación S7PN0102 una cantidad de 100 KG de PP S7PN0102, entonces para calcular la cantidad del insumo EM0505, se utilizará:

$$\mathbf{EM0505 = CEIL (100/0.11)*2 = CEIL (909,090909...)*2 = 910}$$

$$\mathbf{*2 = 1820}$$

Dado a que CEIL es una función que redondea al entero superior.

La explicación de la relación de este insumo es simple, el EM0505 corresponde al clip con que se cierran los extremos de una tripa de paté, y cada unidad de paté contiene 110 gr. Entonces para saber cuantos clips se deben ordenar, hay que dividir la cantidad de pasta para la unidad de presentación del paté y multiplicar por 2, porque va uno en cada extremo. El motivo de usar la función CEIL es porque el insumo está en unidades y estas se requisan por números enteros.

La siguiente corresponde a la pantalla de parametrización de la operación, donde se vinculan los insumos con sus expresiones transformadoras. También podemos ver que en el casillero de Evaluación de Prueba, se puede comprobar si la expresión está correcta, ya que ingresando la cantidad producida para un lote de 100 (que corresponde al PP calculado en la operación) se obtiene el cálculo correcto de insumos (1820 U).

Mantenimiento de Operaciones

Datos de Operación

Código: S7PN0102

Descripción: Coccion Pate de Champigniones

Fecha Digitación: 21-08-2002

Producto en Proceso de la Operación

Código	Descripción
S7PN0102	Producto en Proceso

Descripción de Medida: kilogramo INV

Ingredientes de la Operación

Datos de Operación

Código: S7PN0102 Coccion Pate de Champigniones

Ingredientes

Insumo	Tipper Tie # 211 TT doble clip
EM0505	

Instrucciones de Uso:

Medida del Producto en Proceso: KG kilogramo INV

Medida del Insumo: U Unidades

Expresión F(x) = $\text{CEIL}((100/11)*2)$

Evaluación de Prueba

100 KG = 1820 U

Regresar

FIGURA 5.12 PANTALLA DE PARAMETRIZACIÓN DE INSUMOS POR OPERACIONES.

5.1.3 Modelado de producto de acuerdo a la formulación Tipo 3

El siguiente proceso modela un producto, por sus características, formulado de acuerdo al tipo 3 y corresponde a la Mortadela Especial Dados.

MODELADO DE MORTADELA ESPECIAL DADOS

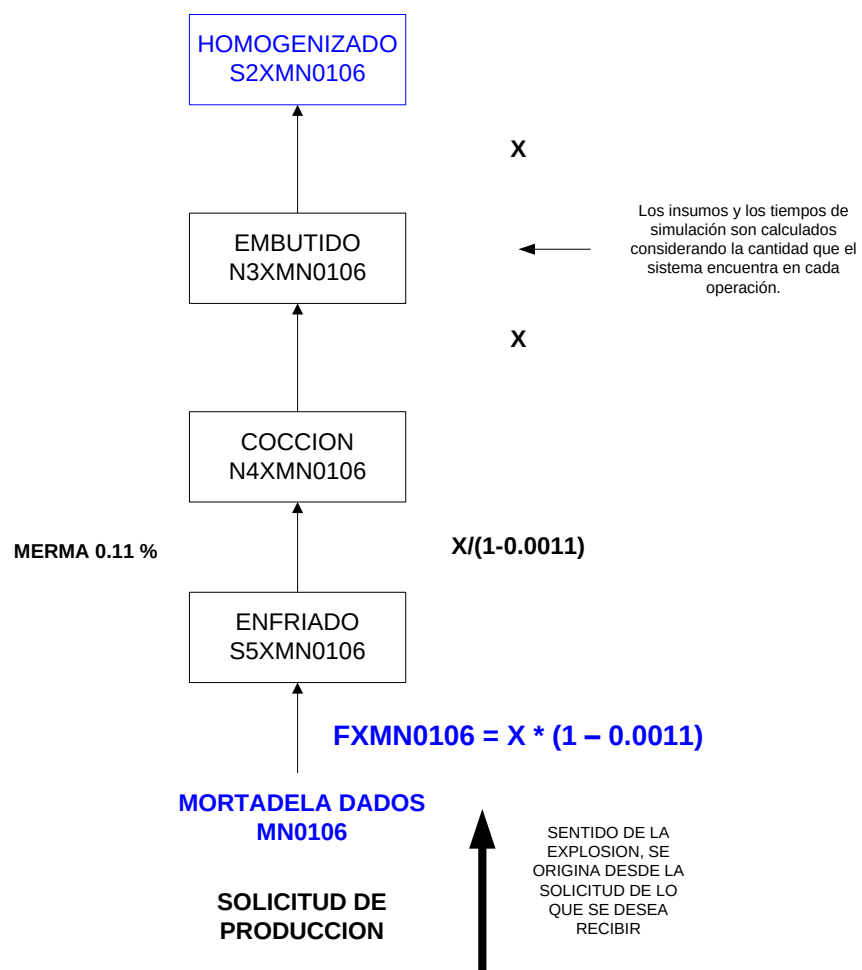


FIGURA 5.13 MODELADO DE UNA MORTADELA ESPECIAL DADOS.

Las mortadelas y salchichas son algo similar en su línea de procesos, no tienen incrementos y sus mermas son muy pequeñas. A continuación se mostrará la lista de insumos tal como se describía en los procedimientos ISO, para la Mortadela Especial Dados MN0106:

TABLA 7

LISTA DE MP PARA LA PARADA DE MORTADELA ESPECIAL DADOS.

Parada estándar de 200 KG de pasta:

Insumo	Cantidad
AD0202	150 gr
AD0303	300 gr
AD0403	50 gr
AD0404	100 gr
AD0903	16470 Kg
AD0905	900 gr
AD0907	200 gr
AD1002	0.4 Kg
AD1006	600 gr
AD1009	460 gr
AD1022	240 gr
AD1028	25 gr
AD1029	170 gr
AD1033	3470 Kg
CA0106	6 Kg
CA0212	52 Kg
CE0101	32 Kg
CE0104	9 Kg
CS0114	14 Kg

Estos insumos, luego de adaptarlos a las fórmulas de transformación, por operación, se parametrizan así:

TABLA 8
INSUMOS DE LAS OPERACIONES PARA MORTADELA ESPECIAL
DADOS

CODIGO_OPERACION	CODIGO_ARTICULO	CODIGO_MEDIDA_ENTRADA	FORMULA_TRANSFORMACION	CODIGO_MEDIDA_SALIDA
S2XMN0106	N1XMN0106	KG	X	KG
S2XMN0106	AD0202	KG	$\text{ROUND}(X*(0.15/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD0303	KG	$\text{ROUND}(X*(0.3/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD0403	KG	$\text{ROUND}(X*(0.05/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD0404	KG	$\text{ROUND}(X*(0.1/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD0903	KG	$\text{ROUND}(X*(16.47/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD0905	KG	$\text{ROUND}(X*(0.9/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD0907	KG	$\text{ROUND}(X*(0.2/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD1002	KG	$\text{ROUND}(X*(0.4/200),2)$	KG
S2XMN0106	AD1006	KG	$\text{ROUND}(X*(0.6/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD1009	KG	$\text{ROUND}(X*(0.46/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD1022	KG	$\text{ROUND}(X*(0.24/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD1028	KG	$\text{ROUND}(X*(0.025/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD1029	KG	$\text{ROUND}(X*(0.17/200),3)$	KG
S2XMN0106	AD1033	KG	$\text{ROUND}(X*(3.47/200),3)$	KG
S2XMN0106	CA0106	KG	$\text{ROUND}(X*(6/200),1)$	KG
S2XMN0106	CA0212	KG	$\text{ROUND}(X*(52/200),1)$	KG
S2XMN0106	CE0101	KG	$\text{ROUND}(X*(32/200),1)$	KG
S2XMN0106	CE0104	KG	$\text{ROUND}(X*(9/200),1)$	KG
S2XMN0106	CS0114	KG	$\text{ROUND}(X*(14/200),1)$	KG
S2XMN0106	EM0328	KG	$\text{ROUND}((X/5.5)*0.6+0.2,2)$	M
N3XMN0106	S2XMN0106	KG	X	KG
N4XMN0106	N3XMN0106	KG	X	KG
S5XMN0106	N4XMN0106	KG	$X/(1-0.0011)$	KG

En el listado de la tabla 8 vemos los mismos insumos, detallados en el manual de procesos (tabla 7), solo que se los ha vinculado a la operación correspondiente.

Para que sea más fácil la interpretación del usuario, se han usado las mismas cantidades por insumo en la fórmula, solo

que al dividirlos para la cantidad de la parada estándar (200 Kg) se obtiene el porcentaje a cubrir sea cual fuere la orden solicitada. La explicación al concepto de parada estándar, de la fábrica, coincide con lo que se denomina en el sistema como capacidad del recurso restrictivo, tipo tanque, asociado al recurso de la operación de picado (que se procesa en el Cutter). Sin embargo, con el sistema podrán pedir en una sola orden, la cantidad equivalente a 1 o más paradas, y el programa automáticamente solicitará las cantidades completas de insumos. Además liberará de la operación parcialmente, el producto en proceso, cuando se hayan procesado los primeros 200 Kg, esto se explicará en el capítulo 6 de tiempos por procesos.

En las fórmulas de insumos se usa además la expresión del Round, para asegurarse de que los valores coincidan o sean múltiples exactos, de las cantidades detalladas en la lista insumos por parada. Se ha establecido el margen de 3 o 2 cifras digitales dependiendo del insumo, según sea la cantidad requerida para la parada estándar o las unidades permitidas para la requisición de materiales.

Por ejemplo, si comparamos las cantidades para los insumos tipo carnes: en el manual las cifras son exactas, por lo tanto, en la expresión se usa el ROUND a 1, que refleja la mínima variación permitida, según se consultó a los supervisores, en que se podrán hacer las requisiciones de la MP carnes.

Parada estándar de 200 KG de pasta:

Insumo	Cantidad
CA0106	6 Kg
CA0212	52 Kg
CE0101	32 Kg
CE0104	9 Kg
CS0114	14 Kg

Configuración de Insumos

Operación	Insumo	Expresión
S2XMN0106	CA0106	ROUND(X*(6/200),1)
S2XMN0106	CA0212	ROUND(X*(52/200),1)
S2XMN0106	CE0101	ROUND(X*(32/200),1)
S2XMN0106	CE0104	ROUND(X*(9/200),1)
S2XMN0106	CS0114	ROUND(X*(14/200),1)

Lo mismo para otros insumos, los cuales pueden medirse en unidades más pequeñas, en este caso podremos dar al insumo una tolerancia mayor, en este caso de hasta 3 decimales, y otros solo con 2.

Parada estándar de 200 KG de pasta:

Insumo	Cantidad
AD0202	150 qr
AD0303	300 qr
AD0403	50 qr
AD0404	100 qr

Configuración de Insumos

Operación	Insumo	Expresión
S2XMN0106	AD0202	ROUND(X*(0.15/200),3)
S2XMN0106	AD0303	ROUND(X*(0.3/200),3)
S2XMN0106	AD0403	ROUND(X*(0.05/200),3)
S2XMN0106	AD0404	ROUND(X*(0.1/200),3)

Parada estándar de 200 KG de pasta:

Insumo	Cantidad
AD1002	0.4 Kg

Configuración de Insumos

Operación	Insumo	Expresión
S2XMN0106	AD1002	ROUND(X*(0.4/200),2)

Además, el sistema nos permitirá controlar y formular otro tipo de insumos, como es el caso de los empaques:

Configuración de Insumos

Operación	Insumo	Expresión
S2XMN0106	EM0328	$\text{ROUND}((X/5.5)*0.6+0.2,2)$

Para los que se encontró expresiones que guardan relación con los Kg del PP por unidad (como este caso 5.5 Kg), por la cantidad de insumo por unidad (0.6 M); incluso se considera en algunos casos, un valor adicional (0.2 M), que corresponde al margen de desperdicio por lote, que normalmente se pierde al ajustar la tripa de embutido, por el cambio de producto, o al finalizar cada parada.

5.2. Variables de Ambiente

Estas corresponden a una ayuda adicional al momento de estructurar las expresiones de las fórmulas de transformación, sea de insumos o de tiempos como se verá en la sección 6.1.1.

En los bloques de parametrización, además de las expresiones transformadoras, encontramos la opción de incluir variables (Ver en la Figura 5.14, el icono o botón “Variables” de la pantalla). Estas variables se crean en otra sección del menú, donde además se les

asigna el valor predeterminado, para que estén disponibles en las parametrizaciones.

Funcionan como factores predeterminados, que se pueden usar repetitivamente a lo largo de varias expresiones, sea que se repitan para un mismo grupo de productos, o incluso, para reemplazar a algún factor de rendimiento o capacidad, que incluso podría cambiar de valor con el tiempo. A través de éstas la parametrización será más sencilla, comprensible y eficiente al momento de actualizar las fórmulas.

Algunas de las variables creadas para los modelos de procesos, de la empresa se pueden distinguir en la siguiente pantalla.

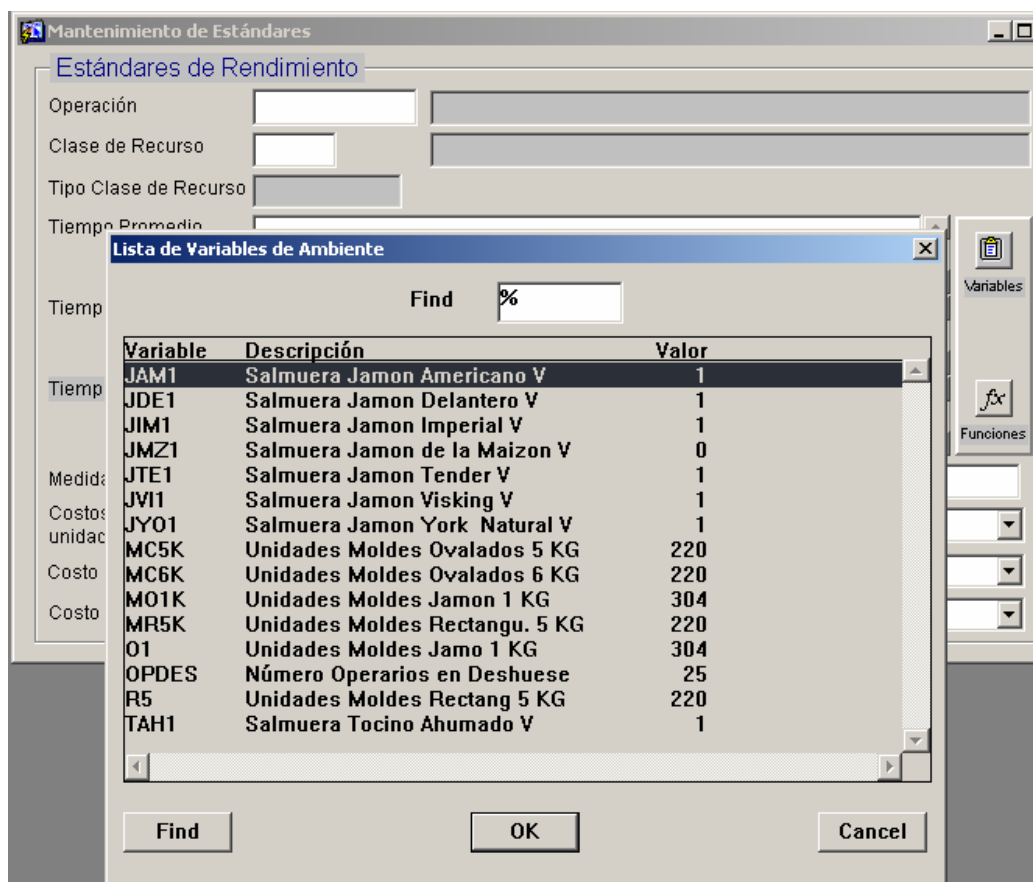


FIGURA 5.14 BOTÓN DE VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE AMBIENTE

Por ejemplo, en el caso de los inyectados, se encontró que la preparación de salmuera a veces varía, porque dependiendo de ciertas características de la carne que se va a procesar se incrementa un poco más el porcentaje de inyección. O en el caso de moldeo, el tiempo de proceso esta asociado con el número de moldes del que se dispone y son utilizados por varios productos.

El Jamón Visking, entre ellos, contiene una variable de ambiente propia para la formulación de la salmuera, según la cantidad a procesar en la orden, varía el porcentaje de formulación para la salmuera: con órdenes pequeñas, se prepara la salmuera al 65%; y con órdenes grandes, se prepara la salmuera al 95%.

Variable de Ambiente JVI1: Salmuera de Jamón Visking;
puede ser JVI1=1 o JVI1=0

$$\text{Salmuera (KG)} = (X \cdot 0.65) + 30 \cdot (\text{JVI1})$$

Cuando se vayan a planear órdenes de 400 KG o más:

- JVI1=1, y la salmuera:

$$(X \cdot 0.65) + 30 \cdot (\text{JVI1}) = (400 \cdot 0.65) + 30 \cdot (1)$$

$$\text{Salmuera} = 290 \text{ KG}$$

En cambio, si las órdenes están alrededor de los 200 KG (estándar):

- JVI1=0, y la salmuera será igual a:

$$(X \cdot 0.65) + 30 \cdot (\text{JVI1}) = (200 \cdot 0.65) + 0$$

$$\text{Salmuera} = 260 \text{ KG}$$

CAPITULO 6

6. MODELADO DE TIEMPOS DE PROCESOS

Para modelar los tiempos de procesos usamos la misma base con que se modeló los productos, o sea, su secuencia de operaciones, solo que en esta etapa, logramos completar la definición de los procesos al parametrizar en qué clase de recurso se realizan, y cual es la expresión para el cálculo de tiempos, por cada uno de los productos, en función de la cantidad de PP determinado a procesar. Es decir, así como el PP servía de base para el cálculo de insumos, en el modelado de los productos, en esta sección, será la base para el cálculo de tiempos de cada operación, según la orden de producción solicitada.

6.1. Parametrización de Estándares

En la sección 4.4 se explicó que cada operación tiene asociada distintos tipos de tiempo, como: el tiempo de preparación, el tiempo de proceso o promedio y el de liberación. Cada uno de

ellos está expresado a través de una función transformadora, donde la variable X corresponde al PP de la operación.

Veamos la siguiente pantalla, que corresponde a la parametrización de estándares de rendimiento por operación, donde se configura ésta información.

Mantenimiento de Estándares

Estándares de Rendimiento

Operación: S3XSN0101 Embutido Cervelat Padre

Clase de Recurso: EM3 Embutidoras de Salchichas

Tipo Clase de Recurso: No. Clase 1

Tiempo Promedio: $((20/60)/200)*X + \text{CEIL}(X/200)*(5/60)$

Tiempo Preparación: 0

Tiempo de Liberación: $((20/60)/200)*X + \text{CEIL}(X/200)*(5/60)$

Medida de Unidades: KG Medida de Tiempo: HRS

Costos indirectos por unidad de tiempo: 0.00 Moneda: DOLARES

Costo Preparación: 0.00 Moneda: DOLARES

Costo Estándar: 0.00 Moneda: DOLARES

FIGURA 6.1 PANTALLA DE PARAMETRIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE PROCESOS

Los tiempos de procesos se registran en Horas (HRS) por Kilogramos (KG), dado a que la unidad de medida del PP (variable X) está definida en KG para todos los procesos. En las expresiones se usa desde valores constantes (tiempo = 0, 6, 4,

etc. HRS), hasta algunas de las funciones predeterminadas, como: CEIL, ROUND, SIGN, DECODE, etc. (Ver tabla 3, lista de las funciones aceptadas del sistema).

La clase de recurso determina el tipo de máquinas que seleccionará el simulador, para programar la actividad. Por ejemplo, una secuencia de salchichas o inyectados puede contener varias de las siguientes operaciones que se muestran en las tablas siguientes, y además se indica la clase de recursos con que se las ha modelado.

TABLA 9
CLASES DE RECURSOS PARA LA LÍNEA DE SALCHICHAS.

OPERACIONES DE SALCHICHAS		
OPERACIONES	CLASE	DESCRIPCION
PICADO	CUT	Cutter
HOMOGENEIZADO	HO2	Homogeneizadora Salch.
EMBUTIDO	EM3	Embutidora Salchichas
COCCION	CH1	Coches de Cocción (Horno)
ENFRIADO	TIEN	Tina de Enfriamiento
ENFRIADO (AMB)	AMB	Medio Ambiente
CORTADO	OEM	Operario de Empaque
EMPACADO	OEM	Operario de Empaque
SELLADO	SELN	Selladora de N y Vacío

TABLA 10
CLASES DE RECURSOS PARA LA LÍNEA DE INYECTADOS

OPERACIONES DE INYECTADOS		
OPERACIONES	CLASE	DESCRIPCION
PREPAR. DE SALMUERA	MYK	Molistic
INYECCION	INY	Maquina de Inyección
TENDERIZADO	INY	Maquina de Inyección
MASAJE I	REAC	Reactor Pulmonar
REPOSO I (MACERADO)	MACE	Recursos Macerado
MASAJE II	REAC	Reactor Pulmonar
EMBUTIDO	BALN	Balanza
PREVACIO	PREV	Máquina de Prevacio
CLIPADO	CLIP	Clipado
MOLDEO	OMOL	Operario de Moldeo
REPOSO (II)	AMB	Medio Ambiente
COCCION	JACO / CH1	Coches o Tinas de Cocción
ENFRIADO	TIEN	Tina de Enfriamiento
DESMOLDEO	OMOL	Operario de Moldeo
ETIQUETADO	OEM	Operario de Empaque

Los recursos que pertenecen a una misma clase deben tener las mismas características operativas, por ejemplo, si existiera un Cutter CUT1, que procesa 200 KG por lote, y otro CUT2 cuyo rendimiento sea de 300 KG por lote, ambos no podrán estar relacionados a la misma clase de recurso CUT, deberá crearse una clase distinta por cada tipo.

6.1.1. Tiempos de Procesos

Ahora explicaremos los distintos comportamientos de las operaciones y su efecto en la definición de las fórmulas de tiempos.

- ***Cuando la operación es de tiempo fijo:***

Se aplica normalmente cuando la operación tiene un tiempo determinado, indistintamente de la cantidad de producto en proceso, tal es el caso de algunos macerados, reposos u oreos al ambiente, por ejemplo:

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = 6 \text{ (HRS)}$$

- ***Cuando la operación está en función de la tasa de producción:***

Es decir, cuando la operación es perfectamente dependiente en relación al PP:

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = X * ((50/60)/200) \text{ (HRS)}$$

En estas fórmulas, la variable (X) va acompañada de la tasa de producción de la operación. Bien puede expresarse, con los datos de algún tiempo conocido, en que se procesa una cantidad determinada de PP. En este caso, la tasa es: 200 KG se procesan en 50 minutos.

Incluso la tasa puede corresponder al tiempo que toma procesar un KG de PP (en la expresión de abajo es de 5 min./ KG).

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = X * (5/60) \text{ (HRS)}$$

- ***Cuando la operación es por Batch o capacidad recurso:***

Tal es el caso de operaciones como picado (que se elaboran en el Cutter), homogenizado, o incluso en el cocinado donde los hornos tienen una capacidad limitada por coche (1 por horno), o las tinas de cocción, donde la capacidad está limitada por las jaulas. Las funciones por capacidad normalmente tienen esta forma:

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = \text{CEIL}(X/200) * (10/60) \text{ (HRS)}$$

Es decir, por cada lote ≤ 200 KG de PP se realiza un proceso que toma 10 minutos.

- ***Cuando la operación contiene una variable de ambiente:***

Es posible que las funciones introduzcan una Variable de Ambiente, que es un factor que puede tomar ciertos valores externos como se explicó en la sección 5.2. (como de tipo decisión 0/1).

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = \text{VAR} * 6 \text{ (HRS)}$$

En este caso, la variable puede tomar los valores de 1 o 0, esto puede incluso usarse para anular la planeación de una operación, si ésta no fuera estrictamente necesaria para la programación de una orden urgente, bastaría con darle a la variable el valor de cero.

Incluso puede el tiempo de procesos estar relacionado con el rendimiento de alguna máquina. Por ejemplo, el sellado de un producto normalmente se realiza en un tipo de recurso, pero si llegara a cambiarse por otro, y esto afecta el rendimiento es preferible convertirlo en variable de ambiente, y esto se debe reflejar en el tiempo de proceso.

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = \text{ABS}(-0.0011 \cdot X + 0.783 \cdot H2)$$

En el siguiente ejemplo el tiempo de proceso tiene un factor de preparación que depende del número de operarios que preparan las unidades para el sellado. Cómo el número de operarios puede variar se ha tomado el tiempo de rendimiento individual del operario promedio (0.783) para multiplicarlo por el número de operarios, el mismo que se ha colocado en una variable de ambiente ($H2 = 2$ operarios), y así, dejar abierta la posibilidad de modificar la cantidad de recursos, por ende cambiaría el rendimiento, sin cambiar la parametrización de la clase de recurso (que continúa siendo la misma, OEM Operarios de empaque):

6.1.2. Tiempos de Preparación

En muchos casos el tiempo de preparación, o Set up, está considerado como parte del tiempo de proceso, esto se da cuando el set up no puede ser adelantado. Hay que tener en cuenta, que por default, el sistema programa el set up como un tiempo adicional anterior, para que no haya retrasos en el traslape de los tiempos de proceso de las operaciones.

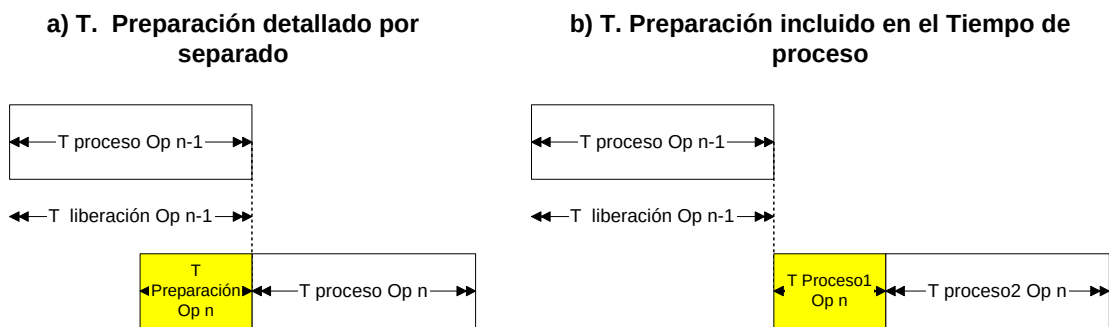


FIGURA 6.2 TIEMPO DE PREPARACIÓN PARAMETRIZADO DE MANERA CONJUNTA O POR SEPARADO DEL TIEMPO DE PROCESO.

Sin embargo hay casos como el de la Figura 6.2-b, que corresponde a dos operaciones tipo batch: picado y homogeneizado, donde la carga del PP al proceso de homogeneizado, toma un cierto tiempo. Esto corresponde a un tiempo de preparación, sin embargo no puede ser

adelantado pues involucra al PP que debe estar listo y liberado para el puesto de trabajo siguiente.

• ***Cuando la operación es combinada con Tiempo de Preparación:***

Normalmente se suman las dos expresiones, de modo que un factor corresponde al tiempo de preparación, y otro al tiempo de proceso en sí. Por ejemplo:

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = \text{CEIL}(X/253) * (5/60) + \text{CEIL}(X/253) * (95/60) \text{ (HRS)}$$

En este caso, el tiempo total de la operación está determinado por: los 5 minutos en que se preparan 253 KG ($\text{CEIL}(X/253) * (5/60)$); más, los 95 minutos por cada 253 KG que toma el proceso en sí ($\text{CEIL}(X/253) * (95/60)$).

Existen incluso casos donde el tiempo de preparación puede ser fijo por todo el lote:

$$\text{Tiempo Promedio } F(x) = (5/60) + \text{CEIL}(X/253) * (95/60) \text{ (HRS)}$$

Donde:

El tiempo de preparación corresponde a la tasa fija de (5/60) HRS; y, el tiempo de proceso está en función del PP: $\text{CEIL}(X/253) * (95/60)$.

También pueden combinarse expresiones de dos tipos, por ejemplo al combinar el tiempo de preparación dentro del mismo tiempo de proceso:

Tiempo Promedio $F(x) = X * ((20/60)/200) + \text{CEIL}(X/200) * (5/60)$

La preparación puede ser por batch = $\text{CEIL}(X/200) * (5/60)$, y el tiempo de proceso puede ser continuo = $X * ((20/60)/200)$.

6.1.3. Tiempos de Liberación

Para programar los tiempos de liberación hay que tomar en cuenta los siguientes comportamientos de la secuencia entre operaciones:

- ***Cuando la operación de tiempo fijo precede a otra que no empieza hasta haber procesado toda la operación:***

En estos casos el tiempo de liberación será exactamente igual que el formulado para el tiempo de proceso.

- ***Cuando la operación está en función de la tasa de producción y libera el proceso progresivamente luego de una cierta cantidad de PP:***

El tiempo de liberación se formula igual que el tiempo de proceso, pero se reemplaza el valor de X, por la porción de los KG de PP con que se va liberando el proceso.

Por ejemplo:

$$\text{Tiempo Proceso } F(x) = X \cdot ((50/60)/200) \text{ (HRS)}$$

$$\text{Tiempo Liberación } F(x) = 200 \cdot ((50/60)/200) \text{ (HRS)}$$

La operación se libera al procesar el primer lote de 200 KG.

- ***Cuando la operación es por Batch y se libera para la siguiente operación al finalizar un lote:***

El tiempo de proceso por lote está siempre relacionado con la capacidad del recurso donde se realiza el proceso. Por eso se encuentra la variable (X) o PP dividida para la capacidad del lote, para obtener el número de lotes que se deben procesar en un tiempo determinado.

$$\text{Tiempo Proceso } F(x) = \text{CEIL}(X/253) \cdot (95/60)$$

$$\text{Tiempo Liberación } F(x) = (95/60) \text{ (HRS)}$$

Por ejemplo, en este caso el tiempo de proceso total está determinado por el número de lotes (253 Kg) que se procesan en 95 minutos cada uno. Luego, como se libera la operación una vez concluido el primer lote, el tiempo de liberación corresponderá también a los 95 minutos por lote fijos.

- ***Cuando la operación está en función de la tasa de producción, pero se desea que al menos se asegure un tiempo mínimo de proceso.***

Entonces se hace una validación con la función DECODE y SIGN. La función Sign sirve para validar si es verdadero o falso una determinada expresión, por ejemplo, si el PP corresponde a un determinado peso en KG; y, con el DECODE para que sepa que función debe asignar para cada una de éstas validaciones.

Tiempo Proceso $F(x) = X*((6/60)/13)$

Tiempo Liberación $F(x) = \text{DECODE}(\text{SIGN}(X-13),$

$-1, X*((6/60)/13),$

$0, X*((6/60)/13),$

$1, 13*((6/60)/13))$

Por ejemplo, en esta expresión se hace una validación para cuando la variable X corresponda a valor específico, en este caso 13 KG, según el cual se desea asignar un tiempo de liberación determinado en función al límite. La función $\text{SIGN}(X-13)$ asigna los valores de 0: cuando $(X-13)=0$, o sea, si X es exactamente igual a 13 Kg; 1: si $(X-13)> 0$, o $X > 13$, es decir, la cuando la resta algebraica devuelva un

número (+); y, -1: si $(X-13) < 0$, o $X < 13$, es decir cuando $(X-13)$ sea negativo (-).

La función DECODE (Y, val1, res1, val2, res2, val3, res3), en este caso combinada con la función SIGN ($Y = \text{SIGN}(X-13)$), permite a “Y” solo asignar 3 posibles valores= 0,1,-1; por ende, en la cadena de valores constan éstas 3 posibilidades, seguidas de la función que se desee aplicar en cada una de las opciones.

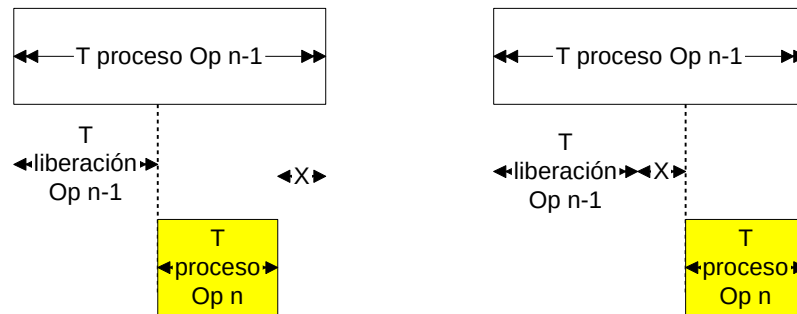
DECODE(Y, -
1, $X * ((6/60)/13)$, 0, $X * ((6/60)/13)$, 1, $13 * ((6/60)/13)$)

Con ello nos aseguramos de que cuando el PP esté en el rango de (0,13), o $Y=1$, la función del tiempo de liberación = $13 * ((6/60)/13)$, siempre considere al menos el tiempo equivalente a 13 KG.

- ***Cuando el tiempo de proceso de una operación es menor que el tiempo de proceso menos el de liberación de la operación predecesora.***

Cuando esto sucede el sistema del simulador suele caerse y generar un conflicto o ERROR, pues no puede procesar que una operación siguiente termine más temprano que una anterior, como se muestra en el diagrama de la figura 6.3.

**T. proceso siguiente OP es mucho menor al
T proceso - T liberación**



**a. liberación normal
ERROR**

**b. liberación
calculado**

$$X = (T \text{ proc Op } n-1) - (T \text{ lib Op } n-1) - (T \text{ proc Op } n)$$

FIGURA 6.3 DIFERENCIAS DE CONSIDERAR EL TIEMPO DE PREPARACIÓN PARAMETRIZADO POR SEPARADO DEL TIEMPO DE PROCESO

Normalmente ocurre en las operaciones cuyo tiempo de proceso está en función de la tasa de producción, y la tasa de producción siguiente es mayor. Tal era el caso para la secuencia de las operaciones empacado (manual) y sellado (automático). El hecho era visible en la planta, cuando se observaba que de un grupo de operarios que empacaban, uno de ellos eventualmente iba sellando los productos, porque si

se lo dejaba solamente sellando tendría mucho tiempo muerto.

Cuando se comprobaba que esto ocurriría, se tenía que adaptar la expresión de liberación de tal forma que halláramos siempre el término exacto entre ambas operaciones, porque después de todo no debe haber pérdida de tiempos. La figura 6.3, nos explica como este diferencial de tiempo "X" es hallado en función de los tiempos de proceso y liberación de la primera operación y el tiempo de proceso de la operación siguiente:

$$X = (T \text{ proc Op } n-1) - (T \text{ lib Op } n-1) - (T \text{ proc Op } n)$$

Por ejemplo:

EMPAQUE

$$\text{Tiempo Proceso } F(x) = X * ((40/60)/85) + (10/60)$$

$$\text{Tiempo Liberación } F(x) = X * ((40/60)/85) + (10/60) - ((X-5) * ((15/60)/85))$$

SELLADO

$$\text{Tiempo Proceso } F(x) = X * ((15/60)/85)$$

En esta definición, la diferencia de las tasas de proceso es clara, con un tiempo de empaque de 40 minutos por 85 KG, el

sellado toma apenas 15 minutos los 85 Kg. Y como el tiempo de proceso en ambas está en función de la tasa de producción, el tiempo de liberación del empacado es igual a su tiempo de proceso menos una expresión cuya tasa, coincide con la tasa del proceso de sellado, o sea, de la siguiente operación.

CAPITULO 7

7. PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

7.1. Ordenes de Producción

La programación de la producción consiste en la planeación de todos los pedidos de productos, en base a las estructuras con que se han modelado en el SP3, esto da como resultado el cálculo de tiempos de los recursos e insumos, en un ambiente donde podremos visualizar cada orden semejante a un diagrama de Gantt, y analizar la planeación por medio de ciertas opciones que amplían la información de cada elemento planeado.

El uso del simulador requiere de ciertos pasos operativos previos, como es el ingreso de las órdenes en SP3, que se conoce como la “Solicitud de Pedidos”, convertir los datos al simulador; luego en el simulador, recibir los datos y programar los recursos antes de

observar los resultados. La pantalla a continuación nos muestra como es el registro de una orden o pedido.

Cada pedido se graba con el estado de “No realizado” por defecto. Si queremos omitir alguna orden en la planeación se puede cambiar el estado por “Cancelado”. Por otro lado, el estado de Realizado, no será modificable pues corresponde a las órdenes programadas y aceptadas para su fabricación, por ende, su estado resulta de los reportes de la orden ingresados en otro módulo, de Control de la Producción.



The screenshot shows a software window titled "Mantenimiento de Pedidos de Producción". Inside, there is a section labeled "Datos del Pedido" containing several input fields and labels. The fields are arranged in a grid-like fashion. The "Pedido" field contains the value "1667". The "Producto" field contains "IN0104", and next to it is a larger text area containing "JAMON DELANTERO PIEZA". The "Medida" field contains "KG", and next to it is a larger text area containing "Kilogramo INV". The "Fecha de Entrega" field contains "01-05-2007 14:00", and the "Fecha de Ingreso" field contains "29-04-2007". The "Cantidad" field contains "600", and the "Estado" field is a dropdown menu currently showing "No Realizado". The "Cliente" field contains "1790542750002", and the "Bodega" field contains "BLTGPT". To the right of these fields are two larger text areas containing "Elaborados Carnicos S.A. (Fabrica)" and "Bodega Producto Terminado Latacunga" respectively.

Pedido	1667		
Producto	IN0104	JAMON DELANTERO PIEZA	
Medida	KG	Kilogramo INV	
Fecha de Entrega	01-05-2007 14:00	Fecha de Ingreso	29-04-2007
Cantidad	600	Estado	No Realizado
Cliente	1790542750002	Elaborados Carnicos S.A. (Fabrica)	
Bodega	BLTGPT	Bodega Producto Terminado Latacunga	

FIGURA 7.1 PANTALLA DE SOLICITUD DE PEDIDO

En la pantalla de pedidos observamos el código que corresponde a un número secuencial del sistema que aparece luego de grabar el registro. Los datos para registrar la solicitud de pedido son: Producto, donde se señala el código del PT a ordenar; Medida, que es la que se encuentra definida para el PT en el catálogo del artículo, por tanto se muestra automáticamente. Puede ordenarse con otra unidad, siempre y cuando esté definida la conversión correspondiente para la unidad principal en el sistema de unidades. La fecha y hora de entrega del pedido y su cantidad. Además, se puede indicar el código del cliente y la bodega de destino del producto PT. La empresa utiliza normalmente un cliente genérico, pues hasta el momento la producción se ordena internamente en base a los niveles de inventarios.

A continuación se detalla una serie de órdenes, cuya simulación analizaremos posteriormente.

TABLA 11
LISTA DE PEDIDOS U ÓRDENES A PROGRAMAR.

ORDEN	ARTICULO	MEDIDA	FECHA_ENTREGA	CANTIDAD_PEDIDA
1702	IN0108	KG	11/05/2007 14:00	200
1703	IN0122	KG	11/05/2007 16:00	400
1704	IN0127	KG	11/05/2007 10:00	200
1705	IN0220	KG	11/05/2007 12:00	200
1706	IN0223	KG	11/05/2007 13:00	300
1707	IN0302	KG	11/05/2007 15:00	200
1708	IP0201	KG	11/05/2007 18:00	100
1709	IV0101	KG	11/05/2007 17:00	100
1710	MV0101	KG	11/05/2007 12:00	200
1711	FN0405	KG	11/05/2007 12:00	200
1713	FN0704	KG	11/05/2007 16:30	200
1714	FP0101	KG	11/05/2007 18:00	200
1715	PN0101	KG	11/05/2007 18:00	400
1716	PN0102	KG	11/05/2007 14:00	200

Todas las órdenes se solicitarán para una fecha determinada de pedido, en este caso corresponde al último día de una semana laborable (11-05-2007), y se programarán para el rango de esa semana. Como el sistema planea a partir de la fecha de entrega hacia atrás, las órdenes estarán programadas hacia el final del rango.

La conversión de los datos para el simulador, tal como se explicó en la sección 2.3 crea todos los archivos con las estructuras de los artículos, modelos y pedidos, con los que se cargará la información al simulador, luego de generar estos archivos en el simulador aparecerá un mensaje (figura 7.2) que indicará si el proceso de

carga ha sido correcto, así como el número de órdenes que se han considerado en el rango de fechas de la planeación.

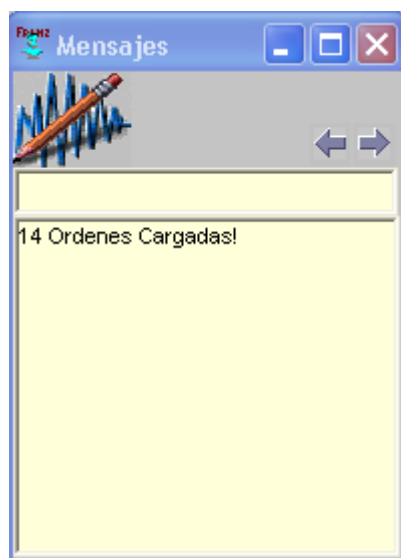


FIGURA 7.2 MENSAJE CARGA DE DATOS DEL SIMULADOR.

Los pasos para empezar a simular los encontramos en el menú de este mismo nombre, como se observa en la figura 7.3. En resumen se ejecuta primero la simulación de recursos, donde se realiza el cálculo total de las operaciones requeridas por recurso; luego se programan los recursos por bloque, que es cuando se ordenan todas las operaciones según la secuencia y prioridad con que se programa cada orden.

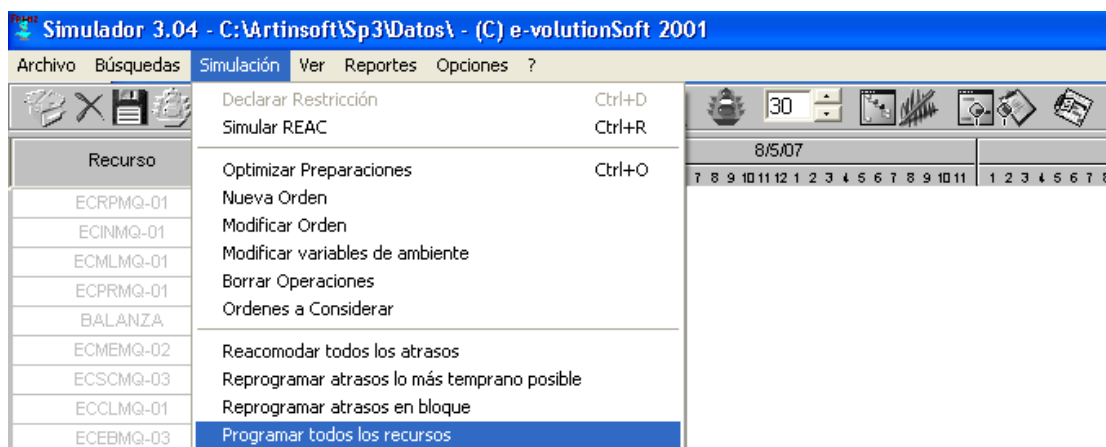


FIGURA 7.3 MENÚ DE LOS PASOS PARA LA SIMULACIÓN.

7.2. Resultados de la Programación

Una vez completados los pasos para la simulación de las órdenes, podremos observar, como se muestra en la figura 7.4, el diagrama de todas las órdenes. Donde cada orden corresponderá a un color específico para su programación, y cada línea corresponderá a algún proceso u operación realizado en el recurso descrito en la columna izquierda de la pantalla.

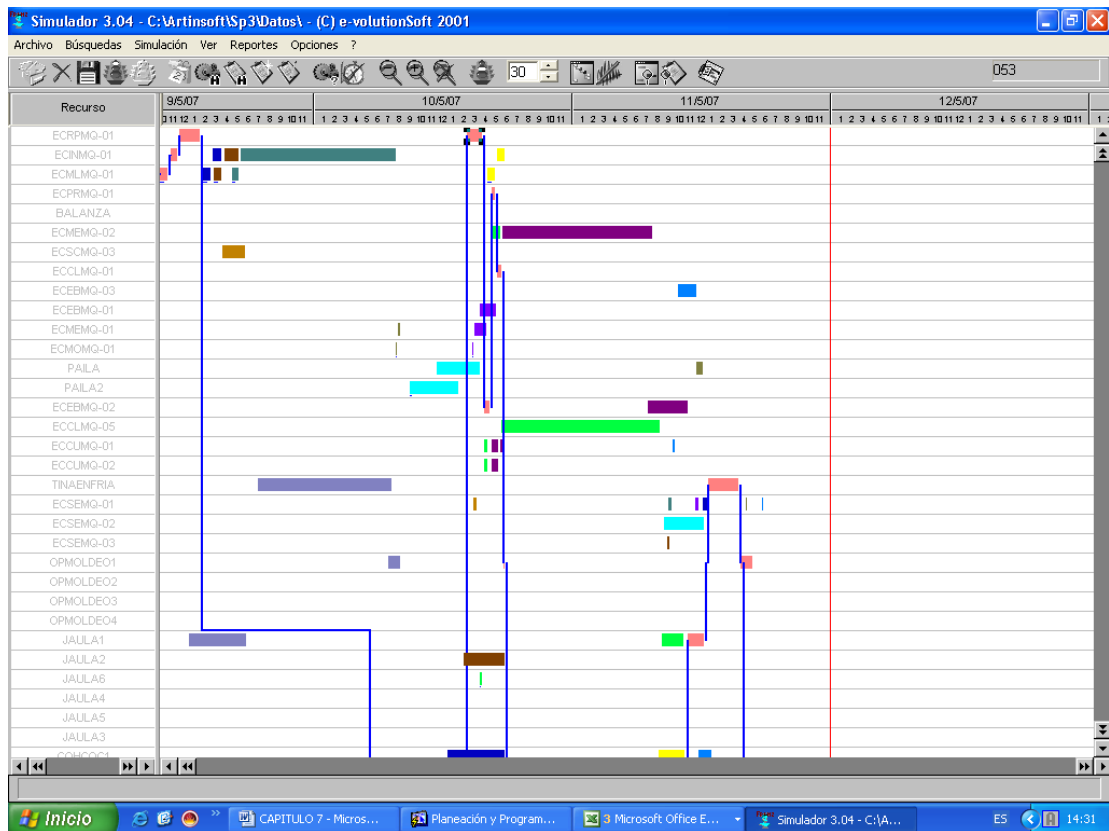


FIGURA 7.4 PANTALLA DE LA PROGRAMACIÓN DE ÓRDENES.

En la pantalla podemos observar como incluso aparecen unas líneas azules, que conectan las operaciones de una orden (bloques de color rosado), indicando su seguimiento luego de utilizar la opción de búsqueda por orden, que se muestra en la figura 7.5.

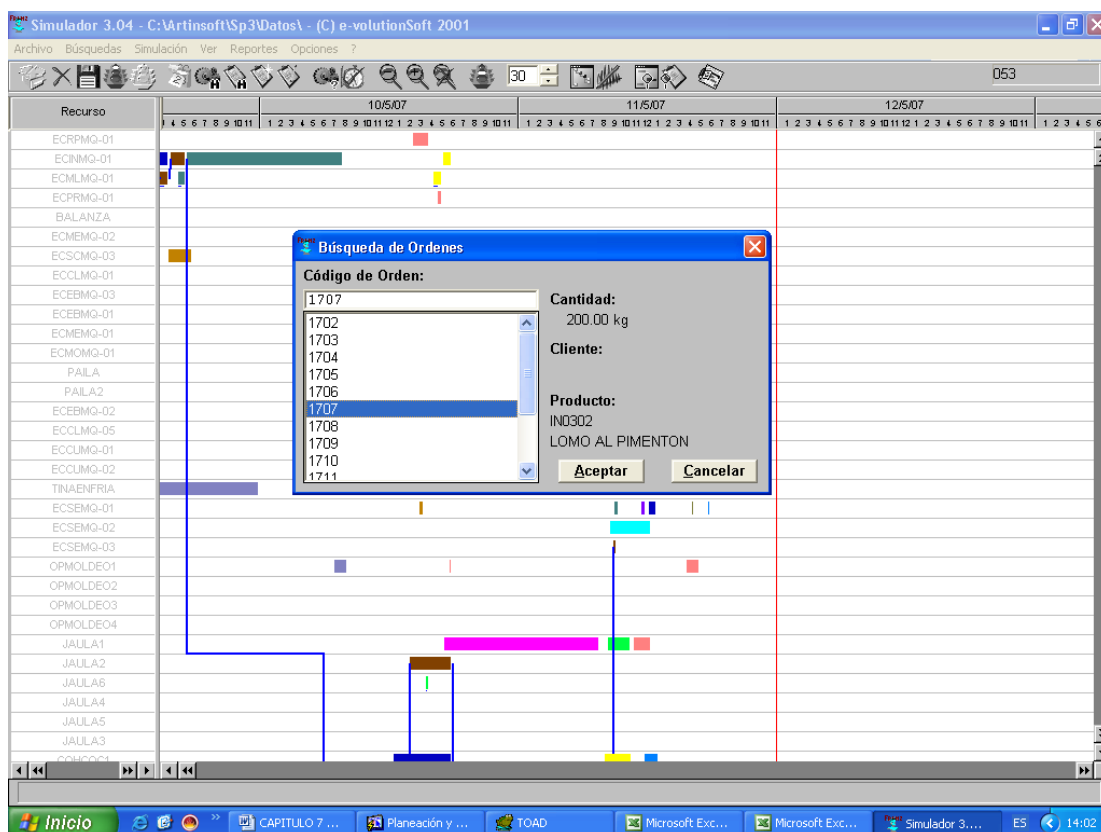


FIGURA 7.5 OPCIÓN DE BÚSQUEDA POR ÓRDENES.

Existe una opción en el menú Ver / Mostrar horarios, que permite además en la línea de cada recurso mostrar solo el tiempo efectivo diario, que se está considerando para el recurso como resultado de la aplicación de las jornadas, este aparece señalado con unas líneas rojas (ver figura 7.6). Toda interrupción de estas líneas rojas corresponderá a tiempos muertos.

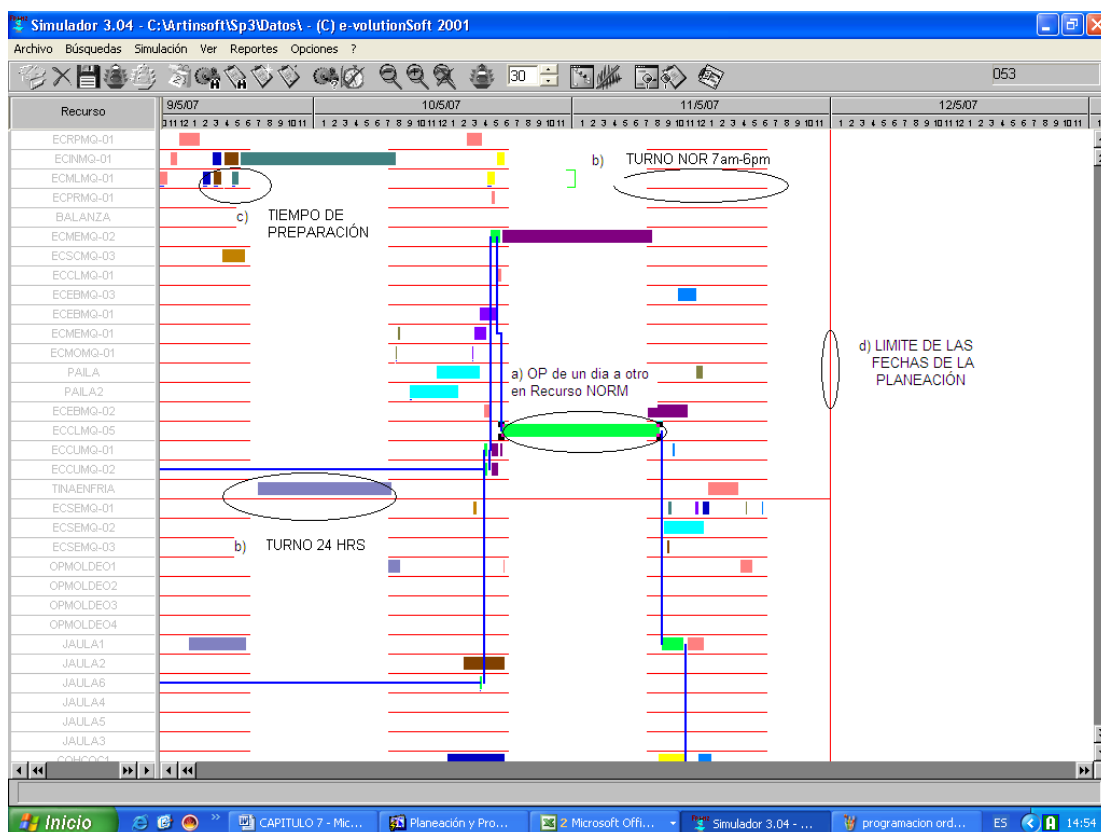


FIGURA 7.6 PROGRAMA CON OPCIÓN MOSTRAR HORARIOS.

Los puntos b. de la figura señalan la diferencia correspondiente a dos jornadas identificadas: el turno NOR, que corresponde al turno general para los recursos de la fábrica, tiene un horario ininterrumpido de 7 am a 6 pm, con tiempo normal de producción; y el turno de 24 horas, donde el recurso no tiene un horario limitado.

La observación a. de la figura nos muestra cuando alguna orden puede quedar de un día para otro, en una operación intermedia de tiempo normal. Normalmente esta opción no es factible en la producción de cárnicos,

porque el PP no puede quedarse en la línea de un día para otro, por lo que el tiempo que falte para completar el proceso se lo asignará como una extensión de horario el día que corresponda. Solo se permiten operaciones de un día para otro como en el caso b., Turno 24 Hrs., cuando el recurso está realmente disponible todo el tiempo.

Otras líneas que especifican ciertos tipos de tiempo son las que se señalan en la observación c. Corresponden a las líneas pequeñas que se observan al principio de cada barra u operación, señalando los tiempos de preparación, siempre y cuando éstos estén considerados por separado, como se explicó en la sección 6.1.2, esto ocurre con pocas operaciones.

En toda visualización del programa siempre encontraremos unas líneas verticales (observación d) que señalarán los límites del rango de planeación. Cuando el tiempo considerado no sea suficiente para cumplir con las órdenes solicitadas para este intervalo observaremos el caso de la figura 7.7: cuando las órdenes traspasan los límites de la planeación, esto implica que tendremos que simular las mismas en un tiempo mayor y habrá algunas que no quedarán satisfechas en la fecha de pedido.

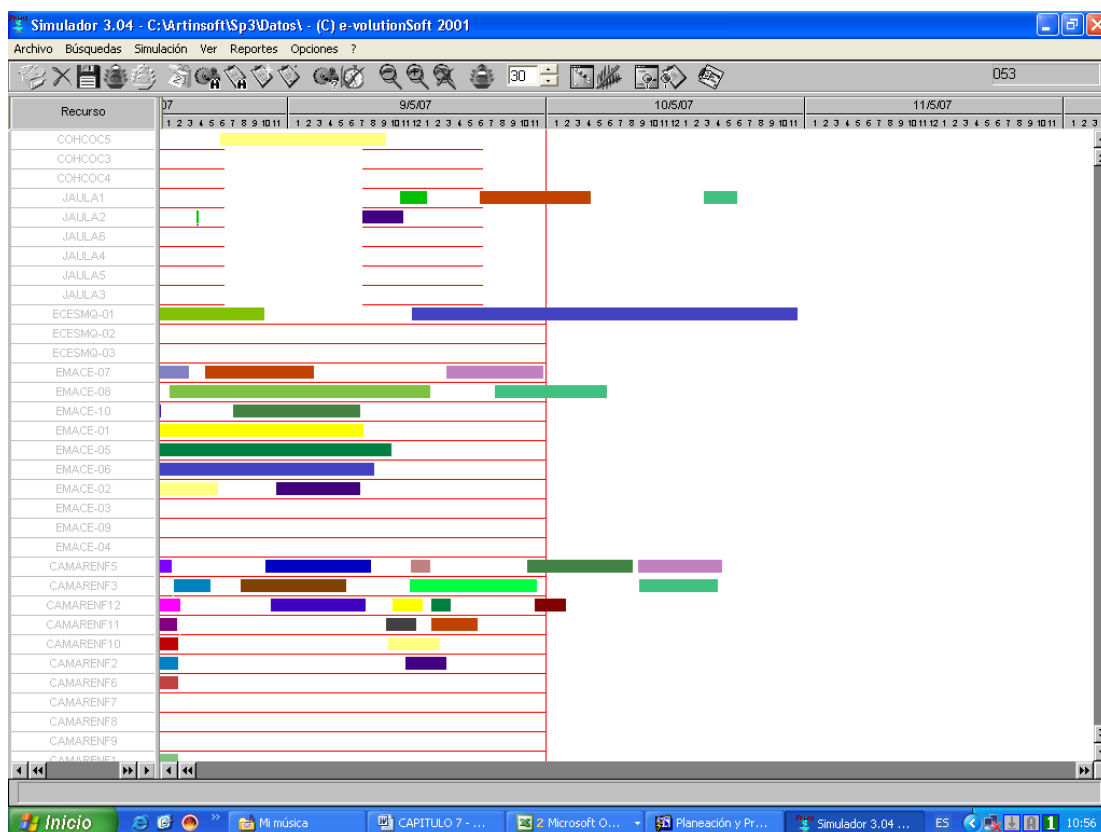


FIGURA 7.7 PROGRAMA CON TIEMPO DISPONIBLE MENOR AL REQUERIDO.

También podemos usar el siguiente icono, () de proyección de una orden, en la barra superior del simulador, con esta opción podremos resaltar la programación de una orden específica. Como indica la figura 7.8, donde se ha proyectado una orden de inyectados, la 1703, mientras las otras permanecen invisibles. Con el botón Restaurar recuperamos la visualización normal del programa.

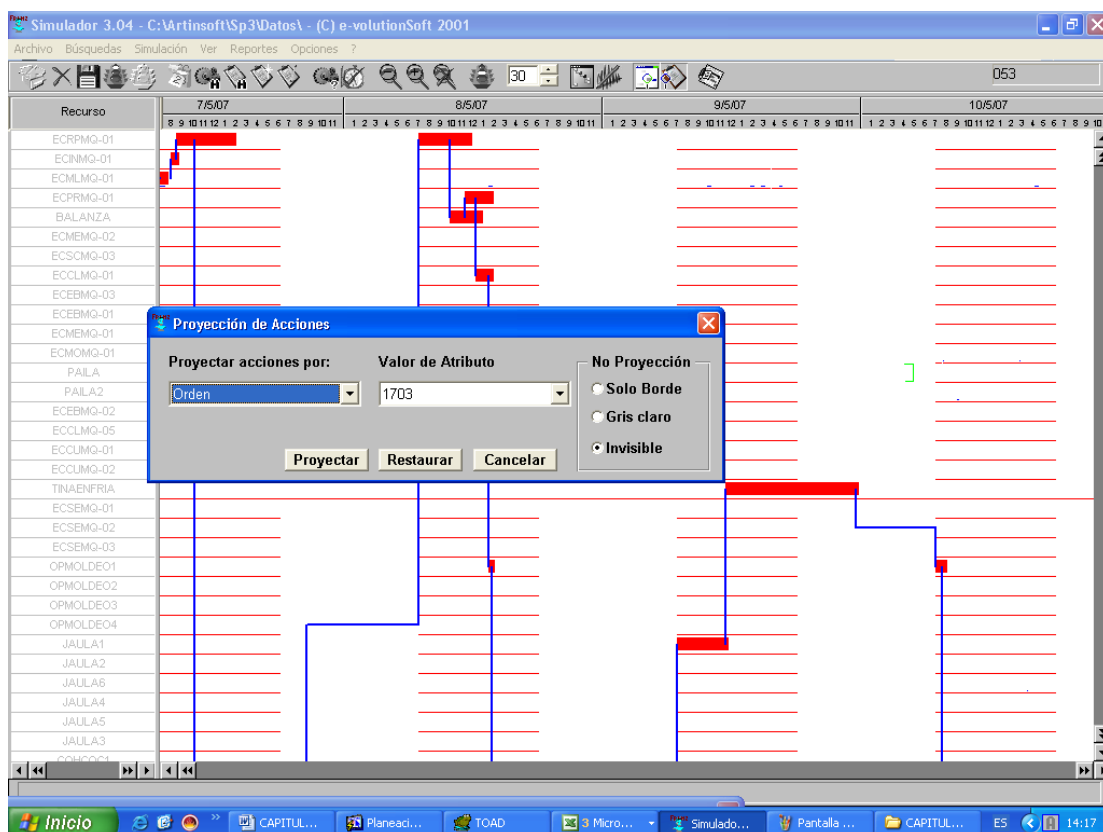


FIGURA 7.8 PROGRAMA CON PROYECCIÓN DE UNA ORDEN.

Esta es una orden típica de inyectados, según la tabla 11, corresponde al producto IN0122 de 400 Kg.

Al posicionarnos sobre cualquier orden, u operación con click derecho obtendremos algunas opciones para obtener mayor información, como el seguimiento de una orden, que es el detalle más importante para analizar la programación que se muestra en la figura 7.9.

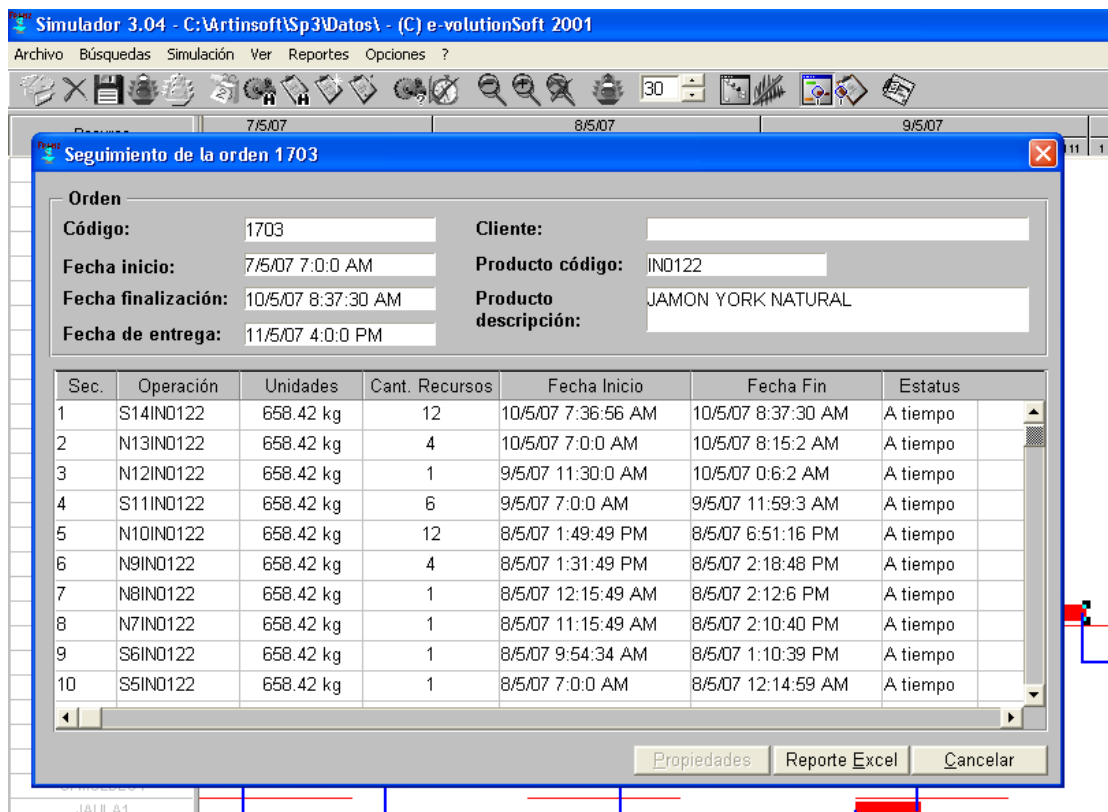


FIGURA 7.9 DETALLE DEL SEGUIMIENTO DE UNA ORDEN.

El seguimiento de la orden contiene un encabezado donde encontramos datos de la orden como: la descripción del producto, en este caso la orden corresponde al pedido de Jamón York Natural, las fechas de programación total de la orden y la fecha de pedido. En el detalle encontramos la secuencia de operaciones con sus códigos, la explosión del PP correspondiente a cada operación y el cronograma completo de realización para cada una de ellas.

La secuencia de operaciones empieza con la última operación "S14IN0122", como se explicó realiza la explosión de materiales el

simulador. Y la formulación del producto es de tipo 2 (ver sección 5.1.2.), dado que la cantidad obtenida al final no corresponde con la cantidad del pedido inicial de la orden. La orden 1703 fue requerida por 400 Kg, que equivale al PP de la OP intermedia “S2IN0122”, sin embargo, la orden termina con un resultado de 658.42 Kg. en la operación “S14IN0122” que genera el PT.

Otra opción es “Mostrar orden” (figura 7.10), donde se visualiza las propiedades de la misma mediante las siguientes etiquetas: Producto, Operaciones, Fechas, Asignación y Variables.

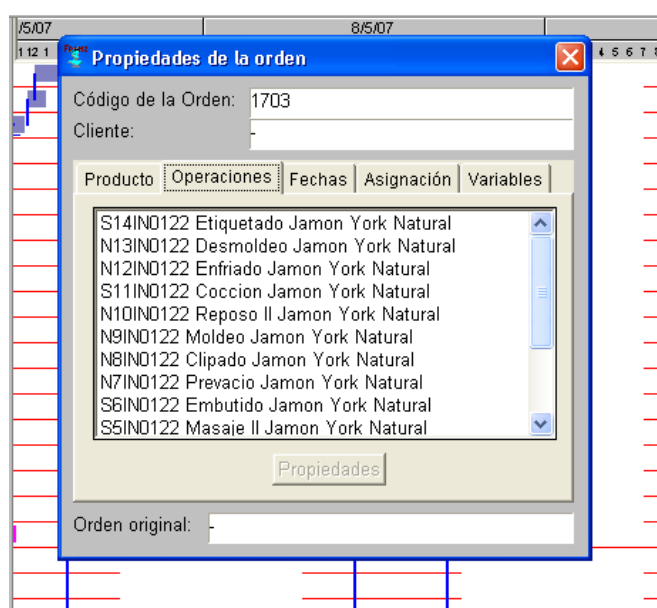


FIGURA 7.10 VENTANA PROPIEDADES DE LA ORDEN.

La etiqueta Producto, muestra el PT y cantidad solicitada de la orden consultada; Operaciones, lista las operaciones explosionadas para el modelo del producto, se puede obtener mas detalle de las operaciones

seleccionando sus propiedades; Fechas, nos muestra la fecha de entrega o pedido de la orden y las fechas de inicio y fin de programación de la orden total; Asignación a Producción; y, Variables, indica las variables de ambiente que esté usando el modelo del producto y el valor de la variable con que se ha simulado el programa.

De la misma manera, la ventana de detalle de “Resumen de Operación”, consulta las propiedades por operación y contiene la siguiente información (figura 7.11): Recursos, producto, materiales, fechas, generales y otras operaciones.

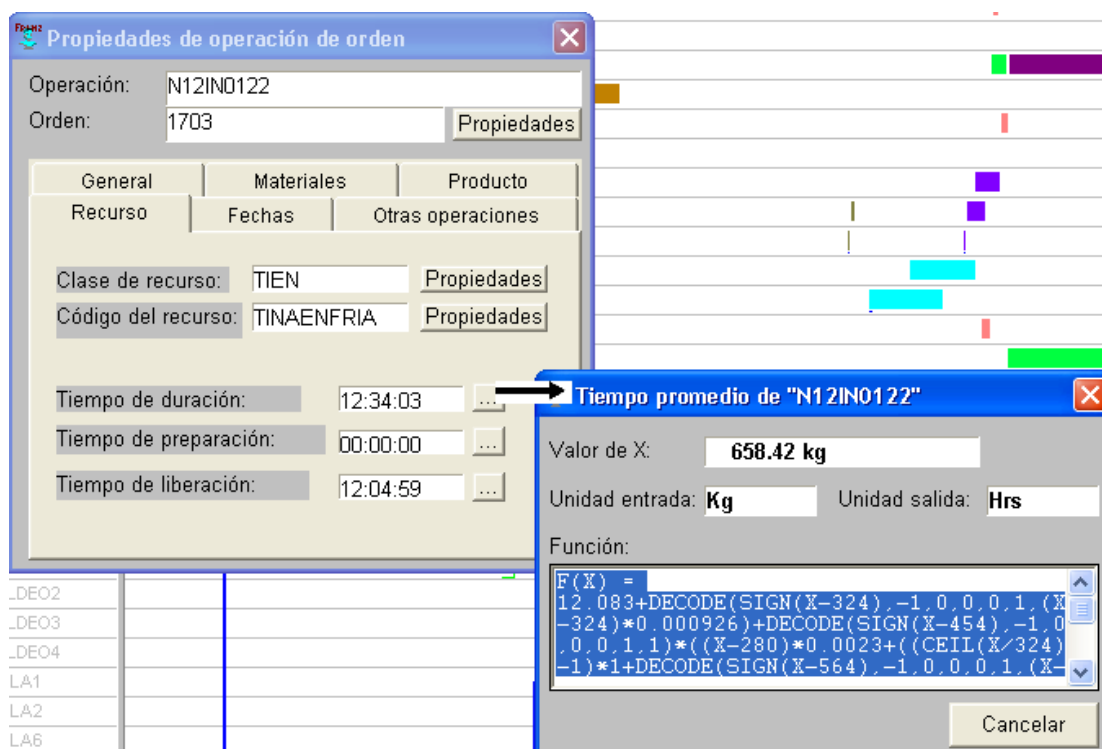


FIGURA 7.11 VENTANA RESUMEN DE OPERACIÓN CON SUS ELEMENTOS.

La ficha del Recurso, muestra la clase y código del recurso con que se ha simulado la operación, los tiempos de proceso, preparación y liberación calculados, además, podemos obtener más información, como las funciones parametrizadas en base a las que efectúa el cálculo de dichos tiempos, en los botones adjuntos o propiedades; Producto, indica el código del PP de la operación y cantidad de la operación; Materiales, muestra la lista de insumos de la operación, donde también se podrá ampliar la información de los artículos como: en propiedades, mayor descripción del ítem, y dosificación, que mostrará la expresión transformadora, con que se calcula la cantidad requerida del insumo en la operación; Fechas, indicará la fecha de inicio, fin, entrega y liberación de la operación; General, datos como el nombre de la operación; y, Otras Operaciones, los códigos de las operaciones antecesoras y predecesoras relacionadas.

En el menú reportes normalmente encontramos que éstos pueden bajarse en un archivo Excel, lo cual permite una mayor flexibilidad para la realización de análisis. Por ejemplo, el Reporte de Operaciones, del cual presentamos un extracto en la figura 7.12, en el se lista toda la secuencia de operaciones por orden, con su fecha de programación “inicio” y “fin” por proceso.

Reporte de operaciones

Orden	Operación	Fecha inicio	Fecha fin	Cantidad	Medida	Fecha programación
1702	N1IN0108	9/5/2007 13:51:0	9/5/2007 14:40:59	150	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	S2IN0108	9/5/2007 14:41:0	9/5/2007 15:44:59	200	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	N3IN0108	10/5/2007 4:27:0	10/5/2007 12:28:59	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	S4IN0108	10/5/2007 12:29:0	10/5/2007 17:59:59	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	N5IN0108	11/5/2007 2:25:49	11/5/2007 11:25:48	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	N6IN0108	11/5/2007 11:25:49	11/5/2007 13:1:48	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	N7IN0108	11/5/2007 12:12:4	11/5/2007 13:2:11	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	N8IN0108	11/5/2007 12:12:49	11/5/2007 13:29:24	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1702	S9IN0108	11/5/2007 12:29:1	11/5/2007 14:0:0	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N1IN0122	7/5/2007 10:44:43	7/5/2007 11:44:42	250	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	S2IN0122	7/5/2007 11:44:43	7/5/2007 13:13:42	400	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	S3IN0122	7/5/2007 12:14:0	7/5/2007 17:59:59	620	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N4IN0122	8/5/2007 0:21:11	8/5/2007 12:26:10	620	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	S5IN0122	8/5/2007 10:41:11	8/5/2007 16:27:10	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	S6IN0122	8/5/2007 14:6:45	8/5/2007 16:51:50	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N7IN0122	8/5/2007 15:28:0	8/5/2007 17:51:51	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N8IN0122	8/5/2007 16:28:0	8/5/2007 17:53:17	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N9IN0122	8/5/2007 17:13:0	8/5/2007 17:59:59	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N10IN0122	9/5/2007 4:32:9	9/5/2007 9:33:36	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	S11IN0122	9/5/2007 12:29:56	9/5/2007 17:59:59	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N12IN0122	9/5/2007 18:53:1	10/5/2007 7:29:3	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	N13IN0122	10/5/2007 7:0:0	10/5/2007 8:15:2	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1703	S14IN0122	10/5/2007 7:36:56	10/5/2007 8:37:30	658,41706	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	N1IN0127	9/5/2007 16:30:0	9/5/2007 17:19:59	40	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	S2IN0127	9/5/2007 17:20:0	10/5/2007 7:54:59	200	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	S3IN0127	10/5/2007 7:55:0	10/5/2007 15:54:59	240	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	S4IN0127	10/5/2007 15:55:0	10/5/2007 17:59:59	240	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	N5IN0127	11/5/2007 3:18:24	11/5/2007 8:18:23	192,912	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	N6IN0127	11/5/2007 8:18:24	11/5/2007 9:28:21	192,912	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	N7IN0127	11/5/2007 8:59:26	11/5/2007 9:28:39	192,912	KG	6/5/2007 14:40:45
1704	S8IN0127	11/5/2007 9:0:2	11/5/2007 10:0:0	192,912	KG	6/5/2007 14:40:45

FIGURA 7.12 EXTRACTO DEL REPORTE DE OPERACIONES DEL SIMULADOR.

Usando esta información hemos hecho una comparación. Hemos escogido las últimas operaciones para cada orden del reporte anterior y remarcando la fecha fin equivalente a la finalización de la orden programada, al lado, se ha adjuntado la fecha de pedido original de cada orden, en una columna adicional, con su producto y cantidad original, como podemos observar en la tabla 12.

TABLA 12

COMPARACIÓN ORDENES REPROGRAMADAS DEL PROGRAMA

Orden	Operación	Fecha fin	Cantidad	Medida	FECHA PEDIDO	PRODUCTO	CANTIDAD PEDIDA
1702	S9IN0108	11/5/2007 14:0:0	250	KG	11/05/2007 14:00	IN0108	200
1703	S14IN0122	10/5/2007 8:37:30	658,41706	KG	11/05/2007 16:00	IN0122	400
1704	S8IN0127	11/5/2007 10:0:0	192,912	KG	11/05/2007 10:00	IN0127	200
1705	S9IN0220	11/5/2007 12:0:0	204,39	KG	11/05/2007 12:00	IN0220	200
1706	S7IN0223	11/5/2007 12:29:59	174	KG	11/05/2007 13:00	IN0223	300
1707	S8IN0302	11/5/2007 15:0:0	264,422	KG	11/05/2007 15:00	IN0302	200
1708	S8IP0201	11/5/2007 17:59:59	94,32	KG	11/05/2007 18:00	IP0201	100
1709	S15IV0101	11/5/2007 17:0:0	151,27	KG	11/05/2007 17:00	IV0101	100
1710	S6MV0101	7/5/2007 14:22:6	196,94	KG	11/05/2007 12:00	MV0101	200
1711	S8FN0405	11/5/2007 12:0:0	170	KG	11/05/2007 12:00	FN0405	200
1713	S7FN0704	11/5/2007 16:30:0	200	KG	11/05/2007 16:30	FN0704	200
1714	S8FP0101	11/5/2007 17:59:59	179,32	KG	11/05/2007 18:00	FP0101	200
1715	S9PN0101	11/5/2007 17:59:59	386,44	KG	11/05/2007 18:00	PN0101	400
1716	S9PN0102	11/5/2007 14:0:0	189,32	KG	11/05/2007 14:00	PN0102	200

Como puede observarse en la tabla existen dos órdenes que han sido reprogramadas automáticamente en la simulación, es decir, que no se terminan para su fecha de pedido original, sino que han sido desplazadas. En este caso se han programado para una fecha anterior, debido a que todavía había disponibilidad de los recursos en los primeros días del programa, lo cual equivale a que si estarán listos antes de tiempo; sin embargo, si no hubiera existido disponibilidad de tiempo bien pueden reprogramarse automáticamente en fechas posteriores. Estas mismas órdenes se pueden consultar en el menú Reporte / Ordenes reprogramadas.

Esta reprogramación normalmente responde al cálculo interno del algoritmo. Generalmente si coinciden varias órdenes de una misma línea se da prioridad en el programa a las que tienen menor cantidad de pedido

para poder satisfacer más órdenes en el tiempo, y las de mayor cantidad pueden verse desplazadas o reprogramadas si no alcanzan a programarse en el resto del tiempo disponible de los recursos. Es lo que sucede, por ejemplo, con la orden 1703 de inyectados, podemos observar en la tabla, que de la orden 1702, a la orden 1709, corresponden a productos de la misma línea (Productos con prefijo “I” = Inyectados), donde la orden 1703 corresponde a la de mayor cantidad de pedido.

Otra valuación para priorizar la programación de las órdenes resulta del hecho de que dos o más órdenes se encuentren solicitadas para la misma fecha y hora, cuando usan el mismo tipo de recursos, dando como resultado la reprogramación de alguna de ellas, generalmente la de mayor cantidad.

En la programación de la orden vamos a destacar los tiempos programados por operación vs. los tiempos con que se parametrizó el estándar de dichas operaciones en el modelado de tiempos, para esto emplearemos la orden 1703 (figura 7.13), correspondiente a Jamón York Natural por 400 Kg.

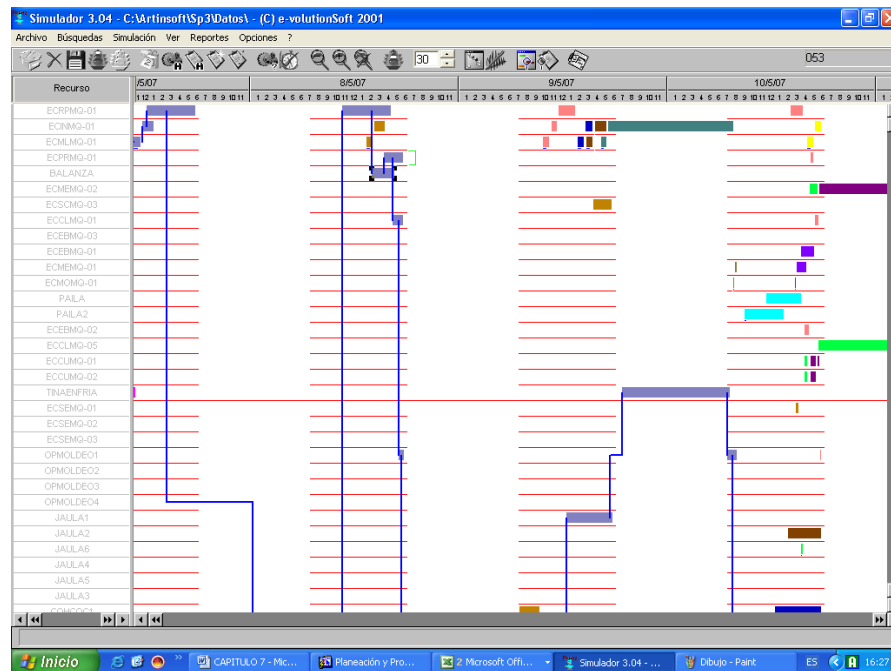


FIGURA 7.13 SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA DE LA ORDEN DE JAMÓN YORK NATURAL.

En la tabla siguiente tenemos, en cambio, la parametrización de tiempos por operación de SP3, para el producto jamón York correspondiente a la orden anterior.

TABLA 13

CONFIGURACIÓN DE TIEMPOS PARA PRODUCTO JAMÓN YORK NATURAL (IN0122).

OPERACION	REC	TIEMPO_PROMEDIO	T_SETUP	TIEMPO_LIBERACION	U_ENT	U_SAL
N1IN0122	MYK	$(\text{CEIL}(X/500)*0.5)$	0.5	0.5	KG	HRS
S2IN0122	INY	$X*0.00208333333325+(8/60)$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-170.3), 0, (170.3*0.002083)+0.1333, 1, (170.3*0.002083)+0.1333, -1, (X*0.00208333333325)+(8/60))$	KG	HRS
S3IN0122	REAC	$(\text{CEIL}(X/264)*1.58333)+(\text{CEIL}(X/264)*(10/60))$	0	$1.58333+(10/60)$	KG	HRS
N4IN0122	MACE	$10+(20/60)+((\text{ROUND}(X/264)-1)*1.58333)+((\text{ROUND}(X/264)-1)*(10/60))$	0	$10+(20/60)$	KG	HRS
S5IN0122	REAC	$\text{CEIL}(X/280)*1.5833+(\text{CEIL}(X/280)*(10/60))$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-280), -1, 1.5833+(1/6), 0, 1.583+(1/6), 1, \text{CEIL}(X/280)*1.58333+\text{CEIL}(X/280)*(10/60)-\text{FLOOR}(X/280)-0.001)*280*(5.5/1316))$	KG	HRS
S6IN0122	BALN	$X*(5.5/1316)$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, X*(5.5/1316), 0, X*(5.5/1316), 1, 324*(5.5/1316))$	KG	HRS
N7IN0122	PREV	$\text{CEIL}(X/324)*1+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-564), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*(5.5/1316)-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)$	0	1	KG	HRS
N8IN0122	CLIP	$X*(50/3600)/6+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-280)*(50/3600)/6+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-564), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*(5.5/1316)-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*324*(5/360)/6)$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, X*(50/3600)/6, 0, X*(50/3600)/6, 1, 324*(50/3600)/6)$	KG	HRS
N9IN0122	OMOL	$X*((2/360)/6)+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-454), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-280)*(50/3600)/6+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-564), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*(5.5/1316)-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*324*(5/360)/6)-\text{FLOOR}(X/324)-0.001)*324*(2/360)/6)$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, X*((20/3600)/6), 0, X*((20/3600)/6), 1, 324*((20/3600)/6))$	KG	HRS
N10IN0122	CENF	$4.54+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*0.000926)+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-454), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-280)*0.0023+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-564), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*0.0042-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.75-\text{FLOOR}(X/324)-0.001)*0.3)$	0	4.5	KG	HRS
S11IN0122	JACO	$4.5+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*0.000926)+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-454), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-280)*0.0023+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-564), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*0.0042-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.75-\text{FLOOR}(X/324)-0.001)*0.3)$	0	4.5	KG	HRS
N12IN0122	TIEN	$12.083+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*0.000926)+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-454), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-280)*0.0023+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-564), -1, 0, 0, 0, 1, (X-324)*0.0042-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.75-\text{FLOOR}(X/324)-0.001)*0.3)$	0	12.083	KG	HRS
N13IN0122	OMOL	$X*(2.5/1316)+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-797), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-324)*0.000926+((X-280)*0.0023+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+(X-324)*0.0042-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.75-\text{FLOOR}(X/324)-0.001)*0.3)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*324*(2.5/1316))$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324), -1, X*(2.5/1316), 0, X*(2.5/1316), 1, 324*(2.5/1316))$	KG	HRS
S14IN0122	OEM	$X*(2/1316)+0.0091+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-797), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-324)*(2.5/1316)+(X-324)*0.00093+((X-280)*0.0023+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+(X-324)*0.0042-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.75-\text{FLOOR}(X/324)-0.001)*0.3)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.6155-X*(2/1316))$	0	$X*(2/1316)+0.0091+\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-797), -1, 0, 0, 0, 1, 1)*(X-324)*(2.5/1316)+(X-324)*0.00093+((X-280)*0.0023+((\text{CEIL}(X/324)-1)*1+(X-324)*0.0042-(\text{CEIL}(X/324)-1)*1)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.75-\text{FLOOR}(X/324)-0.001)*0.3)-\text{FLOOR}(X/324)-0.0001)*0.6155-X*(2/1316))$	KG	HRS

También podemos obtener el detalle del tiempo programado del simulador, por operación, en el Reporte de Recursos, de donde se extrajo solo las líneas que tienen relación con la orden 1703.

Reporte de recursos

Orden	Operación	Recurso	Fecha inicio	Fecha fin	Cantidad	Setup	Medida
1703	N1IN0122	ECMLMQ-01	7/5/2007 10:44:43	7/5/2007 11:44:42	0,500	0,5	HRS
1703	S2IN0122	ECINMQ-01	7/5/2007 11:44:43	7/5/2007 13:13:42	0,967	0	HRS
1703	S3IN0122	ECRPMQ-01	7/5/2007 12:14:0	7/5/2007 17:59:59	5,250	0	HRS
1703	N4IN0122	EMACE-07	8/5/2007 0:21:11	8/5/2007 12:26:10	12,083	0	HRS
1703	S5IN0122	ECRPMQ-01	8/5/2007 10:41:11	8/5/2007 16:27:10	5,250	0	HRS
1703	S6IN0122	BALANZA	8/5/2007 14:6:45	8/5/2007 16:51:50	2,752	0	HRS
1703	N7IN0122	ECRPMQ-01	8/5/2007 15:28:0	8/5/2007 17:51:51	2,398	0	HRS
1703	N8IN0122	ECCLMQ-01	8/5/2007 16:28:0	8/5/2007 17:53:17	1,422	0	HRS
1703	N9IN0122	OPMOLDEO1	8/5/2007 17:13:0	8/5/2007 17:59:59	0,783	0	HRS
1703	N10IN0122	CAMARENF5	9/5/2007 4:32:9	9/5/2007 9:33:36	5,025	0	HRS
1703	S11IN0122	JAULA1	9/5/2007 12:29:56	9/5/2007 17:59:59	4,985	0	HRS
1703	N12IN0122	TINAENFRIA	9/5/2007 18:53:1	10/5/2007 7:29:3	12,568	0	HRS
1703	N13IN0122	OPMOLDEO1	10/5/2007 7:0:0	10/5/2007 8:15:2	1,251	0	HRS
1703	S14IN0122	OPEMPAQUE3	10/5/2007 7:36:56	10/5/2007 8:37:30	1,010	0	HRS

FIGURA 7.14 REPORTE DE RECURSOS USADOS Y TIEMPOS DE LA ORDEN 1703.

En la siguiente tabla vamos a verificar que las parametrizaciones del modelo, coincidan con los tiempos programados.

**TABLA 14
COMPARACION ENTRE LOS TIEMPOS RESULTANTES DE LA
EXPLOSIÓN DEL SIMULADOR Y LOS OBTENIDOS POR LOS
ESTÁNDARES ESTABLECIDOS MANUALMENTE.**

ESTANDARES SP3 - MODELO DE OPERACIONES					PP (X)	REPORTE SIMULADOR RECURSOS X OP		RESULTADOS CALCULADOS		U tiempo
OPERACION	REC	TIEMPO_PROMEDIO	T_SETUP	TIEMPO_LIBERACION	PP orden 1703 (K.G)	T proceso (HRS)	T Setup (HRS)	T proceso	T Setup	U_SAL
N1IN0122	MYK	$(\text{CEIL}(X/500)*0.5)$	0.5	0.5	250	0,500	0,5	0,5	0.5	HRS
S2IN0122	INY	$X*0.00208333333325+(8/60)$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-170.3),0,(170.3*0.002083)+0.1333,1,(170.3*0.002083)+0.1333-1,(X*0.00208333333325)+(8/60))$	400	0,967	0	0,966666667	0	HRS
S3IN0122	REAC	$(\text{CEIL}(X/264)*1.58333)+(\text{CEIL}(X/264)*(10/60))$	0	$1.58333+(10/60)$	620	5,250	0	5,249999	0	HRS
N4IN0122	MACE	$10+(20/60)+((\text{ROUND}(X/264)-1)*1.58333)+((\text{ROUND}(X/264)-1)*(10/60))$	0	$10+(20/60)$	620	12,083	0	12,08333	0	HRS
S5IN0122	REAC	$\text{CEIL}(X/280)*1.5833+(\text{CEIL}(X/280)*(10/60))$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-280),-1,1.5833+(1/6),0,1.583+(1/6),1,\text{CEIL}(X/280)*1.5833+\text{CEIL}(X/280)*(10/60)-\text{FLOOR}(X/280)-0.001)*280*(5.5/1316))$	658.42	5,250	0	5,2499	0	HRS
S6IN0122	BALN	$X*(5.5/1316)$	0	$\text{DECODE}(\text{SIGN}(X-324),-1,X*(5.5/1316),0,X*(5.5/1316),1,324*(5.5/1316))$	658.42	2,752	0	2,751755319	0	HRS

Para desarrollar el cálculo de tiempos se requiere conocer el PP explosionado por cada operación, que será el valor de “X” en cada fórmula de tiempos, por lo que se agregó, junto a las columnas “MODELO DE

OPERACIONES”, la columna PP(X), que corresponde a los KG explosionados para cada operación de la orden.

Para hallar los resultados de las fórmulas, si se desea comparar mediante una hoja de cálculo Excel, solo hay que reemplazar ciertas funciones de sistema, por las funciones matemáticas de la hoja de cálculo como:

CEIL(X)	=	MULTIPLO.SUPERIOR(X;1)
ROUND(X,0)	=	REDONDEAR(X;0);
FLOOR(X)	=	ENTERO(X)

Aparte, para la función SIGN (X), se iba evaluando la expresión de X dentro de la función SIGN, y según el resultado, si era un número positivo (+) se señaló en azul el valor a tomar por DECODE (=1), si la expresión era negativa (–) el valor a tomar por el DECODE es de (=-1).

Las columnas en gris indican como ciertos valores calculados por esta forma coinciden con los resultados de los tiempos del reporte de operaciones programado. En general las expresiones de los estándares de tiempos de preparación o set up son factores, y la mayoría = 0, por tanto sus tiempos de preparación calculados (T PREP) y son más fáciles de comparar como también coinciden con los resultados del reporte de operaciones (columna Setup HRS).

Si se desea planear otros escenarios, en algunos casos con modificaciones de los estándares, será necesario hacer los cambios en el SP3 y volver a cargar los datos al simulador con esas variaciones. Pero también, en lo que respecta a reprogramar escenarios como: qué pasa si se omiten o crean nuevas órdenes, en el mismo simulador encontramos ciertas opciones que nos permiten efectuar ciertos cambios y automáticamente reprogramar los resultados.

Por ejemplo, en la figura siguiente vemos la ventana de la opción Órdenes a considerar, donde aparece la lista total de las órdenes cargadas a la simulación, pudiendo señalar una o más órdenes para omitirlas del programa y reprogramar el resto.

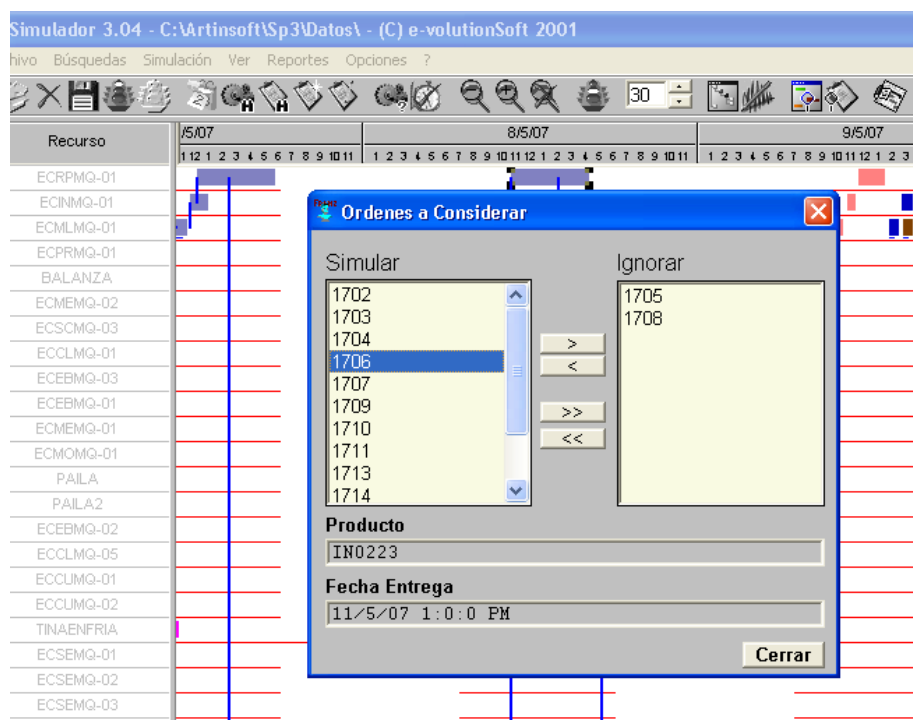


FIGURA 7.15 VENTANA DE ÓRDENES A CONSIDERAR EN LA PLANEACIÓN

También existe la opción Modificar variables de ambiente, con la cual se pueden introducir nuevos valores determinados para las variables de los modelos; o introducir una nueva fecha de programación de las órdenes, a fin de conocer como se comportarían dichos cambios, en la opción Modificar Orden

Incluso existe la opción de planear una orden nueva, en el menú Nueva Orden, que despliega la ventana de la figura 7.16. Con la misma se hace el ingreso de ciertos datos, similares a la Solicitud de Pedido de SP3, y automáticamente aparecerá explosionada la nueva orden. Si se guarda el programa de producción del simulador, al recuperarlo en el sistema SP3

creará automáticamente la nueva orden creada en el simulador, con su programa, además de las órdenes que fueron previamente registradas.

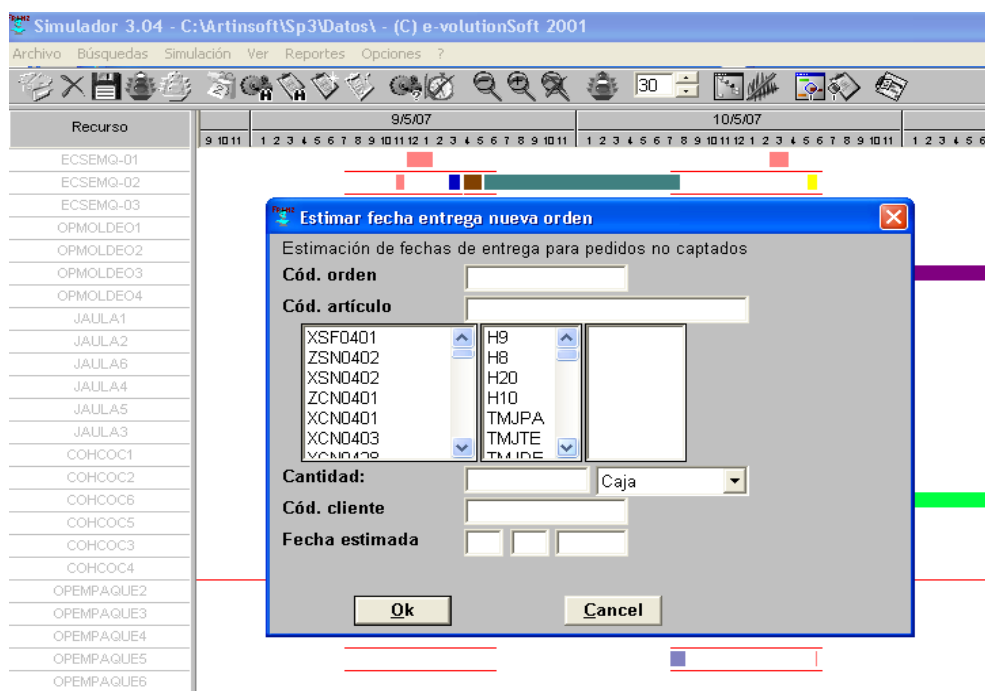


FIGURA 7.16 VENTANA DE LA OPCIÓN ORDEN NUEVA

7.3. Explosión de Materiales

De la misma manera que el simulador efectúa internamente los cálculos de los tiempos que requiere cada operación, en base a las fórmulas de transformación y el PP explosionado, así mismo procede con las expresiones transformadoras para los insumos por operación.

El simulador explota los materiales y guarda internamente todos los requerimientos del programa que pueden ser consultados en la

opción Resumen de operación, que aparece al posicionarnos sobre cualquier barra del programa. En la etiqueta de “Materiales” encontraremos todos los códigos y en “Dosificación” su expresión transformadora para dicha operación.

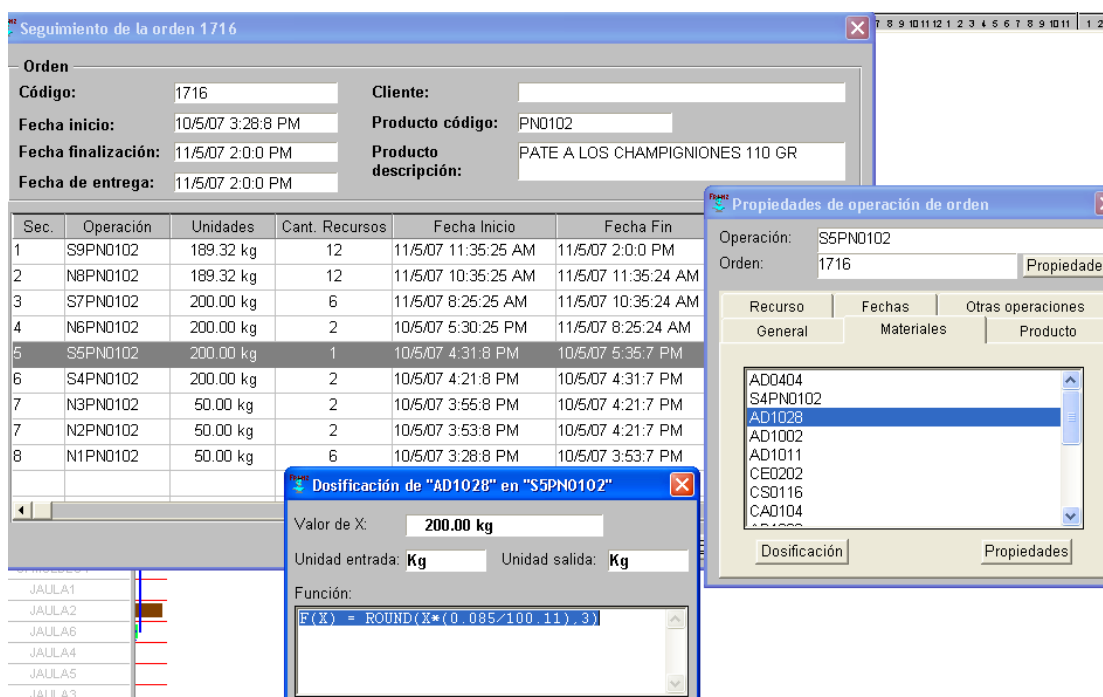


FIGURA 7.17 PANTALLA DE RESUMEN ORDEN (SEGUIMIENTO), CON RESUMEN OPERACIÓN (MATERIALES) Y SU FÓRMULA.

Para consultar todo el plan de insumos del programa existe el Reporte de Insumos, que aparece en la figura 7.18.

Reporte de insumos

Operación	Orden	Código artículo	Descripción artículo	Cantidad	Medida
S2IN0302	1707	AD0102	Soya HI-90	5,967	KG
S2IN0302	1707	AD0202	Ascorbato de Sodio	0,554	KG
S2IN0302	1707	AD0403	Nitrito de Sodio	0,153	KG
S2IN0302	1707	AD0404	Sorbato	1,08	KG
S2IN0302	1707	AD0701	Cloruro de Potasio	0,81	KG
S2IN0302	1707	AD0801	Bicarbonato	0,288	KG
S2IN0302	1707	AD0904	Fecula deTrigo	7,83	KG
S2IN0302	1707	AD0906	Tari p-22	5,427	KG
S2IN0302	1707	AD1001	Ajo en Polvo	0,009	KG
S2IN0302	1707	AD1002	Ajo Fresco	0,556	KG
S2IN0302	1707	AD1006	B-70	0,72	KG
S2IN0302	1707	AD1015	Dextrosa o Glucosa de Maíz	2,88	KG
S2IN0302	1707	AD1019	Lactosa	2,88	KG
S2IN0302	1707	AD1027	Pimentón Dulce	1,667	KG
S2IN0302	1707	AD1033	Sal Industrial	10,012	KG
S2IN0302	1707	CA0120	Lomo de Cerdo	200	KG
S2IN0302	1707	EM0305	Cryovac 9 (230mm.)	70,76	M
S2IN0302	1707	EM0322	Vector 6 1/4 (160mm.)	64,52	M
S8IN0302	1707	TI0302	LOMO AL PIMENTON 2 KG PIEZAS	106	U
S8IN0302	1707	TV0105	ISO	106	U

FIGURA 7.18 REPORTE DE INSUMOS DEL SIMULADOR.

En el reporte de insumos se listan todas las necesidades de materiales para cumplir el programa, detallado por orden y operación. Adicionalmente, existe la opción de llevarlo a un archivo a Excel donde se puede arreglar la información por insumo, totales, o como se desee analizar la información.

El simulador también tiene la opción de Guardar el plan de Compras, el cual al momento de ser recibido junto con el programa, y por estar integrado los sistemas, puede ser procesado en una opción de compras. La misma que permite una gestión más automatizada, pues el usuario accede al programa de compras y puede ir seleccionando o analizando los requerimientos en base a las existencias de los artículos para una generación automática de órdenes de compras.

CAPITULO 8

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- En este proyecto en particular se llevó a cabo previamente un diagnóstico durante 1 mes, creemos que la realización del mismo permitió que el proyecto se desarrollara con éxito ya que se logró establecer con anterioridad el tiempo requerido para llevar a cabo la implementación.
- Una de las etapas más complicadas y que mayor tiempo tomó fue el desarrollo de la modelación de los procesos productivos (60%), pues incluyó el levantamiento de información para calcular las mermas, además ciertos tiempos de proceso y preparación que tuvieron que ser clasificados. Consideramos por tanto que previo la planeación de este tipo de proyectos es necesario llevar a cabo un diagnóstico que permita determinar con cierta precisión el tiempo que tomará el modelado de los procesos.

- Por las herramientas y conceptos aplicados en la implementación de este proyecto podemos concluir que es importante que durante su desarrollo se cuente siempre con la participación de un ingeniero industrial, el cual por su formación profesional posee las habilidades para aplicar herramientas y conceptos tales como Simulación, Ingeniería de Procesos, Análisis estadístico de datos entre otros.
- Se pudo demostrar a través de esta tesis la flexibilidad del sistema ERP implementado. Es importante anotar que el proceso en que se llevo a cabo la implementación posee un gran número de productos, familias y variables involucradas.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda comprobar periódicamente los programas de producción simulados mediante algún plan de revisión de todas las fórmulas, que valide su seguimiento en la planta, de manera que se vayan aprobando o ajustando los modelos cuando sea necesario.
- El modelo de costos de producción, debe ser considerado como un proyecto complementario. Deberá ser analizado si conviene ser modelado por sección, por la razón de que en varias secciones convergen distintos tipos de productos de 2 o más familias.

- A medida que se vaya almacenando suficiente información en la base a los dato, relacionada a las órdenes de producción reportadas, los responsables de producción deben ir proponiendo reportes personalizados orientados a obtener índices de eficiencia por líneas, productos o comparativos entre familias.
- Se puede mejorar en el sistema la administración para las variables de ambiente. En este proyecto se usaron muchas variables. Debería existir opciones diferenciadas para consultar las variables de ambiente de fórmulas de insumos o las de expresiones de tiempo de operaciones. Además consultar por variable a que fórmulas o productos se involucran.



ANEXO 3

ALGORITMO EN BASE A LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

Durante la simulación, se realiza la explosión de los productos en cada pedido y se calcula la carga requerida de cada recurso que demandan los pedidos, tomando en consideración las existencias de materiales en procesos y terminados de acuerdo a la orden de producción. Para ello el sistema realiza los siguientes pasos generales:

- a) Calcular la disponibilidad de cada recurso en el lapso de tiempo; desde el punto de partida hasta la fecha de corte del programa. La disponibilidad toma en cuenta calendarios.
- b) Mostrar los recursos ordenados por la carga de trabajo requerida de ellos.

1. DECLARAR EL RECURSO CON MAYOR SOBRECARGA COMO RESTRICCION

Al ordenar los recursos por carga de trabajo declara el recurso con mayor restricción y para resolverlo comienza a procesar los siguientes pasos:

- I Presentar una tabla al usuario donde aparezcan los recursos en sobrecarga.
- II. Mostrar los pedidos con el porcentaje del recurso restricción que requieren. Permitir que se verifiquen los datos.
- III Programar todos los pedidos que exigen trabajo del recurso restricción. Se colocan los bloques de trabajo en el eje del tiempo tomando en consideración la disponibilidad, la terminación debe ser un amortiguador de embarque¹ menos que la fecha de entrega del pedido. El sistema sigue el mecanismo de teoría de restricciones.
- IV La cantidad de bloques que se requieran hacer al mismo tiempo, no debe exceder el número de unidades disponibles del recurso restricción; si esto ocurre, se debe manejar el exceso en una lista, donde se registra el recurso y la cantidad que tiene excedida.
- V Dado que el paso anterior puede dejar pedidos que indiquen que el recurso trabaje en paralelo y sobrepase su disponibilidad para una fecha específica, se acomoda el exceso siguiendo la regla:
 - Un bloque de trabajo, cuya fecha de terminación sea después de otro, conserva su posición.

¹ Amortiguador de Embarque, es configurable por producto en la fórmula, e indica cuánto tiempo antes de entregar el producto al cliente debe haberse terminado de realizar la última operación.

- VI. Si hay trabajos que aparecen en el pasado (anterior a la fecha donde inicia el plan), trasladar todos al presente empujando la fecha de entrega de los pedidos, se debe tomar nota de esto en la lista y marcar los bloques en rojo y los pedidos que se cambiaron de fecha, para luego mostrarlos al usuario.
- VII. Presentar al usuario la gráfica de barras de trabajo para el recurso restricción y permitir tratar de ahorrar tiempos de preparación. Este tipo de acción es un número que relaciona el tiempo que se va a ahorrar y el tiempo hasta dónde se permite al sistema entrar al futuro.
- VIII. Si todavía hay bloques rojos o pedidos expuestos, permitir al usuario que incluya horas extras solo en estos bloques y recalcular el programa del recurso restricción de acuerdo a la nueva disponibilidad.
- IX. Si todavía hay bloques rojos, permitir al usuario descargar un bloque (o varios) en particular. El sistema debe permitir dar lineamientos amplios al usuario como cantidad de horas por semana por día.
- X. Permitir generar el programa, a pesar de no cumplirse con las fechas de entrega de todos los pedidos. Marcar los pedidos retrasados en el programa y permitir que el usuario se pueda devolver a tratar de mejorar el programa.
- XI. La fecha de las operaciones no-restricción deben ser (siempre que sea material para las restricciones) las fechas de liberación de

materiales para los recursos restricción de acuerdo con su protección.

- XII. Para los pedidos que no tienen recursos restricción, se utiliza el amortiguador del embarque para calcular la fecha de las actividades.
- XIII. La programación se realiza tomando el registro más alto de la lista y descendiendo a partir de este hacia las operaciones que lo alimentan.
- XIV. Se identifican las operaciones que alimentan al pedido directamente y se ponen las notas correspondientes en la lista.
- XV. Cada vez que se agregue un elemento a la lista, su posición dependerá de la fecha asignada a él. Toda fecha anterior al presente debe considerarse como el presente.
- XVI. Si el registro escogido de la lista es una operación:
 - Calcular la carga que representa y ajustar, de conformidad, la capacidad actual disponible del recurso que deba realizar esa operación.
 - Si la carga adicional es superior que la capacidad disponible, se pone el sobrante en la lista de sobrantes.
 - Si la carga disponible del recurso se agota, no se pueden programar otras operaciones que necesiten este recurso en la fecha actual. Si es la fecha presente en este caso, toda la carga se agrega en el primer día.

XVII. Se continúa descendiendo y copiando en la lista cada ensamble por el que se pasa, hasta llegar a una de las siguientes situaciones:

- Al llegar al material, se brinca de regreso al ensamble superior más cercano y se desciende por "patas" adicionales si existen, sino se regresa a la lista.
- Al llegar a la operación del tambor se regresa al ensamble más alto (si existe) o a la lista de recordatorio.
- Cuando se trata de ajustar la disponibilidad del recurso correspondiente y se descubre que es cero, se regresa a la lista de recordatorios.

XVIII. r. Si no se observa conflictos en la subordinación, se repite la última ronda y finaliza el algoritmo (ver pasos finales) sino se debe continuar.

2. IDENTIFICAR LA PROXIMA RESTRICCIÓN

- I. Desplegar una lista de todos los recursos con su correspondiente carga. El sistema deberá seleccionar la lista de acuerdo con las sobrecargas.
- II. Lo principal que el usuario puede hacer en esta etapa es determinar cual es la siguiente restricción.

- III. Si de todas formas se identifica una restricción, se trata como si sólo ella existiera y se construye el tambor para esta restricción utilizando los pasos anteriormente descritos.
- IV. Se toma el tambor tal como se tiene y se tomará la mitad del amortiguador del recurso cuando una operación restricción alimenta a otra. Se computa qué es lo que debe hacer esta nueva restricción y cuándo asumiendo una disponibilidad infinita.
- V. Se considera ahora la disponibilidad de este recurso y se verifica si hay conflictos.
- VI. Para las interrelaciones entre los bloques del primer recurso restricción (bloques viejos) y los bloques del segundo recurso (bloques nuevos), se usa el concepto de "barras de tiempo".
- VII. Si un bloque nuevo está alimentando directa o indirectamente a un bloque viejo, el bloque nuevo debe terminar por lo menos medio amortiguador de recurso de la fecha del bloque viejo (sumar una barra de tiempo imaginaria).
- VIII. Para un bloque nuevo alimentado por un bloque viejo, pongamos la barra de tiempo a la izquierda del bloque. La longitud sigue siendo la mitad del amortiguador del recurso, y la fecha de atrás es la fecha del bloque viejo.

3. CONFLICTOS EN LA VIEJA RESTRICCION

Siempre que hay un bloque nuevo con barra de tiempo hacia el frente y hacia atrás, es posible toparse con un conflicto en el tambor viejo.

Se deben trabajar primero los bloques mencionados anteriormente. Puede ser que se tenga que mover un bloque, violando la barra de tiempo por lo que el usuario debe decidir qué hacer, modificar el tambor o descargar el bloque. Luego, trabajar con los bloques de la restricción que solo tienen barras de tiempo al frente. Aquí se podrían mover bloques más allá de la fecha presente violando la realidad; entonces el usuario tiene que tomar la decisión de descargar o modificar el tambor viejo. Resolviendo esta situación, se repite la explotación, subordinación y elección del nuevo recurso restricción.

4. FINALIZACIÓN DEL PROCESO

Cuando todo está sin conflicto, o en cualquier momento a elección del usuario, se graba el programa generado al disco así como las operaciones, la tabla de distribución de recursos, la disponibilidad de los recursos, las barras del tambor para las restricciones identificadas, los pedidos a satisfacer con la programación, las fechas en que se satisface cada uno, los materiales utilizados con las notas en los cuales no tenga existencia suficiente.

BIBLIOGRAFIA

1. E-VOLUTIONSOFT, Manuales del Consultor, revisión 2000.
2. ELIYAHU GOLDRATT – JEFF COX, La Meta: Un Proceso de Mejora Continua, editorial North River Press, 1992
3. MENDENHALL SINCICH, Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias, Cuarta edición, editorial Prentice HallLUIS CUATRECASAS,
4. Gestión Competitiva de Stocks y Procesos de Producción, Ediciones Gestión 2000, Barcelona 2003.
5. HARREL – GOSH – BOWDEN, Simulation, Segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill.
6. WALLACE J. HOPP – MARK L. SPEARMAN, Factory Physics, Segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill, 2000.
7. <http://www.albaspectrum.com/International/Microsoft/SPA/MicrosoftAxaptaERP.htm>
8. <http://www.pc-news.com/detalle.asp?sid=&id=10&Ida=1692>
9. <http://www.multimedios106.com/home/contenidos.php?id=127&identificaarticulo=8602>
10. www.e-volutionsoft.com