

ESTUDIO DE LAS POLÍTICAS DE TAMAÑO DE LOTE DE TRANSFERENCIA EN UN  
SISTEMA PRODUCTIVO TIPO “FLOW SHOP”

GLADYS ANDREA GALEANO RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2008

ESTUDIO DE LAS POLÍTICAS DE TAMAÑO DE LOTE DE TRANSFERENCIA EN UN  
SISTEMA PRODUCTIVO TIPO “FLOW SHOP”

GLADYS ANDREA GALEANO RODRÍGUEZ

Proyecto de Grado para optar al Título de  
Ingeniera Industrial

Directora

Myriam Leonor Niño López

Doctora en Administración y Dirección de Empresas

Codirector

Edwin Alberto Garavito Hernández

Ms. Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA

2008

*A Dios,  
por bendecirme y acompañarme  
todos los días.*

*A mis papás,  
por todos los sacrificios que han hecho  
para que esto sea hoy posible.*

*A mi hermana, Adriana,  
por enseñarme a darme cuenta  
de mis errores.*

*A Andrés Felipe, por creer en mí,  
acompañarme y quererme  
todo este tiempo*

*A mis amigos*

*Y a todos los que se alegren por mí...*

*...Andrea*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander por 5 años de excelente formación académica, profesional y personal.

A la profesora Myriam Niño por haber confiado en mí para la realización de este proyecto, por su constante apoyo y asesoría y además porque es una excelente profesional que se esfuerza siempre por dar lo mejor de sí misma a sus estudiantes.

A todos los profesores de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales por haber contribuido en mi formación como profesional y como persona, en especial a los profesores Edwin Garavito y Henry Lamos por su apoyo y asesoría en aspectos específicos del proyecto y al profesor Hernán Pabón, porque tuve la oportunidad de trabajar durante un semestre como su auxiliar, lo cual fue una experiencia muy satisfactoria y enriquecedora.

A mis compañeros y amigos por haber hecho que esta etapa de mi vida fuera más llevadera, por todas las experiencias vividas con ellos, por las largas jornadas de estudio y risas y porque de cada uno me llevo un recuerdo muy especial.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. APROXIMACIÓN A LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	15
1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	21
2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN .....	21
2.1.1 Clasificación de los sistemas de producción. ....	21
2.1.2 Toma de decisiones en los sistemas de producción. ....	22
2.2 PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES.....	25
2.2.1 Estructura y notación de los problemas de programación. ....	26
2.2.2 Complejidad de la programación de operaciones.....	30
2.2.3 Algoritmos de solución.....	32
2.2.4 Programación Lineal Entera Mixta. ....	35
2.2.5 Apoyos informáticos.....	36
2.3 DECISIONES DE DIMENSIONADO DE LOTES.....	37
2.3.1 Lotes de proceso. ....	39
2.3.2 Lotes de transferencia.....	40
2.3.3 Movimiento y control de los materiales.....	41
2.3.4 Clasificación de los problemas de “lot splitting”.....	42
2.3.5 Filosofía de producción justo a tiempo “JIT”.....	44
2.3.6 Tecnología de producción optimizada “OPT”.....	47
3. ESTADO DEL ARTE.....	51
4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	60
4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
4.1.1 Identificación y exposición del problema. ....	62
4.1.2 Elección de los factores y sus niveles. ....	64
4.1.3 Selección de las variables respuesta. ....	68

4.1.4 Elección del diseño experimental.....	71
4.2 REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	73
4.2.1 Modelización del sistema productivo.....	75
4.2.2 Parametrización del modelo.....	76
4.2.3 Procesamiento de los casos planteados.....	86
4.2.4 Resultados obtenidos.....	87
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS .....	92
5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE “MAKESPAN” .....	92
5.1.1 Análisis descriptivo.....	92
5.1.2 Análisis de varianza.....	99
5.1.3 Efectos simples y comparaciones múltiples.....	105
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE “MEAN FLOW TIME” .....	114
5.2.1 Análisis descriptivo.....	114
5.2.2 Análisis de varianza.....	119
5.2.3 Efectos simples y comparaciones múltiples.....	124
6. CONCLUSIONES .....	133
7. RECOMENDACIONES.....	136
BIBLIOGRAFÍA.....	138
ANEXOS .....	143

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Características de los Sistemas Productivos.....	23
<b>Tabla 2.</b> Decisiones en los sistemas de producción.....	25
<b>Tabla 3.</b> Tiempos de procesamiento unitarios para cada producto.....	64
<b>Tabla 4.</b> Códigos para las políticas de operación.....	66
<b>Tabla 5.</b> Códigos para el factor demanda.....	67
<b>Tabla 6.</b> Códigos para el factor Mezcla – Demanda Básica.....	69
<b>Tabla 7.</b> Códigos para el factor Mezcla – Demanda Básica x 100.....	69
<b>Tabla 8.</b> Códigos para el factor Mezcla – Demanda Básica x 1000.....	69
<b>Tabla 9.</b> Códigos para las variables de respuesta.....	70
<b>Tabla 10.</b> Designación para el campo <i>A</i> .....	73
<b>Tabla 11.</b> Ejemplos de algunos casos de estudio.....	74
<b>Tabla 12.</b> Nomenclatura de los trabajos.....	74
<b>Tabla 13.</b> Nomenclatura de las operaciones.....	75
<b>Tabla 14.</b> Nomenclatura de las máquinas.....	75
<b>Tabla 15.</b> Valores del parámetro P.....	77
<b>Tabla 16.</b> Trabajos correspondientes a cada operación.....	78
<b>Tabla 17.</b> Parámetro PL para la Mezcla 5 de la Demanda Básica.....	79
<b>Tabla 18.</b> Asignación de los parámetros “TT” y “TT <sub>2</sub> ”.....	80
<b>Tabla 19.</b> Datos para realizar los ejemplos del parámetro “TT”.....	82
<b>Tabla 20.</b> Resultados obtenidos para el Makespan.....	88
<b>Tabla 21.</b> Asignación de trabajos para el caso m3-1-1-07.....	91
<b>Tabla 22.</b> Contribución de los productos 6, 7 y 8 a las mezclas.....	95
<b>Tabla 23.</b> Estadísticos Descriptivos - Makespan - Demanda Básica.....	96
<b>Tabla 24.</b> Estadísticos Descriptivos – Makespan – Demanda Básica x 100.....	96
<b>Tabla 25.</b> Estadísticos Descriptivos – Makespan – Demanda Básica x 1000....	97
<b>Tabla 26.</b> Reducciones absolutas y relativas del Makespan.....	100
<b>Tabla 27.</b> Makespan Normalizado.....	101
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza – Makespan Normalizado.....	102
<b>Tabla 29.</b> Análisis de los efectos simples – Makespan Normalizado.....	106
<b>Tabla 30.</b> Comparaciones Múltiples – Makespan Normalizado.....	109

<b>Tabla 31.</b> Intervalos de Confianza – Reducciones Makespan.....	110
<b>Tabla 32.</b> Conveniencia de las políticas – Makespan.....	111
<b>Tabla 33.</b> Conveniencia de las políticas con manejo de materiales para el Makespan.....	113
<b>Tabla 34.</b> Tiempos promedio de flujo por unidad.....	114
<b>Tabla 35.</b> Orden de terminación de los trabajos en las mezclas 1 y 8.....	117
<b>Tabla 36.</b> Estadísticos Descriptivos – Mean Flow Time – Demanda Básica.....	118
<b>Tabla 37.</b> Estadísticos Descriptivos – Mean Flow Time – Demanda Básica x 100.....	118
<b>Tabla 38.</b> Estadísticos Descriptivos – Mean Flow Time – Demanda Básica x 1000.....	118
<b>Tabla 39.</b> Análisis de varianza – Mean Flow Time.....	121
<b>Tabla 40.</b> Análisis de los efectos simples – Mean Flow Time.....	125
<b>Tabla 41.</b> Comparaciones Múltiples – Mean Flow Time.....	126
<b>Tabla 42.</b> Intervalos de Confianza – Reducciones Mean Flow Time.....	128
<b>Tabla 43.</b> Conveniencia de las políticas – Mean Flow Time.....	130
<b>Tabla 44.</b> Conveniencia de las políticas con manejo de materiales – Flow Time Mean.....	132

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Esquema genérico de un sistema de producción.....	21
<b>Figura 2.</b> Relaciones de dominancia entre las clases de lot splitting.....	45
<b>Figura 3.</b> Pautas generales para diseñar un experimento.....	61
<b>Figura 4.</b> Configuración productiva.....	63
<b>Figura 5.</b> Lote de transferencia igual al lote de proceso.....	65
<b>Figura 6.</b> Lote de transferencia igual al lote de proceso – anticipado setup....	65
<b>Figura 7.</b> Lote de transferencia igual a medio lote de proceso.....	66
<b>Figura 8.</b> Lote de transferencia unitario.....	66
<b>Figura 9.</b> Modelo general del diseño experimental.....	72
<b>Figura 10.</b> Política 1 / $O_1-O_3$ .....	81
<b>Figura 11.</b> Política 2 / $O_1-O_3$ .....	82
<b>Figura 12.</b> Política 3 / $O_1-O_3$ .....	83
<b>Figura 13.</b> Política 3 / $O_8-O_{14}$ .....	84
<b>Figura 14.</b> Política 4 / $O_1-O_3$ .....	85
<b>Figura 15.</b> Política 4 / $O_8-O_{14}$ .....	86
<b>Figura 16.</b> Diagrama de Gantt.....	91
<b>Figura 17.</b> Makespan – Demanda Básica.....	93
<b>Figura 18.</b> Makespan – Demanda Básica x 100.....	94
<b>Figura 19.</b> Makespan – Demanda Básica x 1000.....	95
<b>Figura 20.</b> Diagrama de caja – Makespan – Demanda Básica.....	98
<b>Figura 21.</b> Diagrama de Caja – Makespan – Demanda Básica x 100.....	98
<b>Figura 22.</b> Diagrama de Caja – Makespan – Demanda Básica x 1000.....	99
<b>Figura 23.</b> Gráfico de perfil - Makespan normalizado.....	104
<b>Figura 24.</b> Mean Flow Time – Demanda Básica.....	115
<b>Figura 25.</b> Mean Flow Time – Demanda Básica x 100.....	115
<b>Figura 26.</b> Mean Flow Time – Demanda Básica x 1000.....	116
<b>Figura 27.</b> Diagrama de caja – Mean Flow Time – Demanda Básica.....	119
<b>Figura 28.</b> Diagrama de caja – Mean Flow Time – Demanda Básica x 100.....	120
<b>Figura 29.</b> Diagrama de caja – Mean Flow Time – Demanda Básica x 1000....	120
<b>Figura 30.</b> Gráfico de perfil – Mean Flow Time.....	123

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Modelización de la programación de operaciones en un sistema productivo a través de la Programación Lineal Entera Mixta.....	144
<b>Anexo B.</b> Formulación general del modelo matemático en la estructura propia del lenguaje de Gams.....	156
<b>Anexo C.</b> Parámetro PL para los casos de estudio.....	171
<b>Anexo D.</b> Parámetros TT y $TT_2$ para los casos de estudio.....	184
<b>Anexo E.</b> Ejemplos de los informes de salida en Gams/Cplex.....	217
<b>Anexo F.</b> Tiempos de finalización de los trabajos en los casos de estudio.....	244
<b>Anexo G.</b> Utilización de máquinas para los casos de estudio.....	247
<b>Anexo H.</b> Pruebas de la no interacción entre el factor bloque mezcla y los dos factores principales para el “makespan”.....	343
<b>Anexo I.</b> Verificación de los supuestos del análisis de varianza del “makespan” normalizado.....	346
<b>Anexo J.</b> Comparaciones múltiples con las pruebas de Bonferroni y LSD para el “makespan” normalizado.....	351
<b>Anexo K.</b> Pruebas de la no interacción entre el factor bloque mezcla y los dos factores principales para el “mean flow time”.....	353
<b>Anexo L.</b> Verificación de los supuestos del análisis de varianza del “mean flow time”.....	356
<b>Anexo M.</b> Comparaciones múltiples con las pruebas de Bonferroni y LSD para el “mean flow time”.....	361

**TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS**

<b>OBJETIVO</b>	<b>LOGRO - REFERENCIA</b>	<b>PÁGINAS</b>
<b>OBJETIVO 1</b> Recopilar los conceptos y resultados provenientes de investigaciones previas en el tema de la programación de operaciones y el problema del loteo.	<b>Capítulo 4</b>  Metodología de la Investigación	60-61
<b>OBJETIVO 2</b> Documentar y analizar los principales resultados de los estudios recopilados durante la exploración bibliográfica.	<b>Capítulo 2</b> Fundamentación Teórica	21-50
	<b>Capítulo 3</b> Estado del Arte	51-59
<b>OBJETIVO 3</b> Construir un diseño experimental para obtener información relevante y adecuada al problema bajo investigación.	<b>Capítulo 4. - Sección 4.1</b>  Diseño Experimental de la Investigación	61-72
<b>OBJETIVO 4</b> Describir el modelo de Programación Lineal Entera Mixta que se va a utilizar para la configuración productiva objeto de estudio.	<b>Capítulo 4. Sección 4.2.1</b>  Modelización del Sistema Productivo	75-76
<b>OBJETIVO 5</b> Calcular los parámetros del modelo	<b>Capítulo 4. Sección 4.2.2</b>  Parametrización del modelo	76-86
<b>OBJETIVO 6</b> Solucionar el modelo mediante el programa informático GAMS y el optimizador CPLEX	<b>Capítulo 4. Sección 4.2.3</b> Procesamiento de los casos planteados	86-87
	<b>Capítulo 4. Sección 4.2.4.</b> Resultados Obtenidos	87-91
<b>OBJETIVO 7</b> Analizar estadísticamente los diferentes resultados obtenidos y concluir al respecto.	<b>Capítulo 5</b> Análisis Estadístico de Resultados	92-132
	<b>Capítulo 6</b> Conclusiones	133-135
	<b>Capítulo 7</b> Recomendaciones	136-137

## RESUMEN

TITULO: ESTUDIO DE LAS POLÍTICAS DE TAMAÑO DE LOTE DE TRANSFERENCIA EN UN SISTEMA PRODUCTIVO TIPO FLOW SHOP.\*

AUTOR: GALEANO R, Gladys Andrea. \*\*

PALABRAS CLAVES: PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES, LOTE DE PROCESO, LOTE DE TRANSFERENCIA, FLOW SHOP, MAKESPAN, MEAN FLOW TIME, PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA MIXTA.

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto trata el tema del dimensionado de lotes como una estrategia que complementa la función de programación de operaciones de las empresas. El objetivo es analizar en términos de las medidas de eficacia makespan y mean flow time, el comportamiento de un sistema productivo tipo flow shop cuando se utilizan cuatro políticas diferentes de tamaño de lote de transferencia: igual al lote de proceso, igual al lote de proceso permitiendo la anticipación de los tiempos de preparación, igual a la mitad del lote de proceso e igual a uno.

Para el desarrollo de la investigación, se formuló un diseño experimental factorial con bloques. Se utilizaron como factores principales del diseño la política de tamaño de lote de transferencia con los cuatro niveles descritos anteriormente y la demanda agregada, para la cual, se definieron tres niveles: demanda básica, demanda básica x 100 y demanda básica x 1000. Además, se definió como factor bloque la mezcla de los productos. Este último factor está compuesto por ocho niveles.

La combinación de los niveles de los factores, dio como resultado 192 situaciones de análisis diferentes, las cuales, se representaron mediante un modelo de programación lineal entera mixta y se solucionaron en GAMS, utilizando CPLEX como optimizador.

El análisis estadístico de la información obtenida permitió demostrar que la utilización de lotes de transferencia mejora el desempeño del sistema productivo. En todos los casos analizados, el traslado de las piezas en lotes de igual tamaño al lote de proceso, retrasó considerablemente la terminación de los trabajos y su flujo a través del sistema mientras que la utilización de lotes de transferencia unitarios fue la que generó el mejor desempeño.

Sin embargo, debido a la influencia de los tiempos de preparación, las reducciones observadas en las medidas de desempeño no son igualmente significativas en todos los niveles de demanda, por lo cual, la selección de la política más conveniente, depende de la cantidad de productos que se fabriquen.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ingeniería Industrial. Dirigido por Myriam Leonor Niño López y Edwin Alberto Garavito Hernández.

## SUMMARY

TITLE: STUDY OF THE TRANSFER BATCH SIZE POLICIES IN A FLOW SHOP PRODUCTION SYSTEM.\*

AUTHOR: GALEANO R, Gladys Andrea. \*\*

KEYWORDS: MACHINE SCHEDULING, PROCESS BATCHES, TRANSFER BATCHES, FLOW SHOP, MAKESPAN, MEAN FLOW TIME, MIXED INTEGER PROGRAMMING.

### DESCRIPTION:

This project deals about batch sizing as a strategy that complements machine scheduling in the companies. The objective is to analyze under the performance measures makespan and mean flow time, the flow shop production system behavior when it use four different batch transfer size policies: equal to the process batch, equal to the process batch allowing setup anticipation, equal to the half process batch and equal to the unity.

A factorial experimental design with blocks was used to develop the investigation. The transfer batch size policy and the demand level were considered as the main factors in the design. The second factor has three levels: basic demand, one hundred times basic demand and one thousand times basic demand. Furthermore, the products mix was the block factor; it was composed by eight levels.

The levels factors combination resulted in 192 different analysis situations; these were represented under a mixed integer programming formulation and then were solved in GAMS, using CPLEX as optimizer.

Results indicate that use transfer batch improve the production system performance. In all cases analyzed, the products movement in batches with equal size to the process batch, delayed too much their termination and flow through the system. Moreover, unit transfer batches gave the best performance.

However, by the setup influence, reductions in performance measures aren't equally significant in all demand levels considered, therefore, select the policy more appropriate depends on the amount of products made.

---

\* Degree Project

\*\* Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ingeniería Industrial. Dirigido por Myriam Leonor Niño López.

## INTRODUCCIÓN

El entorno competitivo actual ha generado la necesidad de una gestión eficiente en todas las áreas de las organizaciones, a fin de obtener estándares de desempeño superiores en términos de calidad, costos, nivel de servicio, cumplimiento, rapidez en la entrega y muchas otras dimensiones competitivas de igual importancia. En este ambiente, la administración de operaciones adquiere gran importancia porque apoya los procesos de diseño, operación y mejoramiento de los sistemas productivos que crean y entregan valor a los principales productos y servicios de la empresa.

La administración de la producción integra diferentes tipos de decisiones, entre ellas, las estratégicas, las tácticas y las de tipo operativo. A corto plazo, entre las decisiones más importantes y complejas se encuentran las relacionadas con la programación de operaciones, dado que ésta tiene una incidencia importante en el desempeño del sistema productivo. Básicamente, se trata de un problema de decisión orientado hacia la asignación eficiente de los recursos a las actividades, e influenciado por factores como el número de tareas, el número de máquinas, los tiempos de proceso, los tiempos de preparación, el patrón de flujo de los trabajos y la heterogeneidad de las piezas.

Como la programación de operaciones es una actividad única para cada tipo de empresa, evaluar estrategias que permitan el diseño de programas adecuados y eficientes se ha convertido en un tema de estudio importante. Entre las estrategias utilizadas, se encuentra la diferenciación entre los tamaños de los lotes de proceso y de transferencia.

Esta investigación busca evaluar el impacto que tiene la utilización de cuatro políticas diferentes de tamaño de lote de transferencia en la programación de operaciones de un sistema productivo tipo “flow shop”, tomando como medidas de eficacia el “makespan” y el “mean flow time”. Además de las políticas de tamaño de lote, se considerarán tiempos de preparación en las máquinas y diferentes niveles de demanda, lo cual, permitirá contrastar los resultados en diferentes escenarios de utilización de recursos, y al mismo tiempo considerar la incidencia de los tiempos de preparación en el desempeño de las diferentes políticas.

El estudio consta de 7 capítulos. En el Capítulo 1 se describe el problema de investigación, los objetivos que se pretenden alcanzar y las razones que justifican la realización del estudio. El Capítulo 2 contiene la fundamentación teórica existente alrededor del tema de la programación de operaciones y el dimensionado de lotes. Se abordan conceptos relacionados con la caracterización de los sistemas de producción, los algoritmos de solución para la programación de operaciones, los apoyos informáticos existentes y las decisiones relacionadas con el dimensionado de lotes. El Capítulo 3, correspondiente al estado del arte, reseña y sintetiza los principales aportes de investigación realizados por otros autores en el tema del dimensionado de lotes. En el Capítulo 4 se expone la metodología de la investigación, mediante la descripción del diseño experimental utilizado, la caracterización y modelización del sistema productivo, la ilustración del proceso de cálculo de los parámetros del modelo y la descripción del procedimiento utilizado para la solución de los casos planteados. El Capítulo 5 contiene el proceso de análisis estadístico de las variables “makespan” y “mean flow time”. Finalmente, en los Capítulos 6 y 7 se describen las conclusiones obtenidas con respecto a la aplicación de diferentes políticas de tamaño de lote de transferencia en la configuración productiva analizada, así como algunas orientaciones de investigación para trabajos futuros.

## **1. APROXIMACIÓN A LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El entorno competitivo actual ha generado en las organizaciones la necesidad de una gestión eficiente en todas sus áreas, las cuales, deben coordinarse y administrarse adecuadamente para cumplir los objetivos trazados. En este ambiente, la administración de operaciones adquiere gran importancia, porque apoya los procesos de diseño, operación y mejoramiento de los sistemas productivos que crean y entregan valor a los principales productos y servicios de la empresa. La apertura de nuevos mercados en casi todas las industrias ha incrementado la cantidad y variedad de productos a fabricar. La diversidad de los productos es tan amplia, que por lo general, cada tipo difiere considerablemente de los demás en sus características de procesamiento, induciendo a que su fabricación se realice en lotes o grupos de productos.

Tradicionalmente, las medidas de desempeño que evalúan la utilización de los recursos han sido las de mayor importancia en la Gestión de Operaciones, pero, el cambio en el entorno ha permitido que otras medidas sean igualmente importantes, en particular las de servicio al cliente, reflejando así la necesidad de obtener tiempos de entrega cada vez más cortos mediante la reducción de los tiempos de flujo de los productos a través del sistema.

De acuerdo con lo anterior, diferentes enfoques como la filosofía de producción Justo a Tiempo "JIT" y la Teoría de Restricciones "TOC" han intentado dar solución al problema de la reducción de los tiempos de flujo, pero, para su implementación, es necesario que la planta y los métodos de producción estén diseñados adecuadamente. Algunas de las modificaciones que deben realizarse al sistema productivo incluyen la adecuación de la distribución de planta, la contratación de personal polivalente y la mejora de los procesos. La aplicación de la filosofía "JIT" puede resultar problemática en un número real de aplicaciones en donde no es posible implementar todos sus elementos (pequeños lotes de proceso, sistemas "pull" y mecanismos de lanzamiento como el Kanban). En dichas situaciones, varios autores plantean la existencia de soluciones más interesantes en el campo de la programación de operaciones, porque

los cambios pueden implementarse a corto plazo. Este planteamiento se apoya en que los tiempos de finalización de los trabajos están influenciados principalmente por las decisiones de secuenciación y programación, las cuales determinan las operaciones que se realizan dentro del horizonte de planeación en cada centro de trabajo, de acuerdo con las restricciones de entrega y la capacidad del sistema.

La programación de operaciones es una actividad única que no puede tratarse siempre de la misma manera, existen variaciones de acuerdo con los tipos de procesos. Una de las variaciones más importantes del problema básico de programación de operaciones es la consideración del dimensionado de lotes, dado que en muchas situaciones, una buena secuencia de operaciones puede mejorarse considerablemente con una política de loteo conveniente. En las últimas décadas, se ha desarrollado un interés significativo en los problemas de programación que incluyen el dimensionado de lotes como parte específica de la planeación y control del sistema de producción.

Tradicionalmente, al programar las operaciones se ha considerado el uso de un único tipo de lote, pero en realidad existen dos tipos: lotes de proceso y lotes de transferencia. El lote de proceso es la cantidad de productos que se fabrican en un recurso como resultado de una única preparación, y el lote de transferencia es el número de piezas que se acumulan en una estación antes de ser transferidas a la siguiente. La determinación del tamaño óptimo de los tipos de lote mencionados, está relacionada con una serie de consideraciones importantes en el tema del loteo: los tiempos de preparación, las filas de espera, el manejo de materiales, la capacidad del sistema y los tiempos de flujo.

En un sistema productivo existen órdenes para fabricar una gran variedad de productos en diferentes recursos, pero, como no todos los productos tienen requerimientos de producción similares, las máquinas deben ser preparadas antes de iniciar el procesamiento de un nuevo tipo de producto. El tiempo de preparación es el principal criterio utilizado para determinar el tamaño del lote de proceso. Cuando se tienen tiempos de preparación muy altos y se quiere obtener una capacidad determinada en el sistema, lo más lógico es reducir la frecuencia de los cambios en las máquinas mediante el aumento del tamaño del lote de proceso. Sin embargo, cuando

esto sucede, los tiempos de flujo de los productos pueden afectarse considerablemente.

Las piezas llegan a la máquina de acuerdo con un determinado tamaño de lote de proceso; cuando la máquina finaliza el lote que está produciendo inicialmente debe ser preparada para iniciar el siguiente lote y sólo en el momento en que finaliza el lote completo, las partes son liberadas hacia la siguiente operación, es decir, cada pieza en un mismo lote debe esperar en cola a que se realice la operación en las primeras piezas y posteriormente en las que le siguen, provocando largas filas de espera que se traducen en un aumento del inventario de productos en proceso. Además, se incrementa el tiempo de fabricación de los productos y el tiempo de flujo, ocasionando demoras en su salida.

Dado los inconvenientes asociados con la definición de grandes lotes de proceso, la primera acción a considerar debe ser la reducción de los tiempos de preparación, pero, en muchas situaciones, eso puede ser muy costoso. Entonces, es conveniente la utilización de pequeños lotes de transferencia para fabricar grandes lotes de productos con diferencias significativas en sus requerimientos de producción. En la literatura existente alrededor del tema del dimensionado de lotes, a esta práctica se le conoce como “lot splitting”, “lot streaming” ó “lot sizing”.

El “lot splitting” permite dividir un lote de proceso en diferentes lotes de transferencia, haciendo posible la fabricación simultánea de un lote de proceso en más de un centro de trabajo. En este tipo de aplicación, varios lotes de transferencia del mismo producto se corren de manera repetitiva en una máquina para formar un lote de proceso, usando así una sola preparación. Los movimientos de material hacia la siguiente operación se realizan una vez que cada lote de transferencia se complete en la operación precedente, sin necesidad de que los otros sublotes hayan sido procesados. Así, el centro de trabajo fabrica lotes de proceso grandes, reduciendo los requerimientos totales de preparación y conservando su capacidad. Además, debido a la superposición de operaciones consecutivas, es posible reducir algunas medidas de desempeño relacionadas con la duración de los productos en el sistema productivo, porque la utilización de lotes de transferencia compensa la influencia de los tiempos de preparación sin demoras ni largas filas de espera.

Sin embargo, la definición de pequeños lotes de transferencia aumenta la frecuencia de transporte de las piezas de una estación a la siguiente, afectando la tercera consideración importante en las decisiones de loteo: el transporte y control de los materiales.

Generalmente, el movimiento de los materiales en un sistema de manufactura se realiza mediante mecanismos especializados de transporte, es decir, recursos destinados a la función de traslado de los productos. Como todos los recursos disponibles en una organización, el sistema de manejo de materiales también impone restricciones a la toma de decisiones, en especial las relacionadas con el dimensionado de lotes.

Si la capacidad del sistema de transporte es inferior a la carga requerida, se generan retrasos en el traslado de los productos y se incrementa la variabilidad en los tiempos de llegada de los lotes de transferencia a las estaciones, aumentando nuevamente el tiempo de flujo de las partes a través del sistema. En consecuencia, si no se cuenta con mecanismos adecuados para el movimiento de materiales, es posible que parte de los beneficios alcanzados mediante la aplicación de lotes de transferencia se pierdan por mayores costos en el manejo de materiales, retrasos en el traslado de los productos y dificultades en el control del sistema productivo.

Las ventajas obtenidas en un programa de producción al diferenciar entre lotes de proceso y lotes de transferencia deben evaluarse de acuerdo con las consideraciones mencionadas anteriormente (tiempos de preparación, diferentes políticas de dimensionado de lotes, tiempos de flujo, capacidad requerida, transporte y control de los materiales) y dependen particularmente del tipo de sistema productivo analizado. Los conceptos relacionados con el tema del dimensionado de lotes y sus implicaciones han sido objeto de múltiples investigaciones. En general, los estudios realizados se ubican en dos campos diferentes. En el primero de ellos (el que más se relaciona con el enfoque de esta investigación), el objetivo es determinar el impacto de las políticas de fraccionamiento de lotes sobre diferentes medidas de desempeño del sistema; en el segundo enfoque de investigación, el objetivo es la determinación de algoritmos que permitan de manera simultánea determinar el tamaño óptimo de los sublotes y además programarlos en las máquinas.

En este estudio, se evaluarán diferentes políticas de tamaño de lote de transferencia, considerando tiempos de preparación en las máquinas, diferentes niveles de demanda agregada y diferentes mezclas de productos. También, se verificará si las ventajas proporcionadas por el fraccionamiento de los lotes de proceso justifican los esfuerzos adicionales en el manejo y control de materiales, identificando las condiciones bajo las cuales cada política puede ser utilizada.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación tiene como objetivo el estudio del tema de dimensionado de lotes en un sistema productivo “flow shop”, a fin de proporcionar bases reales para la toma de decisiones. El estudio de las características y comportamiento de este sistema productivo en particular, bajo diferentes escenarios de operación, permite validar los conceptos teóricos existentes alrededor del tema y apoyar la toma de decisiones desde un punto de vista objetivo.

Las conclusiones obtenidas acerca de la conveniencia de la aplicación de diferentes políticas de fraccionamiento de lotes en distintos escenarios de operación, permiten determinar las condiciones bajo las cuales cada política resulta pertinente, facilitando futuros desarrollos y aplicaciones a nivel industrial. De acuerdo con lo anterior, la academia tiene un rol importante en la generación de conocimiento, dado que los hallazgos obtenidos permiten consolidar aplicaciones prácticas en sistemas productivos reales.

El estudio del tema de programación de operaciones, involucrando diferentes lotes de proceso y de transferencia, permite complementar los estudios realizados hasta el momento. Se considerará un sistema productivo de mayor tamaño y complejidad a los utilizados en investigaciones previas, los cuales, son muy sencillos, por ejemplo, con una sola máquina, con un solo producto y sin tiempos de preparación. De igual forma, para evaluar el impacto del tamaño de lote de transferencia algunos estudios se enfocaron principalmente en los costos totales de producción, ignorando otras medidas de desempeño de igual importancia como el “makespan” o el “mean flow time”. Además, en la mayoría de dichos estudios no se realizaron pruebas estadísticas formales para evaluar la diferencia entre las políticas de dimensionado de lotes.

Con los resultados obtenidos en esta investigación, la comunidad académica podrá contar en el futuro con información cuantitativa en un área que cada vez cobra mayor importancia en la gestión y administración de operaciones: la programación de la producción.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Estudiar las políticas de tamaño de lote de transferencia en un sistema productivo tipo “flow shop”.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

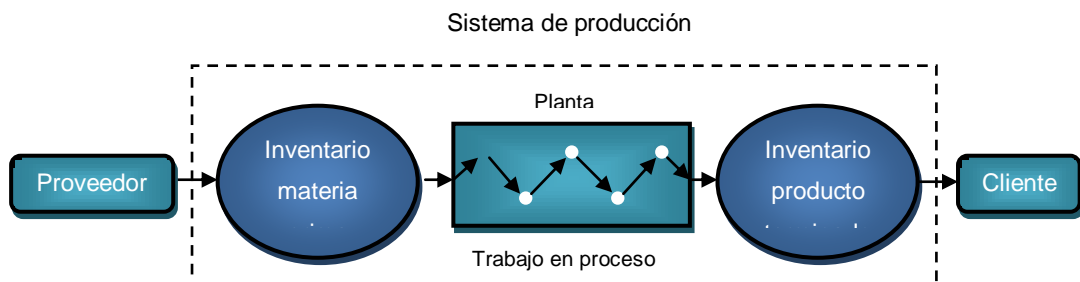
- Recopilar los conceptos y resultados provenientes de investigaciones previas en el tema de la programación de operaciones y el problema del loteo.
- Documentar y analizar los principales resultados de los estudios recopilados durante la exploración bibliográfica.
- Construir un diseño experimental para obtener información relevante y adecuada al problema bajo investigación.
- Describir el modelo de Programación Lineal Entera Mixta que se va a utilizar para la configuración productiva objeto de estudio.
- Calcular los parámetros del modelo
- Solucionar el modelo mediante el programa informático GAMS y el optimizador CPLEX.
- Analizar estadísticamente los diferentes resultados obtenidos y concluir al respecto.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Un sistema de producción puede definirse como un conjunto de elementos dinámicamente relacionados que mediante un proceso de transformación, convierten insumos\* en productos o salidas con un valor inherente. Para Sipper y Bulfin, “el alma de cualquier sistema de producción es el proceso de manufactura, un proceso de flujo con dos componentes importantes: material e información”<sup>1</sup>. La importancia del proceso de manufactura se debe al valor que agregan las actividades que lo conforman a los insumos del sistema productivo. La Figura 1 muestra el esquema genérico de un sistema de producción.

**Figura 1.** Esquema genérico de un sistema de producción.



Fuente: SIPPER, Daniel y BULFIN junior, Robert L, Op. cit., p. 8.

**2.1.1 Clasificación de los sistemas de producción.** Los sistemas de producción pueden clasificarse según diferentes criterios. Por ejemplo, una clasificación básica utiliza como criterio el tipo de operación realizada, dividiendo los sistemas de producción en dos clases: los que producen bienes físicos y los que llevan a cabo operaciones de servicios. En la producción de bienes físicos, por lo general, los insumos son tangibles y se llevan a cabo operaciones de conversión, manufactura o reparación. Por otra parte, los sistemas de producción orientados a servicios pueden tener productos e insumos intangibles.

\* Energía, materiales, mano de obra, capital ó información.

<sup>1</sup> SIPPER, Daniel y BULFIN junior, Robert L. Planeación y Control de la Producción. México : Mc Graw Hill, 1998. p. 8.

Otra dimensión en la clasificación de los procesos es el flujo del producto; éste enfoque se relaciona con el volumen de producción y la variedad de productos. Existen tres tipos de flujo: continuo, intermitente y por proyectos. Los sistemas con flujo intermitente, a su vez, se clasifican en talleres de trabajo y sistemas de producción por lotes. La forma de administración de cada tipo de sistema productivo difiere de las demás por la heterogeneidad existente en características relacionadas con el producto, la mano de obra, el capital, los objetivos y la planeación y control del sistema. La Tabla 1 compara los tipos de sistemas productivos, según las características mencionadas anteriormente.

En la práctica, la existencia de muchas clases de configuraciones productivas hace que la toma de decisiones en el área de operaciones sea una actividad compleja.

**2.1.2 Toma de decisiones en los sistemas de producción.** La función de operaciones de las empresas se ha visto influenciada por cambios importantes en los productos, los procesos, la cultura, las tecnologías de gestión y los conceptos, convirtiéndose en un factor clave para el éxito organizacional. Dentro de este contexto, la administración de operaciones proporciona varias metodologías para gestionar de manera eficiente y eficaz los recursos productivos, a fin de adquirir y mantener en las organizaciones una ventaja competitiva que les permita hacer frente a retos y necesidades cada vez mayores.

Para Roger G. Schroeder<sup>2</sup>, la administración de operaciones es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones y los sistemas de transformación. Este enfoque de decisiones permite planear, controlar y mejorar el sistema, porque, el área de operaciones deja de ser una unidad netamente operativa y se convierte en un componente estratégico de la organización.

La toma de decisiones debe estar sustentada por una estrategia de operaciones que involucre las metas que debe lograr producción y la manera en que debe alcanzarlas. Según Chase, Jacobs y Aquilano<sup>3</sup>, mediante la estrategia de operaciones se establecen políticas y planes para el uso de los recursos de la organización con el fin

---

<sup>2</sup> SCHROEDER, Roger. Administración de Operaciones. 3 ed. México : Mc Graw Hill, 1992. p. 2.

<sup>3</sup> CHASE, Richard B.; JACOBS, Robert F. y AQUILANO, Nicholas J. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. 10 ed. México : Mc Graw Hill, 2005. p. 26-27.

de apoyar mejor su estrategia competitiva a largo plazo. De acuerdo con lo anterior, la estrategia de operaciones hace parte del proceso de planeación de la empresa, se alinea e integra con la estrategia corporativa para definir la mezcla consistente de políticas que orienta la toma de decisiones.

**Tabla 1.** Características de los Sistemas Productivos.

Características	Continuo	Intermitente		Proyecto
		Taller	Por lotes	
<b>Producto</b>				
Tamaño de lote	Grande	Pequeño	Mediano	Unitario
Flujo del producto	Regular	Irregular	Regular	Ninguno
Variedad del producto	Baja	Alta	Limitada	Muy alta
Tipo de mercado	Masivo	Por cliente	Segmentado	Único
Volumen	Alto	Bajo	Medio	Una unidad
<b>Mano de obra</b>				
Habilidades	Bajas	Altas	Altas	Altas
Tipo de tarea	Repetitiva	No rutinarias	Rutinarias	No rutinarias
<b>Capital</b>				
Inversión	Alta	Media	Media	Baja
Inventario	Bajo	Alto	Alto	Medio
Equipo	Propósitos especiales	Propósitos generales	Propósitos generales	Propósitos generales
<b>Objetivos</b>				
Flexibilidad	Baja	Alta	Media	Alta
Costo	Bajo	Alto	Medio	Alto
Calidad	Constante	Variable	Variable	Variable
<b>Control / planeación</b>				
Control de producción	Fácil	Difícil	Medio	Difícil
Control de calidad	Fácil	Difícil	Medio	Difícil
Control de inventario	Fácil	Difícil	Medio	Difícil

Adaptado de: SCHROEDER, Op. cit., p. 123.

Algunos autores han agrupado estructuradamente los tipos de decisiones para facilitar su definición. Sipper y Bulfin<sup>4</sup>, utilizan tres criterios para clasificar las decisiones en un sistema de producción: la jerarquía organizacional, el tiempo y el contenido temático. La jerarquía organizacional hace referencia al nivel administrativo de las personas que toman las decisiones y, el tiempo al horizonte de planeación cubierto por las decisiones tomadas. Finalmente, el contenido temático permite clasificar las decisiones de acuerdo con la función hacia la cual se enfocan, por ejemplo, relacionadas con el proceso, la capacidad, el inventario, el talento humano o la calidad.

<sup>4</sup> SIPPER y BULFIN, Op. cit., p. 21-22.

Las decisiones de los altos niveles administrativos, por lo general, tienen un alcance de largo plazo e involucran aspectos estratégicos de la organización; en la administración media, se toman las decisiones tácticas, es decir, aquellas cuyo horizonte de planeación es de mediano plazo; y las decisiones operativas son tomadas para el corto plazo por los gerentes de operaciones. Por otra parte, las diferentes funciones del área de operaciones se interrelacionan con el tiempo y la jerarquía, porque, cada etapa en la planeación de los diferentes temas debe coordinarse en el tiempo y estar alineada con la estructura jerárquica de decisión, de tal forma que las decisiones presentes permitan obtener los resultados esperados en el futuro. La Tabla 2, muestra de que manera los diferentes temas para la toma de decisiones se relacionan con el tiempo y la jerarquía.

Las decisiones relacionadas con la capacidad del sistema productivo son más complejas que las demás, porque afectan la planeación de la producción, imponiendo limitaciones físicas sobre la cantidad que puede fabricarse.

Como se observa en la Tabla 2, la capacidad se planea para diferentes horizontes de tiempo, a través de un enfoque jerárquico. El plan a largo plazo, debe garantizar que la capacidad futura sea la adecuada para cumplir con la demanda futura. Es un horizonte ideal para la planeación de instalaciones. El plan de capacidad a mediano plazo se realiza a través de la planeación agregada, es decir, la capacidad necesaria para todas las líneas de producto en conjunto. Como resultado de la planeación agregada se toman decisiones relacionadas con el tamaño de la fuerza de trabajo, el tiempo extra, los subcontratos y los niveles generales de inventario. A corto plazo, con base en los pronósticos y los pedidos en firme, la planeación agregada se desagrega en un plan para artículos individuales que se conoce como Programa Maestro de Producción (PMP). El PMP indica cuántas unidades deben realizarse de cada producto en un período de tiempo específico, lo cual, permite realizar un plan detallado de la capacidad requerida para su cumplimiento y la programación de los pedidos. La función de programación en un sistema de producción está en constante interacción con muchas otras funciones de la empresa, razón por la cual, se ve afectada por los procesos de planeación y las decisiones de capacidad que se toman a nivel administrativo.

La programación de operaciones es la última y más limitada de las decisiones de capacidad. Consiste en la asignación de los recursos que se han adquirido mediante

las decisiones de largo y mediano plazo a las tareas, pedidos o actividades. En otras palabras, la programación de operaciones concreta el Programa Maestro de Producción en tareas, las asigna a los recursos disponibles y determina el intervalo de tiempo en el que deben ejecutarse.

**Tabla 2.** Decisiones en los sistemas de producción.

<b>TEMA</b>	<b>Largo Plazo (Estratégicas) Alta administración</b>	<b>Plazo Intermedio (Tácticas) Administración media</b>	<b>Corto Plazo (Operativas) Administración operativa</b>
<b>PROCESO</b>	Tipo de proceso. Tipo de equipo. Distribución planta.	Mantenimiento del equipo.	Análisis del flujo del proceso.
<b>CAPACIDAD</b>	Tamaño de las instalaciones.  Plan de producción a largo plazo.  Estimaciones de demanda	Plan agregado de producción.  Planificación agregada de capacidad.	Programa maestro de producción. Plan de materiales Planificación detallada de capacidad. Gestión de talleres <b>Programación de operaciones.</b>
<b>INVENTARIO</b>	Nivel general de inventarios.	Diseño del control de inventarios.	Cuánto y cuándo ordenar.
<b>TALENTO HUMANO</b>	Diseño de puestos. Sistema de compensación. Reglamento de trabajo.	Niveles de mano de obra	Tiempo extra Subcontratación  Supervisión.
<b>CALIDAD</b>	Políticas de calidad. Definir estándares.	Nivel de calidad Costos de calidad	Control de calidad. Cantidad de inspecciones.

Adaptado de: SIPPER y BULFIN, Op. cit., p. 22.

## 2.2 PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES

En el ambiente competitivo actual, la programación de operaciones desempeña un papel importante tanto en las industrias de manufactura como en las de servicios. La internacionalización de la economía ha incrementado los estándares de desempeño que las compañías deben alcanzar o superar para ser competitivas, ocasionando cambios significativos en su forma de operación. Por ejemplo, las fuentes convencionales de ventaja competitiva como las economías de escala no son muy eficaces en la actualidad debido al surgimiento de otros factores cruciales para la satisfacción de los clientes como el tiempo de entrega, la innovación y la diversificación de la oferta. Este entorno impone retos a la programación de

operaciones, al exigir cada vez, mayor cumplimiento de los requerimientos del cliente mediante un uso racional y óptimo de los procesos de producción.

Básicamente, la programación de operaciones es una decisión de asignación que permite distribuir en el tiempo la capacidad de recursos disponibles a actividades o tareas para que se lleven a cabo en una secuencia determinada. Morton y Pentico afirman: “programar es el proceso de organizar, elegir y dar tiempos al uso de recursos para llevar a cabo todas las actividades necesarias, para producir las salidas deseadas en los tiempos deseados, satisfaciendo a la vez un gran número de restricciones de tiempo y relaciones entre las actividades y los recursos”<sup>5</sup>. En su sentido más amplio, el Programa de Operaciones involucra el desarrollo de las siguientes actividades:

- **Carga del taller de trabajo “Shop Loading”:** consiste en la asignación de las operaciones a los centros de trabajo, en relación con su capacidad disponible y la capacidad requerida para su procesamiento.
- **Secuenciación “Sequencing”:** una vez se han asignado todas las operaciones a los diferentes centros de trabajo, se define el orden en que van a ser ejecutadas mediante la secuenciación. En otras palabras, se trata de establecer la prioridad de cada una de las operaciones.
- **Programación Detallada “Scheduling”:** Especifica los momentos de inicio y terminación de cada operación en cada máquina, de acuerdo con la secuencia definida.

Esta investigación se centra en las dos últimas actividades de la programación de operaciones: la secuenciación y la programación detallada.

**2.2.1 Estructura y notación de los problemas de programación.** Al definir un problema de programación se utilizan algunos términos para referirse a las características de la configuración productiva analizada. A fin de unificar los conceptos

---

<sup>5</sup> MORTON, T.E. y PENTICO, D.W. (1993). Heuristic Scheduling Systems. Wiley Series in Engineering and Technology Management. Wiley. New York.

de los términos empleados en este documento, a continuación se definirán los más relevantes:

Trabajo ó Tarea (T)	Conjunto de unidades del mismo producto que se procesan en los recursos del sistema.
Máquina (M)	Recurso utilizado para el procesamiento de los trabajos.
Operación (O)	Uno de los pasos a los que debe ser sometida una pieza para su realización.
Tiempo de ejecución	Tiempo necesario para realizar una operación específica a todas las unidades que conforman un trabajo.
Tiempo de preparación	Tiempo que se emplea realizando cambios a las máquinas cuando éstas deben procesar trabajos con diferentes características.
Tiempo de procesamiento	Resultante de incorporar al tiempo de ejecución el tiempo de preparación de la máquina.
Ruta	Secuencia u orden en que deben ejecutarse las operaciones para terminar un producto.

Los estudios publicados en el área de la programación de operaciones en las últimas cuatro décadas son muy variados; incluyen la utilización de diversas técnicas para la solución del problema, consideran diferentes configuraciones productivas y restricciones y utilizan varias medidas de desempeño para evaluar el comportamiento del sistema. Lo anterior, ha creado la necesidad de encontrar una notación que permita describir y clasificar un problema específico de programación de operaciones.

La siguiente notación fue presentada por Pinedo<sup>6</sup> en su libro *Scheduling: theory, algorithms and systems*. La notación representa los factores que inciden en el

---

<sup>6</sup> PINEDO, Michael. *Scheduling: theory, algorithms and systems*. 2 ed. NJ: Prentice Hall, 2002.

problema y se describe por la combinación de las letras griegas  $\alpha$  /  $\beta$  /  $\gamma$ . Cada uno de los campos representa particularidades del problema de programación al que hace referencia.

El campo  $\alpha$  describe el tipo de configuración productiva, es decir, la cantidad y variedad de máquinas en el taller y los patrones de flujo de los productos. Algunas de las configuraciones que se pueden especificar en el campo  $\alpha$  son:

- (1) “*Single Machine*”: todos los trabajos son procesados en una sola máquina.
- $(P_m)$ ,  $(Q_m)$  *Máquinas en paralelo*: en ambos casos se tienen disponibles en un centro de trabajo varias unidades de la misma máquina y los trabajos pueden procesarse en cualquiera de ellas. La diferencia es que en el segundo caso aspectos como la velocidad de operación o la calidad pueden variar de una máquina a otra.
- $(F_m)$  “*flow shop*”: se utiliza un conjunto de máquinas diferentes en serie. Para el desarrollo de las operaciones, los trabajos tienen la misma secuencia de paso por las máquinas, es decir, la misma ruta. Una generalización de los sistemas “*flow shop*” que incluye el concepto de máquinas paralelas es el “*flexible flow shop*” ( $FF_c$ ), dado que considera que algunos de los tipos de máquina utilizados tienen más de una unidad disponible y los trabajos pueden ser procesados en cualquiera de éstas.
- $(J_m)$  “*job shop*”: los trabajos van de un centro a otro con distintas secuencias de paso. Cada trabajo tiene su propia ruta predeterminada. Una generalización de los sistemas “*job shop*” que incluye el concepto de máquinas paralelas es el “*flexible job shop*” ( $FJ_c$ ).
- $(O_m)$  *open shop*: no hay restricciones con respecto a la ruta de cada trabajo, lo cual implica que para la fabricación de un determinado producto no hay un orden específico en el que deben realizarse las operaciones, éstas pueden ser determinadas libremente por el programa.

El campo  $\beta$  está relacionado con las características de procesamiento y las restricciones impuestas por el sistema productivo. Las posibilidades que contempla este campo son:

- $(s_{jk})$  *Tiempos de preparación dependientes de la secuencia*: indica que los tiempos de preparación de las máquinas dependen de la secuencia establecida para los trabajos.
- $(prmp)$  *Interrupciones*: se permite interrumpir el procesamiento de un trabajo en una máquina si llega otro de mayor prioridad.
- $(brkdn)$  *Daños en las máquinas*: se considera la existencia de daños en las máquinas en cualquier instante de tiempo, afectando su disponibilidad.
- $(prmu)$  *Permutación*: indica que la regla para dar prioridad a las colas frente a una máquina está dada por la disciplina FIFO (primero en llegar, primero en ser servido).
- $(recrc)$  *Recirculación*: se permite que los trabajos visiten la misma máquina más de una vez.

Finalmente, el campo  $\gamma$  describe la medida de desempeño a optimizar, ésta se relaciona con los objetivos trazados, por ejemplo, existen medidas que son indicadores exactos de objetivos comunes como el cumplimiento de las fechas de entrega, la disminución del inventario de producto en proceso, el aumento de la utilización de las máquinas, la reducción de costos, entre otras. La elección del objetivo determina la adecuación y eficacia de una regla de secuenciación. Las funciones objetivo utilizadas con mayor frecuencia son:

- $(C_{m\acute{a}x})$  *“makespan”*: instante en el cual el último trabajo abandona el sistema. Minimizar el Makespan es un objetivo frecuente porque permite una alta utilización en las máquinas.
- $(F_{med})$  *“mean flow time”*: es el promedio aritmético de los tiempos de flujo de cada uno de los trabajos. Para un trabajo en particular, el tiempo de flujo representa la cantidad de tiempo que éste pasa en el sistema. La minimización de esta medida contribuye a mejorar el servicio al cliente y a disminuir los niveles de inventario.
- $(T_{m\acute{a}x})$  *“máximum lateness”*: consiste en minimizar la máxima tardanza, garantizando que la mayoría de trabajos se concluyan antes de su fecha de entrega. Es un buen indicador de servicio al cliente.

Los problemas de programación de operaciones también pueden clasificarse como determinísticos o estocásticos. En los modelos determinísticos no se presentan

variaciones en los elementos que integran el problema. Por el contrario, en los modelos estocásticos dichos elementos tienen un comportamiento probabilístico, es decir, los valores que toma están definidos por una distribución de probabilidad.

Por otra parte, el patrón de llegada de los trabajos al sistema también permite clasificar los problemas de programación en estáticos o dinámicos. En la programación estática todos los trabajos llegan simultáneamente para su procesamiento. El término dinámico indica que los trabajos llegan en forma aleatoria al transcurrir el tiempo, y deben tomarse decisiones acerca de cómo programarlos. La teoría de colas, proporciona un medio para modelar algunos problemas de programación dinámica.

**2.2.2 Complejidad de la programación de operaciones.** Aparentemente, la programación de operaciones puede verse como una simple asignación de trabajos a una serie de recursos disponibles, pero en la práctica, diversas consideraciones afectan la realización de esta importante función de la administración de operaciones, haciendo de ella una actividad sumamente compleja. Cualquier problema de programación de operaciones en términos generales, es un problema de optimización combinatoria.

Para Linares et al<sup>7</sup>, este tipo de problemas involucran la elección de una solución óptima\* entre una combinación de diferentes alternativas. Usualmente, la optimización combinatoria se ha estudiado a través de las técnicas propuestas por la investigación de operaciones, las cuales se basan en la construcción de un modelo del sistema que represente la esencia del problema y permita comparar los resultados de diversas decisiones.

La estructura clásica de un problema de optimización está compuesta de una función objetivo, unas variables de decisión y una serie de restricciones relacionadas con las características del sistema que se estudia. Resolver un problema de programación de operaciones consiste en encontrar una secuencia o programa que satisfaga las limitaciones del sistema y contribuya a alcanzar de la mejor manera los objetivos trazados. Aunque parece una tarea sencilla, a medida que aumentan la cantidad de

---

<sup>7</sup> LINARES, Pedro, et al. Modelos Matemáticos de Optimización. Recuperado el 20 de diciembre de 2007 de [http://www.gams.com/docs/contributed/modelado\\_en\\_gams.pdf](http://www.gams.com/docs/contributed/modelado_en_gams.pdf).

\* Mejor alternativa en relación con la medida de desempeño considerada.

trabajos y máquinas en el sistema existe un mayor número de secuencias posibles, dando lugar a una explosión combinatoria de posibilidades que complica la elección de la secuencia que optimiza la medida de desempeño en cuestión. De acuerdo con lo anterior, la complejidad de los problemas de programación se manifiesta principalmente mediante tres factores, la función objetivo, las restricciones y el tiempo necesario para dar solución al problema.

La existencia de una gran diversidad de objetivos posibles se impone como una de las mayores dificultades de la programación; dichos objetivos pueden contraponerse y entrar en conflicto. Es imposible optimizar todos los objetivos en forma simultánea, porque, como dice Nahmias, “la secuencia óptima es muy sensible a la elección del objetivo, y el objetivo adecuado no siempre es obvio”<sup>8</sup>. En las últimas décadas se ha tratado de resolver este problema mediante el uso de técnicas de optimización multiobjetivo, en las cuales, existe más de una función objetivo y se realizan compensaciones entre éstas para obtener una respuesta que las equilibre satisfactoriamente.

En relación con las restricciones, el problema surge porque los sistemas de producción reales incluyen una gran cantidad de elementos particulares. Así, al agregar esta diversidad de elementos al problema, se obtiene una vasta clase de problemas de optimización, muy distintos entre sí en su complejidad y estructura. Para Mailing<sup>9</sup>, esta gran diversidad de problemas conforma una clase muy heterogénea e imposible de tratar de manera abarcativa.

El estudio de los problemas de optimización combinatoria se centra en hallar métodos o algoritmos que proporcionen una solución efectiva. Pero, cuando deben procesarse varios trabajos en más de una máquina no siempre es posible encontrar algoritmos que confieran soluciones óptimas, dado que la cantidad de programas posibles es asombrosa aún para cantidades moderadas de trabajos y máquinas. Por ejemplo, si se considera el caso de programación de operaciones más complejo que se da en los sistemas tipo “job shop” y se supone que van a procesarse  $n$  trabajos en  $m$  máquinas, la cantidad de soluciones factibles está dada por la expresión  $(n!)^m$ . En estas

---

<sup>8</sup> NAHMIA, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 3 ed. México: CECSA, 2006. p. 387.

<sup>9</sup> MAILING, Germán. Algoritmos heurísticos y el problema de job shop Scheduling. Recuperado el 31 de enero de 2008 de <http://www.dm.uba.ar/materias/optimización/2005/1/tesis.pdf>.

condiciones, un problema aparentemente sencillo de programar 5 trabajos en 5 máquinas tiene aproximadamente unos 25.000 millones de programas posibles. Jain y Meeran<sup>10</sup> utilizan el término “explosión factorial” para referirse a este comportamiento. Encontrar la solución óptima del problema mediante la enumeración completa de todas las posibilidades resulta impráctico si se tiene en cuenta que la programación de operaciones es un problema de corto plazo. Por esta razón, la mayoría de problemas de programación pertenecen a la clase “NP-hard”, lo cual significa que son problemas muy complejos desde el punto de vista computacional. El inconveniente de este tipo de problemas es que el tiempo de cómputo necesario para resolverlos crece exponencialmente conforme aumenta el tamaño del problema. Lo anterior, ha llevado a que en la actualidad se esté optando por el uso de métodos alternativos que provean buenas soluciones en un tiempo viable, pero que no aseguran la optimalidad de la respuesta obtenida. Este nuevo enfoque se ha consolidado fuertemente como campo de estudio científico bajo el nombre de Técnicas Heurísticas.

**2.2.3 Algoritmos de solución.** La búsqueda de soluciones al problema de programación de operaciones se ha realizado desde tres enfoques diferentes: los métodos de optimización, los métodos de aproximación y la simulación de eventos discretos.

### **Métodos de Optimización**

Mediante los métodos de optimización se obtiene la mejor solución, es decir, la que optimiza el criterio de desempeño evaluado. Dentro de estos métodos se encuentran los Métodos Eficientes y los Métodos Enumerativos.

Los métodos eficientes son algoritmos sencillos que generan soluciones óptimas para problemas particulares en muy poco tiempo. Blazewicz<sup>11</sup>, menciona entre los más importantes, los algoritmos de *Johnson y Jackson* para los problemas de dos máquinas en sistemas productivos tipo “flow shop” y “job shop”, respectivamente. En la actualidad, no existen métodos eficientes para encontrar soluciones aceptables a problemas con más de tres máquinas.

---

<sup>10</sup> JAIN, A.S y MEERAN, S. Deterministic job-shop scheduling: past, present and future. En: European Journal of Operational Research. Vol. 113 (1999); p. 390-434.

<sup>11</sup> BLAZEWICZ, Jacek; DOMSCHKE, Wolfgang and PESCH, Erwin. The job shop scheduling problem: Conventional and new solution techniques. En: European Journal of Operational Research. Vol. 93 (1996); p. 1-33.

Los métodos enumerativos son más complejos que los métodos eficientes, porque, para encontrar la solución óptima se basan, como su nombre lo indica, en la enumeración completa de todas las soluciones factibles para seleccionar dentro de este conjunto la mejor. Dentro de los métodos enumerativos se encuentran la técnica de ramificación y acotamiento y las formulaciones matemáticas.

Mediante la técnica de ramificación y acotamiento “*branch & bound*”, el problema se representa mediante un árbol que contiene todas las soluciones factibles. La ramificación, divide el conjunto completo de soluciones factibles en subconjuntos más pequeños, representados por las ramas del árbol. La exploración se realiza acotando la mejor solución de cada rama y descartando aquellas cuya cota indique que no es posible que contenga una solución óptima.

Por otro lado, las formulaciones matemáticas permiten representar el problema de decisión mediante una serie de variables relacionadas a través de funciones matemáticas. La naturaleza del problema, incide en el carácter de las funciones que intervienen (lineales o no lineales) y en las variables (reales o enteras). Dentro de estos métodos se encuentra la Programación Lineal Entera Mixta (*PLEM*), técnica utilizada en la presente investigación, por lo cual, más adelante se explicará con mayor detalle.

### **Métodos de Aproximación**

Debido a la dificultad para resolver de forma exacta algunos problemas de optimización combinatoria, se han desarrollado técnicas de aproximación que proporcionan buenas soluciones pero no garantizan su optimalidad. Estas técnicas se han catalogado bajo la denominación de *Heurísticas* y su ventaja radica en la facilidad para generar respuestas satisfactorias en poco tiempo. Existen dos tipos de métodos de aproximación: los constructivos y los iterativos.

En los métodos constructivos el problema se formula básicamente mediante un listado de restricciones que el programa debe satisfacer. Lee, Lei y Pinedo<sup>12</sup>, mencionan que estos métodos enfatizan en soluciones parciales y las van extendiendo hasta construir una solución completa que sea factible. Inicialmente, la búsqueda se basa en satisfacer las restricciones más exigentes, dejando las menos exigentes para el final.

---

<sup>12</sup> LEE, Chung-Yee; LEI, Lei and PINEDO, Michael. Current trends in deterministic scheduling. *En*: Annals of Operations Research. Vol. 70 (1997); p. 1-41.

Hacen parte de estas técnicas, las reglas de prioridad "*Priority Dispatch Rules*", los heurísticos basados en el recurso cuello de botella "*Bottleneck Based Heuristics*" y los algoritmos de Inserción "*Insertion Algorithms*". Mediante las reglas de prioridad, los conflictos entre operaciones que compiten por la misma máquina se resuelven de acuerdo con un criterio previamente establecido. La idea de los heurísticos basados en el recurso cuello de botella es resolver el problema individualmente como si cada máquina fuera el cuello de botella del sistema y construir una respuesta completa mediante una combinación factible de las diferentes soluciones. Finalmente, los algoritmos de inserción buscan modificar soluciones que ya se han obtenido con otros métodos para generar nuevas soluciones factibles que provean mejoras en la medida de desempeño evaluada.

Por otra parte, los métodos iterativos parten de una solución inicial que reúne todas las características para ser factible y se van moviendo a través de todo el espacio de soluciones mediante reglas de transición previamente establecidas para buscar una solución diferente (usualmente mejor). Si el candidato es mejor que la solución actual en términos del criterio de evaluación, entonces se escoge como solución actual, y continúa la búsqueda de la misma forma. De otra manera, el algoritmo devuelve la solución actual, la cual resulta ser un óptimo local. Los métodos iterativos suelen denominarse también algoritmos de búsqueda local. La principal característica de estos métodos es que son capaces de encontrar buenas soluciones para una gran cantidad de problemas interesantes en tiempos de ejecución viables.

Muchas variantes de búsqueda local han sido propuestas con base en los procesos de la naturaleza, por ejemplo, la técnica de recocido simulado "*simulated annealing*" se basa en una analogía con el proceso físico de templado, y los algoritmos genéticos "*genetic algorithms*" parten de los conceptos de población, genética y teoría de evolución para construir una buena solución a través de recombinaciones y mutaciones de buenas soluciones obtenidas con anterioridad. Entre otras técnicas, se tienen además la búsqueda tabú "*tabu search*" y las redes neuronales "*neural networks*". La búsqueda tabú es una técnica interesante porque admite soluciones con menor desempeño que la solución actual para dirigir la búsqueda fuera de óptimos locales y explorar otras partes del espacio que puedan contener el óptimo global, razón por la cual ha sido utilizada con mayor frecuencia en los problemas de programación de operaciones.

Algunos algoritmos de búsqueda local tienen la ventaja de poderse aplicar de manera general a cualquier tipo de problema, admitiendo cualquier variante en su estructura. A este tipo de procedimientos se les denomina metaheurísticos.

### **Simulación de eventos Discretos**

Este enfoque se utiliza cuando por ninguno de los métodos mencionados anteriormente se pueden obtener soluciones satisfactorias, lo cual puede darse en problemas de programación muy complejos. La simulación permite explorar diferentes escenarios o estrategias de programación a fin de verificar estadísticamente su desempeño en términos de las medidas de eficacia seleccionadas.

**2.2.4 Programación Lineal Entera Mixta.** Entre los métodos de solución mencionados en el apartado anterior, se seleccionó la Programación Lineal Entera Mixta para modelar el problema considerado en este estudio. Por tal razón, se dedica este apartado para explicar los fundamentos en los que se basa esta técnica.

La programación de operaciones es el ejemplo más común de aplicación de la *programación lineal*. En este término, la palabra "*programación*" actúa como sinónimo de "*planeación*" y el adjetivo "*lineal*", indica que las funciones que componen el modelo matemático del problema son lineales. Asimismo, este método considera que todas las variables de decisión son de carácter continuo, es decir, pueden tomar cualquier valor.

Sin embargo, existen decisiones que no pueden ser representadas de forma adecuada mediante variables continuas, porque sólo tienen un sentido real si su valor es entero. En este caso, se tiene un problema de *programación lineal entera*, el cual puede representarse mediante un modelo matemático ligeramente diferente al de la programación lineal. Adicionalmente, los problemas lineales con variables enteras se pueden clasificar en:

- *Programación Lineal Entera Pura (PLEP)*: todas las variables que intervienen en el modelo son enteras.
- *Programación Lineal Entera Binaria (PLEB)*: es un caso particular de los problemas de programación entera que contiene sólo variables binarias (0/1). Este tipo de variables permiten modelar decisiones del tipo "sí ó no", asociadas frecuentemente a condiciones de asignación o condiciones lógicas.

- *Programación Lineal Entera Mixta (PLEM)*: algunas de las variables son enteras o binarias y el resto continuas.

**2.2.5 Apoyos informáticos.** Si se ha decidido programar mediante un método exacto, es necesario escribir un modelo matemático que represente el problema bajo estudio y posteriormente derivar una solución utilizando alguno de los procedimientos propuestos por la Investigación de Operaciones. Debido al tamaño y la complejidad de los problemas de programación, se debe considerar la utilización de computadores y software especializado para desempeñar esta tarea. Los computadores actuales más rápidos, al alcance de todos, y las interfaces gráficas amigables han hecho que sea más sencillo generar una solución para el modelo formulado.

En primer lugar, se debe considerar el uso de un *lenguaje de modelado* especializado que permita formular de manera eficiente y compacta todas las ecuaciones del modelo. Generalmente, muchas de las restricciones que se tienen son de pocos tipos y siguen el mismo patrón, por lo cual, no es práctico escribir la formulación matemática completa. Mediante el uso de bloques o conjuntos de datos, el *lenguaje de modelado* construye todas las restricciones del mismo tipo simultáneamente, de manera que, los modelos que antes requerían muchas líneas de código se pueden desarrollar con una reducción significativa en su longitud original y con un esfuerzo inferior en tiempo. Además de formular con eficiencia los modelos grandes, los *lenguajes de modelado* facilitan las tareas de administración y modificación del modelo y la introducción de los datos<sup>13</sup>.

Entre los lenguajes de modelado más utilizados se encuentran MPL (*mathematical programming language*) y "GAMS" (*General Algebraic Modeling System*). Estos lenguajes de alto nivel han sido diseñados específicamente para el desarrollo e implementación de modelos de optimización. En esta investigación, el modelo de programación de operaciones del sistema productivo bajo estudio, será formulado a través del *Sistema General de Modelización Algebraica* "GAMS".

Una vez formulado el problema en un lenguaje de modelado, éste debe ser resuelto por un *solucionador*<sup>\*</sup> que se encargará de encontrar los valores de las variables que optimizan la función objetivo. Uno de los optimizadores que usa "GAMS" para

---

<sup>13</sup> HILLIER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald. Investigación de Operaciones. 7 ed. México : Mc Graw Hill, 2002. p. 73.

<sup>\*</sup> paquete de software para resolver modelos de programación lineal y sus derivados. Suele llamárseles también Optimizadores.

solucionar los modelos y que se considera poderoso es “CPLEX”, un producto de ILOG, Inc. Este solucionador usa el método simplex y sus variantes para resolver problemas de programación lineal, pero también cuenta con algoritmos modernos como el de ramificación y acotamiento para resolver problemas de programación entera.

### **2.3 DECISIONES DE DIMENSIONADO DE LOTES**

La globalización ha abierto nuevos mercados para casi todas las industrias, incrementando la cantidad y variedad de productos que deben ser fabricados con tiempos de entrega cada vez más cortos. Por lo general, la diversidad de los productos es tan amplia que cada tipo de producto difiere considerablemente de los demás en sus características de procesamiento, induciendo a que éstos sean procesados en lotes compuestos por una cantidad determinada de ítems.

Debido a la importancia de reducir los tiempos de flujo y los niveles de inventario, han surgido diferentes enfoques que intentan dar solución a este problema como la filosofía de producción Justo a Tiempo “JIT” y la Teoría de Restricciones “TOC”. Sin embargo, varios autores plantean la existencia de soluciones más interesantes en el campo de la programación de operaciones, porque los cambios pueden implementarse en menor tiempo y con un costo más bajo que el de reorganizar el sistema productivo. Este planteamiento se apoya en que los tiempos de finalización de los trabajos están influenciados principalmente por las decisiones de secuenciación y la programación detallada.

En muchas situaciones, el desempeño de una buena secuencia puede mejorarse considerablemente con una política de loteo conveniente, razón por la cual, la determinación de los tamaños de lote es una de las variaciones más importantes del problema básico de programación de operaciones. En las últimas décadas, se ha desarrollado un interés significativo en los problemas de programación que incluyen el dimensionado de lotes como parte específica de la planeación y control del sistema de producción.

Habitualmente, la programación de operaciones se realiza considerando un tamaño de lote único, pero en realidad podrían definirse diferentes tipos de tamaño de lote. Por

ejemplo, Jacobs y Bragg<sup>14</sup>, diferencian entre tres tipos de lotes: lotes liberados “*release batch*”, lotes de proceso “*process batch*” y lotes de transferencia “*transfer batch*”.

- **Lotes Liberados:** hace referencia a la cantidad de unidades de un producto o trabajo que se lanzan al sistema productivo.
- **Lotes de Proceso:** lote de partes procesadas en una máquina como resultado de una única preparación.
- **Lotes de Transferencia:** lote de productos que se mueven entre los centros de trabajo. El lote de transferencia puede consistir de uno o varios productos y determina el movimiento de material entre las operaciones.

Las actividades tradicionales de programación y control del sistema productivo se han ideado bajo el enfoque de tamaños de lotes de lanzamiento, de proceso y de transferencia idénticos, así, se fabrican consecutivamente en cada máquina todas las unidades de un mismo producto liberadas en el sistema y éstas sólo se transfieren al siguiente recurso hasta que todos los productos que conforman el lote se hayan terminado. De esta forma, una unidad de producto permanece demasiado tiempo en el sistema esperando a ser procesada o esperando a que las demás unidades del lote sean procesadas. Aún con una buena secuencia, éste tipo de operación podría causar muchas demoras y hacer más lento el proceso. Por eso, la distinción entre los diferentes tipos de lote es un complemento importante del problema de programación de operaciones. De la forma en que se programen y relacionen dichos lotes dependerá el funcionamiento eficiente del sistema. En este trabajo no se diferenciará entre los dos primeros tipos de tamaño de lote, es decir, el lote de proceso de un producto particular está definido por la cantidad de unidades de dicho producto lanzadas al sistema productivo, por lo cual, sólo se tratarán los conceptos relacionados con los lotes de proceso y transferencia.

La definición del tamaño conveniente de los lotes de proceso y transferencia está vinculada a una serie de consideraciones importantes en el tema del loteo: los tiempos de preparación, las filas de espera, el manejo de materiales, la capacidad del sistema, el nivel de inventario y los tiempos de flujo. A continuación, se profundizará en éstos

---

<sup>14</sup> JACOBS, Robert and BRAGG, Daniel. REPETITIVE LOTS: Flow-Time reductions through Sequencing and dynamic batch sizing. En: Decision Sciences. Vol. 19 (1988); p. 281-294.

aspectos, mostrando su relación con los tipos de lote que se van a considerar en el estudio.

**2.3.1 Lotes de proceso.** El lote de proceso es el número de unidades de determinado tipo de producto que se fabrican en una máquina como resultado de una única preparación, es decir, la cantidad de productos con características similares que se procesan en la máquina antes de realizar cambios o ajustes para la elaboración de nuevos productos.

La fabricación de productos diferentes en las mismas máquinas requiere que éstos sean agrupados en lotes de proceso y que el centro de trabajo se ajuste cada vez que finaliza la fabricación de un lote y se inicie otro. Dichos ajustes pueden ser muy simples, como cambiar alguna herramienta o limpiar la máquina, o lo suficientemente complejos como para requerir modificaciones grandes en las estaciones de trabajo. El tamaño de los lotes de proceso está relacionado principalmente con la duración de los cambios, porque, si la preparación de las máquinas es muy demorada, unidades idénticas deberán agruparse para su procesamiento en lotes de gran tamaño para permitir que más productos sean fabricados entre preparaciones sucesivas e incrementar la capacidad del sistema de manufactura. Al tener lotes de proceso de gran tamaño, se reduce el número y la frecuencia de las preparaciones y se consigue una alta utilización en las máquinas.

Inicialmente, un incremento en el tamaño de los lotes de proceso puede generar mejoras en el flujo de los productos a través del sistema, pero cuando ya se tienen lotes muy grandes, los tiempos de flujo empiezan a incrementarse, provocando largas filas de espera, demora en la salida de los productos y un alto nivel de inventario de productos en proceso. Lo anterior, es consecuencia del retraso que ocurre al transferir los productos de una máquina a la siguiente, porque el movimiento de las partes sólo se realiza cuando todas las unidades del lote han sido procesadas.

Hopp y Spearman<sup>15</sup>, mencionan tres aspectos básicos que deben ser tenidos en cuenta para la determinación del tamaño del lote de proceso en sistemas productivos con tiempos de preparación de máquinas significativos:

---

<sup>15</sup> HOPP, Wallace; SPEARMAN, Mark. *Factory Physics*. 2 ed. NY : Mc Graw Hill, 2001. P. 306.

1. *“El tamaño de lote de proceso mínimo que produce un sistema estable puede ser mayor que uno”*. Esta consideración implica que en determinadas situaciones es mejor usar grandes lotes de proceso para mantener la utilización de las máquinas.
2. *“El tiempo de ciclo crece proporcionalmente con el tamaño del lote de proceso”*. Indica que los tiempos de ciclo son muy sensibles a la selección del tamaño de lote de proceso.
3. *“El tiempo de ciclo se puede minimizar para algunos tamaños de lote de proceso”*. Como se mencionó anteriormente, menos preparaciones en las máquinas pueden inicialmente mejorar el flujo de los productos.

En resumen, se justifica la definición de grandes lotes de proceso cuando se tienen altos tiempos de preparación de máquinas y se requiere aumentar la capacidad del sistema mediante la reducción de la frecuencia de los cambios en los centros de trabajo. Sin embargo, los grandes tamaños de lote de proceso afectan las demás consideraciones en las decisiones de loteo: las filas de espera, los tiempos de flujo y los inventarios.

**2.3.2 Lotes de transferencia.** El tamaño del lote de transferencia es el número de piezas que se acumulan en una estación antes de ser transferidas a la siguiente. En otras palabras, cada vez que se completa en una máquina una cantidad de productos igual al tamaño del lote de transferencia, éstos se trasladan a la siguiente máquina así hagan parte de un lote de proceso que aún no se ha completado. En consecuencia, el tamaño del lote de transferencia es más pequeño que el tamaño del lote de proceso.

Con respecto a los lotes de transferencia, la opinión de Hopp y Spearman está expresada mediante la Ley de Movimiento de los Lotes: *“los tiempos de ciclo son proporcionales al tamaño del lote de transferencia”*<sup>16</sup>. Esta ley sugiere una forma sencilla para reducir el tiempo de ciclo: reducir el tamaño del lote de transferencia.

La utilización de lotes de transferencia permite compensar la influencia de los tiempos de preparación, sin demoras ni grandes filas de espera, porque se mantiene una sola preparación en la máquina para todos los lotes de transferencia que pertenecen al mismo lote de proceso y mediante el movimiento continuo de los lotes se mejora el flujo de los productos a través del sistema y se reduce la acumulación de inventario.

---

<sup>16</sup> Ibid., p. 312.

Así, en un sistema con tiempos de preparación largos, es posible establecer lotes de proceso grandes junto con lotes de transferencia pequeños. Esta práctica es conocida como “Lot Splitting”.

El “*lot splitting*” permite partir grandes órdenes de procesamiento en pequeños lotes de transferencia, haciendo posible la fabricación simultánea de un lote de proceso en más de un centro de trabajo. En este tipo de sistema, una serie de lotes de transferencia del mismo ítem se corren de manera repetitiva en una máquina para formar un lote de proceso, usando una única preparación. Los movimientos de material hacia la siguiente operación se realizan una vez que cada lote de transferencia se ha completado, aún cuando los otros sublotes no hayan sido procesados en la máquina. Así, el centro de trabajo puede producir grandes tamaños de lote, reduciendo los requerimientos totales de preparación y conservando su capacidad. Además, esta técnica permite la superposición de operaciones consecutivas, obteniendo reducciones en el “makespan” y otras medidas de tiempo relacionadas. Debido a su gran relevancia, Lee, Lei y Pinedo<sup>17</sup>, clasifican el “*lot splitting*” como una de las tendencias actuales en programación de operaciones. Otras denominaciones que hacen referencia en la literatura al fraccionamiento de lotes de proceso son “lot streaming”, “lot sizing” y “repetitive lots”, las cuales pueden ser usadas como sinónimos del término “lot splitting”.

**2.3.3 Movimiento y control de los materiales.** Generalmente, el movimiento de los materiales en un sistema de manufactura se realiza mediante mecanismos especializados de transporte, es decir, recursos destinados a la función de traslado de los productos. Como todos los recursos disponibles en una organización, el sistema de manejo de materiales también impone restricciones a la toma de decisiones, en especial las relacionadas con el dimensionado de lotes.

Cuando se utilizan pequeños lotes de transferencia los productos deben moverse de una máquina a la siguiente con una mayor frecuencia, lo cual aumenta la carga y utilización de los mecanismos de transporte. Además, al incrementarse el número de lotes en el sistema productivo, se aumenta la probabilidad de que alguno de éstos se

---

<sup>17</sup> LEE, LEI y PINEDO, Op. cit., p. 20

extravíe, debido a una mayor dificultad para identificar y controlar todos los lotes que circulan por el taller.

Si la capacidad del sistema de transporte es inferior a la carga requerida se generan retrasos en el traslado de los productos y se incrementa la variabilidad en los tiempos de llegada de los lotes de transferencia a las estaciones, aumentando nuevamente el flujo de las partes a través del sistema. En consecuencia, si no se cuenta con mecanismos adecuados para el movimiento de materiales, es posible que parte de los beneficios logrados por el fraccionamiento de los lotes de proceso se pierdan por mayores costos en el manejo de materiales, retrasos en el traslado de los productos y dificultades en el control del sistema productivo.

Es probable que al racionalizar la distribución de la planta y los mecanismos de ruteo y transporte se logre asegurar que la capacidad del sistema de manejo de materiales sea lo suficientemente flexible para mantener la carga resultante, pero, estos cambios implicarían costos, inversiones y esfuerzos adicionales que deben ser valorados a la luz de las mejoras en el desempeño del sistema, es decir, establecer una relación entre los beneficios obtenidos por el uso de pequeños lotes de transferencia y los esfuerzos adicionales requeridos.

**2.3.4 Clasificación de los problemas de “lot splitting”.** Durante las últimas tres décadas, el tema del fraccionamiento de lotes ha sido estudiado intensamente desde diferentes perspectivas. Trietsch y Baker<sup>18</sup>, introdujeron una clasificación que permite resumir diferentes direcciones y enfoques de las investigaciones realizadas en este tema. Según dicha clasificación, los problemas de programación que incluyen el dimensionado de lotes pueden pertenecer a varias de las siguientes categorías:

***Un solo producto / Múltiples productos:*** estas categorías están relacionadas con la cantidad de productos que se deben programar en las máquinas. Algunos estudios sólo incluyen un producto, mientras que otros tienen en cuenta más de un producto.

***Tamaño del lote de transferencia (igual /E/, consistente /C/, variable /V/):*** cuando se trabaja con sublotes variables, el tamaño del lote de transferencia entre las

---

<sup>18</sup> TRIETSCH, Dan; BAKER, Kenneth. Basic techniques for lot streaming. *En*: Operations Research. Vol. 41 (1993); p. 1065-1076.

máquinas  $(i)$  e  $(i+1)$  puede diferir del correspondiente a las máquinas  $(i+1)$  e  $(i+2)$ . Dado que esta forma de operación complica más el control en el taller, en algunas aplicaciones puede resultar más práctico preservar el tamaño de los sublotos a través de todo el proceso, es decir, que el tamaño del lote de transferencia se mantiene igual para cada par de máquinas. En este caso, se dice que los sublotos son consistentes. Cuando se tiene el mismo tamaño de lote de transferencia para todos los productos y éste a su vez es consistente, se dice que los sublotos son iguales.

***Sin paradas en las máquinas (NI) / con paradas intermitentes (II):*** en algunas aplicaciones todos los sublotos deben procesarse directamente uno después del otro, sin permitir paradas en las máquinas, lo cual garantiza que éstas no estén vacías. Por otra parte, con paradas intermitentes se permiten tiempos vacíos en las máquinas entre diferentes sublotos.

***Fabricación de los sublotos (sin esperas / con esperas):*** cuando no se permiten esperas en la programación de los trabajos, cada sublote debe ser transferido y procesado en la siguiente estación inmediatamente después de haber finalizado su procesamiento en la estación precedente. Esta restricción puede ser útil cuando las esperas en el procesamiento de los productos afectan el nivel de calidad esperado. Por otra parte, en los programas con esperas, se permite que los sublotos hagan cola para su procesamiento entre operaciones consecutivas.

***Tiempos de preparación (con anticipación / sin anticipación):*** cuando no se permite anticipar el cambio o ajuste de una máquina, su preparación no puede empezar hasta que el nuevo lote de proceso esté disponible en dicha máquina. Por otro lado, cuando hay anticipación de la preparación, ésta es independiente de la disponibilidad de los lotes. En ocasiones, es posible que no se consideren tiempos de preparación ó que éstos sean irrelevantes.

***Tamaño del lote de transferencia (discreto /D/, continuo /C/):*** el número de ítems que conforman un lote de transferencia discreto tiene que ser necesariamente un valor entero, mientras que para sublotos continuos no se impone dicha restricción.

***Sublotos intermitentes / Sublotos no intermitentes:*** si en una configuración de múltiples productos se permiten lotes intermitentes, la secuencia de los sublotos del

producto  $j$  puede ser interrumpida por sublotes del producto  $k$ . Para sublotes no intermitentes no se presenta interrupción en la secuencia de los lotes de transferencia de un lote de proceso dado.

Múltiples investigaciones han demostrado que en un programa particular se puede lograr el “makespan” mínimo utilizando lotes de transferencia variables (V) y permitiendo paradas en las máquinas (II). Según investigaciones realizadas por Feldmann y Biskup<sup>19</sup>, ese modelo domina a cualquier otra combinación de las categorías mencionadas anteriormente. En dichos estudios no se logró establecer una clara dominancia entre un modelo de sublotes variables sin paradas en las máquinas (V/NI) y un modelo de sublotes consistentes con paradas intermitentes (C/II), pero dichos modelos sí dominan el caso de sublotes consistentes sin paradas intermitentes (C/NI).

La Figura 2 ilustra estas relaciones de dominancia. Las flechas conducen desde los modelos dominados hasta los modelos dominantes, que a su vez se encuentran en los niveles superiores de la figura. Los modelos que no tienen una relación de dominancia clara se muestran en el mismo nivel, sin flechas.

**2.3.5 Filosofía de producción justo a tiempo “JIT”.** El “Justo a tiempo” es un nuevo enfoque para la Dirección de Operaciones de la empresa que se ha convertido en toda una filosofía, incidiendo en varios aspectos de la planificación y control de la producción. Los objetivos básicos de la filosofía “Justo a tiempo” pueden resumirse en<sup>20</sup>:

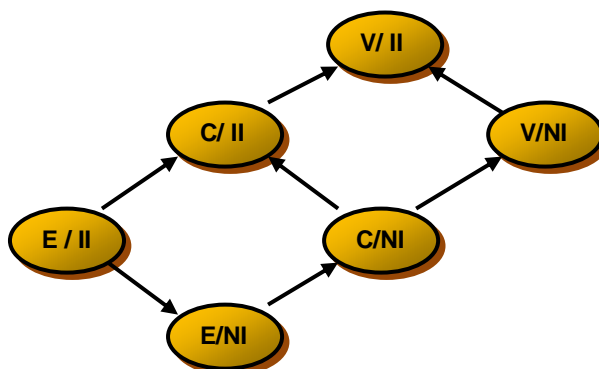
- Eliminar toda actividad innecesaria o fuente de despilfarro, utilizando un mínimo de personal, materiales, espacio y tiempo.
- Fabricar lo que se necesita, en el momento en que se necesita y con la máxima calidad posible.

---

<sup>19</sup> FELDMANN, Martin; BISKUP, Dirk. On lot streaming with multiple products. Department of Business Administration and Economics. Bielefeld University. 2005. p. 25.

<sup>20</sup> DOMINGUEZ MACHUCA, José Antonio. DIRECCIÓN DE OPERACIONES: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. 2 ed. España : Mc Graw Hill, 1995. P. 199-266.

**Figura 2.** Relaciones de Dominancia entre las clases de Lot Splitting



FUENTE: TRIETSCH, Dan; BAKER, Kenneth. Basic techniques for lot streaming.

Esta forma de operación suscitó toda una serie de discusiones en sus inicios porque, los elementos en los que se sustenta difieren notablemente de los conceptos que han sido aceptados tradicionalmente en la gestión del subsistema de operaciones. Dentro de dichos elementos se incluye el nivelado de la producción, el sistema kanban, la reducción de los tiempos de preparación “*SMED*”, la estandarización de las operaciones, la capacidad de adaptación a la demanda mediante la flexibilización del número de trabajadores “*shojinka*”, los programas para aprovechar las sugerencias de los trabajadores “*soikufu*”, el control autónomo de los defectos “*jidoka*”, el mantenimiento productivo total y el establecimiento de buenas relaciones con los clientes y proveedores.

“JIT” plantea un especial interés por reducir los tiempos de fabricación de los productos, basándose en la eliminación de las actividades que no generan valor agregado. Considera dos causas principales de los largos tiempos de procesamiento: la variabilidad existente en los tiempos de producción y el tamaño de los lotes a procesar.

En primer lugar, JIT propone reducir la variabilidad de los tiempos de producción mediante la estandarización de las operaciones y el entrenamiento de los trabajadores, lo cual, disminuye los tiempos de espera y los inventarios de seguridad utilizados para sopesar la incertidumbre en el tiempo de fabricación. Cabe resaltar, que bajo el enfoque de la filosofía “Justo a tiempo” los inventarios son el principal despilfarro que puede existir en un sistema de manufactura y el objetivo es disminuir su nivel a como de lugar.

Por otra parte, como los tiempos de procesamiento se afectan directamente por el tamaño de lote de proceso, "JIT" plantea reducir este tamaño para aumentar las cantidades transferidas entre procesos, haciéndolo si es posible, unidad a unidad. Este tipo de fabricación se conoce como *producción en flujo* y no diferencia entre lotes de proceso y lotes de transferencia. En sistemas productivos con largos tiempos de preparación de máquinas no tiene sentido reducir los lotes de proceso porque se aumenta la cantidad de los cambios y su frecuencia, en consecuencia, también los tiempos de procesamiento. Como "JIT" combate la raíz de los problemas, propone entre sus elementos básicos un sistema de cambios rápidos "*SMED*", mediante el cual, se pretende reducir drásticamente los tiempos de preparación, eliminando la necesidad de trabajar con grandes lotes de proceso y generando las condiciones ideales para la producción en flujo.

Otro de los elementos que contempla "JIT" para prescindir de la utilización de grandes lotes de proceso es reorganizar la planta, de forma que se faciliten los flujos de material dentro de la misma. Para ello, agrupa en familias tecnológicas las piezas cuyas características de fabricación presentan similitudes, para después crear células dedicadas a la fabricación de una gama reducida de ellas, reduciendo también el nivel de inventario y el tiempo de fabricación de los productos.

Para el movimiento y control de las partes, "JIT" propone el uso del sistema kanban, un método de "*arrastre*" que permite que el proceso siguiente retire del anterior las piezas que necesita, en la cantidad justa y en el preciso momento, jalonando la producción "*pull*" en vez de empujarla "*push*". En un sistema de empuje, el proceso anterior suministra las partes al proceso siguiente una vez ha terminado su fabricación, sin importar si las necesitaba o no, generando inventario de productos en proceso y largos tiempos de espera de los productos en cola en una estación, por lo tanto, el mecanismo de "*arrastre*" también contribuye a mejorar el flujo y movimiento de las partes.

El campo de aplicación preferente del enfoque "JIT" son las configuraciones productivas con una gama de trabajos reducida, rutas de fabricación fijas y demanda relativamente estable. Dado que en la práctica se cuenta con una gran diversidad de sistemas que no cumplen en su totalidad los requisitos mencionados, es necesario adaptar el sistema productivo para la implementación de todos los elementos que

conforman dicha filosofía. La fabricación “Justo a tiempo” resulta imposible si la planta y los métodos de producción no están diseñados adecuadamente. Algunas modificaciones importantes que deben realizarse a la configuración productiva incluyen una distribución de planta adecuada, un personal altamente formado y polivalente y una mejora de los procesos. Dichos esfuerzos deben permanecer de manera continua y sostenida para garantizar el éxito de ésta filosofía de gestión.

La aplicación de los métodos del “Justo a tiempo” puede resultar problemática en un número real de aplicaciones en donde no es posible implementar todos sus elementos. En tales situaciones, las técnicas de programación de operaciones que consideran el fraccionamiento de lotes, proveen una forma relativamente fácil de obtener los beneficios de flujo bajo el sistema clásico “*push*” empleado aún en la mayoría de configuraciones productivas por lotes, sin la necesidad de hacer cambios radicales en los procedimientos. Al fraccionar los lotes de proceso en pequeños lotes de transferencia se reduce el tiempo de flujo de las partes y también el inventario de productos en proceso. Obviamente, no se trata de descartar por completo los elementos del sistema “JIT”, porque estos han demostrado ser claves para el mejoramiento de los procesos, se trata de encontrar soluciones factibles que permitan obtener mejoras en el corto plazo, considerando las modificaciones y los cambios como estrategias de largo plazo.

**2.3.6 Tecnología de producción optimizada “OPT”.** La Tecnología de Producción Optimizada es un sistema de programación de la producción creado por el físico israelí Eliyahu Goldratt. Se basa principalmente en el equilibrado del flujo de producción y en la gestión en base a los recursos cuello de botella para alcanzar la meta de una organización: ganar dinero.

Como las medidas financieras tradicionales no permiten evaluar fácilmente el impacto de las decisiones operativas sobre la meta de la empresa, Goldratt<sup>21</sup> propone tres nuevos parámetros: *el “throughput”, el Inventario y los gastos de operación.*

La teoría de restricciones “TOC” es una ampliación teórica de los conceptos básicos de la tecnología de producción optimizada, creada como guía para mejorar la gestión en cualquier tipo de organización. Bajo el enfoque de la teoría de restricciones, los

---

<sup>21</sup> GOLDRATT, Eliyahu; COX, Jeff. La Meta. 2 ed. México : Ediciones Castillo, 1996. P. 74-76.

siguientes pasos son fundamentales para lograr la mejora continua en los sistemas productivos:

1. Identificar las limitaciones del sistema, localizando los recursos que, por su capacidad limitan el rendimiento global del sistema.
2. Decidir como explotar las limitaciones, eliminando cualquier causa de tiempo improductivo en el recurso limitante y mejorando su utilización.
3. Subordinar todos los demás recursos a las decisiones adoptadas en el segundo paso.
4. Elevar la limitación, mediante un incremento de su capacidad disponible.
5. Volver al primer paso si se en los pasos previos se rompe una limitación.

En la práctica, la aplicación de los pasos mencionados anteriormente se fundamenta en las siguientes reglas o principios básicos:<sup>22</sup>

**Regla 1:** *“No se debe equilibrar la capacidad productiva, sino el flujo de producción”.* Goldratt utiliza el término “cuello de botella” (CB) para referirse a un recurso cuya capacidad es igual o inferior a la demanda. Dado que la capacidad del sistema completo está definida por el recurso CB, éste debe imponer el ritmo de producción, equilibrando el flujo a través de los recursos que no son cuello de botella (NCB).

**Regla 2:** *“La utilización de los recursos que no son cuello de botella no está determinada por su propia capacidad, sino por alguna otra limitación del sistema”.* Lo que indica esta regla es que, así tengan suficiente capacidad, la utilización de los recursos NCB no debe superar la capacidad de los recursos CB, porque éstos últimos son los que determinan los ingresos del sistema.

**Regla 3:** *“La utilización y la activación de un recurso no son la misma cosa”.* La teoría de restricciones diferencia entre estos dos términos, refiriéndose a la “utilización” de un recurso como una acción que dirige el sistema hacia la meta. Por otro lado considera la “activación” de un recurso como el funcionamiento del mismo sin considerar los beneficios que se obtienen por su uso.

---

<sup>22</sup> DOMINGUEZ MACHUCA, Op. cit., p. 272-281.

**Regla 4:** *“Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema”*. Como la capacidad de todo el sistema esta limitada por la del recurso cuello de botella, cualquier tiempo perdido en él, disminuye la capacidad del sistema completo.

**Regla 5:** *“Una hora ganada en un recurso no cuello de botella es un espejismo”*. Porque cualquier aumento en la producción de los recursos no cuello de botella no representa un aumento en los productos finales, sino en acumulación de inventarios innecesarios.

**Regla 6:** *“Los cuellos de botella rigen tanto el inventario como la facturación del sistema”*. Porque si no existen restricciones adicionales en el mercado, todo lo que puede producir el recurso cuello de botella es lo que se puede vender.

**Regla 7:** *“El lote de transferencia puede no ser, y de hecho muchas veces no debe ser, igual al lote de proceso”*. Esta regla enuncia uno de los principales componentes de la teoría de restricciones: la utilización del “lot splitting”. En el proceso de fabricación, “TOC” diferencia entre los dos tipos de lotes: los de proceso y los de transferencia, permitiendo el traslado gradual de éstos últimos de un centro de trabajo al siguiente, sin necesidad de esperar la terminación completa del lote de proceso.

En este sentido, la teoría de restricciones propone como principal criterio para determinar el tamaño de lote de proceso en los distintos centros de trabajo, la capacidad disponible de los mismos. En consecuencia, se puede lograr el máximo aprovechamiento de los recursos cuello de botella mediante la fabricación de los productos en grandes lotes de proceso, disminuyendo así el tiempo dedicado a las preparaciones. Por el contrario, en los recursos que no son cuello de botella se permite la utilización de tamaños de lotes pequeños, porque, el tiempo ocioso que los caracteriza permite más preparaciones en la maquinaria.

Como la teoría de restricciones propende por un mayor flujo de los productos a través del sistema, niveles de inventarios reducidos y un incremento en los ingresos, la combinación de lotes de proceso y lotes de transferencia resulta ser una buena fórmula para conseguir dichos objetivos.

**Regla 8:** *“El lote de proceso debe ser variable a lo largo de su ruta y también en el tiempo”*. Es un resultado de la regla anterior, porque al definir el tamaño de lote de proceso en función de la capacidad de cada centro de trabajo se deriva que éste debe ser el adecuado para cada recurso, permitiendo entonces que varíe de uno a otro.

En conclusión, la Teoría de Restricciones es compatible con las políticas de fraccionamiento de lotes analizadas en este estudio, recurriendo a éstas para mejorar el uso de la capacidad de las máquinas y mantener un flujo sincronizado de los productos a través del sistema de producción.

### 3. ESTADO DEL ARTE

La mayoría de investigaciones realizadas en los últimos cuarenta años en el área de administración de operaciones se relacionan principalmente con el problema de programación. Una de las variantes de este problema, es la diferenciación entre lotes de proceso y lotes de transferencia. En este capítulo, se mencionarán los principales aportes de investigación en el tema del dimensionado de lotes.

En general, los estudios encontrados se ubican en dos campos diferentes. En el primero, el objetivo es determinar el impacto de las políticas de fraccionamiento de lotes sobre diferentes medidas de desempeño del sistema productivo. El segundo tipo de estudios se centra en el desarrollo de algoritmos para secuenciar los lotes de transferencia a través de los recursos del sistema, determinando simultáneamente su tamaño, de tal forma que se optimice una medida de desempeño específica.

Uno de los pioneros en el análisis del impacto de las decisiones de loteo en las medidas de desempeño de un sistema productivo fue Karmarkar, quien desde 1983 estudió mediante modelos de colas, el comportamiento de los tiempos de ciclo cuando se determinan diferentes tamaños de lote de proceso al programar una sola máquina. En investigaciones posteriores, se amplió el modelo inicial de Karmarkar para considerar sistemas multiproducto con varias máquinas. (Karmarkar, et al.1983<sup>23</sup>, 1985<sup>24</sup>, 1986<sup>25</sup>). En 1987, Karmarkar<sup>26</sup> analizó nuevamente mediante un modelo de colas de un sistema multiproducto con varias máquinas la interacción entre el tamaño de lote de proceso, los tiempos de ciclo y el inventario de productos en proceso. El interés de la investigación era determinar desde una perspectiva de los costos de producción, el efecto de establecer grandes lotes de proceso.

---

<sup>23</sup> KARMARKAR, Uday et al. Multi-item Lotsizing and Manufacturing Lead Times. Graduate School of Management Working Paper No. QM8325. University of Rochester, 1983.

<sup>24</sup> KARMARKAR, Uday et al. Lot Sizing in Multi-item, Multi-Machine Job Shops. En: IIE Transactions. Vol. 17 (1985); p. 290-298.

<sup>25</sup> KARMARKAR, Uday et al. Lot Sizing and Lead Time Performance in a Manufacturing Cell. En: Interfaces. Vol. 15 (1986); p. 1-9.

<sup>26</sup> KARMARKAR, Uday. Lot Sizes, Lead Times and In-Process Inventories. Graduate School of Management. Working Paper No. QM8312, University of Rochester, 1987.

En ese mismo año, otra investigación de Karmarkar<sup>27</sup> examinó las demoras ocasionadas en los sistemas productivos cuando se cambian los tamaños de lote de proceso mediante el comportamiento de medidas de desempeño tradicionales como el “makespan” y el “mean flow time”. La investigación permitió determinar que el tiempo de procesamiento de cada pieza se incrementa linealmente en función del tamaño del lote de proceso, pero, cuando se tienen tiempos de preparación significativos en las máquinas, disminuir el tamaño de los lotes de proceso retrasa considerablemente la salida de los productos. Concluye que las investigaciones futuras deben considerar el estudio del tamaño de los lotes de transferencia, ya que este tipo de lote no se tuvo en cuenta en sus análisis.

La utilización de lotes de transferencia fue un elemento importante en los estudios de Jacobs y Bragg<sup>28</sup> en 1988. Bajo el concepto de Lotes Repetitivos “RL”, ellos demostraron que la utilización de tamaños de lotes de transferencia menores que los lotes de proceso, permite complementar de manera efectiva la programación de operaciones. El término Lotes Repetitivos describe un sistema en el cual, series de lotes de transferencia del mismo ítem se fabrican repetitivamente en una máquina para formar un lote de proceso de mayor tamaño y así, realizar una única preparación. Los movimientos de material se hacen a la siguiente operación cuando se completa la fabricación de un lote de transferencia. Jacobs y Bragg desarrollaron un algoritmo para la secuenciación de lotes repetitivos de trabajos, al que denominaron procedimiento “RL”. Para evaluar el impacto de la aplicación de Lotes Repetitivos en los tiempos de flujo, Jacobs y Bragg simularon el procedimiento RL en un sistema productivo compuesto por 10 máquinas y 10 productos diferentes, utilizando como medidas de desempeño el tiempo promedio de flujo y su variabilidad.

Sus resultados sugieren que los tiempos de permanencia de los productos en el sistema pueden reducirse dramáticamente mediante el fraccionamiento de los lotes de proceso y que la utilización de lotes repetitivos es más conveniente en sistemas de manufactura con volúmenes de demanda altos, dado que las reducciones en los tiempos de flujo y su variabilidad son más significativas. Cabe aclarar que en este estudio las conclusiones se basan en los datos experimentales obtenidos, éstos no se

---

<sup>27</sup> KARMARKAR, Uday. Lot-Sizing and Sequencing Delays. *En*: Management Science. Vol. 33 (1987); p. 419-423.

<sup>28</sup> JACOBS and BRAGG, Op. cit., p. 281-294.

analizaron mediante algún procedimiento estadístico específico para determinar la significancia de las observaciones.

En 1990, Kropp y Smunt<sup>29</sup> investigaron las políticas de fraccionamiento de lotes en un sistema productivo de múltiples máquinas con un solo producto. Inicialmente, desarrollaron un modelo matemático de programación cuadrática que permitía obtener la mejor secuencia y el tamaño óptimo de los sublotes, minimizando el “makespan” o el “mean flow time”. Con este modelo, estudiaron el efecto del tamaño de lote de transferencia y los tiempos de preparación en los tiempos de flujo mediante un experimento factorial en el que utilizaron como factores el número de sublotes permitidos, el número de máquinas en el sistema y el porcentaje del tiempo total de procesamiento que se utiliza en la preparación de las máquinas. Encontraron que todos los factores considerados tienen un efecto importante en el tiempo de permanencia de los productos en el sistema. En relación con el tamaño óptimo del lote de transferencia, descubrieron que cuando los tiempos de preparación son cortos, lo mejor es utilizar tamaños de lote de transferencia variables. Sin embargo, con tiempos de preparación largos, es mejor utilizar cantidades iguales para todos los sublotes, excepto para el primero, porque, en la mayoría de situaciones analizadas se encontró que el tamaño del primer sub lote era considerablemente inferior al tamaño de los demás. La lógica de este descubrimiento es que un sub lote inicial de menor tamaño permite maximizar el traslape de las operaciones.

En 1993, Steiner y Truscott<sup>30</sup> diseñaron un modelo en un sistema de múltiples máquinas para determinar el tamaño de lote de transferencia que minimiza el tiempo de ciclo y el tiempo de flujo, centrando su análisis en los costos totales de fabricación.

En 1996, Benjaafar<sup>31</sup> amplió el modelo propuesto por Karmarkar para estudiar la relación existente entre los tamaños de lote y los tiempos de suministro. Benjaafar está de acuerdo con Karmarkar en que el tamaño del lote de proceso afecta los tiempos de suministro, los tiempos de flujo, el inventario de productos en proceso y la utilización

---

<sup>29</sup> KROPP, Dean and SMUNT, Timothy. Optimal and Heuristic Models for Lot Splitting in a Flow Shop. En: Decision Sciences. Vol. 24, no. 4; (1990); p. 691-708.

<sup>30</sup> STEINER, G and TRUSCOTT, W. G. Batch Scheduling to Minimize Cycle Time, Flow Time and Processing Cost. En: IIE Transactions. Vol. 23; (1993); p. 90-97.

<sup>31</sup> BENJAAFAR, Saifallah. On Production Batches, Transfer Batches and Lead Times. En: IIE Transactions. Vol 28, no. 5; (1996); p. 357-362.

de las máquinas, pero, argumenta que la consideración de lotes de transferencia de menor tamaño a los lotes de proceso tiene un efecto significativo en el desempeño del sistema y las decisiones de loteo, dado que mejora el flujo de piezas y minimiza las esperas. Adicionalmente, evaluó el efecto de las decisiones de loteo considerando múltiples máquinas y las repercusiones en el manejo de materiales.

En ese mismo año, Demeulemeester y Herroelen<sup>32</sup> utilizaron redes de actividad para formular y resolver algunos tipos de problemas de programación de operaciones, involucrando tiempos de preparación y diferenciando entre lotes de proceso y los lotes de transferencia. También Smunt, Buss y Kropp<sup>33</sup>, realizaron uno de los estudios más completos en el tema de dimensionado de lotes, porque, a diferencia de investigaciones anteriores que sólo se habían centrado en el estudio de sistemas productivos estáticos y determinísticos, estos autores analizaron diferentes políticas de fraccionamiento de lotes en ambientes de manufactura tipo “flow shop” y “job shop” dinámicos y estocásticos. Encontraron que en los sistemas estocásticos y dinámicos el número de sublotes es más importante que la forma exacta de fraccionarlos, es decir, tiene un mayor efecto en las medidas de desempeño. De igual forma, encontraron que el impacto del número de lotes de transferencia en las medidas de desempeño es más dramático cuando se tienen altos tiempos de preparación, altos niveles de utilización de las máquinas y tiempos de operación muy variables. En cuanto al tamaño óptimo de los lotes de transferencia, sus resultados coinciden con los obtenidos por Kropp y Smunt en 1990.

En 1997, Drexl y Kimms<sup>34</sup> construyeron un estado del arte considerando el problema del loteo y la programación de operaciones, concluyendo la necesidad de mayor investigación en el área.

En 1998, Ruben y Mahmoodi<sup>35</sup> investigaron el desempeño de diferentes reglas de secuenciación cuando se consideran diferentes los tamaños del lote de proceso y del

---

<sup>32</sup> DEMEULEMEESTER, Eric and HERROELEN, Willi. Modeling setup times, process batches and transfer batches using activity network logic. En: European Journal of Operational Research. Vol. 89; (1996); p. 355-365.

<sup>33</sup> SMUNT, Timothy; BUSS, Arnold and KROPP, Dean. Lot Splitting in Stochastic Flow Shop and Job Shop Environments. En: Decision Sciences. Vol. 27, no. 2; (1996); p. 215-238.

<sup>34</sup> DREXL, A and KIMMS A. Lot sizing and Scheduling – Survey and Extensions. En: European Journal of Operational Research. Vol 99; (1997); p. 221-235.

<sup>35</sup> RUBEN, Robert and MAHMOODI, Farzad. Lot Splitting in Unbalanced Production Systems. En: Decision Sciences. Vol. 29; no. 4; (1998); p. 921-949.

lote de transferencia en sistemas no balanceados, es decir, aquellos en los que no se tiene la misma capacidad en todos los centros de trabajo y por lo tanto existen recursos que son cuello de botella. Con base en este estudio, concluyeron que fraccionar los lotes de proceso en un centro de trabajo que no es cuello de botella contribuye a mejorar la efectividad del sistema, porque, aunque se aumenta el número de preparaciones, estos recursos tienen capacidad adicional y no se ven afectados. De igual forma, encontraron que las reglas de prioridad que tienden a incrementar el lote de proceso al secuenciar los lotes de transferencia que llegan a las máquinas, retrasan el traslape de las operaciones y no permiten reducir de manera significativa los tiempos de flujo.

En 1999, Langevin y Riopel<sup>36</sup> desarrollaron un método para determinar en diferentes escenarios productivos el tamaño de lote de transferencia que minimiza el costo total de producción. El modelo se centró en cuatro tipos de costos relacionados con las decisiones de loteo: el costo de manejo de materiales, el costo de preparar los contenedores en los que se transportan los productos, el costo de oportunidad de los inventarios en proceso y el costo de inutilización de las máquinas. La mayor contribución de esta investigación con respecto a investigaciones previas es que considera todos los costos relevantes involucrados en la decisión del tamaño de lote de transferencia. Además, se comparó el costo total del lote de transferencia óptimo generado por el modelo con el costo de utilizar lotes de transferencia unitarios y de igual tamaño al lote de proceso, encontrando que el método propuesto en el estudio proporciona menores costos totales. El estudio se amplió para considerar la fabricación de dos productos, dado que inicialmente se desarrolló sólo para un tipo de producto.

En el año 2000, Kalir y Sarin<sup>37</sup> confirmaron que es posible obtener beneficios substanciales a través del fraccionamiento de lotes. Dichos beneficios se evaluaron en un sistema productivo “flow shop” con respecto a tres medidas de desempeño comunes: el “makespan”, el “mean flow time” y el inventario promedio. Con cada medida, se elaboró una expresión para representar el porcentaje de reducción obtenido cuando se fraccionan los lotes de proceso, en comparación con la no

---

<sup>36</sup> LANGEVIN, André and RIOPEL, Diane. Transfer Batch Sizing in Flexible Manufacturing Systems. En: Journal of Manufacturing Systems. Vol 18, no.2; (1999); p. 140-151.

<sup>37</sup> KALIR, Adar and SARIN, Subhash. Evaluation of the Potential Benefits of Lot Streaming in Flow-Shop Systems. En: International Journal of Production Economics. Vol. 66; (2000); p. 131-142.

aplicación de dichas políticas. En su investigación, Kalir y Sarin asumieron despreciables los tiempos de preparación, razón por la que concluyeron la necesidad de evaluar en trabajos de investigación futuros los efectos de los tiempos de preparación y transporte. En ese mismo año, Hopp y Spearman<sup>38</sup> en su libro *Factory Physics*, resaltan su interés en la implementación de tamaños de lote de proceso y transferencia óptimos que permitan reducir la variabilidad del sistema productivo y mejorar su desempeño.

Finalmente, en el año 2006, Khaterine Caballero Moya<sup>39</sup> evaluó el impacto del tamaño del lote de transferencia en la programación de operaciones de un sistema producto tipo “flow shop”. En su análisis, utilizó cuatro tamaños diferentes de lote de transferencia: igual a uno, igual al lote de proceso, igual al lote de proceso con anticipación de la preparación de las máquinas e igual a la mitad del lote de proceso. El desempeño del sistema fue analizado en términos de dos medidas de eficacia: el “makespan” y el “mean flow time”. El impacto del tamaño de lote de transferencia se valoró en distintos escenarios de utilización de recursos, utilizando para cada una de las medidas de eficacia 56 casos de estudio generados a partir de los 4 tamaños de lote de transferencia y 14 niveles de demanda. La autora concluye que en distintos escenarios de utilización de recursos, las medidas de eficacia se comportan de igual forma para los cuatro tamaños de lote de transferencia y que a medida que se trabajan tamaños de lote de transferencia más pequeños se obtienen valores aproximadamente un 50% más pequeños en el “makespan” y el “mean flow time”.

Las conclusiones de este estudio fueron extraídas de un análisis estadístico de distintos escenarios de utilización de recursos, pero, al considerar los 7 niveles de demanda no se tuvo la precaución de mantener fija la demanda total y variar solamente la participación de los diferentes productos en dicha demanda. Al cambiar la demanda total, los resultados del “makespan” no sólo contienen el efecto del tamaño de lote de transferencia (factor de interés), también están influenciados por la cantidad de productos fabricados, razón por la cual, es posible que parte de las diferencias observadas que fueron atribuidas al efecto del tamaño de lote de transferencia estén relacionadas con el cambio en la cantidad total de productos y por

---

<sup>38</sup> HOPP, Wallace; SPEARMAN, Mark. *Factory Physics*. 2ª ed. NY: Mc Graw Hill, 2001, p. 314.

<sup>39</sup> CABALLERO, Katherine. Evaluación del impacto del tamaño del lote de transferencia en la programación de operaciones de un sistema productivo del tipo flow-shop. Bucaramanga, 2006. 313 p. Trabajo de grado (ingeniero industrial). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

lo tanto no sean válidas. Adicionalmente, la demanda aumentada no fue lo suficientemente grande como para observar un verdadero efecto o impacto de la misma en los resultados.

Los primeros resultados formales en el desarrollo de algoritmos para secuenciar los lotes de transferencia a través de los recursos del sistema y determinar su tamaño óptimo, fueron presentados en 1989 por Potts y Baker<sup>40</sup>, quienes trataron el caso de un solo producto en sistemas con dos y tres máquinas.

De igual forma, en 1990 Baker y Pike<sup>41</sup> desarrollaron un método eficiente para programar dos lotes de transferencia de un solo producto en  $m$  máquinas, minimizando el “makespan”. A manera de conclusión, Baker y Pike insisten en la necesidad de considerar la programación de más de un producto para incluir en el análisis los tiempos de preparación de las máquinas.

Una revisión de los algoritmos de solución desarrollados en investigaciones previas para el problema del fraccionamiento de los lotes de proceso de un solo producto, incluyendo modelos con sublotes de tamaño continuo, discreto, igual, consistente o variable, fue presentada en 1993 por Trietsch y Baker<sup>42</sup>.

Uno de los trabajos más recientes en el tema de la programación de operaciones con fraccionamiento de lotes para un sólo producto es el de Biskup y Feldmann<sup>43</sup>. En dicho estudio, se desarrolló un modelo de programación entera mixta que permite encontrar el tamaño de los sublotes de un solo producto y secuenciarlos en el tiempo, considerando cualquier número de máquinas y permitiendo que el tamaño de cada sublote varíe entre las diferentes estaciones de trabajo. Los ejemplos de aplicación del modelo confirmaron que la implementación de lotes de transferencia variables da como resultado un mejor desempeño del sistema, en comparación con sublotes de igual tamaño o consistentes.

---

<sup>40</sup> POTTS, C. N., and BAKER, K. R. Flow Shop Scheduling with Lot Streaming. En: Operations Research Letters. Vol. 8; (1989); p. 297-303.

<sup>41</sup> BAKER, Kenneth and PYKE, David. Solution Procedures for the Lot Streaming Problem. En: Decision Sciences. Vol. 21, no. 3; (1990); p. 475-489.

<sup>42</sup> TRIETSCH and BAKER. Op. cit., p. 1065-1076.

<sup>43</sup> BISKUP, D and FELDMANN, M. Lot Streaming with Variable Sublots: an Integer Programming Formulation. En: Journal of the Operational Research Society. Vol. 57; (2006); p. 296-303.

En 1992, Vickson y Alfredsson<sup>44</sup> consideraron la programación de múltiples productos en dos y tres máquinas con tamaños de lote de transferencia unitarios, encontrando que dicho tamaño es el óptimo cuando los tiempos de preparación y de transporte son insignificantes.

Lee, Sikora y Shaw<sup>45</sup> (1993), desarrollaron un algoritmo genético para programar múltiples máquinas fraccionando los lotes de proceso de los productos en lotes de transferencia más pequeños. Dicho modelo, considera tiempos de preparación dependientes de la secuencia. Inicialmente, se especifica un tamaño para los sublotes y el algoritmo les genera randómicamente una secuencia. Posteriormente, durante la búsqueda de mejores soluciones, se intercambian las posiciones de los sublotes y se agrupan los que pertenezcan al mismo producto si y solo si dicha agrupación es ventajosa.

En 1995, Vickson<sup>46</sup> consideró la programación de sublotes no intermitentes en dos máquinas e investigó acerca de cómo resolver problemas de fraccionamiento de lotes con y sin anticipación de los tiempos de preparación. En ese mismo año, Baker<sup>47</sup> amplió el trabajo de Vickson y Alfredsson (1992) incorporando tiempos de preparación en el modelo.

En 2000, Kumar, Bagchi y Sriskandarajah<sup>48</sup> consideraron el caso de múltiples productos en un sistema productivo tipo “flow shop” con múltiples máquinas, transfiriendo y procesando sin esperas cada sublote. El método de solución presentado por estos autores, se realiza en dos etapas: en la primera, se calcula el tamaño óptimo de los sublotes mediante un modelo de programación lineal, y en la segunda, se determina mediante un método heurístico la secuenciación de todos los

---

<sup>44</sup> VICKSON, R. G., and ALFREDSSON, B. E. Two and Three-Machine Flow Shop Scheduling Problems with Equal Sized Transfer Batches. En: International Journal of Production Research. Vol. 30; (1992); p. 1551-1574.

<sup>45</sup> LEE, I.; SIKORA, R., and SHAW, M. Joint Lot Sizing with genetic algorithms for scheduling: evolving the chromosome structure. En: Forrest, S. et al. Proceedings of the fifth International Conference on Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann, 1993, p. 383-389.

<sup>46</sup> VICKSON, R. Optimal Lot Streaming for Multiple Products in a Two-Machine Flow Shop. En: European Journal of Operational Research. Vol. 85; (1995); p. 556-575.

<sup>47</sup> BAKER, K. Lot Streaming in the Two-Machine Flow Shop with Setup Times. En: Annals of Operations Research. Vol. 57; (1995); p. 1-11.

<sup>48</sup> KUMAR, S.; BAGCHI, T., and SRISKANDARAJAH, C. Lot Streaming and Scheduling Heuristics for m-Machine No-Wait Flow Shops. En: Computers and Industrial Engineering. Vol. 38; (2000); p. 149-172.

sublotes. El problema de fraccionamiento de lotes con múltiples productos también fue discutido extensamente por Kalir y Sarin<sup>49</sup> en 2001, en el contexto de sublotes fijos.

Hall et al.<sup>50</sup>, en 2003 estudiaron el problema del “lot splitting” sin anticipación de los tiempos de preparación y desarrollaron un método heurístico para resolver el problema del fraccionamiento de lotes con múltiples productos en un sistema flow shop, asumiendo sublotes no intermitentes de tamaño consistente y entero.

El estudio en sistemas productivos tipo “flow shop” más reciente es el de Marimuthu, Ponnambalam y Jawahar<sup>51</sup>, los cuales, en el año 2007 utilizaron las metaheurísticas de recocido simulado y búsqueda tabú para encontrar la secuencia óptima de los sublotes, utilizando como criterios de desempeño el “makespan” y el “mean flow time” y considerando tiempos de preparación significativos. Pocos estudios se han desarrollado en ambientes de producción diferentes a los sistemas tipo “flow shop”. Entre ellos, se destaca el realizado por Dauzère-Pérès y Lasserre<sup>52</sup> en 1997. Ellos propusieron un procedimiento iterativo que, inicialmente fracciona los lotes de proceso en sublotes consistentes y después, secuencia los trabajos a través de las máquinas. Como la programación de operaciones en sistemas “job shop” es un problema NP-hard, los autores aplicaron el heurístico del cuello de botella para resolver el algoritmo.

---

<sup>49</sup> KALIR, Adar and SARIN, Subhash. Optimal Solutions for the Single Batch, Flow Shop, Lot-streaming Problem with Equal Sublots. En: Decision Sciences. Vol. 32, no.2; (2001); p. 387-397.

<sup>50</sup> HALL et al. Scheduling and Lot Streaming in Flow Shops with No-wait in Process. En: Journal of Scheduling. Vol. 6; (2003); p. 339-354.

<sup>51</sup> MARIMUTHU, S; PONNAMBALAM, S; and JAWAHAR, N. Tabu Search and Simulated Annealing Algorithms for Scheduling in Flow Shops with Lot Streaming. En: ProQuest Science Journals. Institution of Mechanical Engineers; (2007); p. 317-330.

<sup>52</sup> DAUZÈRE-PÉRÈS, Stéphane and LASERRE, Jean-Bernard. Lot Streaming in Job-Shop Scheduling. En: Operations Research. Vol. 45, no. 4; (1997); p. 584-595.

#### 4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio se ubica dentro de la investigación aplicada porque su propósito es ampliar el conocimiento existente sobre el impacto de políticas de tamaño de lote de transferencia en los sistemas productivos, evaluando de qué forma este conocimiento puede utilizarse en sistemas de manufactura reales para enriquecer la función de programación de operaciones. La investigación se realizó de acuerdo con las etapas propuestas por el método científico, razón por la cual, el Capítulo 1 contiene la descripción, formulación y justificación del problema, los factores a tener en cuenta en el estudio y los objetivos tanto general como específicos que se pretenden alcanzar.

Para el cumplimiento del primer objetivo, se recopilaron los conceptos y resultados de investigaciones previas en el tema de programación de operaciones y el problema del loteo. Inicialmente, se efectuó una revisión bibliográfica de textos relacionados con temas de producción y optimización, lo cual permitió verificar que el concepto del fraccionamiento de lotes no se aplica aún de manera generalizada como parte de las técnicas de programación y secuenciación aceptadas en el entorno académico.

Posteriormente, se amplió la revisión bibliográfica mediante la búsqueda de artículos publicados en revistas científicas especializadas en temas de optimización que trataran el tema del fraccionamiento de lotes y la programación de operaciones. La exploración se realizó a través de los recursos electrónicos disponibles en la Biblioteca de la UIS: bases de datos, revistas y libros electrónicos. Inicialmente, se buscaron en las bases de datos BD ProQuest y Hw Wilson, los artículos que referenciaran los temas de interés desde el año 1980 hasta la actualidad, debido a que alrededor de la década de los 80 fue que tomó fuerza en la programación de operaciones el tema del dimensionado de lotes. Después, éste tipo de búsqueda se complementó con los trabajos referenciados en los artículos encontrados en la etapa inicial, los cuales, se ubicaron mediante el acceso directo a la revista en la que fueron publicados. Entre las principales revistas consultadas se encuentran: Interfaces, Operations Research, Decision Sciences, Journal of Scheduling, Journal of Manufacturing Systems, European Journal of Operational Research, Management Science, International

Journal of Production Economics, IIE Transactions, Mathematics of Operations Research, entre otras.

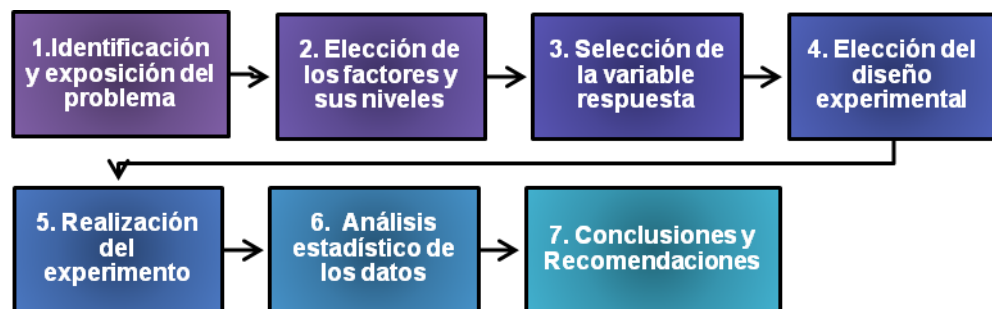
El segundo objetivo específico comprende la documentación y el análisis de los estudios recopilados durante la exploración bibliográfica. La documentación se realizó mediante la construcción del marco teórico presentado en el Capítulo 2, en el cual se consideraron los principales aspectos teóricos que explican las bases del problema. Adicionalmente, el Capítulo 3 contiene un estado del arte en el que se sintetizan las investigaciones y trabajos realizados sobre el problema en cuestión, así como el enfoque metodológico y los antecedentes o conclusiones existentes en torno al problema planteado.

Una vez definido el problema y las bases teóricas que lo soportan, la siguiente etapa consistió en formular el diseño experimental para analizar adecuadamente el problema de investigación.

#### 4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

La experimentación, como parte del proceso científico, se utilizó en este estudio para conocer en términos de medidas de desempeño de tiempo, el funcionamiento de un sistema productivo tipo “flow shop”, bajo diferentes políticas de tamaño de lote de transferencia, niveles de demanda agregada y participación de los productos. La estrategia de experimentación\* empleada se muestra en la Figura 3.

**Figura 3.** Pautas generales para diseñar un experimento



FUENTE: MONTGOMERY, Douglas. Diseño y Análisis de experimentos. México: Limusa Wiley, 2002. p. 14.

\* Enfoque general para planear y llevar a cabo el experimento.

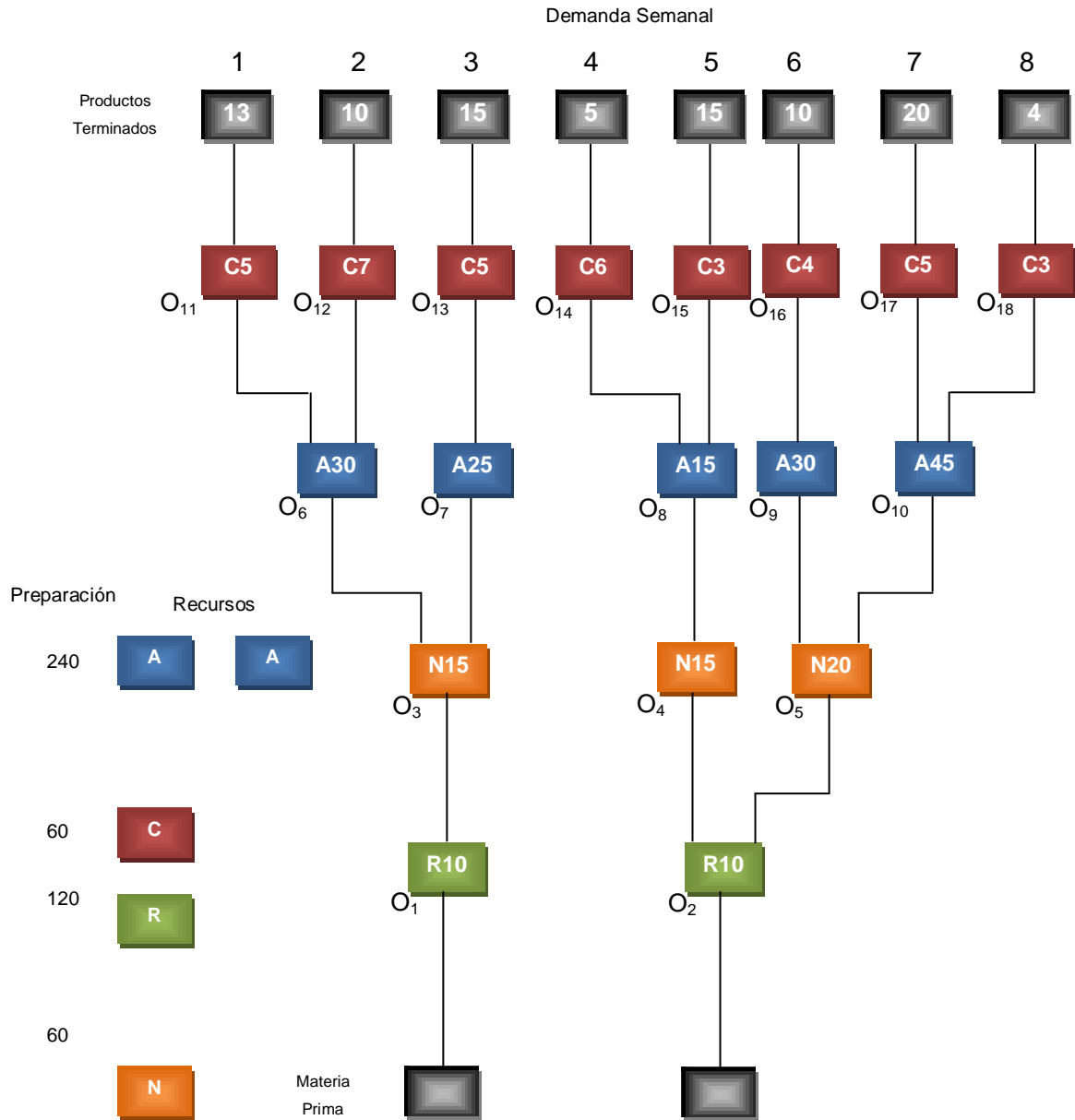
**4.1.1 Identificación y exposición del problema.** La formulación del problema de investigación se presentó en el primer apartado del Capítulo 1 junto con los factores que lo influyen. Allí, se expresaron claramente los objetivos del estudio y los hechos que lo soportan. Resumiendo lo descrito en dicho capítulo, se desea saber si la utilización de diferentes políticas de tamaño de lote de transferencia influye significativamente en las medidas de desempeño de un sistema productivo tipo “flow shop”, de tal forma que se compensen los esfuerzos adicionales en el manejo y control de los materiales asociados al uso de este tipo de lotes. En otras palabras, se trata de confirmar experimentalmente los beneficios que algunos autores han atribuido a la utilización de técnicas de fraccionamiento de lotes.

Se seleccionó para la investigación un sistema productivo tipo “flow shop” porque su distribución encaja con el enrutamiento de las partes, lo cual, estimula más el uso de lotes de transferencia en relación con otros tipos de distribución como la de los sistemas “job shop”, en donde la aplicación de este tipo de políticas complicaría bastante el control y manejo de los materiales. En términos concretos, se utilizó uno de los sistemas productivos propuesto por el Instituto Avraham Y. Goldratt en el kit de autoformación “Producción: como mejorar con TOC”. La configuración productiva se muestra en la Figura 4. Como se puede observar, en el sistema se fabrican 8 productos diferentes a partir de 2 tipos de materia prima. El proceso de manufactura consta de 18 operaciones y cada una de ellas ha sido asignada a uno de los 4 tipos de máquina disponibles, de las cuales la máquina 1 cuenta con 2 unidades y las demás con 1 unidad. En la figura, se muestra el nombre y duración de cada una de las 18 operaciones. Los cuadros ubicados en la parte superior del gráfico representan la demanda de cada uno de los trabajos que se fabrican. En la parte izquierda del gráfico se muestra cada tipo de máquina junto con su tiempo de preparación. Así, por ejemplo, se puede observar que el tiempo de preparación de las máquinas 1, 2, 3 y 4 es 240, 60, 120 y 60 unidades de tiempo, respectivamente. Como los tiempos de preparación se mantienen constantes, se dice que son independientes de la secuencia.

La secuencia de producción mostrada en la Figura 4 inicia desde el nivel inferior, donde los productos se dividen en dos grupos: los que se fabrican a partir de la materia prima 1 y los que se fabrican a partir de la materia prima 2. Por ejemplo, para elaborar el trabajo 5, éste pasa primero a la máquina 3 a recibir la operación 2

durante 10 unidades de tiempo; después pasa a la máquina 4 a recibir la operación 4 durante 15 unidades de tiempo; luego, la operación 8 durante 15 unidades de tiempo y finalmente, en la máquina 2 se realiza la operación 14.

**Figura 4.** Configuración productiva



FUENTE: Instituto Avraham Y. Goldratt. Producción: como mejorar con TOC.

Cabe resaltar que el análisis es determinístico porque los tiempos de preparación de las máquinas y los tiempos de ejecución de las operaciones asociadas al problema no presentan variaciones durante el experimento. También, se trata de un

sistema estático en el que la cantidad de trabajos a procesar es fija durante todo el intervalo de tiempo. La Tabla 3 resume los tiempos de procesamiento unitarios de los productos en cada máquina, así como el tiempo de procesamiento total por unidad.

**Tabla 3.** Tiempos de procesamiento unitarios para cada producto.

PRODUCTO	TIEMPOS DE PROCESAMIENTO UNITARIOS				TOTAL
	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 1	Máquina 2	
<b>Producto 1</b>	10	15	30	5	<b>60</b>
<b>Producto 2</b>	10	15	30	7	<b>62</b>
<b>Producto 3</b>	10	15	25	5	<b>55</b>
<b>Producto 4</b>	10	15	15	6	<b>46</b>
<b>Producto 5</b>	10	15	15	3	<b>43</b>
<b>Producto 6</b>	10	20	30	4	<b>64</b>
<b>Producto 7</b>	10	20	45	5	<b>80</b>
<b>Producto 8</b>	10	20	45	3	<b>78</b>

FUENTE: Autora del proyecto.

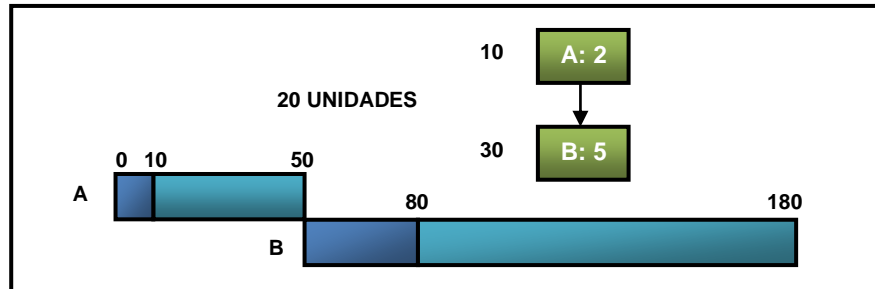
**4.1.2 Elección de los factores y sus niveles.** Se entiende por factores del experimento todo aquello que influye en el desempeño del sistema. Dado que el principal objetivo de la investigación es determinar la influencia de las políticas de tamaño de lote de transferencia en las medidas de desempeño de un sistema de producción, el factor principal del diseño es el tamaño del lote de transferencia. En adelante, se hará referencia a este factor como la política de operación del sistema, del cual se consideraron 4 niveles.

*1. Lote de transferencia igual al lote de proceso.* Con esta política se asume que cada lote debe ser procesado por completo en la operación precedente antes de ser trasladado a la siguiente máquina. El ejemplo de la Figura 5, ilustra la primera política de operación, mostrando la secuencia de fabricación de 20 unidades de producto en las máquinas A y B, con tiempos de ejecución de 2 minutos y 5 minutos respectivamente. Los tiempos de preparación de las máquinas A y B son 10 y 30 minutos. Este ejemplo se utilizó para ilustrar gráficamente todas las políticas analizadas.

*2. Lote de transferencia igual al lote de proceso, anticipando la preparación de las máquinas.* Representa el mismo comportamiento mencionado en la política anterior

con respecto al movimiento de los lotes, permitiendo adicionalmente anticipar el alistamiento de la máquina donde se realiza la operación siguiente. Esta política de operación se muestra en la Figura 6.

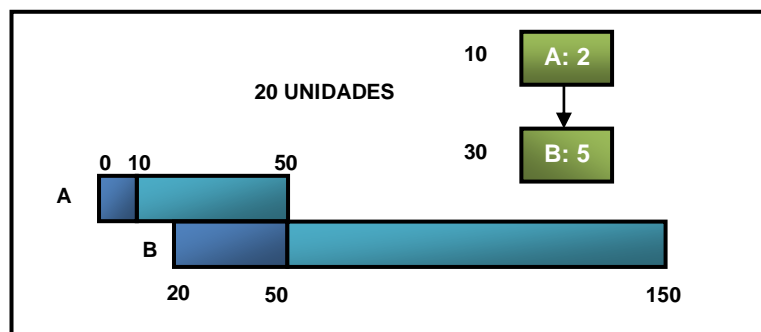
**Figura 5.** Lote de transferencia igual al lote de proceso



FUENTE: Autora del proyecto

3. *Lote de transferencia igual a medio lote de proceso.* Con esta política se asume que todos los productos que pertenecen al mismo trabajo se procesan en cada tipo de máquina en un lote de proceso equivalente a su demanda y el traslado de los productos de una máquina a la siguiente ocurre dos veces para cada lote de proceso, la primera cuando se completa la mitad de los productos del lote y la segunda cuando todos los productos se terminan. La Figura 7 ilustra el comportamiento descrito.

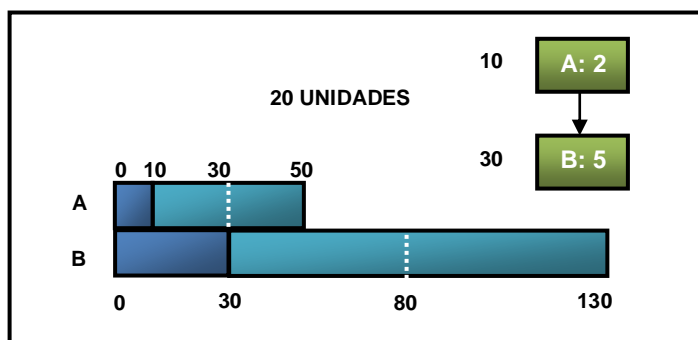
**Figura 6.** Lote de transferencia igual al lote de proceso – anticipado setup



FUENTE: Autora del proyecto.

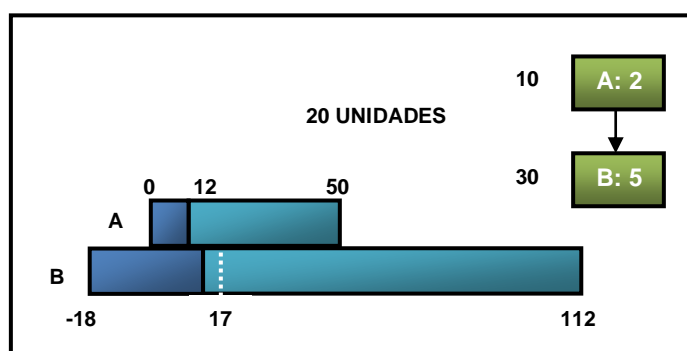
4. *Lote de transferencia unitario.* Cada unidad se transfiere a la siguiente máquina tan pronto como finaliza su procesamiento en la máquina precedente. Esta política se muestra en la Figura 8. Se asignó a cada política un número entre 1 y 4 para posteriormente codificar las corridas que resultan de la combinación de todos los factores. La Tabla 4 muestra cada política con su código y nomenclatura correspondiente.

**Figura 7.** Lote de transferencia igual a medio lote de proceso



FUENTE: Autora del proyecto.

**Figura 8.** Lote de transferencia unitario



FUENTE: Autora del proyecto.

**Tabla 4.** Códigos para las políticas de operación

CÓDIGOS PARA EL FACTOR POLÍTICA DE OPERACIÓN		
CÓDIGO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
1	LT=LP	Lote de transferencia igual al lote de proceso
2	LT=LP-SETUP	Lote de transferencia igual al lote de proceso, anticipando el setup
3	LT=1/2 LP	Lote de transferencia igual a medio lote de proceso
4	LT=1	Lote de transferencia unitario

FUENTE: Autora del proyecto

Otro factor que afecta las medidas de desempeño es la carga del sistema productivo, representada por el nivel de demanda del mismo. Las medidas de desempeño de tiempo guardan una relación importante con el nivel de demanda, obviamente éstas medidas se incrementan en función de la cantidad de productos que se fabrican, causando que su efecto sea significativo. No existe un interés específico en analizar dicho efecto porque es una consecuencia natural del incremento en la cantidad de

productos, sin embargo, como se mencionará en el Capítulo 5, un procedimiento de normalización de los datos con base en el valor más grande de cada nivel de demanda para el caso del “makespan” y una representación del flujo de los productos por unidad para el caso del “mean flow time”, permitirá evaluar el efecto sin la influencia de la relación existente entre la cantidad de productos y el valor de las medidas de desempeño. Adicionalmente, es posible que para dos niveles de demanda dados, el efecto de la aplicación de diversas políticas de operación no sea el mismo, existiendo interacción entre estos dos factores. La interacción se da cuando uno de los factores, en este caso la política de operación, no produce el mismo efecto en las medidas de desempeño con niveles diferentes de otro factor.

La demanda agregada propuesta en el sistema productivo del Instituto Avraham Y. Goldratt es de 92 unidades de producto y se denominó mediante el término *demanda básica*. Al considerar la demanda como un factor del análisis, se contó con otros dos niveles de demanda adicionales, los cuales resultan de multiplicar la demanda básica por cien y por mil, respectivamente. Estos otros dos niveles de demanda se designaron mediante los términos *demanda básica x100* y *demanda básica x 1000*. Estos niveles poseen una demanda agregada de 9.200 y 92.000 productos, respectivamente. La Tabla 5 muestra los códigos de cada nivel de demanda.

**Tabla 5.** Códigos para el factor demanda

CÓDIGOS PARA EL FACTOR DEMANDA		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DEMANDA AGREGADA
0	Demanda Básica	92 productos
1	Demanda Básica x 100	9.200 productos
2	Demanda Básica x 1000	92.000 productos

FUENTE: Autora del proyecto

El efecto de los dos factores mencionados junto con su posible interacción puede modelarse mediante un experimento factorial, usando varias réplicas en todas las combinaciones posibles de los niveles de ambos factores. La realización de réplicas permite estimar el error experimental\* y valorar de una manera más precisa el efecto de los factores.

\* Unidad de estimación básica para determinar si las diferencias observadas en los datos son en realidad estadísticamente diferentes.

Como se trata de un problema determinístico en el que los tiempos de operación y de preparación son fijos, así como los niveles de demanda agregada, se replicó el experimento mediante la utilización de diferentes mezclas de productos, variando la participación de cada uno de ellos en la demanda agregada y manteniendo ésta última constante. Cuando se utiliza un diseño factorial puro, las réplicas deben ser asignadas de manera aleatoria a las diferentes combinaciones de los factores. En nuestro experimento, si se asignaran aleatoriamente las réplicas, cada combinación de los factores sería analizada con diferentes mezclas, dando lugar a un diseño completamente aleatorizado. Este diseño puede no ser conveniente porque al no correr todas las combinaciones posibles de los factores en las mismas mezclas, los resultados del experimento pueden alterarse por el efecto de distintos escenarios de requerimientos de máquinas. Esto indica que aunque el efecto de la mezcla no es de interés en la investigación, si no se bloquea, puede alterar los resultados, invalidando las conclusiones obtenidas sobre los efectos de los demás factores. Entonces, para mejorar la precisión de las comparaciones entre los factores de interés se formaron bloques con las mezclas y se corrió una réplica de un experimento factorial completo dentro de cada bloque.

Se fijaron ocho mezclas diferentes con base en la cantidad de productos propuesta inicialmente en el sistema productivo de la Figura 4. Las Tablas 6, 7 y 8 muestran la mezcla de productos en cada uno de los niveles del factor para la *demanda básica*, *demanda básica x100* y *demanda básica x1000*, respectivamente. Además, se muestra el código asignado a cada uno de los niveles del factor. Para los dos niveles de demanda aumentada se mantuvo la misma proporción de participación de cada producto en la demanda total, multiplicando los valores correspondientes de la demanda básica por 100 y 1000, respectivamente.

Los factores considerados en el estudio son fijos porque, se escogieron deliberadamente para llevar a cabo el experimento. Cabe aclarar que las conclusiones obtenidas se aplicarán únicamente a los niveles de los factores considerados en el análisis y a la configuración productiva seleccionada.

**4.1.3 Selección de las variables respuesta.** Se escogieron como variables respuesta del experimento, dos medidas tradicionales para evaluar el funcionamiento de un sistema productivo: el “makespan” y el “mean flow time”. La Tabla 9 muestra el

código asignado a cada variable. A continuación se explicarán más detalladamente las variables respuesta, a fin de justificar las razones de su elección.

**Tabla 6.** Códigos para el factor Mezcla – Demanda Básica

CÓDIGOS PARA EL FACTOR MEZCLA									
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRABAJO							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mezcla 1	13	10	15	5	15	10	20	4
2	Mezcla 2	10	15	5	15	10	20	4	13
3	Mezcla 3	15	5	15	10	20	4	13	10
4	Mezcla 4	5	15	10	20	4	13	10	15
5	Mezcla 5	15	10	20	4	13	10	15	5
6	Mezcla 6	10	20	4	13	10	15	5	15
7	Mezcla 7	20	4	13	10	15	5	15	10
8	Mezcla 8	4	13	10	15	5	15	10	20

FUENTE: Autora del proyecto

**Tabla 7.** Códigos para el factor Mezcla – Demanda Básica x 100

CÓDIGOS PARA EL FACTOR MEZCLA									
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRABAJO							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mezcla 1	1300	1000	1500	500	1500	1000	2000	400
2	Mezcla 2	1000	1500	500	1500	1000	2000	400	1300
3	Mezcla 3	1500	500	1500	1000	2000	400	1300	1000
4	Mezcla 4	500	1500	1000	2000	400	1300	1000	1500
5	Mezcla 5	1500	1000	2000	400	1300	1000	1500	500
6	Mezcla 6	1000	2000	400	1300	1000	1500	500	1500
7	Mezcla 7	2000	400	1300	1000	1500	500	1500	1000
8	Mezcla 8	400	1300	1000	1500	500	1500	1000	2000

FUENTE: Autora del proyecto

**Tabla 8.** Códigos para el factor Mezcla – Demanda Básica x 1000

CÓDIGOS PARA EL FACTOR MEZCLA									
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRABAJO							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mezcla 1	13000	10000	15000	5000	15000	10000	20000	4000
2	Mezcla 2	10000	15000	5000	15000	10000	20000	4000	13000
3	Mezcla 3	15000	5000	15000	10000	20000	4000	13000	10000
4	Mezcla 4	5000	15000	10000	20000	4000	13000	10000	15000
5	Mezcla 5	15000	10000	20000	4000	13000	10000	15000	5000
6	Mezcla 6	10000	20000	4000	13000	10000	15000	5000	15000
7	Mezcla 7	20000	4000	13000	10000	15000	5000	15000	10000
8	Mezcla 8	4000	13000	10000	15000	5000	15000	10000	20000

FUENTE: Autora del proyecto

**Tabla 9.** Códigos para las variables respuesta

CÓDIGOS PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA		
CÓDIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
1	Makespan	Instante de salida de la última pieza del taller
2	Flow Time Mean	Tiempo promedio de flujo

FUENTE: Autora del proyecto

- **“Makespan”**

El “makespan” es el tiempo de salida de la última pieza del taller, en otras palabras, es el tiempo que demora el sistema en fabricar todos los trabajos que le han sido asignados. Se seleccionó esta variable porque en diferentes artículos que tratan el tema del fraccionamiento de lotes, se afirma que dicha práctica contribuye a reducir el “makespan” y se dan algunos ejemplos ilustrativos, pero, en ninguno se ha verificado estadísticamente la significancia de dichas reducciones. Además, es una medida que representa muy bien el funcionamiento completo del sistema, permitiendo relacionar las técnicas de “lot splitting” con elementos como la eficiencia en la utilización de los recursos, la capacidad del sistema y el cumplimiento de las fechas de entrega de los productos. Si se completa la totalidad de los pedidos en menos tiempo, es posible que se cumpla con las fechas de entrega prometidas y además, es un indicador de que se han utilizado los recursos de una manera más eficiente, porque se obtiene la misma producción con menos tiempo de trabajo, dejando capacidad libre para adicionar otros pedidos al sistema.

- **“Mean Flow Time”**

Este término se traduce como *tiempo promedio de flujo*. Es un valor ponderado de los instantes de salida o terminación de cada uno de los trabajos. En este caso, se va a evaluar el tiempo promedio de flujo por unidad. Dicho valor representa el tiempo que tarda la fabricación de una unidad de cualquier producto, medido desde el momento en que llega al sistema productivo hasta que finaliza su elaboración en la última máquina. Esta medida fue seleccionada como variable respuesta porque, el principal beneficio que se atribuye al fraccionamiento de lotes en la programación de operaciones es la reducción del tiempo de flujo de los productos, dando lugar a una producción más suave y fluida, sin excesos de inventario y sin congestiones o atascamientos de los productos en las máquinas. El tiempo promedio de flujo por unidad, se calculó a partir de los tiempos de finalización de los 8 trabajos. Si  $n$  representa la cantidad de trabajos a fabricar,  $X_i$  representa el instante en que el trabajo

$i$  sale del sistema y  $D_i$  la cantidad de productos en el trabajo  $i$ , el tiempo flujo promedio por unidad se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$FTM = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{D_i}}{n}$$

Como en el sistema productivo sólo hay 8 trabajos, la ecuación anterior se descompone de la siguiente forma:

$$FTM = \frac{X_1 / D_1 + X_2 / D_2 + X_3 / D_3 + X_4 / D_4 + X_5 / D_5 + X_6 / D_6 + X_7 / D_7 + X_8 / D_8}{8}$$

Las 8 mezclas de productos, 2 medidas de eficacia, 4 políticas de operación y 3 niveles de demanda producen un total de 192 situaciones posibles de análisis.

Los factores que integran el proceso de análisis se representan con el modelo mostrado en la Figura 9. Se muestra un modelo diferente para cada medida de desempeño porque el análisis se va a realizar por separado para cada una de éstas.

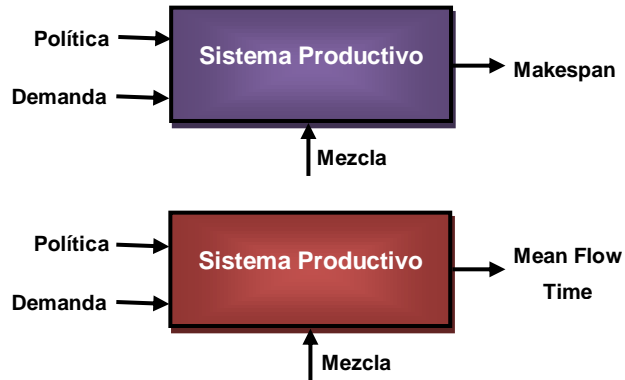
**4.1.4 Elección del diseño experimental.** De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se va a llevar a cabo un experimento en el que interviene el estudio de varios factores, entre ellos, dos factores principales que posiblemente interactúan entre sí y un factor bloque que permite replicar el experimento, aislando su efecto de las observaciones. Entonces, se debe seleccionar un *diseño factorial de dos factores con un factor bloque*, en el cual, se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores principales dentro de cada nivel del factor bloque. Cada observación del diseño experimental puede describirse mediante un modelo lineal; el modelo correspondiente para el caso del diseño factorial con bloques utilizado en la investigación es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde  $\mu$  es el efecto promedio global,  $\tau_i$  es el efecto del nivel  $i$ -ésimo del factor política de operación,  $\beta_j$  es el efecto del nivel  $j$ -ésimo del factor demanda,  $(\tau\beta)_{ij}$  es el

efecto de la interacción entre la política y la demanda,  $\delta_k$  es el efecto del factor bloque mezcla y  $\varepsilon_{ijk}$  es un componente del error aleatorio. En este diseño factorial el interés se centra en probar hipótesis acerca de la igualdad de los efectos de los factores *política de operación y demanda*, así como del efecto de su combinación.

**Figura 9.** Modelo general del diseño experimental



FUENTE: Autora del Proyecto

Las hipótesis referidas a los factores *política de operación y demanda* afirman que las medias de las poblaciones definidas por sus niveles son iguales, lo cual indica que el efecto del factor es nulo. Por eso, estas hipótesis pueden representarse como:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = 0$$

$$H_1 : \text{al.menos.una.}\tau_i \neq 0$$

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{al.menos.una.}\beta_j \neq 0$$

La hipótesis referida al efecto de la interacción entre los factores *política de operación y demanda* afirma que tal efecto es nulo y se escribe como sigue:

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0 \text{ para todas las } i, j$$

$$H_1 : \text{al.menos.una.}(\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

En el diseño factorial con bloques se parte del supuesto de que la interacción entre los bloques y los tratamientos es insignificante.

## 4.2 REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Como la combinación de todos los factores tenidos en cuenta en la investigación genera 192 situaciones posibles de análisis ( $8 \times 2 \times 4 \times 3$ ), se creó un código para representar cada caso y facilitar su identificación.

El código establecido se puede representar de la forma  $A - B - C - DE$ , donde el campo  $A$  representa para todos los casos el nombre asignado al modelo matemático en la tesis doctoral de la profesora Myriam Niño<sup>53</sup> para representar el problema de programación de operaciones en el sistema productivo del Instituto Avraham Y. Goldratt. La Tabla 10, muestra el nombre el modelo.

El parámetro correspondiente al campo  $B$ , indica la medida de desempeño evaluada. Para su representación, se utilizó el código asignado anteriormente en la Tabla 9 a cada una de estas medidas. Entonces, si en el campo  $B$  hay un 1, la medida de desempeño evaluada es el “makespan” y si hay un 2 es el “mean flow time”.

**Tabla 10.** Designación para el campo  $A$

NOMBRE DEL MODELO
m3

FUENTE: Autora del proyecto.

El tercer parámetro, correspondiente al campo  $C$ , identifica a la política de operación. Para identificar las cuatro políticas investigadas, se utilizaron los códigos asignados previamente en la Tabla 4.

El cuarto parámetro, representado por las letras  $DE$  identifica el nivel de demanda y la mezcla. De acuerdo con los códigos asignados previamente a estos factores en las tablas 5, 6, 7 y 8, el número 0 en el campo  $D$ , indica que se trata de la demanda básica, y los números 1 y 2 identifican el segundo y tercer nivel de demanda, respectivamente. En cuanto a las mezclas, números de 1 a 8 en el campo  $E$ , representan las diferentes combinaciones de productos consideradas.

---

<sup>53</sup> Niño, Myriam Leonor. Evaluación del sistema de programación de operaciones DBR. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2002.

La Tabla 11 muestra algunos códigos de ejemplo y la situación de análisis que representan.

**Tabla 11.** Ejemplos de algunos casos de estudio

EJEMPLOS DE LA CODIFICACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
m3-1-1-07	Makespan - Primera política - Mezcla 7 del nivel de demanda básica
m3-1-2-16	Makespan - Segunda política - Mezcla 6 del nivel de demanda básica x100
m3-1-3-21	Makespan - Tercera política - Mezcla 1 del nivel de demanda básica x1000
m3-2-4-03	Flow Time Mean - Cuarta política - Mezcla 3 del nivel de demanda básica

FUENTE: Autora del proyecto

Una vez definido el problema, el siguiente paso consiste en representar el sistema productivo de manera conveniente para su análisis, a fin de representar las características esenciales de las diferentes situaciones experimentales que se van a contemplar en la investigación. Antes de dar paso a los aspectos relacionados con la formulación del modelo del sistema productivo, es necesario establecer una nomenclatura para simbolizar cada trabajo, máquina y operación.

- **Trabajos**

Un trabajo es el conjunto de unidades de un mismo producto que deben ser procesadas en los recursos del sistema. La cantidad de unidades que conforman un trabajo está definida por los niveles del factor *mezcla*. La nomenclatura de los trabajos es la letra "T" seguida de un número entre 1 y 8 que indica el tipo de producto al que hace referencia. En la Tabla 12 se resume la nomenclatura de los trabajos.

**Tabla 12.** Nomenclatura de los trabajos.

TRABAJOS	
T <sub>1</sub>	Trabajo 1
T <sub>2</sub>	Trabajo 2
T <sub>3</sub>	Trabajo 3
T <sub>4</sub>	Trabajo 4
T <sub>5</sub>	Trabajo 5
T <sub>6</sub>	Trabajo 6
T <sub>7</sub>	Trabajo 7
T <sub>8</sub>	Trabajo 8

FUENTE: Autora del proyecto

- **Operaciones**

Cada operación, se representó con la letra “O” seguida de un número entre 1 y 18, como se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Nomenclatura de las operaciones

OPERACIONES			
O <sub>1</sub>	Operación 1	O <sub>10</sub>	Operación 10
O <sub>2</sub>	Operación 2	O <sub>11</sub>	Operación 11
O <sub>3</sub>	Operación 3	O <sub>12</sub>	Operación 12
O <sub>4</sub>	Operación 4	O <sub>13</sub>	Operación 13
O <sub>5</sub>	Operación 5	O <sub>14</sub>	Operación 14
O <sub>6</sub>	Operación 6	O <sub>15</sub>	Operación 15
O <sub>7</sub>	Operación 7	O <sub>16</sub>	Operación 16
O <sub>8</sub>	Operación 8	O <sub>17</sub>	Operación 17
O <sub>9</sub>	Operación 9	O <sub>18</sub>	Operación 18

FUENTE: Autora del proyecto.

- **Máquinas**

Cada una de las máquinas se representa con la letra “M” seguida de dos números. El primero, que puede tomar valores entre 1 y 4, representa el tipo de máquina. El segundo, representa la unidad de la máquina a la que se hace referencia, así, para la máquina 1, el segundo dígito puede tomar los valores 1 y 2 porque hay dos unidades disponibles de dicha máquina, mientras que para las máquinas 2, 3 y 4, el segundo dígito siempre tiene el valor de 1. La tabla 14, resume la nomenclatura de las máquinas.

**Tabla 14.** Nomenclatura de las máquinas

MÁQUINAS		
M <sub>11</sub>	Máquina 1	Unidad 1
M <sub>12</sub>		Unidad 2
M <sub>21</sub>	Máquina 2	Unidad 1
M <sub>31</sub>	Máquina 3	Unidad 1
M <sub>41</sub>	Máquina 4	Unidad 1

FUENTE: Autora del proyecto

**4.2.1 Modelización del sistema productivo.** El problema de programación de operaciones que plantea el sistema productivo de la Figura 4, puede modelarse matemáticamente como un problema de Programación Lineal Entera Mixta (PLEM),

representando la asignación de los trabajos a las máquinas mediante variables binarias y los tiempos de inicio de las operaciones en las máquinas mediante variables reales positivas.

La modelización del sistema productivo de la Figura 4 corresponde a la definida en la tesis doctoral de la profesora Myriam Niño<sup>54</sup>. Este modelo es un sistema de ecuaciones y expresiones matemáticas relacionadas, cuya solución, permite determinar la secuencia de operaciones que genera el valor óptimo en las medidas de desempeño consideradas. El Anexo A contiene el modelo completo y la lógica en la que se basó su construcción.

Según el Anexo A, el modelo matemático formulado contiene sólo cinco tipos de restricciones: las de secuencia tipo I, II y III y las de interferencia tipo I y II. Un lenguaje de modelado como el de Gams permite representar todas las relaciones que existen entre las operaciones mediante el uso de bloques o conjuntos de datos, donde cada uno representa un tipo de restricción y contiene los elementos que se comportan según las características de dicha restricción, evitando la escritura completa del modelo matemático. El Anexo B describe la formulación general del modelo matemático según la estructura propia del lenguaje de Gams. Adicionalmente, se muestran como ejemplos las formulaciones específicas de los casos m3-1-1-07 y m3-2-1-07.

Los modelos correspondientes a cada uno de los 192 casos de estudio se diferencian entre sí por el valor de los parámetros presentes en las restricciones y en la función objetivo. El siguiente paso, consiste en calcular los parámetros para todas las situaciones de estudio. La determinación de los valores adecuados para los parámetros del modelo, permite diferenciar un caso de los demás y añadir al modelo el tema del fraccionamiento de lotes.

**4.2.2 Parametrización del modelo.** Para cada una de las 192 situaciones de análisis, se especificaron los parámetros *tiempo de proceso unitario* “P”, *tiempo de proceso de lote* “PL” y *tiempo de inicio más temprano posible* “TT”.

---

<sup>54</sup> Ibid. 2002.

### Tiempo de proceso unitario - P -

El tiempo de proceso unitario es el tiempo que demora el procesamiento de una unidad de producto en cada operación. Como se puede observar en la Figura 4, la producción completa de todos los trabajos requiere un total de 18 operaciones y a cada una de ellas se asignó el parámetro "P" correspondiente. La Tabla 15 muestra el valor de este parámetro para cada una de las operaciones.

**Tabla 15.** Valores del parámetro P

VALORES DEL PARÁMETRO P			
O <sub>1</sub>	10	O <sub>10</sub>	45
O <sub>2</sub>	10	O <sub>11</sub>	5
O <sub>3</sub>	15	O <sub>12</sub>	7
O <sub>4</sub>	15	O <sub>13</sub>	5
O <sub>5</sub>	20	O <sub>14</sub>	6
O <sub>6</sub>	30	O <sub>15</sub>	3
O <sub>7</sub>	25	O <sub>16</sub>	4
O <sub>8</sub>	15	O <sub>17</sub>	5
O <sub>9</sub>	30	O <sub>18</sub>	3

FUENTE: Autora del proyecto

### Tiempo de proceso de lote - PL -

Este parámetro se ubica en las restricciones de interferencia para indicar que la diferencia entre los tiempos de inicio de dos operaciones que se realizan en la misma máquina, como mínimo debe ser igual al tiempo que tarda dicha máquina en procesar el lote completo de la primera operación programada.

Este parámetro indica el tiempo de fabricación de todo el lote de proceso correspondiente a cada una de las operaciones, incluyendo el tiempo de preparación de la máquina. El tamaño del lote de proceso de cada operación está compuesto por la cantidad de piezas que se demandan en los trabajos que utilizan dicha operación. Por ejemplo, la O<sub>5</sub> que se realiza en la M<sub>41</sub>, pertenece a la secuencia de procesamiento de los trabajos T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub>, por lo tanto, el tamaño del lote de proceso de dicha operación incluye la cantidad de piezas de los trabajos 6, 7 y 8 que indique cada nivel de demanda y mezcla considerado en la investigación. Por ejemplo, en los casos m<sub>3</sub>-1-1-05, m<sub>3</sub>-1-2-05, m<sub>3</sub>-1-3-05, m<sub>3</sub>-1-4-05, m<sub>3</sub>-2-1-05, m<sub>3</sub>-2-2-05, m<sub>3</sub>-2-3-05 y m<sub>3</sub>-2-4-05, el lote de proceso de la O<sub>5</sub> es de 30 unidades, porque, en la mezcla 5 del nivel de demanda básica, la cantidad de piezas a fabricar de los trabajos T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub> es

10, 15 y 5 unidades, respectivamente. En la Tabla 16 se relacionan los trabajos que utilizan cada operación.

**Tabla 16.** Trabajos correspondientes a cada operación

OPERACIÓN	TRABAJOS	OPERACIÓN	TRABAJOS
O <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> - T <sub>2</sub> - T <sub>3</sub>	O <sub>10</sub>	T <sub>7</sub> - T <sub>8</sub>
O <sub>2</sub>	T <sub>4</sub> - T <sub>5</sub> - T <sub>6</sub> - T <sub>7</sub> - T <sub>8</sub>	O <sub>11</sub>	T <sub>1</sub>
O <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> - T <sub>2</sub> - T <sub>3</sub>	O <sub>12</sub>	T <sub>2</sub>
O <sub>4</sub>	T <sub>4</sub> - T <sub>5</sub>	O <sub>13</sub>	T <sub>3</sub>
O <sub>5</sub>	T <sub>6</sub> - T <sub>7</sub> - T <sub>8</sub>	O <sub>14</sub>	T <sub>4</sub>
O <sub>6</sub>	T <sub>1</sub> - T <sub>2</sub>	O <sub>15</sub>	T <sub>5</sub>
O <sub>7</sub>	T <sub>3</sub>	O <sub>16</sub>	T <sub>6</sub>
O <sub>8</sub>	T <sub>4</sub> - T <sub>5</sub>	O <sub>17</sub>	T <sub>7</sub>
O <sub>9</sub>	T <sub>6</sub>	O <sub>18</sub>	T <sub>8</sub>

FUENTE: Autora del proyecto

El parámetro “PL” de cada operación se calculó multiplicando el tamaño de lote de proceso de dicha operación por su correspondiente tiempo de proceso unitario, y, sumando a este valor el tiempo de alistamiento de la máquina en la que se realiza la operación.

A modo de ejemplo se muestra el cálculo del parámetro “PL” para la operación O<sub>5</sub> en los mismos casos de estudio mencionados anteriormente:

$$PL = \text{TIEMPO DE PREPARACIÓN} + (P) * (\text{DEMANDA})$$

$$PL_{O_5} = 60 + (20 * 30) = 60 + 600 = 660$$

El tiempo de proceso de lote no cambia entre las cuatro políticas de operación, porque depende directamente de la demanda agregada y la participación de cada producto en la misma. Los valores de éste parámetro en los casos de estudio correspondientes a la variable “makespan” son iguales a los asignados a los casos de estudio de la variable “mean flow time”.

El parámetro “PL” para los casos de estudio m<sub>3</sub>-1-1-05, m<sub>3</sub>-1-2-05, m<sub>3</sub>-1-3-05, m<sub>3</sub>-1-4-05, m<sub>3</sub>-2-1-05, m<sub>3</sub>-2-2-05, m<sub>3</sub>-2-3-05 y m<sub>3</sub>-2-4-05, se muestra en la Tabla 17. Los cálculos para los demás casos se muestran en el Anexo C.

**Tabla 17.** Parámetro PL para la Mezcla 5 de la Demanda Básica

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	45	570
O <sub>3</sub>	60	15	45	735
O <sub>6</sub>	240	30	25	990
O <sub>11</sub>	60	5	15	135
O <sub>12</sub>	60	7	10	130
O <sub>7</sub>	240	25	20	740
O <sub>13</sub>	60	5	20	160
O <sub>2</sub>	120	10	47	590
O <sub>4</sub>	60	15	17	315
O <sub>8</sub>	240	15	17	495
O <sub>14</sub>	60	6	4	84
O <sub>15</sub>	60	3	13	99
O <sub>5</sub>	60	20	30	660
O <sub>9</sub>	240	30	10	540
O <sub>16</sub>	60	4	10	100
O <sub>10</sub>	240	45	20	1140
O <sub>17</sub>	60	5	15	135
O <sub>18</sub>	60	3	5	75

FUENTE: Autora del proyecto

### **Tiempo de inicio más temprano posible - TT-**

Este parámetro se utiliza en las restricciones de secuencia para asegurar que la operación siguiente en la ruta de procesamiento de un trabajo no comience antes de que la operación precedente haya finalizado. Como en esta investigación se quieren modelar diferentes políticas de tamaño de lote de transferencia, se permite la superposición de operaciones, es decir, cuando se utilizan lotes de transferencia que son más pequeños que los lotes de proceso, no es necesario que la operación siguiente espere a que se terminen todas las piezas en la operación precedente. En este caso, el parámetro “TT” permite modificar las restricciones de secuencia y representar cada una de las cuatro políticas, debido a que su valor define el instante en el que el lote de transferencia pasa a la siguiente estación.

Como se puede observar en el sistema productivo de la Figura 4, hay operaciones que son punto de divergencia, es decir, que tienen dos operaciones siguientes. Estas operaciones son O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub>, O<sub>8</sub> y O<sub>10</sub>. Como en el modelo debe formularse una restricción de secuencia para cada par de operaciones relacionadas, se necesita

diferenciar de alguna forma las restricciones de secuencia que tienen la misma operación precedente, razón por la cual se definió el parámetro “TT<sub>2</sub>”. Por ejemplo, la operación O<sub>5</sub> tiene como operaciones siguientes a O<sub>9</sub> y O<sub>10</sub>, entonces, al escribir el modelo en Gams, el parámetro “TT” representa el instante más temprano en el que pueden trasladarse las piezas de la operación O<sub>5</sub> a la O<sub>9</sub>; el parámetro “TT<sub>2</sub>” tiene el mismo significado descrito anteriormente, pero, se refiere a la secuencia entre las operaciones O<sub>5</sub> y O<sub>10</sub>. La Tabla 18 muestra la asignación de los parámetros “TT” y “TT<sub>2</sub>” a cada una de las relaciones de secuencia presentes en la configuración productiva.

**Tabla 18.** Asignación de los parámetros “TT” y “TT<sub>2</sub>”

PARÁMETRO	DESIGNACIÓN EN GAMS/CPLEX	Hace Referencia a:	
		OPERACIÓN PRECEDENTE	OPERACIÓN SIGUIENTE
TT	T1. O1. M31	O1	O3
	T1. O3. M41	O3	O6
	T1. O6. M11	O6	O11
	T3. O7. M11	O7	O13
	T4. O2. M31	O2	O4
	T4. O4. M41	O4	O8
	T4. O8. M11	O8	O14
	T6. O5. M41	O5	O9
	T6. O9. M11	O9	O16
	T7. O10. M11	O10	O17
TT <sub>2</sub>	T1. O3. M41	O3	O7
	T1. O6. M11	O6	O12
	T4. O8. M11	O8	O15
	T4. O2. M31	O2	O5
	T6. O5. M41	O5	O10
	T7. O10. M11	O10	O18

FUENTE: Autora del proyecto

Como el traslado de las piezas depende de las políticas de operación consideradas en la investigación, los parámetros “TT” y “TT<sub>2</sub>” se calcularon para cada tamaño de lote de transferencia, nivel de demanda y mezcla; entonces, este parámetro es diferente en los 96 casos de estudio de cada medida de desempeño, pero, entre una medida y la otra conservan los mismos valores. A continuación, se explica el cálculo del parámetro “TT” para cada una de las políticas de tamaño de lote de transferencia consideradas.

- **Política 1: LT=LP**

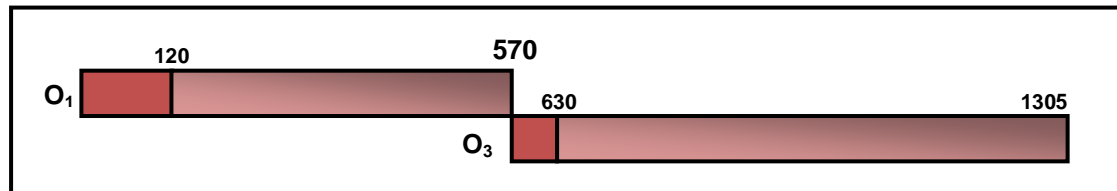
En este caso, la transferencia de los lotes hacia la operación siguiente se realiza cuando en la operación precedente se ha terminado completamente el lote de proceso. En esta situación, no se anticipa la preparación de la máquina en la que se realiza la operación siguiente, por lo tanto, el valor del parámetro “TT” siempre es equivalente al valor del parámetro “PL” de la operación precedente. Una fórmula para representar el cálculo del parámetro “TT” con la primera política de operación es:

$$TT = PL_{PRECEDENTE}$$

Por ejemplo, para la secuencia de las operaciones  $O_1$  y  $O_3$  en la mezcla 5 del nivel de demanda básica, el valor del parámetro “TT” es 570, porque el parámetro “PL” de la primera operación es igual a 570 unidades de tiempo. La Figura 10 representa el procesamiento de las operaciones  $O_1$  y  $O_3$ .

$$TT_{1-3} = PL_1 = 570$$

**Figura 10.** Política 1 /  $O_1$ - $O_3$



FUENTE: Autora del proyecto

- **Política 2: LT=LP-SETUP**

Con la segunda política de operación, el lote de proceso se transfiere de la operación precedente a la operación siguiente cuando se ha procesado todo el lote, pero, se permite que aún cuando los productos no hayan llegado a la operación siguiente, la máquina se vaya alistando, de tal forma que cuando el lote llegué, la máquina ya está preparada para procesarlo. Como se permite anticipar la preparación de la máquina en la operación siguiente, su tiempo de inicio más temprano, siempre es igual al tiempo de procesamiento de todo el lote en la operación precedente menos el tiempo que demore la preparación de la máquina en la operación siguiente. La fórmula que representa el cálculo del parámetro “TT” con la segunda políticas es:

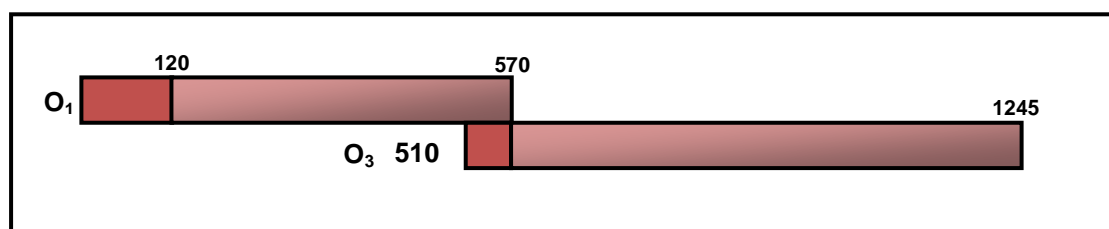
$$TT = PL_{PRECEDENTE} - SETUP_{SIGUIENTE}$$

Por ejemplo, para la secuencia de las operaciones  $O_1$  y  $O_3$  en la mezcla 5 del nivel de demanda básica, el valor del parámetro “TT” es 510, porque el parámetro “PL” de la primera operación es igual a 570 unidades de tiempo y la máquina en la que se realiza la operación tres se alista en 60 unidades de tiempo.

$$TT_{1-3} = PL_1 - SETUP_3 = 570 - 60 = 510$$

La Figura 11 muestra la secuencia de operaciones  $O_1$ - $O_3$  junto con el parámetro calculado cuando se permite anticipar los tiempos de alistamiento.

**Figura 11.** Política 2 /  $O_1$ - $O_3$



FUENTE: Autora del proyecto

Las políticas de operación 3 y 4, permiten el traslape de operaciones consecutivas, al considerar tamaños de lote de transferencia inferiores al tamaño del lote de proceso, razón por la cual, para la determinación del parámetro “TT” es necesario identificar dos situaciones de diferentes. En la primera, el parámetro “PL” de la operación siguiente es mayor que el parámetro “PL” de la operación precedente. Por el contrario, en la segunda, el parámetro “PL” de la operación siguiente es menor que el parámetro “PL” de la operación precedente. La forma de cálculo del parámetro “TT” es diferente en cada una de las situaciones mencionadas. A manera de ejemplo, se explicará el cálculo del parámetro “TT” con las operaciones sucesivas  $O_1$ - $O_3$  y  $O_8$ - $O_{14}$ , para la mezcla 5 del nivel de demanda básica. La información para los cálculos aparece en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Datos para realizar los ejemplos del parámetro “TT”

OPERACIÓN	PREPARACIÓN	PROCESO	DEMANDA	PL
$O_1$	120	10	45	570
$O_3$	60	15	45	735
$O_8$	240	15	17	495
$O_{14}$	60	6	4	84

FUENTE: Autora del proyecto

▪ **Política 3: LT=1/2 LP**

**Secuencia de Operaciones O<sub>1</sub>-O<sub>3</sub>**

Como se puede observar en la Tabla 19, la secuencia de las operaciones O<sub>1</sub> y O<sub>3</sub> representa el caso en el que el tiempo de procesamiento del lote es mayor en la operación siguiente. Con la tercera política, el lote de de transferencia es igual a la mitad del lote de proceso, por eso, el tiempo de inicio más temprano de la operación siguiente es cuando se ha procesado por completo la primera mitad del lote de proceso en la operación precedente, menos el tiempo de alistamiento de la máquina de la operación siguiente. La fórmula utilizada para el cálculo de este parámetro fue:

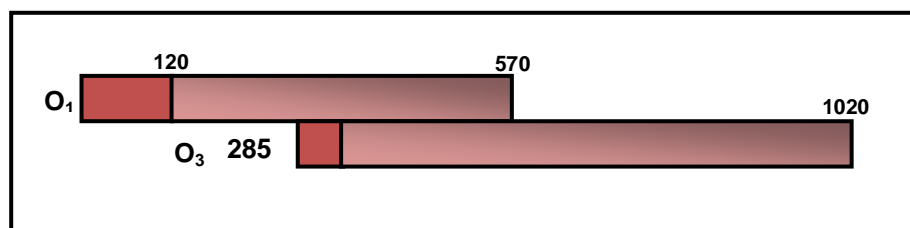
$$TT = \frac{PL_{PRECEDENTE} - SETUP_{PRECEDENTE}}{2} + SETUP_{PRECEDENTE} - SETUP_{SIGUIENTE}$$

Como el parámetro “PL” de la primera operación es igual a 570 unidades de tiempo y las máquinas en las que se realizan las operaciones uno y tres tienen tiempos de alistamiento de 120 y 60 unidades de tiempo, respectivamente, el valor del parámetro “TT” es 285.

$$TT = \frac{PL_1 - SETUP_1}{2} + SETUP_1 - SETUP_3 = \frac{570 - 120}{2} + 120 - 60 = 285$$

La Figura 12 muestra la secuencia de operaciones O<sub>1</sub>-O<sub>3</sub> junto con el parámetro calculado.

**Figura 12.** Política 3 / O<sub>1</sub>-O<sub>3</sub>



FUENTE: Autora del proyecto

**Secuencia de Operaciones O<sub>8</sub>-O<sub>14</sub>**

La secuencia de las operaciones O<sub>8</sub> y O<sub>14</sub> representa el caso en el que el parámetro “PL” de la operación siguiente es menor que el de la operación precedente, por lo tanto, se debe garantizar que la operación siguiente no se acabe primero que la

operación precedente. En estos casos, el cálculo del parámetro se realizó con una fórmula que garantiza que la elaboración de la última pieza en la operación siguiente comience una vez ha terminado la fabricación del lote completo en la operación precedente. La formula utilizada fue:

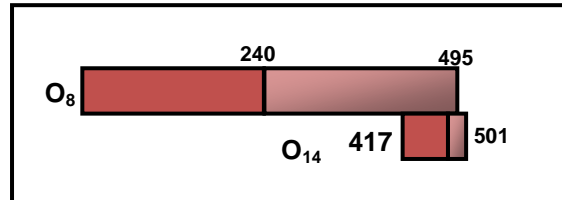
$$TT = PL_{PRECEDENTE} + P_{SIGUIENTE} - PL_{SIGUIENTE}$$

Como el tiempo de proceso unitario en la operación catorce es igual a 6 unidades de tiempo y los parámetros “PL” de las operaciones ocho y catorce son iguales a 495 y 84 unidades de tiempo, respectivamente, el valor del parámetro “TT” es 417.

$$TT_{8-14} = PL_8 + P_{14} - PL_{14} = 495 + 6 - 84 = 417$$

La Figura 13 muestra la secuencia de operaciones O<sub>8</sub>-O<sub>14</sub> junto con el parámetro calculado. Como se puede observar, con este parámetro la operación siguiente no termina antes que la operación precedente.

**Figura 13.** Política 3 / O<sub>8</sub>-O<sub>14</sub>



FUENTE: Autora del proyecto

Adicionalmente, para los casos correspondientes a la tercera política de operación, fue necesario verificar que el tiempo de inicio más temprano posible en la operación siguiente no fuera inferior al tiempo de terminación de la primera mitad del lote de proceso. En los casos en los que los tiempos de preparación de las dos operaciones consecutivas diferían significativamente, se debió cambiar la fórmula del cálculo del parámetro para garantizar el cumplimiento de la condición mencionada.

- **Política 4: LT=1**

**Secuencia de Operaciones O<sub>1</sub>-O<sub>3</sub>**

Cuando se utiliza la política de lotes de transferencia unitarios y el tiempo de proceso de lote de la operación siguiente es mayor que el de la operación precedente, se debe garantizar que la primera unidad empiece a ser procesada en la operación siguiente

sólo cuando haya terminado su proceso en la operación precedente. Por eso, el tiempo de inicio más temprano de la operación siguiente es cuando se ha procesado por completo la primera unidad en la operación precedente, menos el tiempo de alistamiento de la máquina de la operación siguiente. La formula utilizada para el cálculo de este parámetro fue:

$$TT = SETUP_{PRECEDENTE} + P_{PRECEDENTE} - SETUP_{SIGUIENTE}$$

Como el tiempo de proceso unitario de la primera operación es igual a 10 unidades de tiempo y los tiempos de preparación de las máquinas donde se realizan las operaciones  $O_1$  y  $O_3$  son iguales a 120 y 60 unidades de tiempo, respectivamente, el valor del parámetro “TT” es igual a 70.

$$TT_{1-3} = SETUP_1 + P_1 - SETUP_3 = 120 + 10 - 60 = 70$$

La Figura 14 muestra la secuencia de operaciones  $O_1$ - $O_3$  junto con el parámetro calculado.

**Figura 14.** Política 4 /  $O_1$ - $O_3$



FUENTE: Autora del proyecto

Sin embargo, cuando el tiempo de ejecución (sin considerar el tiempo de preparación) es menor en la operación siguiente, es posible que ésta finalice primero, por lo tanto, al igual que en los casos que se mencionarán a continuación se debe garantizar que la última unidad del lote de proceso comience su elaboración en la operación siguiente después de terminar el lote de proceso completo en la operación precedente.

### **Secuencia de Operaciones $O_8$ - $O_{14}$**

Cuando se utiliza la política de lotes de transferencia unitarios y el tiempo de proceso de lote de la operación siguiente es menor que el de la operación precedente, se debe garantizar que se comience la elaboración de la última unidad del lote de proceso en la operación siguiente después de terminar el lote de proceso completo en la operación

precedente, para que la operación siguiente no se termine primero que la operación precedente. Por eso, el cálculo del parámetro se realiza mediante la siguiente fórmula:

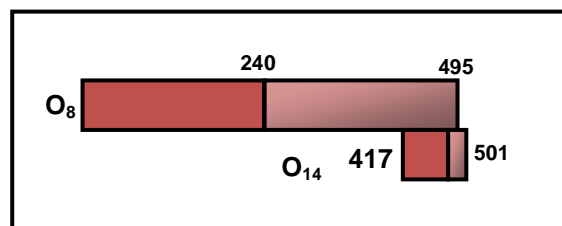
$$TT = PL_{PRECEDENTE} + P_{SIGUIENTE} - PL_{SIGUIENTE}$$

Como el tiempo de proceso unitario en la operación catorce es igual a 6 unidades de tiempo y los parámetros “PL” de las operaciones ocho y catorce son iguales a 495 y 84 unidades de tiempo, respectivamente, el valor del parámetro “TT” es 417.

$$TT_{8-14} = PL_8 + P_{14} - PL_{14} = 495 + 6 - 84 = 417$$

La Figura 15 muestra la secuencia de operaciones  $O_8$ - $O_{14}$  junto con el parámetro calculado. Como se puede observar, con este parámetro la operación siguiente no termina antes que la operación precedente.

**Figura 15.** Política 4 /  $O_8$ - $O_{14}$



FUENTE: Autora del proyecto

Sin embargo, cuando el tiempo de ejecución (sin considerar el tiempo de preparación) es mayor en la operación siguiente, es posible que la primera unidad del lote empiece a ser procesada en la operación siguiente antes de finalizar su procesamiento en la operación precedente, por lo tanto, al igual que con las operaciones  $O_1$  y  $O_3$ , se debe garantizar que la primera unidad empiece a ser procesada en la operación siguiente sólo cuando haya terminado su proceso en la operación precedente.

Los parámetros “TT” y “ $TT_2$ ” para los demás casos aparecen en el Anexo D.

**4.2.3 Procesamiento de los casos planteados.** Después de calcular los parámetros para todos los 192 casos de estudio, se procesó cada uno de ellos en Gams/Cplex para obtener su solución. Inicialmente se procesaron los 96 casos del “makespan” y posteriormente los 96 correspondientes a la medida de eficacia “mean flow time”.

Uno de los principios básicos de un diseño experimental con bloques es la aleatorización del orden en que se procesan los casos. Sin embargo, como la modelización del problema se realizó con un método exacto, independientemente del orden en que se corra el experimento, Gams/Cplex encontrará el valor óptimo para cada caso de estudio, asegurando la independencia de los resultados obtenidos en cada una de las situaciones. Como los resultados del experimento no se sesgan por el orden de procesamiento, no se asignaron turnos específicos para la solución de cada uno de los casos analizados.

**4.2.4 Resultados obtenidos.** Una vez definidos en los archivos de Gams los valores de los parámetros y la información necesaria para identificar cada situación de análisis, se procesó de manera individual cada uno de los casos de estudio con la ayuda del optimizador Cplex. Inicialmente, Gams/Cplex compila para identificar errores o inconsistencias en la escritura del modelo, y posteriormente aplica un algoritmo de solución.

El archivo de salida de Gams/Cplex contiene varios informes que resultan interesantes. A modo de ejemplo se muestran en el anexo E los informes de salida correspondientes a los casos m3-1-1-07 y m3-2-1-07.

El archivo de salida muestra unas estadísticas del modelo para describir aspectos como la cantidad total de ecuaciones generadas, la cantidad de bloques de ecuaciones, la cantidad de bloques de variables y el tiempo que tarda el programa en generar el modelo. Este informe es útil para hacerse una idea acerca del tamaño del modelo. A continuación se muestran las estadísticas para el modelo m3-1-1-07, según las cuales, el modelo tiene 19 bloques de ecuaciones y un total de 286 restricciones y 126 variables.

**MODEL STATISTICS**

BLOCKS OF EQUATIONS	19	SINGLE EQUATIONS	286
BLOCKS OF VARIABLES	7	SINGLE VARIABLES	126
NON ZERO ELEMENTS	802	DISCRETE VARIABLES	102
GENERATION TIME	=	0.015 SECONDS	1.6 Mb WIN207-133
EXECUTION TIME	=	0.015 SECONDS	1.6 Mb WIN207-133

La parte correspondiente al resumen de la solución contiene detalles acerca del proceso de solución del problema e información de interés como el valor de la función objetivo y el tipo de respuesta obtenida. Cabe aclarar que la solución de todos los casos de estudio fue óptima. A modo de ejemplo, se muestra el resumen de la solución obtenida para el caso m3-1-1-07.

### SOLVE SUMMARY

MODEL tipo3	OBJECTIVE t
TYPE MIP	DIRECTION MINIMIZE
SOLVER CPLEX	FROM LINE 234
**** SOLVER STATUS	1 NORMAL COMPLETION
**** MODEL STATUS	<b>1 OPTIMAL</b>
**** OBJECTIVE VALUE	<b>3355.0000</b>
RESOURCE USAGE, LIMIT	4.171 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	11831 10000

El informe resumen muestra que la corrida se completo normalmente y se obtuvo un valor óptimo para el “makespan” de 3.355 unidades de tiempo. El programa se demoró aproximadamente 4 segundos encontrando la solución, para lo cual realizó 11.831 iteraciones. Los resultados obtenidos para los casos correspondientes a la variable de respuesta “makespan” se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Resultados obtenidos para el “Makespan”

MAKESPAN								
F2	F1	F3: MEZCLA						
		1	2	3	4	5	6	7
Demanda 1	P1	3.407	3.499	3.290	3.567	3.430	3.528	3.355
	P2	3.047	3.139	2.930	3.207	3.070	3.168	2.995
	P3	2.530	2.423	2.421	2.463	2.555	2.553	2.509
	P4	2.317	2.163	2.144	2.213	2.152	2.283	2.189
Demanda 2	P1	272.740	276.400	253.100	285.600	264.540	268.020	268.540
	P2	272.380	276.040	252.740	285.240	264.180	267.660	268.180
	P3	218.183	201.483	200.863	211.743	210.183	215.666	216.683
	P4	165.398	162.516	161.083	163.286	157.898	173.286	165.145
Demanda 3	P1	2.722.540	2.755.900	2.525.600	2.850.600	2.640.540	2.673.720	2.680.540
	P2	2.722.180	2.755.540	2.525.240	2.850.240	2.640.180	2.673.360	2.680.180
	P3	2.180.183	2.010.483	2.005.183	2.115.243	2.100.183	2.150.666	2.165.183
	P4	1.650.398	1.620.516	1.605.583	1.627.586	1.575.398	1.725.786	1.645.645

FUENTE: Autora del proyecto

El archivo de salida también muestra los valores asignados a cada variable del modelo. Para los casos del “makespan” y del “mean flow time” se muestran los tiempos de inicio de cada operación y la asignación de máquinas correspondiente. Adicionalmente, para la segunda medida de desempeño se muestran los tiempos de finalización de cada uno de los trabajos, necesarios para el cálculo del tiempo promedio de flujo por unidad.

El informe de salida de Gams/Cplex correspondiente al caso m3-2-1-07 se muestra a continuación.

---- VAR x **Tiempo de inicio operación**

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o1 .m31	.	.	+INF	8.000
t1.o3 .m41	.	490.000	+INF	.
t1.o6 .m11	.	.	+INF	EPS
t1.o6 .m12	.	1105.000	+INF	.
t1.o11.m21	.	2153.000	+INF	.
t2.o12.m21	.	2065.000	+INF	.
t3.o7 .m11	.	1105.000	+INF	.
t3.o7 .m12	.	.	+INF	EPS
t3.o13.m21	.	1670.000	+INF	.
t4.o2 .m31	.	490.000	+INF	.
t4.o4 .m41	.	1160.000	+INF	.
t4.o8 .m11	.	1670.000	+INF	.
t4.o8 .m12	.	1641.000	+INF	.
t4.o14.m21	.	2418.000	+INF	.
t5.o15.m21	.	2313.000	+INF	.
t6.o5 .m41	.	1595.000	+INF	.
t6.o9 .m11	.	2285.000	+INF	.
t6.o9 .m12	.	.	+INF	EPS
t6.o16.m21	.	2675.000	+INF	.
t7.o10.m11	.	.	+INF	EPS
t7.o10.m12	.	2255.000	+INF	.
t7.o17.m21	.	2538.000	+INF	.
t8.o18.m21	.	3620.000	+INF	.

---- VAR t **Tiempo de finalización de tarea**

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1	.	2313.000	+INF	.

t2	.	2153.000	+INF	.
t3	.	1795.000	+INF	.
t4	.	2538.000	+INF	.
t5	.	2418.000	+INF	.
t6	.	2755.000	+INF	.
t7	.	2673.000	+INF	.
t8	.	3710.000	+INF	.

---- VAR ff                      20355.000      +INF                      .

**ff Flow Time Mean**

**---- VAR y**

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6 .m12	.	1.000	1.000	41000.000
t3.o7 .m11	.	1.000	1.000	12300.000
t3.o7 .m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	4100.000
t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t7.o10.m12	.	1.000	1.000	8200.000

Como el informe de salida mostrado corresponde a la variable de respuesta “mean flow time”, contiene una variable adicional ( $t$ ) que representa el tiempo de finalización de cada uno de los trabajos. El Anexo F, contiene los tiempos de finalización de los trabajos para todos los casos considerados en la investigación que tienen como medida de eficacia el “mean flow time”. Esta variable se utiliza para el cálculo del tiempo promedio de flujo por unidad, de acuerdo con la fórmula que se mencionó en la sección 4.1.3. Como se conoce la duración de las 18 operaciones, a manera de ejemplo se elaboró un programa de operaciones detallado para el caso de estudio m3-1-1-07. La Tabla 21 muestra los trabajos asignados a cada máquina junto con sus tiempos de inicio y finalización. Además, la Figura 16 muestra el Diagrama de Gantt para la programación de operaciones del caso m3-1-1-07.

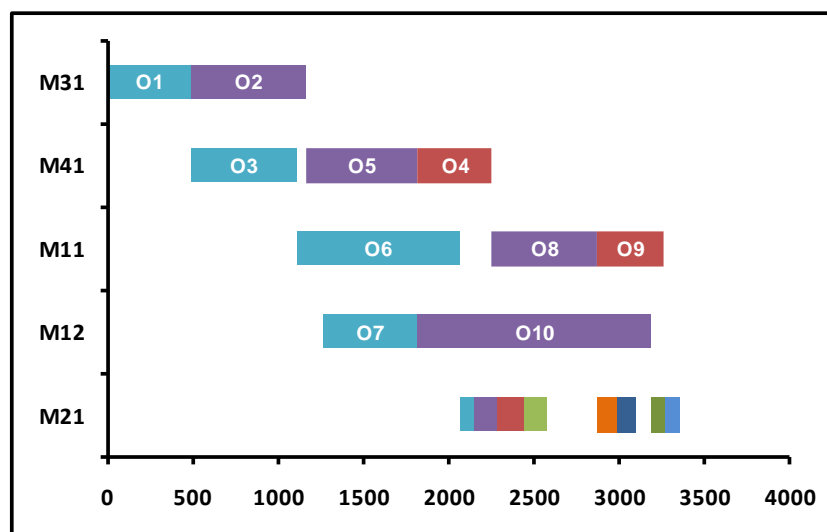
El Anexo G muestra la secuencia resultante del procesamiento de los demás casos de estudio.

**Tabla 21.** Asignación de trabajos para el caso m3-1-1-07

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M <sub>11</sub>	O <sub>6</sub>	1105	960	2065
	O <sub>8</sub>	2255	615	2870
	O <sub>9</sub>	2870	390	3260
M <sub>12</sub>	O <sub>7</sub>	1255	565	1820
	O <sub>10</sub>	1820	1365	3185
M <sub>21</sub>	O <sub>12</sub>	2065	88	2153
	O <sub>17</sub>	2153	135	2288
	O <sub>11</sub>	2288	160	2448
	O <sub>13</sub>	2448	125	2573
	O <sub>14</sub>	2870	120	2990
	O <sub>15</sub>	2990	105	3095
	O <sub>18</sub>	3185	90	3275
M <sub>31</sub>	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M <sub>41</sub>	O <sub>3</sub>	490	615	1105
	O <sub>5</sub>	1160	660	1820
	O <sub>4</sub>	1820	435	2255

FUENTE: Autora del proyecto

**Figura 16.** Diagrama de Gantt



FUENTE: Autora del proyecto

## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis de las dos medidas de desempeño del sistema productivo: el “makespan” y el “mean flow time”. El análisis se realizó por separado para cada una de las variables.

### 5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE “MAKESPAN”

El análisis estadístico realizado consta de tres procedimientos: el análisis descriptivo, el análisis de varianza y las comparaciones múltiples. Para la realización de los tres procedimientos se utilizó la herramienta SPSS.

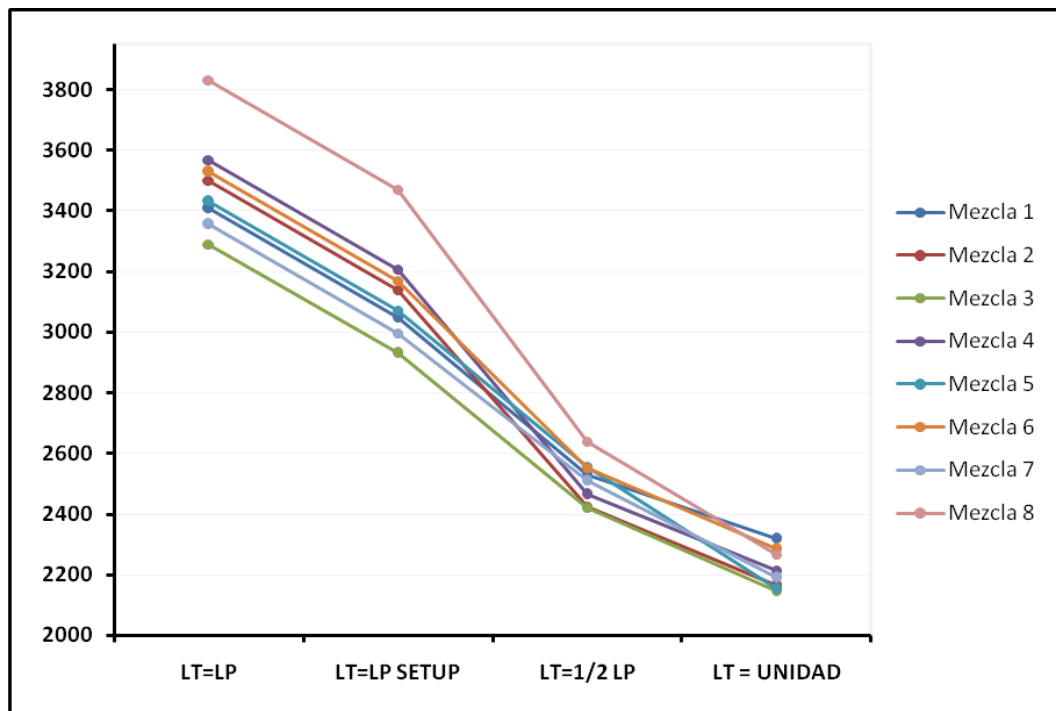
**5.1.1 Análisis descriptivo.** Se realizó inicialmente un análisis descriptivo para ilustrar el comportamiento de la variable de interés cuando se modifican los niveles de los factores considerados en el diseño experimental.

Primero, se realizó para cada nivel de demanda por separado, una gráfica que contiene en el eje de las abscisas las políticas de operación del sistema y en el eje de las ordenadas los valores que toma el “makespan”. Adicionalmente, las gráficas contienen en líneas separadas cada una de las mezclas de los productos consideradas en el estudio. Las gráficas mencionadas se muestran en las Figuras 17, 18 y 19.

Puede observarse que en cada nivel de demanda el efecto de cambiar la política de operación hacia la utilización de tamaños de lotes de transferencia más pequeños, en cualquier mezcla de productos, da como resultado la reducción en el valor del “makespan”. Entonces, el uso de lotes de transferencia pequeños en el sistema productivo analizado ayuda a mejorar dicha medida de desempeño, permitiendo un uso más eficiente de los recursos productivos, mayor capacidad para la fabricación de otros trabajos y el cumplimiento de las fechas de entrega prometidas a los clientes. El mayor valor en el “makespan” se genera con la primera política, es decir, cuando no se utilizan lotes de transferencia; éste valor va disminuyendo progresivamente hasta alcanzar en todos los casos el valor mínimo cuando se utilizan lotes de transferencia unitarios. Entonces, la política que más retarda la salida de la última pieza del sistema

es la que no contempla el uso de lotes de transferencia, mientras que la que genera un mejor desempeño del sistema es la cuarta política, en la cual se utilizan lotes de transferencia unitarios. Este comportamiento se observó de igual forma en todos los niveles de demanda analizados.

**Figura 17.** Makespan – Demanda Básica

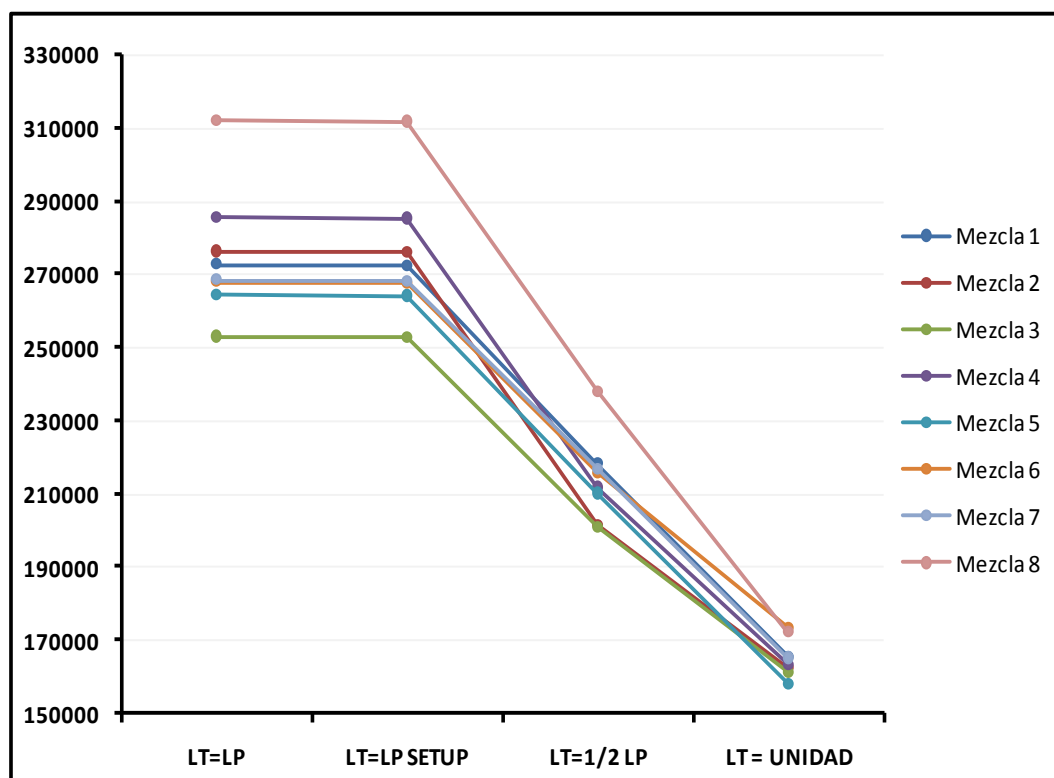


FUENTE: Autora del Proyecto

Por otra parte, es posible que el uso de las mezclas como factor bloque sea una buena elección; se puede percibir en las gráficas 17, 18 y 19 que en los tres niveles de demanda analizados, mezclas diferentes originan valores diferentes en el “makespan”, influyendo así este factor en la variabilidad de dicha medida. En las gráficas se observa que la mezcla 8 es la que en la mayoría de los casos, genera el mayor valor en el “makespan”, y la mezcla 3 el menor. El comportamiento anterior está relacionado con el tiempo de procesamiento unitario de los productos que tienen mayor participación en la mezcla. En la Tabla 3, puede observarse que los productos con tiempos de fabricación unitarios más altos son los correspondientes a los trabajos 6, 7 y 8. Al sumar la cantidad de estos tres productos presente en cada una de las mezclas analizadas, se observa que en la mezcla 8 tienen mayor participación estos productos, mientras que en la mezcla 3 tienen la menor participación. Estos resultados son consecuentes con las mezclas que generan el mayor y menor valor en el “makespan”,

respectivamente. La tabla 22, muestra la contribución de los productos 6, 7 y 8 a cada una de las mezclas en el nivel de demanda básica. En los otros niveles de demanda, la participación se mantiene, ya que está se expresa como un porcentaje de la demanda total o agregada.

**Figura 18.** Makespan – Demanda Básica x 100



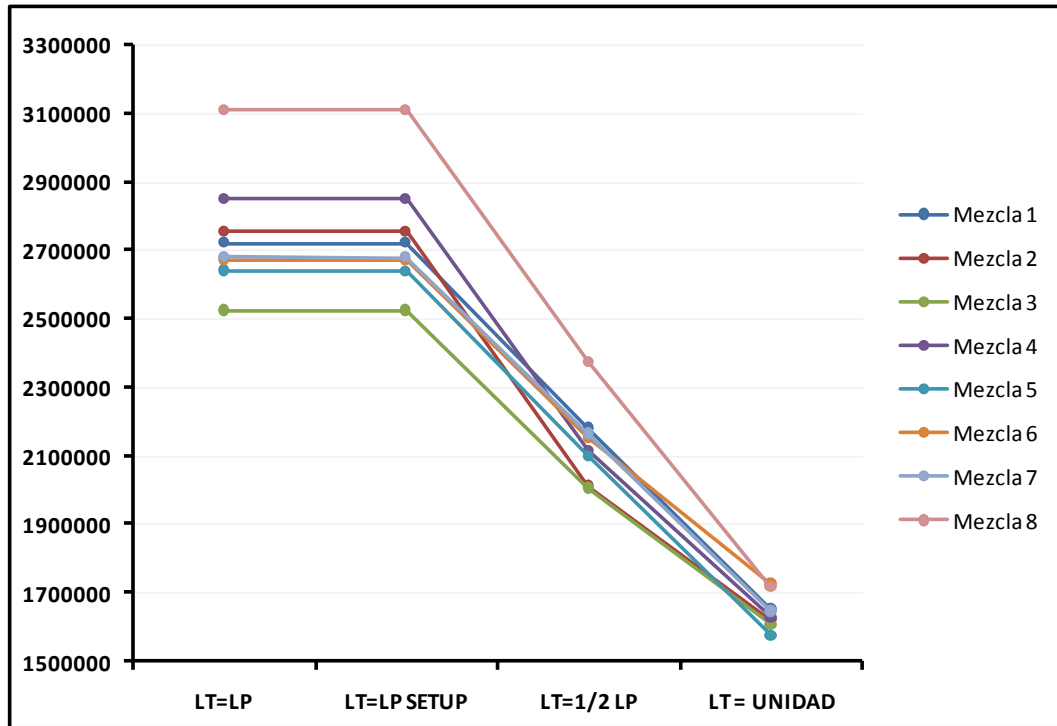
FUENTE: Autora del proyecto

Adicionalmente, cuando se pasa de una política de operación a otra o cuando se pasa de un nivel de demanda a otro, puede observarse en la mayoría de los casos que la mezcla tiene el mismo efecto en el valor del “makespan”, es decir, aquellas mezclas con los valores de “makespan” más altos o más bajos siguen conservando su posición. Este comportamiento es un indicio de que no existe interacción entre el factor *mezcla* y los factores *política de operación* y *nivel de demanda*.

Según las gráficas, la reducción que se obtiene al pasar de la primera política a la segunda política en los dos niveles de demanda aumentada, no es tan significativa como en la demanda básica, en cambio, cuando se utiliza la mitad del lote de proceso o lotes de transferencia unitarios, se observan reducciones más significativas en los niveles de demanda aumentada, en comparación con los niveles de demanda básica.

El comportamiento descrito, al parecer, es consecuencia de la interacción entre el factor *política* y el factor *demanda*.

**Figura 19.** Makespan – Demanda Básica x 1000



FUENTE: Autora del proyecto

**Tabla 22.** Contribución de los productos 6, 7 y 8 a las mezclas

PRODUCTOS	MEZCLAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>6</b>	10	20	4	13	10	15	5	15
<b>7</b>	20	4	13	10	15	5	15	10
<b>8</b>	4	13	10	15	5	15	10	20
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>53</b>

FUENTE: Autora del Proyecto

Para analizar los datos en conjunto, se calculó en cada nivel de demanda la media, la desviación estándar, el rango, el dato mínimo y el dato máximo correspondientes a cada política de operación. Las Tablas 23, 24 y 25 muestran estos valores.

Al observar dichas tablas, puede verificarse que en términos generales, los estadísticos descriptivos mostrados son representativos de las 8 mezclas porque,

revelan el mismo comportamiento observado en las gráficas anteriores. En primer lugar, se observa que en los tres niveles de demanda se obtiene el mayor valor de “makespan” con la política del tamaño de lote de transferencia igual al lote de proceso y que éste se va reduciendo a medida que se considera el fraccionamiento de lotes, obteniendo el valor más pequeño con la política de tamaño de lotes de transferencia unitarios. Sin embargo, también puede observarse que cuando se tienen altos niveles de demanda, pasar de la primera política a la segunda reduce muy poco el valor del “makespan” (0,13% en el segundo nivel de demanda y 0,013% en el tercero), en comparación con la reducción en el nivel de demanda básica (10,3%). Lo anterior, puede ser consecuencia de la interacción existente entre los factores *demanda* y *política de operación*.

**Tabla 23.** Estadísticos Descriptivos - Makespan - Demanda Básica

Política de Operación	Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Range	Minimum	Maximum
LT=LP	8	3.488,25	165,505	540	3.290	3.830
LT=LP-SETUP	8	3.128,25	165,505	540	2.930	3.470
LT=1/2LP	8	2.511,50	74,008	217	2.421	2.638
LT=1	8	2.215,88	65,484	173	2.144	2.317
Valid N (listwise)	8					

FUENTE: SPSS

**Tabla 24.** Estadísticos Descriptivos – Makespan – Demanda Básica x 100

Política de Operación	Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Range	Minimum	Maximum
LT=LP	8	275.142,50	17.657,773	59.100	253.100	312.200
LT=LP-SETUP	8	274.782,50	17.657,773	59.100	252.740	311.840
LT=1/2LP	8	214.083,63	11.624,318	37.002	200.863	237.865
LT=1	8	165.089,75	5.266,571	15.388	157.898	173.286
Valid N (listwise)	8					

FUENTE: SPSS

Tanto la desviación estándar como el rango son medidas de dispersión; la primera da una idea del grado en el que los valores del “makespan” se alejan de la media y la segunda es la diferencia entre el dato máximo y el dato mínimo. Estas medidas proporcionan información importante, por ejemplo, puede observarse que en todos los niveles de demanda, la dispersión de los datos disminuye progresivamente a través de las diferentes políticas.

**Tabla 25.** Estadísticos Descriptivos – Makespan – Demanda Básica x 1000

Política de Operación	Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Range	Minimum	Maximum
LT=LP	8	2.745.080,00	174.912,710	585.600	2.525.600	3.111.200
LT=LP-SETUP	8	2.744.720,00	174.912,710	585.600	2.525.240	3.110.840
LT=1/2LP	8	2.137.811,13	116.416,465	370.182	2.005.183	2.375.365
LT=1	8	1.645.814,75	51.874,410	150.388	1.575.398	1.725.786
Valid N (listwise)	8					

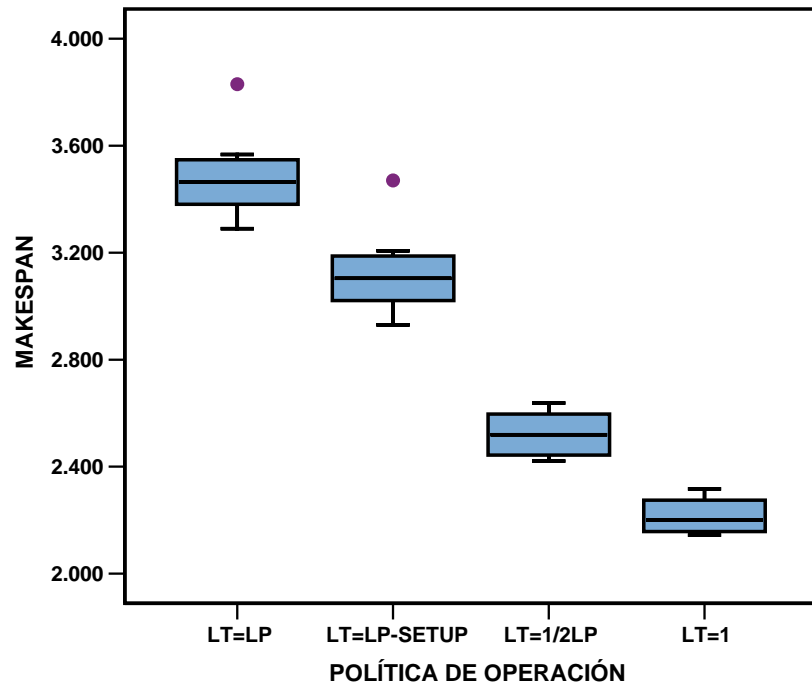
FUENTE: SPSS

La desviación estándar y el rango de los datos son mínimos con la cuarta política, lo cual significa que el “makespan” es menos sensible a la mezcla de productos cuando se utilizan lotes de transferencia unitarios, permitiendo reducir la variabilidad de los tiempos de manufactura. El hallazgo obtenido es importante porque un sistema de manufactura funciona mejor cuando la variabilidad es escasa. En la práctica, generalmente se tiene una mejor estimación de la demanda agregada que de la demanda específica para cada categoría de producto, de tal forma que, al momento de programar las operaciones cualquier mezcla de productos puede presentarse, afectando el tiempo total de procesamiento, entonces, una política de operación que genere valores de “makespan” cercanos entre sí, es conveniente para reducir la variabilidad asociada con la incertidumbre acerca de la proporción exacta de productos que conforman la demanda agregada.

El análisis descriptivo se complementó mediante los diagramas de caja y bigotes que muestran las figuras 20, 21 y 22, los cuales son una representación gráfica de los valores obtenidos para el “makespan” en cada uno de los tres niveles de demanda.

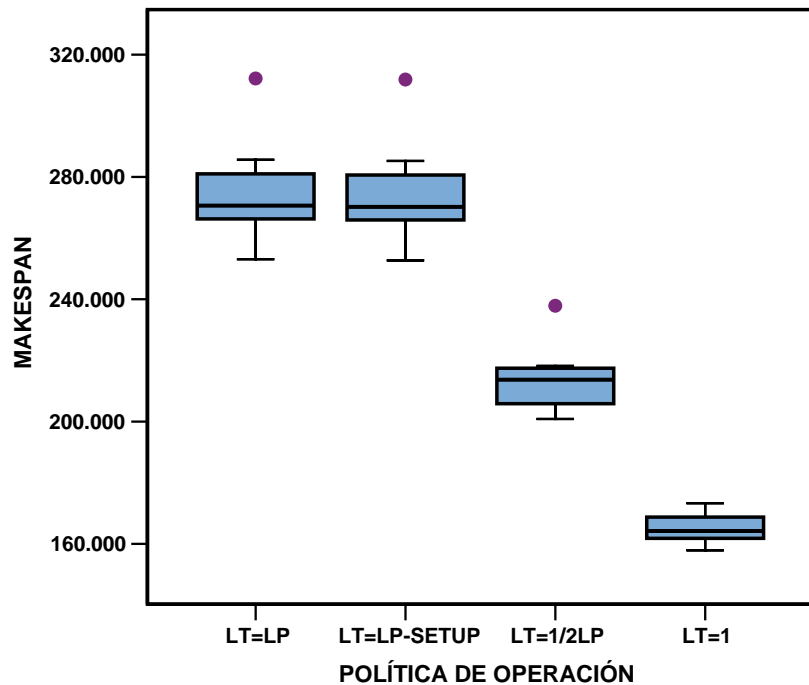
Puede observarse un comportamiento similar al descrito por las gráficas iniciales y los estadísticos descriptivos, reducciones en el “makespan” cuando se utilizan tamaños de lote de transferencia pequeños, mejor desempeño de la cuarta política de operación en todos los niveles de demanda analizados y la interacción entre el factor *demanda* y el factor *política*, dado que el efecto de éste último no es el mismo en todos los niveles de demanda: la reducción en los dos niveles de demanda aumentada no es tan significativa como en la demanda básica cuando se pasa de la primera política a la segunda y cuando se fabrica una pieza a la vez, la reducción es más marcada en los niveles de demanda aumentada que en los niveles de demanda básica.

**Figura 20.** Diagrama de caja – Makespan – Demanda Básica



FUENTE: SPSS

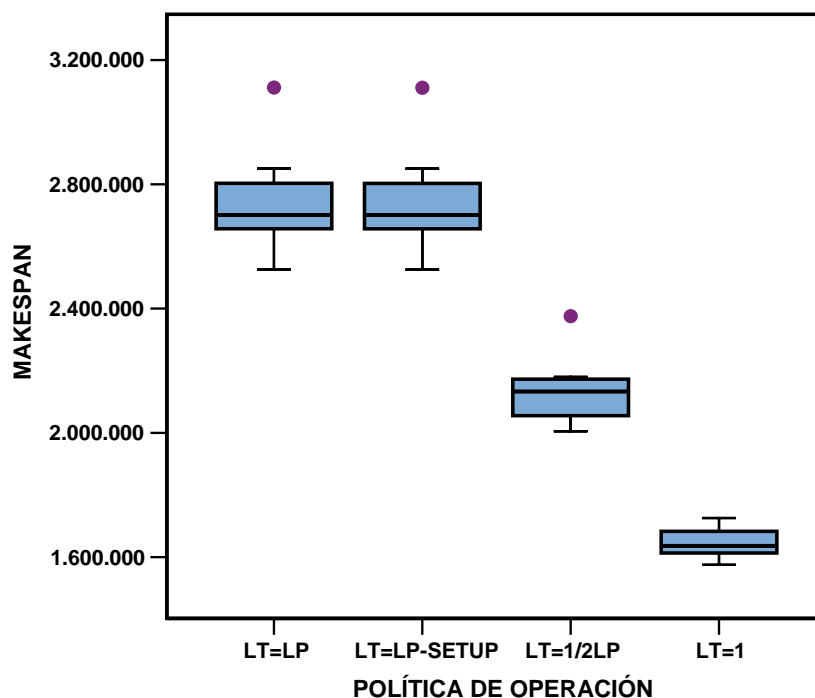
**Figura 21.** Diagrama de Caja – Makespan – Demanda Básica x 100



FUENTE: SPSS

En las gráficas pueden observarse además puntos atípicos, los cuales corresponden a los valores del “makespan” obtenidos con la mezcla 8.

**Figura 22.** Diagrama de Caja – Makespan – Demanda Básica x 1000



FUENTE: SPSS

Aunque con el análisis descriptivo se obtuvieron hallazgos interesantes, éste se complementó con otro tipo de análisis que permiten establecer la validez y significancia de los resultados obtenidos en la etapa inicial. El análisis que permite validar los resultados iniciales es el análisis de varianza.

**5.1.2 Análisis de varianza.** A diferencia de los métodos de análisis utilizados en la sección anterior, el análisis de varianza permite realizar comparaciones homogéneas entre cada combinación de tratamientos, para detectar los cambios producidos en la variable respuesta como consecuencia de la influencia de los factores que se analizan.

Cuando se seleccionaron los factores del diseño experimental, se señaló que el factor *nivel de demanda* es interesante porque, al parecer existe una interacción entre este factor y el factor *política de operación*, que es el de mayor interés en el estudio. La presencia de una interacción permite identificar para el caso del sistema productivo estudiado, las condiciones bajo las cuales alguna política de operación en particular puede resultar más favorable que las demás. Lo anterior, es la razón principal para considerar el factor *nivel de demanda* en el análisis, su efecto principal no es interesante porque se sabe de antemano que el “makespan” guarda relación con el

nivel de demanda, incrementando su valor en función de la cantidad de productos a fabricar.

Según los datos presentados en la Tabla 20, los niveles de demanda aumentada generan valores grandes en el “makespan”, en comparación con el nivel de demanda básica. Al comparar los resultados obtenidos mediante la aplicación de diferentes políticas de operación, en el nivel de demanda básica ésta diferencia sería menor que la de los niveles de demanda aumentada. Por ejemplo, si se toman los valores correspondientes a la mezcla 1, pasar de la tercera política a la cuarta en la demanda básica reduce el “makespan” en 213 unidades de tiempo, mientras que si se realiza este mismo procedimiento en los niveles de demanda 2 y 3, las reducciones son del orden de 52.785 y 529.785 unidades de tiempo. Ver Tabla 26.

**Tabla 26.** Reducciones absolutas y relativas del Makespan

DEMANDA		1			2			3		
POLÍTICA	3	2.530			218.183			2.180.183		
	4	2.317	213	8,4%	165.398	52.785	24,2%	1.650.398	529.785	24,3%

FUENTE: Autora del proyecto

A primera vista, podría pensarse que cuando se tienen que fabricar pocas unidades de producto no es significativo cambiar la política 3 por la 4, en comparación con niveles de demanda más exigentes. Aunque la reducción en el valor del “makespan” en términos absolutos parece no ser significativa en niveles de demanda bajos, es posible que en términos relativos sí lo sea. Por ejemplo, una reducción en el valor del makespan de 213 unidades de tiempo cuando se pasa de la política 3 a la 4, representa un porcentaje de reducción del 8.4%, mientras que en los niveles de demanda 2 y 3, esta reducción es del 24.2% y 24.3%, respectivamente. Aunque en términos porcentuales sigue siendo mayor la diferencia obtenida con niveles de demanda aumentada, evaluar el cambio que ocurre por la aplicación de diferentes políticas de operación en términos porcentuales resulta más útil, porque la comparación se restringe a diferencias que se encuentran entre el 0% y el 100%, haciendo comparables entre sí los niveles de demanda y permitiendo la valoración del

efecto de los demás factores sin la influencia de la relación existente entre el nivel de demanda y el valor de las medidas de desempeño.

Por las razones expuestas, no es conveniente realizar el análisis de varianza con los datos originales del “makespan”. Entonces, los valores iniciales se normalizaron con respecto al mayor valor obtenido en cada nivel de demanda. En todos los niveles de demanda, el mayor valor del “makespan” se obtiene con la mezcla 8 y la política de operación que no considera el fraccionamiento de lotes. Para la demanda básica, el valor es 3.830 unidades de tiempo y para los niveles de demanda 2 y 3, es 312.200 y 3.111.200 unidades de tiempo, respectivamente. A estos datos se les asignó el valor de 1, y los demás se obtuvieron dividiéndolos por el valor máximo en su nivel de demanda respectivo. Por ejemplo, el valor correspondiente a la mezcla 3, en el segundo nivel de demanda, cuando se utiliza la tercera política de operación, se obtiene dividiendo su “makespan” (200.863 unidades de tiempo) entre el mayor valor en ese nivel de demanda, que es 312.200 unidades de tiempo. Así, el valor que toma la variable para este caso es 0,643, lo cual quiere decir que, el “makespan” de esa situación es un 64,3% del valor más grande en ese nivel de demanda. La Tabla 27, muestra los valores del “makespan” normalizado, los cuales oscilan entre 0 y 1.

**Tabla 27.** Makespan Normalizado

MAKESPAN NORMALIZADO									
DEMANDA	POLÍTICA	MEZCLA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0,890	0,914	0,859	0,931	0,896	0,921	0,876	1,000
	2	0,796	0,820	0,765	0,837	0,802	0,827	0,782	0,906
	3	0,661	0,633	0,632	0,643	0,667	0,667	0,655	0,689
	4	0,605	0,565	0,560	0,578	0,562	0,596	0,572	0,592
2	1	0,874	0,885	0,811	0,915	0,847	0,858	0,860	1,000
	2	0,872	0,884	0,810	0,914	0,846	0,857	0,859	0,999
	3	0,699	0,645	0,643	0,678	0,673	0,691	0,694	0,762
	4	0,530	0,521	0,516	0,523	0,506	0,555	0,529	0,551
3	1	0,875	0,886	0,812	0,916	0,849	0,859	0,862	1,000
	2	0,875	0,886	0,812	0,916	0,849	0,859	0,861	1,000
	3	0,701	0,646	0,645	0,680	0,675	0,691	0,696	0,763
	4	0,530	0,521	0,516	0,523	0,506	0,555	0,529	0,551

FUENTE: Autora del proyecto

El análisis de varianza que permite contrastar formalmente las hipótesis formuladas en la sección 4.1.4., se procesó con los datos normalizados utilizando el procedimiento

MLG (*Modelo Lineal General*) disponible en el paquete estadístico de SPSS. La Tabla 28, resume el análisis de varianza completo del experimento.

**Tabla 28.** Análisis de varianza – Makespan Normalizado

Dependent Variable: MAKESPAN NORMALIZADO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<b>Corrected Model</b>	2,045 <sup>a</sup>	18	,144	202,829	,000
<b>Intercept</b>	53,026	1	53,026	94686,209	,000
<b>POLITICA</b>	1,900	3	,633	1130,696	,000
<b>DEMANDA</b>	,000	2	,000	,343	,711
<b>MEZCLA</b>	,100	7	,014	25,550	,000
<b>POLITICA * DEMANDA</b>	,044	6	,007 <sup>b</sup>	13,218	,000
<b>Error</b>	,043	77	,001		
<b>Total</b>	55,114	96			
<b>Corrected Total</b>	2,088	95			

a. R Squared = ,970 (Adjusted R Squared = ,962)

b. La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.05

FUENTE: SPSS

Como se puede observar, la tabla resumen del análisis de varianza contiene las fuentes de variación, las sumas de cuadrados, los grados de libertad (*gl*), las medias cuadráticas, los estadísticos *F* y los niveles críticos asociados a cada estadístico *F*. Toda la información está referida a los efectos principales de los factores *política de operación*, *nivel de demanda* y *mezcla*, así como a la interacción de los dos primeros factores. No aparece interacción entre los demás factores y el factor *mezcla* porque éste último es un factor bloque y se ha asumido que su interacción no es significativa. En el Anexo H, se realizan algunas pruebas para verificar que efectivamente éste supuesto se cumple.

La fila *Modelo corregido* se refiere a todos los efectos del modelo. El nivel crítico asociado al estadístico *F* ( $p=0,000 < 0,05$ ) indica que el modelo explica una parte significativa de la variación observada en el “makespan”. El valor de  $R^2$  (0,97), indica que los cuatro efectos incluidos en el modelo explican el 97% de la variabilidad del “makespan”.

Las tres filas siguientes recogen los efectos principales, es decir, los efectos de los tres factores incluidos en el modelo: *política de operación*, *demanda* y *mezcla*. Los niveles críticos (*Sig.*) para los factores *política* y *mezcla* ( $p=0,000 < 0,05$ ) proporcionan

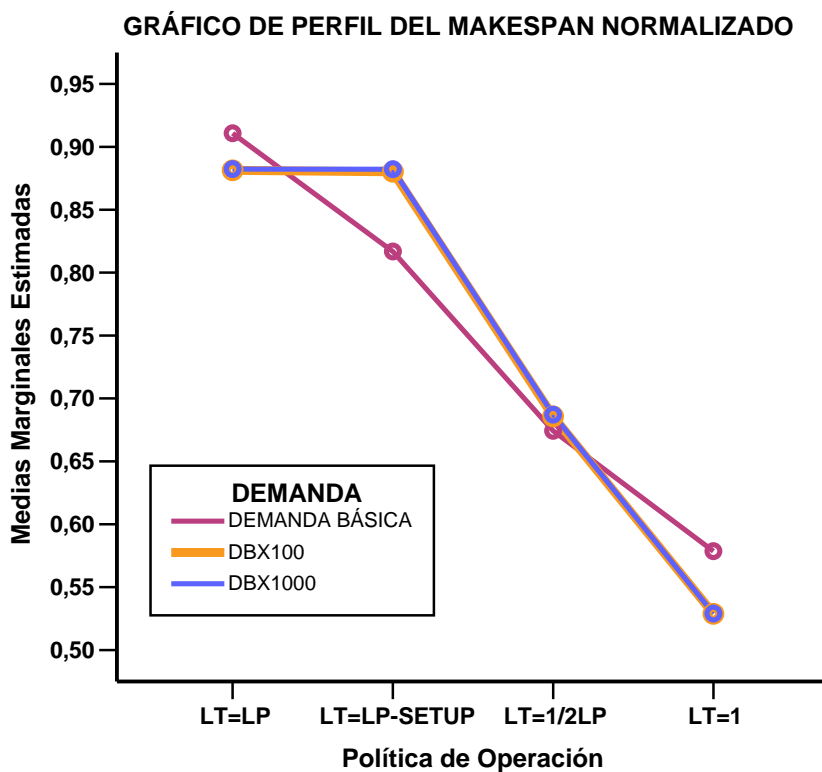
una fuerte evidencia en contra de la hipótesis nula formulada para estos factores, lo cual quiere decir que, los efectos de la *política de operación* y la *mezcla* son significativos con un nivel de confianza del 95%, indicando la presencia de diferencias en el “makespan” cuando se utilizan diferentes tamaños de lote de transferencia y diferentes mezclas de productos. En cuanto al factor *demanda*, como el nivel crítico es superior al nivel de significancia del análisis ( $p=0,711 > 0,05$ ), se puede concluir que no hay diferencias significativas en el valor del “makespan” para los diferentes niveles de demanda. Lo anterior, es consecuencia del procedimiento de normalización aplicado a los datos originales del “makespan”, pero, no altera las demás conclusiones.

Analizando el estadístico  $F$  obtenido en la tabla del análisis de varianza para el efecto del factor *política* ( $F=1130,696$ ) y el efecto del factor *mezcla* ( $F=25,550$ ), se observa que, como el estadístico es mayor para el primer factor, éste contribuye más a la variabilidad de los datos que el factor *mezcla*. En conclusión, sí existen diferencias entre los valores de “makespan” obtenidos con cada política de operación, por lo tanto, es posible reducir el “makespan” mediante la selección de un tamaño de lote de transferencia adecuado.

Aunque analizar el efecto de la mezcla no es el objetivo principal en este estudio, resulta interesante encontrar que, aunque no cambia la demanda agregada y en total se fabrica la misma cantidad de productos, la participación de éstos incide en el valor del “makespan”. Lo anterior, justifica la elección del factor *mezcla* como un bloque del diseño experimental.

La sexta fila contiene información sobre el efecto de la interacción entre los factores *política* y *demanda*. El estadístico  $F$  correspondiente a dicho efecto tiene un nivel crítico de 0,000, lo cual indica con un nivel de confianza del 95% que la interacción *política\*demanda* es significativa. Entonces, las diferencias que se dan en el “makespan” entre las diferentes políticas de operación no son las mismas en los tres niveles de demanda considerados. Como ayuda para interpretar estos resultados, se construyó el gráfico de perfil que muestra la Figura 23. El eje de las ordenadas representa la escala de las medias de la variable normalizada “makespan” y el eje de las abscisas representa los niveles del factor *política*. Las líneas del gráfico representan los niveles del factor *demanda*.

Figura 23. Gráfico de perfil - Makespan normalizado



FUENTE: SPSS

Las líneas de la Figura 23 muestran el significado de la interacción. Como las rectas no son paralelas, la interacción es significativa, lo cual es consecuente con los resultados del análisis de varianza.

En general, se consigue la mayor reducción en el “makespan” con la política de tamaños de lote de transferencia unitarios, independientemente del nivel de demanda. Al pasar de la primera política de operación a la segunda, el “makespan” disminuye sólo en el nivel de demanda básica y se mantiene en esencia sin cambio para los niveles de demanda aumentada. El comportamiento anterior demuestra la influencia del tiempo de preparación, porque, cuando se fabrican lotes de proceso pequeños el tiempo de preparación de la máquina representa una proporción considerable del tiempo de procesamiento total del lote, por lo tanto, su anticipación ayuda a reducir el “makespan”. Por otra parte, con lotes de proceso grandes, el tiempo de preparación de la máquina en comparación con el tiempo de fabricación del lote, es prácticamente despreciable, haciendo que en estos ambientes la aplicación de una política para

anticipar las preparaciones no contribuya a mejorar el “makespan” si no se complementa con fraccionamiento de lotes.

Cuando se pasa de la segunda política a la tercera y de ésta a la cuarta, el valor del “makespan” disminuye en todos los niveles de demanda, pero, se observa que tienen mayor pendiente las rectas correspondientes a los niveles de demanda aumentada. Lo anterior indica que, aunque en todos los casos se mejora el desempeño del sistema cuando se utilizan tamaños de lote de transferencia pequeños, la reducción en el “makespan” es mayor en ambientes que tienen altos niveles de demanda. Este comportamiento se debe a la influencia del tiempo de fabricación del lote, porque, cuando se trabaja con lotes de proceso grandes, las esperas de los productos son mayores que cuando se utilizan lotes de proceso pequeños, haciendo más conveniente el fraccionamiento de los lotes de proceso.

Adicionalmente, puede observarse en la Figura 23 que el comportamiento en los dos niveles de demanda aumentada es el mismo, sus rectas están justo una encima de la otra. Entonces, el efecto de las políticas de fraccionamiento de lotes es el mismo para los niveles de demanda aumentada, lo cual indica que cuando se fabrica un gran volumen de productos el efecto de las políticas se estabiliza.

La descomposición de la variabilidad presente en las observaciones mediante el análisis de varianza requiere que se satisfagan ciertos supuestos. Específicamente, esos supuestos son que el modelo  $y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \sigma_k + \varepsilon_{ijk}$  describe de manera adecuada las observaciones, y que los errores siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza  $\sigma^2$  constante pero desconocida. Para comprobar que las conclusiones del análisis de varianza son válidas, se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad en el Anexo I.

**5.1.3 Efectos simples y comparaciones múltiples.** Como la interacción entre los factores *política* y *mezcla* resultó significativa, se realizaron análisis de efectos simples y contrastes particulares de medias.

- **Efectos simples**

El análisis de los efectos simples permite comprobar si existen diferencias significativas entre los niveles del factor *política* dentro de cada nivel de demanda. En

SPSS, este tipo de análisis no está disponible a través de los cuadros de diálogo, pero, se puede obtener mediante el uso de la siguiente sintaxis:

UNIANOVA

MAKESC BY DEMANDA MEZCLA POLITICA

/METHOD = SSTYPE(3)

/INTERCEPT = INCLUDE

/EMMEANS = TABLES(POLITICA) COMPARE ADJ(BONFERRONI)

/EMMEANS = TABLES(DEMANDA\*POLITICA)COMPARE(POLITICA)ADJ(BONFERRONI)

/CRITERIA = ALPHA(.05)

/DESIGN = DEMANDA MEZCLA POLITICA DEMANDA\*POLITICA .

La Tabla 29 muestra los resultados obtenidos con el análisis de los efectos simples, incluyendo el valor F y el nivel de significancia en cada nivel de demanda. Los resultados obtenidos ( $p=0,000 \leq 0,05$ ) sugieren que existe una diferencia significativa entre las cuatro políticas de tamaño de lote de transferencia en el nivel de demanda básica y los niveles de demanda aumentada.

**Tabla 29.** Análisis de los efectos simples – Makespan Normalizado

Dependent Variable: MAKESPAN NORMALIZADO

DEMANDA	Source	Statistics				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DEMANDA BÁSICA	Contrast	,546	3	,182	324,844	,000
	Error	,043	77	,001		
DBX100	Contrast	,697	3	,232	414,738	,000
	Error	,043	77	,001		
DBX1000	Contrast	,702	3	,234	417,549	,000
	Error	,043	77	,001		

\*La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.05.

FUENTE: SPSS

Como los estadísticos  $F$  correspondientes a los efectos simples son significativos, se sabe que existen diferencias entre las políticas de operación en cada nivel de demanda, pero no se sabe dónde se encuentran, es decir, no se conoce en concreto que políticas difieren de las demás en cada uno de los niveles de demanda. Una interpretación correcta del efecto de la interacción exige utilizar *comparaciones múltiples* para comparar las medias individuales de cada una de las políticas de operación en cada nivel demanda, y así descubrir diferencias específicas.

#### ▪ Comparaciones Múltiples

Como la interacción entre la política de operación y el nivel de demanda es significativa, las comparaciones entre las medias del factor *política* pueden ser oscurecidas por dicha interacción. Para evitar esto, se aplicaron las pruebas de comparaciones múltiples en cada nivel de demanda por separado.

Existen varios procedimientos como las pruebas de Tukey, Sidak, Bonferroni, LSD, Scheffé, Duncan, Dunnett y Games-Howell para averiguar qué medias difieren de las demás. Como el procedimiento de comparaciones múltiples en este caso se realiza para cada nivel de demanda por separado y debe solicitarse mediante sintaxis, las únicas pruebas disponibles son las pruebas de Bonferroni, LSD y Sidak. Aunque no son las más aceptadas para este tipo de análisis, se realizaron las comparaciones por los tres métodos para verificar que con todos se obtuvieran resultados similares. La Tabla 30 muestra el resultado obtenido en las comparaciones múltiples mediante la prueba de Sidak, la cual, es menos conservadora que la prueba de Bonferroni, es decir, rechaza la hipótesis de igualdad de medias en más ocasiones. Sin embargo, en el Anexo J se muestra un resumen de los resultados obtenidos con las comparaciones múltiples de las pruebas de Bonferroni y LSD. Puede observarse que se llega a las mismas conclusiones con los tres procedimientos.

En la primera columna de la Tabla 30 aparecen todas las posibles combinaciones dos a dos de los niveles del factor *política de operación*. A continuación, aparecen las diferencias entre el “makespan” normalizado, junto con su error típico y nivel crítico asociado. Los grupos cuyas medias difieren significativamente del nivel establecido ( $\alpha=0,05$ ), están marcados con un asterisco. Los límites del intervalo de confianza de las dos últimas columnas permiten estimar entre que valores se encuentra la verdadera diferencia entre las medias de los grupos. Dos políticas de operación difieren significativamente cuando el intervalo no incluye el valor cero.

Al observar en la Tabla 30 las comparaciones entre las políticas en el nivel de demanda básica, se percibe que todos los promedios comparados difieren significativamente, es decir, que en el nivel de demanda básica, debido a la aplicación de diferentes políticas de tamaño de lote de transferencia, el desempeño es diferente para cada una de ellas, obteniendo el menor valor del “makespan” cuando se trabaja con lotes de transferencia unitarios. Entonces, al cambiar la primera política por

cualquiera de las dos últimas, es posible obtener reducciones en el “makespan” estadísticamente significativas. De igual forma, aunque la segunda política no considera el fraccionamiento de lotes sino la anticipación de la preparación de las máquinas, ésta permite reducir el “makespan” en el nivel de demanda básica. La mayor diferencia en el nivel de demanda básica se obtiene entre las políticas 1 y 4, y la menor diferencia entre las políticas 1 y 2. Por lo tanto, aunque cualquiera de las tres últimas políticas ayuda a mejorar el “makespan”, es mejor utilizar lotes de transferencia unitarios.

Por otro lado, se puede observar que en los dos niveles de demanda aumentada, los valores de las diferencias son muy similares, lo cual, es consecuente con la gráfica de perfil, en donde las rectas para estos dos niveles de demanda se encontraban justo una encima de la otra. En conclusión, el efecto de las políticas de fraccionamiento de lotes es el mismo en los niveles de demanda aumentada.

En cuanto a las diferencias obtenidas en los dos niveles de demanda aumentada, se puede observar que no hay diferencias significativas entre utilizar la primera política y la segunda. Entonces, anticipar el tiempo de preparación cuando se fabrica un gran volumen de productos no reduce significativamente el “makespan”. Este comportamiento se explica por la influencia del tiempo de preparación de las máquinas en relación con el tiempo de procesamiento del lote. Cuando se elaboran pocas piezas, el tiempo de preparación es una fracción importante del tiempo de procesamiento total, entonces, al anticipar el alistamiento de las máquinas, la reducción obtenida en el “makespan” se relaciona directamente con dicha proporción. Por el contrario, cuando se están fabricando bastantes piezas, el tiempo de preparación es una fracción insignificante del tiempo de procesamiento total, entonces, al anticipar los cambios en las máquinas, el “makespan” se reduce poco. En conclusión, cuando se anticipan las preparaciones de las máquinas, la reducción del “makespan” se relaciona directamente con la cantidad de productos que se están fabricando. Entonces, usar la segunda política como estrategia para reducir el “makespan” sólo es recomendable en sistemas con demandas pequeñas. En sistemas que fabrican muchas unidades de producto, la anticipación de los tiempos de preparación se debe complementar con el fraccionamiento de los lotes de proceso. Además, se observa que al igual que en la demanda básica, en los dos niveles de demanda aumentada las diferencias entre la primera política y las dos últimas son

significativas. La diferencia más significativa se obtuvo con la última política, lo cual indica, que pasar de un lote de transferencia igual al lote de proceso a un lote de transferencia unitario reduce significativamente el “makespan”. Por lo tanto, la última política es la más conveniente en los sistemas productivos tipo “flow shop” que fabriquen un gran volumen de productos.

**Tabla 30.** Comparaciones Múltiples – Makespan Normalizado

Dependent Variable: MAKESPAN NORMALIZADO

DEMANDA	(I) POLÍTICA DE TRANSFERENCIA	(J) POLÍTICA DE OPERACIÓN	Statistics				
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
DEMANDA BÁSICA	LT=LP	LT=LP-SETUP	,094*	,012	,000	,055	,133
		LT=1/2LP	,237*	,012	,000	,198	,275
		LT=1	,332*	,012	,000	,293	,371
	LT=LP-SETUP	LT=LP	-,094*	,012	,000	-,133	-,055
		LT=1/2LP	,161*	,012	,000	,104	,181
		LT=1	,238*	,012	,000	,199	,277
	LT=1/2LP	LT=LP	-,255*	,012	,000	-,275	-,198
		LT=LP-SETUP	-,161*	,012	,000	-,181	-,104
		LT=1	,077*	,012	,000	,057	,134
	LT=1	LT=LP	-,332*	,012	,000	-,371	-,293
		LT=LP-SETUP	-,238*	,012	,000	-,277	-,199
		LT=1/2LP	-,077*	,012	,000	-,134	-,057
DBX100	LT=LP	LT=LP-SETUP	,001	,012	1,0	-,038	,040
		LT=1/2LP	,196*	,012	,000	,157	,234
		LT=1	,353*	,012	,000	,314	,391
	LT=LP-SETUP	LT=LP	-,001	,012	1,0	-,040	,038
		LT=1/2LP	,194*	,012	,000	,156	,233
		LT=1	,351*	,012	,000	,313	,390
	LT=1/2LP	LT=LP	-,196*	,012	,000	-,234	-,157
		LT=LP-SETUP	-,194*	,012	,000	-,233	-,156
		LT=1	,157*	,012	,000	,118	,196
	LT=1	LT=LP	-,353*	,012	,000	-,391	-,314
		LT=LP-SETUP	-,351*	,012	,000	-,390	-,313
		LT=1/2LP	-,157*	,012	,000	-,196	-,118
DBX1000	LT=LP	LT=LP-SETUP	,000	,012	1,0	-,039	,039
		LT=1/2LP	,195*	,012	,000	,156	,234
		LT=1	,353*	,012	,000	,315	,392
	LT=LP-SETUP	LT=LP	,000	,012	1,0	-,039	,039
		LT=1/2LP	,195*	,012	,000	,156	,234
		LT=1	,353*	,012	,000	,314	,392
	LT=1/2LP	LT=LP	-,195*	,012	,000	-,234	-,156
		LT=LP-SETUP	-,195*	,012	,000	-,234	-,156
		LT=1	,158*	,012	,000	,119	,197
	LT=1	LT=LP	-,353*	,012	,000	-,392	-,315
		LT=LP-SETUP	-,353*	,012	,000	-,392	-,314
		LT=1/2LP	-,158*	,012	,000	-,197	-,119

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Sidak.

FUENTE: SPSS

Con los hallazgos anteriores se estableció en cada nivel de demanda, qué par de políticas son estadísticamente diferentes, pero, resulta interesante investigar en qué nivel de demanda la diferencia es más significativa. Por eso, con base en los valores del “makespan” de las 8 mezclas, en cada política de operación y nivel de demanda, se calculó un intervalo de confianza del 95% y un promedio para estimar los porcentajes de cambio de esta medida entre los pares de políticas que reportaron diferencias significativas con la prueba de Sidak. La Tabla 31 muestra los resultados obtenidos. No se consideró el cambio de la primera política a la segunda en los niveles de demanda aumentada porque entre éstas las diferencias no son significativas.

**Tabla 31.** Intervalos de Confianza – Reducciones Makespan

DEMANDA	POLÍTICA DE TRANSFERENCIA		LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	PROMEDIO
<b>DEMANDA BÁSICA</b>	LT=LP	LT=LP-SETUP	9,9%	10,7%	10,3%
		LT=1/2LP	25,7%	30,1%	27,9%
		LT=1	34,1%	38,7%	36,4%
	LT=LP-SETUP	LT=1/2LP	16,9%	22,3%	19,6%
		LT=1	26,3%	31,8%	29,0%
LT=1/2LP	LT=1	9,8%	13,7%	11,8%	
<b>DBX100</b>	LT=LP	LT=1/2LP	19,5%	24,7%	22,1%
		LT=1	37,2%	42,5%	39,9%
	LT=LP-SETUP	LT=1/2LP	19,4%	24,6%	21,9%
		LT=1	37,1%	42,4%	39,8%
	LT=1/2LP	LT=1	20,3%	25,2%	22,8%
<b>DBX1000</b>	LT=LP	LT=1/2LP	19,5%	24,6%	22,0%
		LT=1	37,3%	42,5%	39,9%
	LT=LP-SETUP	LT=1/2LP	19,4%	24,6%	22,0%
		LT=1	37,2%	42,5%	39,9%
	LT=1/2LP	LT=1	20,4%	25,4%	22,9%

FUENTE: Autora del proyecto

Las conclusiones que se obtienen al analizar la Tabla 31 son:

- Aunque las diferencias entre las políticas 1 y 3 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el “makespan” cuando se cambia de la primera política a la tercera en el nivel de demanda básica (27,9%), en comparación con los niveles de demanda aumentada (22%).

- Aunque las diferencias entre las políticas 1 y 4 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el “makespan” cuando se cambia de la primera política a la cuarta en los niveles de demanda aumentada (39.9%), en comparación con el nivel de demanda básica (36.4%).
- Aunque las diferencias entre las políticas 2 y 3 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el “makespan” cuando se cambia de la segunda política a la tercera en los niveles de demanda aumentada (22%), en comparación con el nivel de demanda básica (19,6%).
- Aunque las diferencias entre las políticas 2 y 4 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el “makespan” cuando se cambia de la segunda política a la cuarta en los niveles de demanda aumentada (39.9%), en comparación con el nivel de demanda básica (29%).
- Aunque las diferencias entre las políticas 3 y 4 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el “makespan” cuando se cambia de la tercera política a la cuarta en los niveles de demanda aumentada (22.9%), en comparación con el nivel de demanda básica (11,8%).

En resumen, son más significativas las diferencias encontradas entre cada par de medias en los niveles de demanda aumentada, a excepción de la diferencia entre el “makespan” de la primera política y la tercera, la cual es más significativa en el nivel de demanda básica. La Tabla 32 muestra en qué tipo de demanda es más recomendable cambiar el tamaño de lote de transferencia cuando se quiere reducir el makespan, según las comparaciones entre cada par de políticas de operación.

**Tabla 32.** Conveniencia de las políticas - Makespan

CAMBIO DE POLÍTICAS		Se justifica con demandas:	Reducciones más significativas con demandas:
LT=LP	LT=LP-SETUP LT=1/2LP LT=1	Pequeñas Grandes y pequeñas Grandes y pequeñas	Pequeñas Pequeñas Grandes
LT=LP-SETUP	LT=1/2LP LT=1	Grandes y pequeñas Grandes y pequeñas	Grandes Grandes
LT=1/2P	LT=1	Grandes y pequeñas	Grandes

FUENTE: Autora del proyecto

**Consideración del manejo y control de materiales.** Suponiendo que se tiene una configuración productiva como la de la Figura 4, en la que inicialmente se fabrican los trabajos sin considerar el fraccionamiento de los mismos, ni la anticipación de los tiempos de preparación (primera política), se quiere determinar, con base en las políticas que son estadísticamente diferentes, si se justifica implementar cualquiera de las otras políticas, teniendo en cuenta las implicaciones relacionadas con el manejo de materiales, a fin de evaluar hasta qué punto se justifican los esfuerzos adicionales en el transporte y control de las piezas.

En la Tabla 31 puede observarse que en todos los niveles de demanda cuando se pasa de la primera política (con la que opera inicialmente el sistema) a las demás, el makespan se reduce. Pero, dado que en el modelo no se tuvo en cuenta el tiempo asociado con el transporte de los sublotes, es posible que las mejoras no sean reales, porque el fraccionamiento de lotes aumenta la frecuencia de los movimientos y la dificultad para controlar la circulación a través del taller, pudiendo ocasionar retrasos en el traslado de los productos. Por lo tanto, se establecieron algunas conjeturas para evaluar el efecto real de las políticas.

Se fijó para cada política un porcentaje de reducción que se espera como mínimo para justificar los esfuerzos y requerimientos adicionales. Sólo para las políticas cuyo desempeño supere dichos porcentajes, se considerará que la mejora es significativa y su implementación es conveniente.

Como la configuración productiva analizada es de tipo “flow shop”, su distribución encaja con el enrutamiento de las partes, lo cual, facilita la implementación de políticas de fraccionamiento de lotes porque el control y movimiento de los materiales se afecta poco. Sería suficiente con asegurar que los centros de trabajo se encuentren cercanos entre sí y se estén cumpliendo las rutas establecidas para los trabajos. Presumiendo que en este tipo de configuraciones las implicaciones de la implementación de políticas de fraccionamiento de lotes no van más allá de la racionalización de la distribución de la planta y los mecanismos de ruteo y de transporte, se utilizó para evaluar la reducción en el “makespan” un porcentaje mínimo del 25% para la política en la que se transfiere la mitad del lote de proceso y del 40% para la política de lotes de transferencia unitarios. Este último porcentaje es mayor porque, sin duda, el traslado de lotes de transferencia unitarios es más complejo y su implementación debe

reducir el “makespan” en una mayor proporción. Como lo único que implica la segunda política es la anticipación de los tiempos de preparación, cualquier reducción que pueda obtenerse por esta vía es significativa. Obviamente, en la práctica, el nivel de significancia de las reducciones obtenidas en el “makespan” por la aplicación de políticas de fraccionamiento de lotes varía de una organización a otra, dado que depende particularmente de la configuración productiva analizada. Los porcentajes determinados aplican exclusivamente al sistema productivo de la Figura 4.

Según la Tabla 31, en el nivel de demanda básica es más útil trasladar la mitad del lote de proceso, porque, con esta política el “makespan” se reduce con un nivel de confianza del 95% entre un 25,7% y un 30,1%. Dicho intervalo, es superior al porcentaje mínimo establecido para la tercera política (25%). De igual forma, si sólo se anticipa la preparación de las máquinas, sin fraccionar los lotes, se pueden obtener reducciones en el “makespan” de entre un 9% y un 10.7%, lo cual, es favorable porque esa política no implica cambios significativos en los mecanismos de transporte y la distribución de la planta.

Como se observa en la Tabla 31, el comportamiento en los dos niveles de demanda aumentada es similar, los porcentajes de reducción obtenidos en el “makespan” al pasar de la primera política a cualquiera de las dos últimas son idénticos. Entonces, aplican las mismas conclusiones para los dos casos. En los niveles de demanda aumentada es mejor utilizar tamaños de lote de transferencia unitarios, porque, el intervalo de confianza que describe el porcentaje de reducción del “makespan” cuando se utiliza la cuarta política contiene el porcentaje mínimo establecido del 40%. El intervalo de confianza del porcentaje de reducción de la tercera política no alcanza a llegar al 25% y de acuerdo con las suposiciones establecidas, reducciones entre un 19.5% y 24.6% no compensan los esfuerzos adicionales requeridos para la implementación de dicha política. La Tabla 33 muestra las conclusiones obtenidas al considerar el tema del transporte y control de materiales.

**Tabla 33.** Conveniencia de las políticas con manejo de materiales - Makespan

POLÍTICA INICIAL	POLÍTICA FINAL	SE JUSTIFICA EN:
LT=LP	LT=LP-SETUP	Demanda Básica
	LT=1/2LP	Demanda Básica
	LT=1	DBX100 ; DBX1000

FUENTE: Autora del proyecto

## 5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE “MEAN FLOW TIME”

Esta variable se calculó a partir de los tiempos de finalización de cada uno de los 8 trabajos que se fabrican en el sistema productivo, como se indicó en la sección 4.1.3. Los tiempos promedio de flujo por unidad obtenidos se muestran en la Tabla 34.

**Tabla 34.** Tiempos promedio de flujo por unidad

TIEMPO PROMEDIO DE FLUJO POR UNIDAD									
F2	F1	F3: MEZCLA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
DEMANDA 1	P1	314,5	261,1	273,8	262,1	268,6	261,5	288,4	246,9
	P2	273,5	220,3	234,8	221,5	228,0	223,2	247,4	206,7
	P3	212,7	163,7	178,4	165,4	173,0	201,4	192,6	154,0
	P4	186,9	135,3	159,6	137,8	171,3	153,7	160,8	130,2
DEMANDA 2	P1	243,4	200,9	208,2	199,9	209,1	197,2	220,3	185,9
	P2	243,0	200,5	205,5	199,5	208,7	196,8	219,9	185,5
	P3	184,1	140,7	153,7	139,5	150,2	144,1	167,6	128,8
	P4	141,5	103,7	114,3	117,5	110,6	109,1	126,0	108,6
DEMANDA 3	P1	242,7	200,4	205,7	199,3	208,5	196,6	219,7	185,4
	P2	242,7	200,3	205,3	199,3	208,5	196,6	219,7	185,3
	P3	183,9	140,5	153,7	139,3	150,0	144,0	167,4	128,6
	P4	141,1	103,4	114,0	117,2	110,2	108,7	125,7	108,2

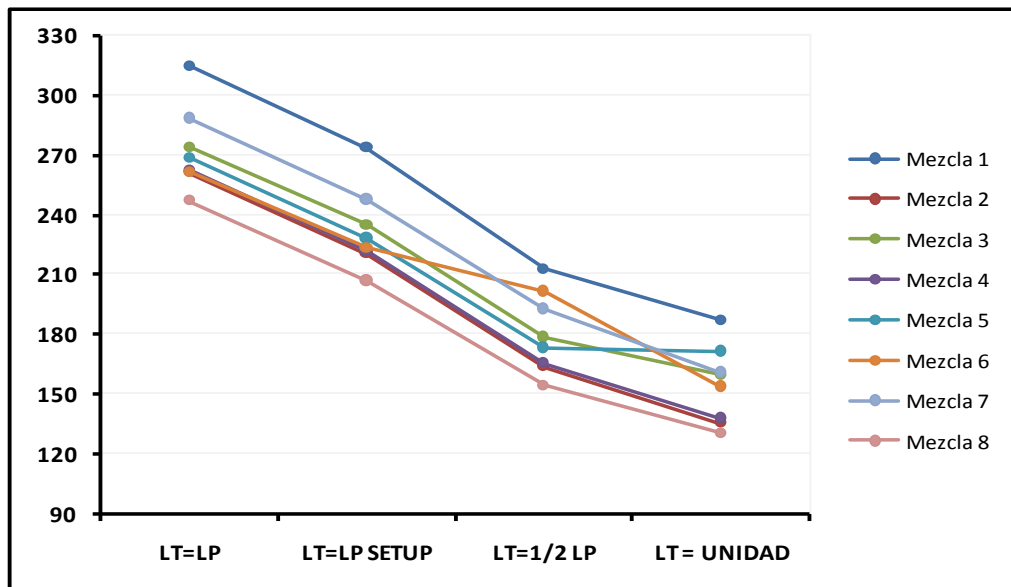
FUENTE: Autora del proyecto

**5.2.1 Análisis descriptivo.** Las Figuras 24, 25 y 26 muestran el tiempo promedio de flujo unitario obtenido con cada política de operación al interior de cada mezcla y nivel de demanda. Allí, puede observarse que en cada nivel de demanda, al cambiar la política de operación hacia la utilización de tamaños de lote de transferencia más pequeños en cualquier mezcla de productos, se reduce el “mean flow time”. Entonces, es posible que el uso de lotes de transferencia pequeños en el sistema productivo reduzca el tiempo de flujo de los productos y permita que cada pieza permanezca durante menos tiempo en el sistema, mayor velocidad de respuesta y reducción de inventarios.

El mayor tiempo de flujo se genera con la primera política, es decir, cuando no se utilizan lotes de transferencia; éste valor va disminuyendo progresivamente hasta

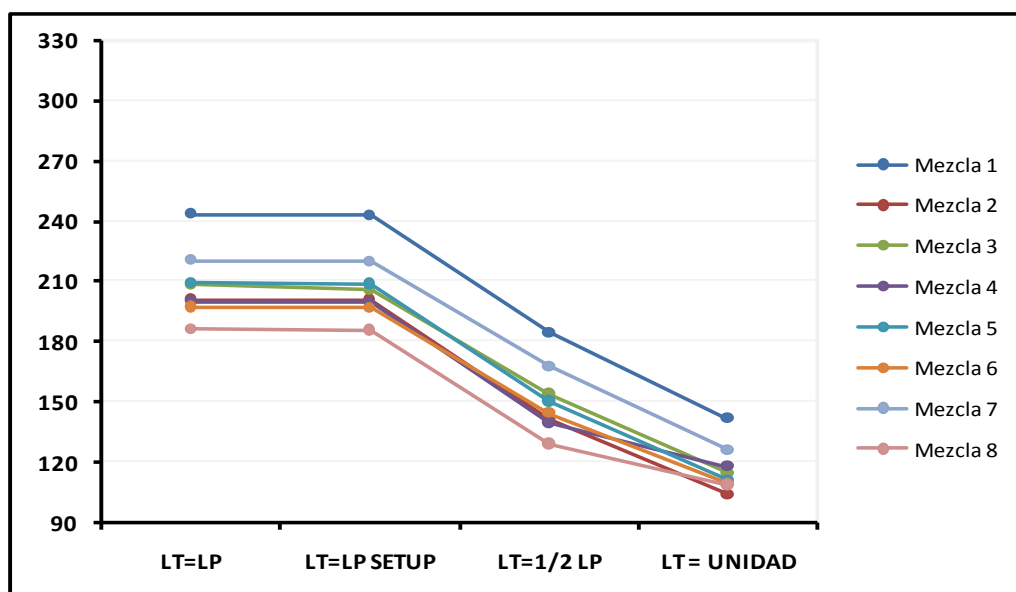
alcanzar en todos los casos el valor mínimo cuando se trasladan los productos en tamaños de lote de transferencia unitarios. Entonces, la política que más congestiona el sistema e impide el flujo suave de los productos es aquella en la que no se contempla el fraccionamiento de lotes, mientras que la que dinamiza y acelera el movimiento de las partes a través del sistema es la cuarta política. Este comportamiento se observó por igual en todos los niveles de demanda analizados.

**Figura 24.** Mean Flow Time – Demanda Básica



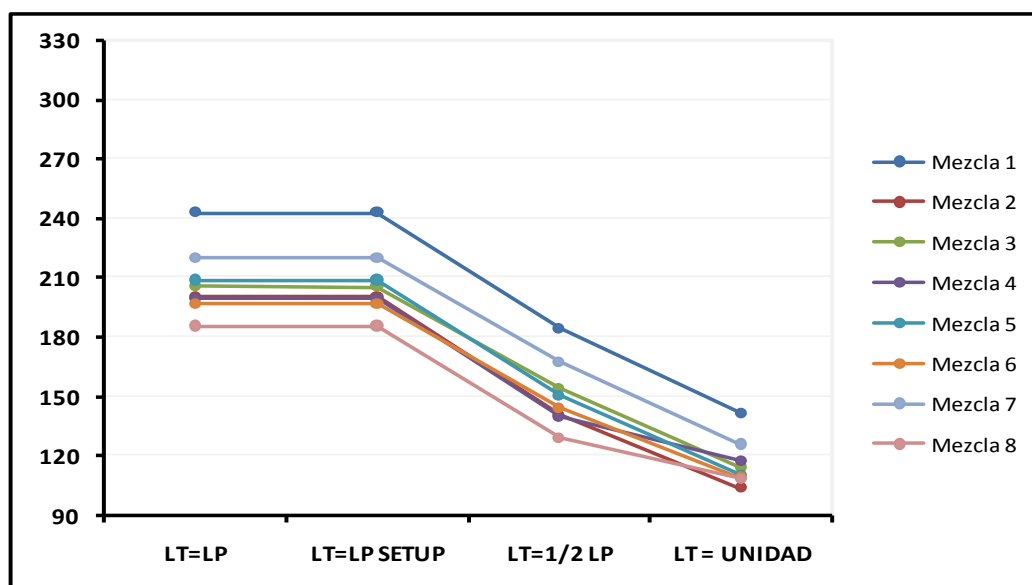
FUENTE: Autora del proyecto

**Figura 25.** Mean Flow Time – Demanda Básica x 100



FUENTE: Autora del proyecto

**Figura 26.** Mean Flow Time – Demanda Básica x 1000



FUENTE: Autora del proyecto

Por otra parte, aparentemente el uso de las mezclas como factor bloque fue una buena elección, porque, en los tres niveles de demanda analizados, mezclas diferentes originan valores diferentes en el tiempo de flujo, influyendo así este factor en la variabilidad de la medida de desempeño. Según las gráficas, la mezcla 1 es la que siempre genera el valor más alto en el “mean flow time”, y la mezcla 8 el más pequeño. Dicho comportamiento puede explicarse al considerar en cada mezcla la participación del último trabajo que sale del taller, según la secuencia establecida por Gams/Cplex. En la Tabla 35, se resume el orden de terminación de los trabajos en los casos correspondientes a las mezclas 1 y 8 del nivel de demanda básica, así como la participación de cada uno de ellos en la mezcla. Como se puede observar, en ambas mezclas el último trabajo que sale del sistema es el correspondiente al producto 8, por lo tanto, es el que tiene el mayor tiempo de finalización asociado. Como en la mezcla 1 el trabajo 8 participa sólo con 4 productos, al dividir el tiempo de terminación de dicho trabajo por su demanda, se obtiene para cada unidad de este tipo de producto un tiempo de flujo grande, lo cual hace que al promediar este valor con los tiempos de flujo unitarios de los demás trabajos, de cómo resultado un mayor valor en el “mean flow time”. En contraste, en la mezcla 8, el trabajo 8 participa con 20 productos, lo cual hace que el tiempo de terminación se distribuya entre una mayor cantidad de productos, obteniendo para esta mezcla un tiempo promedio de flujo por unidad menor.

Adicionalmente, cuando se pasa de una política de operación a otra y de un nivel de demanda a los demás, la mezcla tiene el mismo efecto en el “mean flow time”, es decir, aquellas mezclas con tiempos de flujo más altos o más bajos siguen conservando su posición. Este comportamiento es un indicio de que no existe interacción entre el factor *mezcla* y los factores *política de operación* y *nivel de demanda*.

**Tabla 35.** Orden de terminación de los trabajos en las mezclas 1 y 8

MEZCLA 1								
ORDEN TERMINACIÓN	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>8</sub>
DEMANDA	15	13	10	5	15	20	10	4
MEZCLA 8								
ORDEN TERMINACIÓN	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>8</sub>
DEMANDA	10	4	13	5	15	10	15	20

FUENTE: Autora del proyecto

La reducción obtenida en el “mean flow time” al pasar de la primera política a la segunda política en los dos niveles de demanda aumentada, no es tan significativa como en la demanda básica. Pero, cuando se utiliza la mitad del lote de proceso o lotes de transferencia unitarios, se observa una reducción similar en todos los niveles de demanda. Debido a la diferencia en el comportamiento de la variable respuesta cuando se pasa de la primera política a la segunda en el nivel de demanda básica, en comparación con los niveles de demanda aumentada, es posible que la interacción entre las políticas de operación y el nivel de demanda sea significativa, es decir, que el cambio de una política a otra no produzca el mismo efecto entre niveles de demanda diferentes.

Para analizar los datos en conjunto, se calcularon estadísticos descriptivos en cada nivel de demanda, los cuales se muestran en las Tablas 36, 37 y 38.

Puede verificarse que los estadísticos descriptivos calculados son representativos de las 8 mezclas porque, revelan el mismo comportamiento observado en las gráficas anteriores. En primer lugar, se observa que en los tres niveles de demanda se obtiene el mayor tiempo promedio de flujo unitario con la política de tamaño de lote de transferencia igual al lote de proceso y que éste se va reduciendo a medida que se implementa el fraccionamiento de lotes, obteniendo los valores más pequeños con la

política de tamaño de lotes de transferencia unitarios. Sin embargo, también puede observarse que cuando se tienen altos niveles de demanda, al pasar de la primera política a la segunda no se reducen significativamente los tiempos de flujo (0,34% en el segundo nivel de demanda y 0,05% en el tercero), en comparación con la reducción en el nivel de demanda básica (14,8%). En contraste, al pasar de la primera política a la cuarta, la reducción es igual de significativa en todos los niveles de demanda (43.2% de mejora en la demanda básica y 44% en las demandas aumentadas).

**Tabla 36.** Estadísticos Descriptivos – Mean Flow Time – Demanda Básica

Política de Operación	Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Range	Minimum	Maximum
LT=LP	8	272,113	20,8635	67,6	246,9	314,5
LT=LP-SETUP	8	231,925	20,5213	66,8	206,7	273,5
LT=1/2LP	8	180,150	20,3268	58,7	154,0	212,7
LT=1	8	154,450	19,4067	56,7	130,2	186,9
Valid N (listwise)	8					

FUENTE: SPSS

**Tabla 37.** Estadísticos Descriptivos – Mean Flow Time – Demanda Básica x 100

Política de Operación	Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Range	Minimum	Maximum
LT=LP	8	208,113	17,4301	57,5	185,9	243,4
LT=LP-SETUP	8	207,425	17,4475	57,5	185,5	243,0
LT=1/2LP	8	151,088	17,5574	55,3	128,8	184,1
LT=1	8	116,413	12,1705	37,8	103,7	141,5
Valid N (listwise)	8					

FUENTE: SPSS

**Tabla 38.** Estadísticos Descriptivos – Mean Flow Time – Demanda Básica x 1000

Política de Operación	Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Range	Minimum	Maximum
LT=LP	8	207,288	17,3889	57,3	185,4	242,7
LT=LP-SETUP	8	207,213	17,4183	57,4	185,3	242,7
LT=1/2LP	8	150,925	17,5561	55,3	128,6	183,9
LT=1	8	116,063	12,1658	37,7	103,4	141,1
Valid N (listwise)	8					

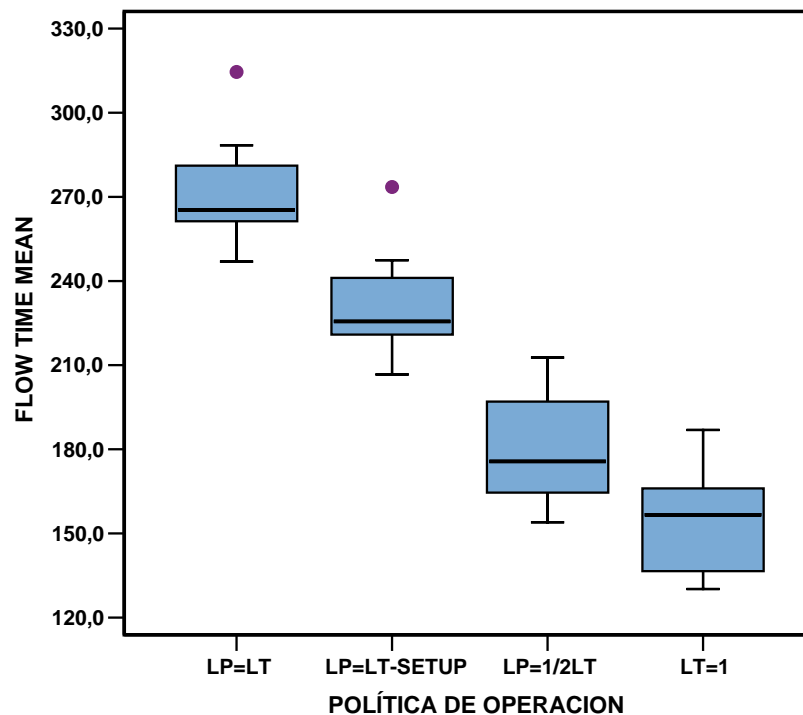
FUENTE: SPSS

Los valores del tiempo promedio de flujo por unidad en los dos niveles de demanda aumentada son idénticos, pero a su vez, son menores que los obtenidos en el nivel de

demanda básica, lo cual indica que en los ambientes que exigen mayor uso de recursos, los productos van moviéndose de una estación a otra más rápidamente.

A continuación, para complementar los análisis realizados hasta el momento, se muestran en las Figuras 27, 28 y 29 los diagramas de caja respectivos a cada nivel de demanda.

**Figura 27.** Diagrama de caja – Mean Flow Time – Demanda Básica



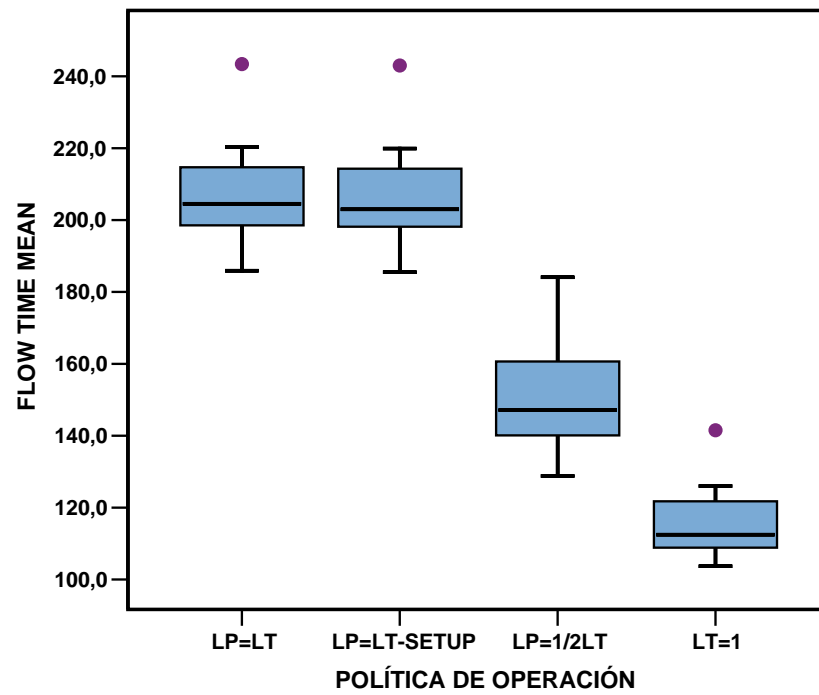
FUENTE: SPSS

En estos diagramas, puede observarse un comportamiento similar al descrito con las gráficas iniciales y los estadísticos descriptivos, reducciones en el tiempo promedio de flujo cuando se permite el fraccionamiento de los lotes de proceso, mayor velocidad de respuesta cuando se utilizan tamaños de lote de transferencia unitarios, tiempos de flujo más pequeños cuando se anticipan los alistamientos de las máquinas sólo en el nivel de demanda básica y menor variabilidad en el tiempo de flujo obtenido para diferentes mezclas con lotes de transferencia unitarios.

**5.2.2 Análisis de varianza.** A diferencia de los métodos de análisis utilizados en la sección anterior, el análisis de varianza permite realizar comparaciones homogéneas entre cada combinación de tratamientos para detectar los cambios producidos en el

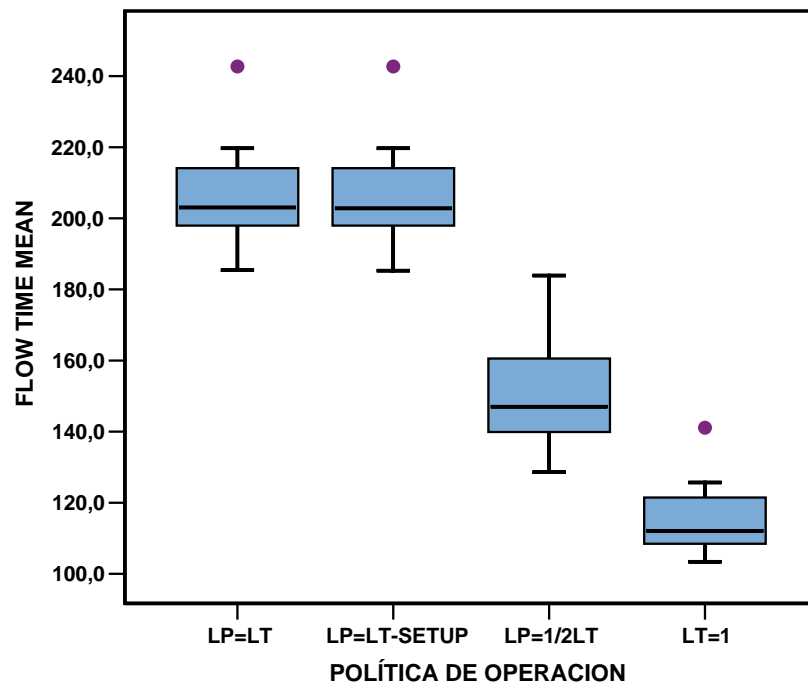
tiempo promedio de flujo como consecuencia de la influencia de los factores que se analizan.

**Figura 28.** Diagrama de caja – Mean Flow Time – Demanda Básica x 100



FUENTE: SPSS

**Figura 29.** Diagrama de caja – Mean Flow Time – Demanda Básica x 1000



FUENTE: SPSS

Con esta variable respuesta el análisis se basa en evaluar el efecto de los factores *política de operación* y *nivel de demanda*, así como su interacción. A diferencia de lo que sucedía con la variable “makespan”, con el tiempo promedio de flujo si tiene sentido investigar el efecto de la demanda, porque es una medida de desempeño unitaria, que representa el tiempo que cualquier unidad de un trabajo demora en el sistema, desde el momento en que entra en él hasta que finaliza su última operación, lo cual, es independiente de la cantidad de productos que se están fabricando.

El análisis de varianza que permite contrastar formalmente las hipótesis formuladas en la sección 4.1.4., se procesó utilizando el procedimiento *MLG (Modelo Lineal General)* disponible en el paquete estadístico SPSS. La Tabla 39, resume el análisis de varianza completo del experimento.

**Tabla 39.** Análisis de varianza – Mean Flow Time

Dependent Variable: FLOW TIME MEAN

Source	Statistics				
	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<b>Corrected Model</b>	219814,969 <sup>a</sup>	18	12211,943	346,247	,000
<b>Intercept</b>	3236022,706	1	3236022,706	91751,376	,000
<b>POLÍTICA</b>	158463,217	3	52821,072	1497,643	,000
<b>DEMANDA</b>	32600,027	2 <sup>b</sup>	16300,014	462,156	,000
<b>MEZCLA</b>	23681,265	7	3383,038	95,920	,000
<b>POLÍTICA * DEMANDA</b>	5070,459	6	845,077	23,961	,000
<b>Error</b>	2715,749	77	35,269		
<b>Total</b>	3458553,424	96			
<b>Corrected Total</b>	222530,718	95			

a. R Squared = ,988 (Adjusted R Squared = ,985)

b. La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.05

FUENTE: SPSS

En la tabla resumen del análisis de varianza no aparece interacción entre los demás factores y el factor *mezcla* porque éste último es un factor bloque y se ha asumido que su interacción no es significativa. En el Anexo K, se realizan algunas pruebas para verificar que efectivamente éste supuesto se cumple.

El nivel crítico asociado al estadístico *F* de la fila modelo corregido ( $p=0,000 < 0,05$ ) indica que el modelo explica una parte significativa de la variación observada en el tiempo de flujo. El valor de  $R^2$  (0,988), indica que los cuatro efectos incluidos en el

modelo (*política, demanda, mezcla, relación\*demanda*) están explicando el 98% de la varianza del tiempo promedio de flujo unitario.

Las tres filas siguientes recogen los efectos principales, es decir, los efectos de los tres factores incluidos en el modelo: *política de operación, demanda y mezcla*. Los niveles críticos (*Sig.*) para estos tres factores ( $p=0,000 < 0.05$ ) proporcionan una fuerte evidencia en contra de la hipótesis nula, lo cual quiere decir que, los efectos de la *política de operación, la mezcla y la demanda* en el “mean flow time” son significativos con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el tiempo de flujo varía cuando se utilizan diferentes tamaños de lote de transferencia, niveles de demanda y mezclas de productos.

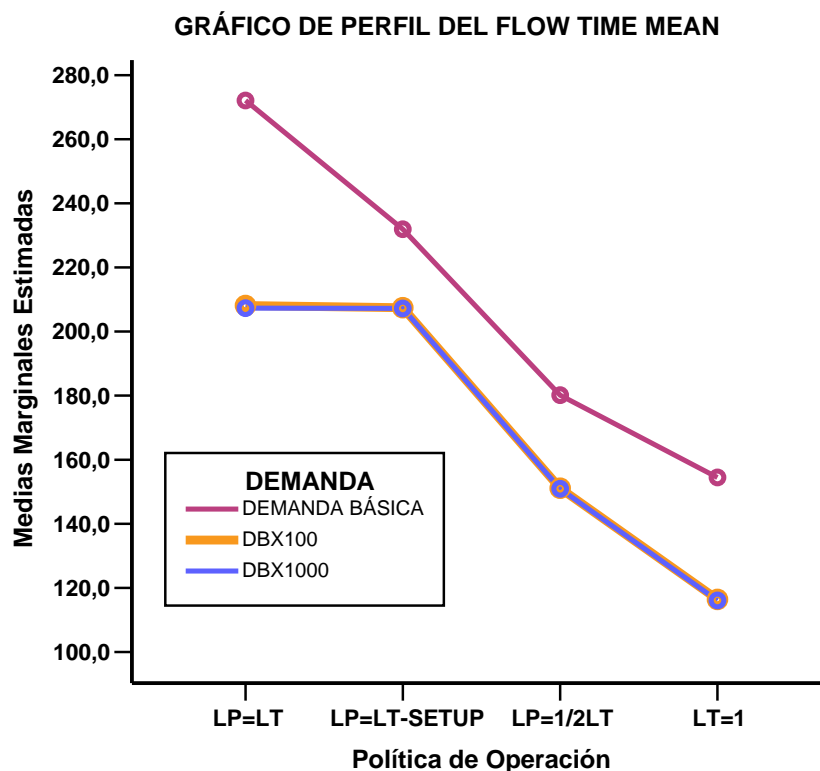
Analizando el estadístico *F* obtenido en la tabla del análisis de varianza para los efectos del factor *política* ( $F=1497,64$ ), *demanda* ( $F=462,6$ ) y *mezcla* ( $F=95,9$ ), se observa que, como el estadístico asociado con las políticas de operación es mayor que los demás, la implementación de políticas de fraccionamiento de lotes contribuye más a la variabilidad de los datos que los demás factores. De igual forma, se observa que el nivel demanda influye más que la mezcla de los productos en la variabilidad del tiempo promedio de flujo.

En conclusión, la utilización de lotes de transferencia de menor tamaño que los lotes de proceso, permite mejorar el flujo de los productos a través del sistema. Entonces, el aumento en la frecuencia del traslado de los productos de una estación a la siguiente, como consecuencia de tamaños de lote de transferencia pequeños, sí permite agilizar el movimiento de los productos y reducir el tiempo de fabricación de cada unidad. Además, se reducen los excesos de inventario como consecuencia de menos productos atascados en las máquinas esperando a ser procesados.

Aunque analizar el efecto de la mezcla no es el objetivo principal en este estudio, resulta interesante encontrar que aunque no cambia la demanda agregada, la proporción de productos incide en el tiempo de flujo de los mismos a través del sistema. Lo anterior justifica la elección de este factor como bloque del diseño experimental. Adicionalmente, resulta interesante que el nivel de demanda afecte significativamente el tiempo de flujo de los productos, el cual, como se observó en los estadísticos descriptivos es menor cuando éstos se fabrican en gran volumen.

La sexta fila contiene información sobre el efecto de la interacción entre los factores *política* y *demanda*. El estadístico *F* correspondiente a ese efecto lleva asociado un nivel crítico de 0,000, lo cual indica que la interacción *política\*demanda* posee un efecto significativo sobre el tiempo promedio de flujo, es decir, las diferencias que se dan en los tiempos de flujo entre las diferentes políticas de operación no son las mismas en los tres niveles de demanda considerados. Como ayuda para interpretar los resultados del experimento, se construyó un gráfico de las respuestas promedio para cada combinación de los tratamientos, denominado gráfico de perfil, el cual, se muestra en la Figura 30.

**Figura 30.** Gráfico de perfil – Mean Flow Time



FUENTE: SPSS

Las líneas de la Figura 30 muestran el significado de la interacción. Como las rectas no son completamente paralelas, la interacción es significativa, lo cual, es consecuente con los resultados del análisis de varianza. En general, se consigue la mayor reducción en el tiempo de flujo unitario en los niveles de demanda aumentada con tamaños de lote de transferencia unitarios. Al pasar de la primera política de operación a la segunda, el “mean flow time” disminuye sólo en el nivel de demanda

básica y se mantiene en esencia sin cambio para los niveles de demanda aumentada. El comportamiento anterior demuestra la influencia del tiempo de preparación, porque, cuando se fabrican lotes de proceso pequeños, el tiempo de preparación de la máquina representa una proporción considerable del tiempo de procesamiento total del lote y permitir que éste se realice sin necesidad de la presencia de los productos en la máquina podría ayudar a mejorar el desempeño del sistema productivo. Por otra parte, con lotes de proceso grandes, el tiempo de preparación de la máquina en comparación con el tiempo de fabricación del lote es prácticamente despreciable, por lo que en estos ambientes la aplicación de una política para anticipar las preparaciones no contribuye a mejorar el desempeño del sistema si ésta no va acompañada adicionalmente de una política de fraccionamiento de lotes.

Cuando se pasa de la segunda política a la tercera y de ésta a la cuarta, el tiempo de flujo tiene un comportamiento descendente, de tal forma que, los productos pasan menos tiempo en el sistema cuando se transfieren de uno en uno entre estaciones sucesivas. Además, en los niveles de demanda aumentada, independientemente de la política de tamaño de lote, se observa que los productos salen más rápido del sistema, porque, las líneas correspondientes a estos niveles de demanda se encuentran por debajo de la línea correspondiente a la demanda básica en todas las cuatro políticas.

El comportamiento en los dos niveles de demanda aumentada es el mismo porque sus rectas están justo una encima de la otra.

Para comprobar que las conclusiones del análisis de varianza son válidas, se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad en el Anexo L.

**5.2.3 Efectos simples y comparaciones múltiples.** Como la interacción entre los factores *política* y *mezcla* resultó significativa, se analizaron los efectos simples y se realizaron contrastes particulares de medias.

- **Efectos simples**

El análisis de los efectos simples para el “mean flow time” se obtuvo mediante el mismo procedimiento utilizado con la variable “makespan”. La Tabla 40 muestra los resultados obtenidos, incluyendo el valor F y el nivel de significancia para cada nivel de demanda. Los resultados obtenidos en cada nivel de demanda ( $p=0,000 \leq 0,05$ )

sugieren que existe una diferencia significativa entre las cuatro políticas de tamaño de lote de transferencia en el nivel de demanda básica y los niveles de demanda aumentada. Por lo tanto, en todos los niveles de demanda, las políticas de fraccionamiento de lotes tienen un efecto significativo en el tiempo de flujo de los productos a través del sistema.

**Tabla 40.** Análisis de los efectos simples – Flow Time Mean

Dependent Variable: FLOW TIME MEAN

DEMANDA	Source	Statistics				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DEMANDA BÁSICA	Contrast	66521,001	3	22173,667	628,693	,000
	Error	2715,749	77	35,269		
DBX100	Contrast	48639,308	3	16213,103	459,692	,000
	Error	2715,749	77 <sup>a</sup>	35,269		
DBX1000	Contrast	48373,367	3	16124,456	457,179	,000
	Error	2715,749	77	35,269		

a. La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,05

FUENTE: SPSS

Como los estadísticos *F* correspondientes a los efectos simples son significativos, se sabe que existen diferencias entre las políticas de operación en cada nivel de demanda, pero no se sabe dónde se encuentran, es decir, no se conoce en concreto que políticas difieren de que otras en cada uno de los niveles de demanda. Una interpretación correcta del efecto de la interacción requiere utilizar *comparaciones múltiples* para comparar las medias individuales de cada una de las políticas de operación en cada nivel demanda, y así descubrir diferencias específicas.

#### ▪ Comparaciones Múltiples

Las comparaciones múltiples se aplicaron a las medias del factor *política* fijando cada uno de los tres niveles de demanda investigados. La Tabla 41 muestra un resumen (basado en el procedimiento Sidak) del resultado obtenido con las comparaciones múltiples. Además, en el Anexo M se muestran las pruebas de Bonferroni y LSD. Puede observarse que se llega a las mismas conclusiones con los tres procedimientos.

En primer lugar, al observar en la Tabla 41 las comparaciones entre las diferentes políticas en el nivel de demanda básica, se puede observar que todos los promedios

comparados difieren significativamente, es decir que, en el nivel de demanda básica el desempeño del sistema por la aplicación de diferentes políticas de tamaño de lote de transferencia varía considerablemente, obteniendo el menor tiempo de flujo cuando se utilizan lotes de transferencia unitarios.

**Tabla 41.** Comparaciones Múltiples – Mean Flow Time

Dependent Variable: FLOW TIME MEAN

DEMANDA	(I) POLÍTICA DE OPERACIÓN	(J) POLÍTICA DE OPERACIÓN	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
DEMANDA BÁSICA	LP=LT	LP=LT-SETUP	40,187*	2,969	,000	32,168	48,205
		LP=1/2LT	91,970*	2,969	,000	83,951	99,988
		LT=1	117,659*	2,969	,000	109,641	125,7
	LP=LT-SETUP	LP=LT	-40,187*	2,969	,000	-48,205	-32,17
		LP=1/2LT	51,783*	2,969	,000	43,764	59,801
		LT=1	77,473*	2,969	,000	69,454	85,491
	LP=1/2LT	LP=LT	-91,970*	2,969	,000	-99,988	-83,95
		LP=LT-SETUP	-51,783*	2,969	,000	-59,801	-43,76
		LT=1	25,690*	2,969	,000	17,671	33,708
	LT=1	LP=LT	-117,659*	2,969	,000	-125,68	-109,6
		LP=LT-SETUP	-77,473*	2,969	,000	-85,491	-69,45
		LP=1/2LT	-25,690*	2,969	,000	-33,708	-17,67
DBX100	LP=LT	LP=LT-SETUP	,689	2,969	1,0	-7,329	8,708
		LP=1/2LT	57,015*	2,969	,000	48,997	65,034
		LT=1	91,702*	2,969	,000	83,684	99,721
	LP=LT-SETUP	LP=LT	-,689	2,969	1,0	-8,708	7,329
		LP=1/2LT	56,326*	2,969	,000	48,308	64,345
		LT=1	91,013*	2,969	,000	82,994	99,031
	LP=1/2LT	LP=LT	-57,015*	2,969	,000	-65,034	-49,00
		LP=LT-SETUP	-56,326*	2,969	,000	-64,345	-48,31
		LT=1	34,687*	2,969	,000	26,668	42,705
	LT=1	LP=LT	-91,702*	2,969	,000	-99,721	-83,68
		LP=LT-SETUP	-91,013*	2,969	,000	-99,031	-82,99
		LP=1/2LT	-34,687*	2,969	,000	-42,705	-26,67
DBX1000	LP=LT	LP=LT-SETUP	,089	2,969	1,0	-7,930	8,107
		LP=1/2LT	56,381*	2,969	,000	48,362	64,399
		LT=1	91,218*	2,969	,000	83,200	99,237
	LP=LT-SETUP	LP=LT	-,089	2,969	1,0	-8,107	7,930
		LP=1/2LT	56,292*	2,969	,000	48,274	64,311
		LT=1	91,130*	2,969	,000	83,111	99,148
	LP=1/2LT	LP=LT	-56,381*	2,969	,000	-64,399	-48,36
		LP=LT-SETUP	-56,292*	2,969	,000	-64,311	-48,27
		LT=1	34,838*	2,969	,000	26,819	42,856
	LT=1	LP=LT	-91,218*	2,969	,000	-99,237	-83,20
		LP=LT-SETUP	-91,130*	2,969	,000	-99,148	-83,11
		LP=1/2LT	-34,838*	2,969	,000	-42,856	-26,82

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Sidak.

FUENTE: SPSS

Entonces, si se pasa de la primera política a las dos últimas, en las que se considera el fraccionamiento de lotes, es posible mejorar el movimiento de las partes a través del sistema, porque, el valor que se obtiene para el “mean flow time” es estadísticamente diferente del valor obtenido con la primera política. De igual forma, aunque la segunda política no considera el fraccionamiento de lotes sino la anticipación de la preparación de las máquinas, permite reducir el tiempo de terminación de cada producto. En el nivel de demanda básica, la mayor diferencia en el “mean flow time” se obtiene entre las políticas 1 y 4, y la menor diferencia entre las políticas 1 y 2. Por lo tanto, aunque cualquiera de las tres últimas políticas ayuda a reducir el “mean flow time”, es mejor utilizar lotes de transferencia unitarios.

Por otro lado, se puede observar que en los dos niveles de demanda aumentada, los valores de las diferencias son similares, lo cual, es consecuente con los hallazgos obtenidos en la gráfica de perfil, en donde las rectas para estos dos niveles de demanda se encuentran justo una encima de la otra. En conclusión, el efecto de las políticas de fraccionamiento de lotes en el tiempo de flujo de los productos es el mismo en los niveles de demanda aumentada.

En cuanto a las diferencias obtenidas en los dos niveles de demanda aumentada, se puede observar que en contraste con el nivel de demanda básica, en la demanda básica  $\times 100$  y la demanda básica  $\times 1000$ , no hay diferencias significativas entre utilizar la primera política y la segunda política. Por lo tanto, anticipar el tiempo de preparación en sistemas productivos similares a la configuración estudiada, cuando se fabrica gran cantidad de productos, no permite mejorar significativamente el “mean flow time”, porque la reducción que se obtiene no es tan considerable como la obtenida con demandas pequeñas. Entonces, la anticipación de los tiempos de preparación sólo es recomendable con demandas pequeñas.

Adicionalmente, en la Tabla 41 puede observarse que al igual que en la demanda básica, en los dos niveles de demanda aumentada las diferencias entre la primera política y las dos últimas son significativas, permitiendo mejorar el tiempo de flujo cuando se considera el fraccionamiento de lotes. La diferencia más significativa en el “mean flow time” se obtuvo entre las dos primera políticas y la última, lo cual indica que pasar de un lote de transferencia igual al lote de proceso cuando se anticipa o no el tiempo de preparación a un lote de transferencia unitario permite reducir

significativamente el “mean flow time”, haciendo que ésta última política sea la más conveniente en sistemas productivos tipo “flow shop” en los que se fabrica gran cantidad de productos.

Con los hallazgos anteriores se estableció que par de políticas son estadísticamente diferentes en cada nivel de demanda, pero, resulta interesante investigar en qué nivel de demanda la diferencia es más significativa. Por eso, con base en los tiempos promedio de flujo de las 8 mezclas en cada política de operación y nivel de demanda, se calculó un intervalo de confianza del 95% para estimar los porcentajes de cambio de la variable de desempeño en los pares de políticas que reportaron diferencias significativas con la prueba de Sidak. La Tabla 42 muestra los resultados obtenidos. No se consideró el cambio de la primera política a la segunda en los niveles de demanda aumentada porque su diferencia no es significativa.

**Tabla 42.** Intervalos de Confianza – Reducciones Mean Flow Time

DEMANDA	POLÍTICA DE TRANSFERENCIA		LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	PROMEDIO
<b>DEMANDA BÁSICA</b>	LT=LP	LT=LP-SETUP	13,9%	15,7%	14,8%
		LT=1/2LP	29,9%	37,8%	33,9%
		LT=1	39,9%	46,8%	43,4%
	LT=LP-SETUP	LT=1/2LP	17,9%	26,8%	22,4%
		LT=1	29,7%	37,3%	33,5%
		LT=1/2LP	8,6%	19,7%	14,2%
<b>DBX100</b>	LT=LP	LT=1/2LP	25,3%	29,8%	27,6%
		LT=1	41,9%	46,3%	44,1%
	LT=LP-SETUP	LT=1/2LP	25,0%	29,6%	27,3%
		LT=1	41,7%	46,1%	43,9%
	LT=1/2LP	LT=1	19,0%	26,5%	22,8%
	<b>DBX1000</b>	LT=LP	LT=1/2LP	25,1%	29,6%
LT=1			41,8%	46,3%	44,0%
LT=LP-SETUP		LT=1/2LP	25,0%	29,6%	27,3%
		LT=1	41,8%	46,2%	44,0%
LT=1/2LP		LT=1	19,2%	26,6%	22,9%

FUENTE: Autora del proyecto

Al analizar los porcentajes de reducción se puede concluir que:

- Aunque las diferencias entre las políticas 1 y 3 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el tiempo promedio de flujo de los productos cuando se cambia de la primera política a la tercera en el nivel de demanda básica (33,9%), en comparación con los niveles de demanda aumentada (27,6% y 27,4%).
- Aunque las diferencias entre las políticas 1 y 4 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el tiempo promedio de flujo cuando se cambia de la primera política a la cuarta en los niveles de demanda aumentada (44,1% y 44%), en comparación con el nivel de demanda básica (43,4%).
- Aunque las diferencias entre las políticas 2 y 3 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el tiempo promedio de flujo cuando se cambia de la segunda política a la tercera en los niveles de demanda aumentada (27,3%), en comparación con el nivel de demanda básica (22,4%).
- Aunque las diferencias entre las políticas 2 y 4 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más el tiempo promedio de flujo cuando se cambia de la segunda política a la cuarta en los niveles de demanda aumentada (43,9% y 44%), en comparación con el nivel de demanda básica (33,5%).
- Aunque las diferencias entre las políticas 3 y 4 son significativas en todos los niveles de demanda, se reduce más tiempo promedio de flujo cuando se cambia de la tercera política a la cuarta en los niveles de demanda aumentada (22,8% y 22,9%), en comparación con el nivel de demanda básica (14,2%).

En resumen, son más significativas las diferencias en el “mean flow time” con los niveles de demanda aumentada, a excepción de la diferencia entre el tiempo de flujo de la primera política y la tercera, la cual es más significativa en el nivel de demanda básica.

La Tabla 43 muestra en qué tipo de demanda es más recomendable cambiar el tamaño de lote de transferencia cuando se quiere reducir el tiempo de flujo de los productos y por lo tanto, mejorar su movimiento a través del sistema productivo.

**Tabla 43.** Conveniencia de las políticas – Mean Flow Time

CAMBIO DE POLÍTICAS		Se justifica con demandas:	Reducciones más significativas con demandas:
LT=LP	LT=LP-SETUP	Pequeñas	Pequeñas
	LT=1/2LP	Grandes y pequeñas	Pequeñas
	LT=1	Grandes y pequeñas	Grandes
LT=LP-SETUP	LT=1/2LP	Grandes y pequeñas	Grandes
	LT=1	Grandes y pequeñas	Grandes
LT=1/2P	LT=1	Grandes y pequeñas	Grandes

FUENTE: Autora del proyecto

**Consideración del manejo y control de materiales.** Suponiendo que se tiene una configuración productiva como la de la Figura 4, en la que inicialmente se fabrican los lotes sin considerar su fraccionamiento ni la anticipación de los tiempos de preparación (primera política), se quiere determinar si se justifica la implementación de las políticas que resultaron estadísticamente diferentes, teniendo en cuenta las implicaciones relacionadas con el manejo de los materiales, a fin de evaluar hasta qué punto se justifican los esfuerzos adicionales en el transporte y control de las piezas.

En la Tabla 42 puede observarse que en todos los niveles de demanda cuando se pasa de la primera política (con la que opera inicialmente el sistema) a las demás, el tiempo de flujo de los productos se reduce. Pero, dado que en el modelo no se tuvo en cuenta el tiempo asociado con el transporte de los sublotos, es posible que las mejoras no sean reales, porque el fraccionamiento de lotes aumenta la frecuencia de los movimientos y la dificultad para controlar la circulación de las piezas a través del taller, ocasionando retrasos en el traslado de los productos. Por lo tanto, se hace necesario establecer algunas conjeturas para evaluar el desempeño de las políticas en relación con las complicaciones que se generan en el movimiento y control de los materiales. Se estableció para cada política un porcentaje de reducción mínimo que justifica los esfuerzos y requerimientos adicionales. Sólo para las políticas cuyo comportamiento supere dichos porcentajes se considerará que las mejoras obtenidas son significativas y por lo tanto, su aplicación es conveniente.

Se utilizaron los mismos porcentajes considerados con la variable respuesta “makespan”. Cuando se cambia de la primera política a la que considera el

fraccionamiento de la mitad del lote de proceso, el porcentaje mínimo de reducción esperado es del 25%, y si el cambio se realiza hacia la política con la que se trasladan lotes de transferencia unitarios, el porcentaje mínimo de reducción esperado es del 40%. Como lo único que implica la segunda política es la anticipación de los tiempos de preparación, cualquier reducción que pueda obtenerse por esta vía es significativa.

Según la Tabla 42, aún considerando mayor dificultad en el transporte y control de los productos, con la demanda básica resulta conveniente implementar en el sistema productivo analizado cualquiera de las tres últimas políticas. Con la política de anticipación de los tiempos de preparación se obtienen mejoras significativas sin mayores esfuerzos; las posibles reducciones en el “mean flow time” con esta política oscilan entre un 13,9% y un 15,7%, con un nivel de confianza del 95%. Por otra parte, si se complementa la anticipación del alistamiento de las máquinas con la política de partir por mitad el lote de proceso, se puede reducir el “mean flow time” entre un 29,9% y un 37,8%, con un nivel de confianza del 95%. Dicho intervalo, se encuentra por encima del porcentaje mínimo de mejora establecido para la tercera política (25%). Además, a diferencia de la variable “makespan”, en el nivel de demanda básica también se justifican lotes de transferencia unitarios para reducir el “mean flow time”, porque, al cambiar de la primera política a la cuarta en este nivel de demanda, se obtienen reducciones en los tiempo de flujo que oscilan entre un 39,9% y un 46,8%, intervalo que contiene el porcentaje mínimo de reducción establecido para los lotes de transferencia unitarios (40%).

En los niveles de demanda aumentada es factible utilizar tamaños de lote de transferencia tanto unitarios, como equivalentes a la mitad del lote proceso, porque, el intervalo de confianza que describe los porcentajes de reducción del “mean flow time” para ambas situaciones están por encima de los porcentajes mínimos establecidos. Por ejemplo, el intervalo de confianza para el porcentaje de reducción obtenido al aplicar la tercera política se encuentra entre 25,3% y 29,8%, lo cual, quiere decir que para cualquiera de las mezclas de productos consideradas en la investigación, la reducción está por encima del nivel exigido (25%). Las mismas conclusiones aplican para el intervalo de reducción obtenido al aplicar la cuarta política, dado que éste se encuentra entre 41,9% y 46,3% y el porcentaje mínimo establecido es del 40%.

En términos generales, cuando se quiere mejorar el flujo de los productos a través del sistema productivo, cualquier cambio en las políticas de operación compensa los esfuerzos adicionales que se requieren para la implementación de las políticas consideradas.

La Tabla 44 muestra las conclusiones que se obtienen para la variable “mean flow time” al considerar el tema del transporte y control de los materiales.

**Tabla 44.** Conveniencia de las políticas con manejo de materiales – Mean Flow Time

POLÍTICA INICIAL	POLÍTICA FINAL	SE JUSTIFICA EN:
LT=LP	LT=LP-SETUP	Demanda Básica
	LT=1/2LP	Demanda Básica; DBX100; DBX1000
	LT=1	Demanda Básica; DBX100 ; DBX1000

FUENTE: Autora del proyecto

## 6. CONCLUSIONES

- Utilizar lotes de transferencia de menor tamaño que los lotes de proceso y anticipar las preparaciones en las máquinas, sí contribuye a mejorar el desempeño del sistema productivo estudiado en términos de las medidas de eficacia consideradas: el “makespan” y el “mean flow time”. En general, en todas las mezclas de productos y niveles de demanda considerados, el traslado de los productos en lotes de igual tamaño al lote de proceso, retrasa considerablemente la terminación de todos los trabajos y vuelve lento el flujo de las piezas, provocando acumulación de inventarios e incumplimientos en las fechas de entrega prometidas. En contraste, la utilización de lotes de transferencia unitarios es la estrategia que provee el mejor desempeño en el sistema, dado que el valor del “makespan” y del “mean flow time” siempre fue inferior con esta política, logrando reducciones en las medidas de desempeño que oscilan entre un 36% y un 44%, dependiendo del nivel de demanda considerado. Entonces, trasladar los productos de uno en uno entre operaciones sucesivas permite utilizar más eficientemente los recursos de producción, cumplir las fechas de entrega, disminuir los niveles de inventario y dinamizar el flujo de las piezas a través de las diferentes estaciones.
- Las reducciones observadas en el “makespan” y el “mean flow time” cuando se anticipan los tiempos de preparación no son iguales en cada uno de los niveles de demanda considerados. El uso de lotes de transferencia de igual tamaño al lote de proceso, permitiendo la anticipación de la preparación de las máquinas antes de que el lote esté disponible en ellas, reduce el tiempo de finalización de todos los trabajos y el tiempo de flujo sólo cuando la cantidad total de productos a fabricar es pequeña, es decir, en niveles de demanda básica. En los niveles de demanda aumentada, la anticipación de los tiempos de preparación no modifica las medidas de eficacia consideradas, por lo que esta estrategia se debe complementar con otra que sí considere el fraccionamiento de los lotes de proceso. Este comportamiento se debe a la influencia de los tiempos de preparación, porque, cuando el lote de proceso es pequeño, el tiempo de preparación es una fracción importante del tiempo de procesamiento total del lote, entonces, su anticipación reduce significativamente el “makespan” y el “mean flow time”. Por el contrario,

cuando el lote de proceso está compuesto por varios productos, la anticipación de la preparación de las máquinas reduce muy poco las medidas de eficacia, dado que la mayor fracción del tiempo de procesamiento total del lote está representada por el tiempo de ejecución de los trabajos en las máquinas, de ahí que, en niveles de demanda grandes es más significativo trasladar los productos en lotes pequeños para que éstos no tengan que esperar la fabricación de todas las unidades que conforman el lote.

- El fraccionamiento de lotes, además de contribuir al mejoramiento del “makespan”, reduce su variabilidad. En todos los niveles de demanda se observó que la desviación estándar del “makespan” es mínima cuando se utilizan lotes de transferencia unitarios, lo cual significa que la medida de desempeño es menos sensible a la mezcla de productos con esta política. Este hallazgo es de gran utilidad porque en la práctica generalmente se tiene una mejor estimación de la demanda agregada que de la demanda específica para cada categoría de producto, entonces, la utilización de lotes de de transferencia unitarios, es conveniente para reducir la variabilidad asociada con la incertidumbre acerca de la proporción exacta de productos que conforman dicha demanda. Por el contrario, para la medida de eficacia “mean flow time”, la desviación estándar es similar, independientemente del tamaño de lote de transferencia que se utilice.
- Aunque en todos los niveles de demanda el fraccionamiento de los lotes de proceso genera reducciones en el “makespan” y el “mean flow time”, son más significativas las diferencias encontradas entre cada par de medias en los niveles de demanda aumentada, a excepción de la diferencia entre el desempeño de la política cuyo lote de transferencia es igual al lote de proceso y la política en la que se traslada la mitad del lote de proceso. Si inicialmente no se anticipan las preparaciones ni se utilizan lotes de transferencia, con demandas pequeñas es más conveniente utilizar lotes de transferencia equivalentes a la mitad del lote de proceso. Con niveles de demanda grandes, es mejor la utilización de lotes de transferencia unitarios. Pero, si inicialmente se aplica la anticipación de los tiempos de preparación ó el fraccionamiento de lotes, cambiar la política hacia la utilización de lotes de transferencia más pequeños, es más conveniente cuando se fabrica un alto volumen de productos en el sistema productivo, es decir, cuando se tienen altos niveles de demanda.

- Al valorar la reducción en el “makespan” cuando se pasa de una política inicial en la que no se utilizan lotes de transferencia a cualquiera de las dos últimas políticas consideradas en el estudio, considerando los cambios implicados con el manejo y control de los materiales, se encontró que el traslado de los productos en lotes equivalentes a la mitad del lote de proceso sólo se justifica en el nivel de demanda básica, mientras que la aplicación de lotes de transferencia unitarios sólo se justifica en los niveles de demanda aumentada. Por lo tanto, si el objetivo es reducir el “makespan” en un sistema productivo que fabrica un volumen reducido de productos, lo mejor, es utilizar lotes de transferencia iguales a la mitad del lote de proceso. Pero, si el volumen de producción es elevado, lo mejor es utilizar lotes de transferencia unitarios.
- Al valorar la reducción en el “mean flow time” cuando se pasa de una política inicial en la que no se utilizan lotes de transferencia a cualquiera de las dos últimas políticas consideradas en el estudio, considerando los cambios implicados con el manejo y control de los materiales, se encontró que la aplicación de lotes de transferencia unitarios o equivalentes a la mitad del lote de proceso se justifican tanto en el nivel de demanda básica como en los niveles de demanda aumentada. Por lo tanto, si el objetivo es reducir el tiempo promedio de flujo por unidad, en cualquier sistema productivo la mejor opción es utilizar lotes de transferencia unitarios.

## 7. RECOMENDACIONES

- La programación de operaciones es una de las actividades que más afecta el desempeño de los sistemas productivos, porque busca asignar los recursos disponibles de manera productiva y competitiva, a fin de satisfacer en el menor tiempo posible la demanda del mercado. Debido a su complejidad e importancia, las organizaciones deberían optar por aplicar los hallazgos obtenidos en el ámbito académico alrededor de este tema y sus variantes. De igual forma, la mayor capacidad de procesamiento de los computadores actuales, permite solucionar en poco tiempo el problema de programación de operaciones en sistemas de manufactura real, por lo tanto, es necesario promover también a nivel industria la implementación de técnicas cuantitativas que permitan tomar las decisiones de programación objetivamente.
- Sería interesante que en investigaciones futuras se analizara el problema de fraccionamiento de lotes considerando dentro del propio modelo los tiempos de transporte de los productos. Como el sistema de manejo de materiales impone restricciones que tienden a dificultar la formulación matemática del problema, se podría abordar este tipo de análisis mediante el uso de métodos de simulación. Además, la utilización de una herramienta de simulación permitiría involucrar en el análisis variaciones con respecto a los tiempos de operación y los niveles de demanda, para obtener conclusiones sobre la aplicación de lotes de transferencia en sistemas productivos estocásticos y dinámicos. Otra variación importante del problema analizado en este estudio sería la consideración de tiempos de preparación dependientes de la secuencia y la utilización de lotes de transferencia variables.
- En la práctica, el impacto de la utilización de lotes de transferencia en las medidas de desempeño puede variar de una organización a otra, dado que éste depende exclusivamente de cada configuración productiva. Por eso, también es necesario realizar este tipo de estudios en otra clase de sistemas productivos, en donde por ejemplo, la ruta de todos los productos no sea la misma, porque, a diferencia de los resultados encontrados en este estudio, es posible que en dichas situaciones no se justifique la utilización de lotes de transferencia por la necesidad de

modificaciones significativas en el sistema de manejo de materiales y la distribución de planta y la complejidad en el control del flujo de todos los productos a través del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

BAKER, Kenneth. Lot streaming in the two-machine flow shop with setup times. En: Annals of Operations Research. Vol. 57; (1995); p. 1-11.

----- and PYKE, David. Solution procedures for the lot streaming problem. En: Decision Sciences. Vol. 21, no. 3; (1990); p. 475-489.

BENJAAFAR, Saifallah. On production batches, transfer batches and lead times. En: IIE Transactions. Vol 28, no. 5; (1996); p. 357-362.

BISKUP, D and FELDMANN, M. Lot streaming with variable sublots: an integer programming formulation. En: Journal of Operational Research. Vol. 57; (2006); p. 296-303.

BLAZEWICZ, Jacek; DOMSCHKE, Wolfgang and PESCH, Erwin. The job shop scheduling problem: conventional and new solution techniques. En: European Journal of Operational Research. Vol. 93 (1996); p. 1-33.

BROOKE, Anthony et al. GAMS: a user's guide. Germany: GAMS Development Corporation, 1998.

CABALLERO, Katherine. Evaluación del impacto del tamaño del lote de transferencia en la programación de operaciones de un sistema productivo del tipo flow-shop. Bucaramanga, 2006. 313 p. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

CAMACHO, Juan. Estadística con SPSS para Windows. 11 ed. México: Alfaomega, 2003. 402 p.

CHASE, Richard; AQUILANO, Nicholas y JACOBS, Robert. Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios. 8 ed. Bogotá: Mc Graw Hill, 2000.

DAUZÈRE-PÉRÈS, Stéphane and LASERRE, Jean-Bernard. Lot streaming in job-shop scheduling. En: Operations Research. Vol. 45, no. 4; (1997); p. 584-595.

DEMEULEMEESTER, Eric and HERROELEN, Willi. Modeling setup times, process batches and transfer batches using activity network logic. En: European Journal of Operational Research. Vol. 89; (1996); p. 355-365.

DOMÍNGUEZ M, José A. Dirección de Operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid: Mc Graw Hill, 1995.

DREXL, A and KIMMS A. Lot sizing and scheduling: survey and extensions. En: European Journal of Operational Research. Vol 99; (1997); p. 221-235.

FELDMANN, Martin; BISKUP, Dirk. On lot streaming with multiple products. Department of Business Administration and Economics. Bielefeld University. 2005.

GOLDRATT, Eliyahu and COX, Jeff. La Meta. 2 ed. México: Ediciones Castillo, 1996. 408 p.

HALL, Nicholas et al. Scheduling and lot streaming in flow shops with no-wait in process. En: Journal of Scheduling. Vol. 6; (2003); p. 339-354.

HILLIER, Frederick and LIEBERMAN, Gerald. Investigación de Operaciones. 7 ed. México: Mc Graw Hill, 2002. 1.193 p.

HOPP, Wallace and SPEARMAN, Mark. Factory Physics. 2 ed. NY: Mc Graw Hill, 2001. 306 p.

JACOBS, Robert and BRAGG, Daniel. Repetitive Lots: flow-time reductions through sequencing and dynamic batch sizing. En: Decision Sciences. Vol. 19 (1988); p. 281-294.

JAIN, A.S and MEERAN, S. Deterministic job-shop scheduling: past, present and future. En: European Journal of Operational Research. Vol. 113 (1999); p. 390-434.

KALIR, Adar and SARIN, Subhash. Evaluation of the potential benefits of lot streaming in flow-shop systems. En: International Journal of Production Economics. Vol. 66; (2000); p. 131-142.

----- and ----- . Optimal solutions for the single batch, flow shop, lot-streaming problem with equal sublots. En: Decision Sciences. Vol. 32, no.2; (2001); p. 387-397.

KARMARKAR, Uday. Lot sizes, lead times and in-process inventories. Graduate School of Management. Working Paper No. QM8312, University of Rochester, 1987.

----- . Lot-sizing and sequencing delays. En: Management Science. Vol. 33 (1987); p. 419-423.

----- et al. Lot sizing and lead time performance in a manufacturing cell. En: Interfaces. Vol. 15 (1986); p. 1-9.

----- et al. Lot sizing in multi-item, multi-machine job shops. En: IIE Transactions. Vol. 17 (1985); p. 290-298.

----- et al. multi-item lot sizing and manufacturing lead times. Graduate School of Management Working Paper No. QM8325. University of Rochester, 1983.

KROPP, Dean and SMUNT, Timothy. Optimal and heuristic models for lot splitting in a flow shop. En: Decision Sciences. Vol. 24, no. 4; (1990); p. 691-708.

KUMAR, S.; BAGCHI, T., and SRISKANDARAJAH, C. Lot streaming and scheduling heuristics for m-machine no-wait flow shops. En: Computers and Industrial Engineering. Vol. 38; (2000); p. 149-172.

LANGEVIN, André and RIOPEL, Diane. Transfer batch sizing in flexible manufacturing systems. En: Journal of Manufacturing Systems. Vol 18, no.2; (1999); p. 140-151.

LEE, Chung-Yee; LEI, Lei and PINEDO, Michael. Current trends in deterministic scheduling. En: Annals of Operations Research. Vol. 70 (1997); p. 1-41.

LINARES, Pedro, et al. Modelos matemáticos de optimización. Disponible en Internet: <[http://www.gams.com/docs/contributed/modelado\\_en\\_gams.pdf](http://www.gams.com/docs/contributed/modelado_en_gams.pdf)>

MAILING, Germán. Algoritmos heurísticos y el problema de job shop scheduling. Disponible en Internet: <<http://www.dm.uba.ar/materias/optimización/2005/1/tesis.pdf>>

MARIMUTHU, S; PONNAMBALAM, S and JAWAHAR, N. Tabu search and simulated annealing algorithms for scheduling in flow shops with lot streaming. En: ProQuest Science Journals. Institution of Mechanical Engineers; (2007); p. 317-330.

MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. 2 ed. México: Limusa, 2002. 686 p.

MORTON, T.E. y PENTICO, D.W. Heuristic scheduling systems. Wiley Series in Engineering and Technology Management. New York. 1993.

NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 3 ed. México: CECSA, 2006. p. 387.

NIÑO, Myriam. Evaluación del sistema de programación de operaciones DBR. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2002.

PINEDO, Michael. Planning and scheduling in manufacturing and services. 2 ed. NY: Springer. 2005. 506 p.

----- . Scheduling: theory, algorithms and systems. 2 ed. NJ: Springer, 2002.

POTTS, C. N., and BAKER, K. R. Flow shop scheduling with lot streaming. En: Operations Research Letters. Vol. 8; (1989); p. 297-303.

RUBEN, Robert and MAHMOODI, Farzad. Lot splitting in unbalanced production systems. En: Decision Sciences. Vol. 29; no. 4; (1998); p. 921-949.

SCHROEDER, Roger. Administración de operaciones. 3 ed. México : Mc Graw Hill, 1992.

SIPPER, Daniel y BULFIN junior, Robert L. Planeación y control de la producción. México: Mc Graw Hill, 1998.

SMUNT, Timothy; BUSS, Arnold and KROPP, Dean. Lot splitting in stochastic flow shop and job shop environments. En: Decision Sciences. Vol. 27, no. 2; (1996); p. 215-238.

SPSS: guía para el análisis de datos. Disponible en Internet.  
<<http://www2.uca.es/serv/ai/formacion/spss/Inicio.pdf>>

STEINER, G and TRUSCOTT, W. G. Batch scheduling to minimize cycle time, flow time and processing cost. En: IIE Transactions. Vol. 23; (1993); p. 90-97.

TRIETSCH, Dan; BAKER, Kenneth. Basic techniques for lot streaming. En: Operations Research. Vol. 41 (1993); p. 1065-1076.

VICENTE, Lina et al. Diseño de experimentos: soluciones con SAS y SPSS. Madrid: Prentice Hall, 2005.

VICKSON, R. Optimal lot streaming for multiple products in a two-machine flow shop. En: European Journal of Operational Research. Vol. 85; (1995); p. 556-575.

----- and ALFREDSSON, B. E. Two and three-machine flow shop scheduling problems with equal sized transfer batches. En: International Journal of Production Research. Vol. 30; (1992); p. 1551-1574.

## ANEXOS

## ANEXO A

### MODELIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN UN SISTEMA PRODUCTIVO A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA MIXTA<sup>55</sup>

Se desea resolver el problema de programación de operaciones asociado con el sistema productivo “flow shop” de la Figura 4, cuyas características se enunciaron en el apartado 1 del Capítulo 4. Es posible representar el problema como un modelo matemático de Programación Lineal Entera Mixta, que mediante expresiones y ecuaciones describa su esencia.

Para formular un modelo matemático de optimización se debe definir claramente el significado de las variables respuesta, las restricciones, la función objetivo y los parámetros.

Las restricciones del modelo expresan limitaciones que impone el sistema sobre los valores de las variables de decisión. El problema de programación de operaciones se define básicamente a través de dos clases de restricciones:

- Restricciones de Secuencia
- Restricciones de Interferencia

#### A. Restricciones de Secuencia

Se formulan este tipo de restricciones entre operaciones sucesivas para asegurar el cumplimiento del orden tecnológico establecido por la ruta de los productos, en otras palabras, garantizan que no se inicie el procesamiento de un lote de productos en la operación siguiente hasta haber sido completada la operación precedente. Según la cantidad de máquinas disponibles para las operaciones precedente y siguiente, las restricciones de secuencia se clasifican en Tipo I, Tipo II y Tipo III.

---

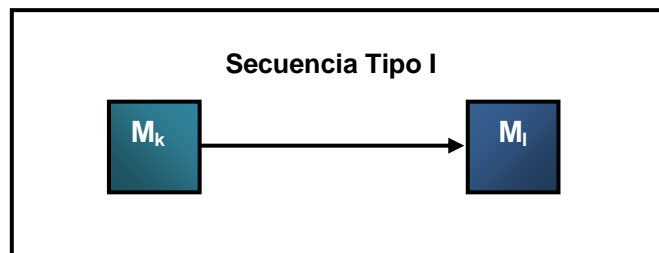
<sup>55</sup> NIÑO, Myriam. Op. Cit. p. 91-109

- **Restricciones de Secuencia Tipo I**

Se formula este tipo de restricciones para representar la secuencia entre dos operaciones que se realizan en máquinas de las cuales sólo se dispone una unidad de cada una. Las restricciones de secuencia Tipo I, se escriben de la siguiente forma:

$$X(i, j, k) + TT(i, j, k) \leq X(i, d, l)$$

- X*: Variable tiempo de inicio de la operación  
*i*: Trabajo  
*j*: Operación precedente  
*d*: Operación siguiente  
*k*: Máquina dónde se ejecuta la operación precedente  
*l*: Máquina dónde se ejecuta la operación siguiente  
*TT*: Parámetro tiempo de inicio más temprano posible



- **Restricciones de Secuencia Tipo II**

Se formula este tipo de restricciones para representar la secuencia entre dos operaciones sucesivas, en donde la primera se realiza en una máquina de la que hay dos unidades disponibles, y la segunda en una máquina de la que sólo se dispone de una unidad. Las restricciones de secuencia Tipo II, se escriben de la siguiente forma:

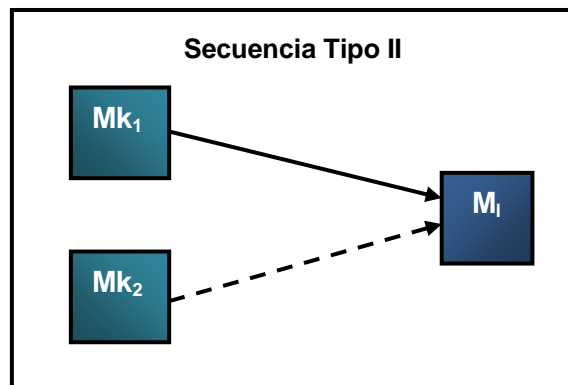
$$X(i, j, k_1) + TT(i, j, k_1) \leq X(i, d, l) + M * (1 - Y(i, j, k_1))$$

$$X(i, j, k_2) + TT(i, j, k_2) \leq X(i, d, l) + M * (1 - Y(i, j, k_2))$$

$$Y(i, j, k_1) + Y(i, j, k_2) = 1$$

- X*: Variable tiempo de inicio de la operación

- $i$ : Trabajo
- $j$ : Operación precedente
- $d$ : Operación siguiente
- $k_1$ : Máquina donde es posible ejecutar la operación precedente
- $k_2$ : Máquina donde es posible ejecutar la operación precedente
- $l$ : Máquina donde se ejecuta la operación siguiente
- $TT$ : Parámetro tiempo de inicio más temprano posible
- $Y$ : Variable binaria que si vale 1 señala que la operación se ejecuta en esa máquina y si vale 0 en la otra.
- $M$ : Número suficientemente grande para permitir que sólo una de las desigualdades se active.



La tercera ecuación asegura que sólo se active una de las dos primeras ecuaciones, es decir, que sólo se utilice una de las dos unidades disponibles de la máquina en donde se ejecuta la operación precedente. Así, se elige en cuál de las dos máquinas desarrollar la operación. Por ejemplo, si la variable binaria  $Y(i, j, k_2)$  es igual a 1, entonces la variable binaria  $Y(i, j, k_1)$  vale 0, indicando que la operación precedente se ejecuta en la segunda unidad disponible de la máquina. En dicho caso, se activa la segunda ecuación y la primera se hace redundante.

- **Restricciones de Secuencia Tipo III**

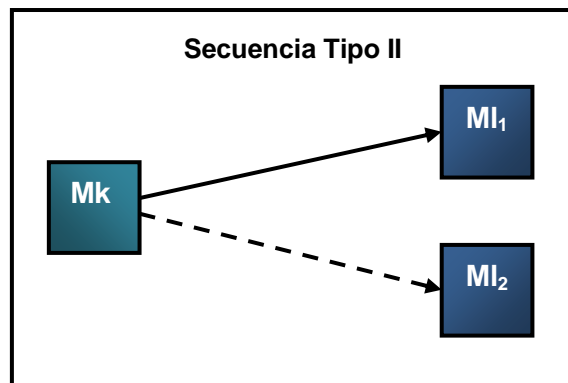
Se formula este tipo de restricciones para representar la secuencia entre dos operaciones sucesivas, en donde la primera se realiza en una máquina de la que sólo se dispone de una unidad y la segunda en una máquina que tiene dos unidades disponibles. Las restricciones de secuencia Tipo III, se escriben de la siguiente forma:

$$X(i, j, k) + TT(i, j, k) \leq X(i, d, l_1) + M * (1 - Y(i, d, l_1))$$

$$X(i, j, k) + TT(i, j, k) \leq X(i, d, l_2) + M * (1 - Y(i, d, l_2))$$

$$Y(i, d, l_1) + Y(i, d, l_2) = 1$$

- X*: Variable tiempo de inicio de la operación  
*i*: Trabajo  
*j*: Operación precedente  
*d*: Operación siguiente  
*k*: Máquina donde se ejecuta la operación precedente  
*l<sub>1</sub>*: Máquina donde es posible ejecutar la operación siguiente  
*l<sub>2</sub>*: Máquina dónde es posible ejecutar la operación siguiente  
*TT*: Parámetro tiempo de inicio más temprano posible  
*Y*: Variable binaria que si vale 1 señala que la operación se ejecuta en esa máquina y si vale 0 en la otra.  
*M*: Número suficientemente grande para permitir que sólo una de las desigualdades se active.



La tercera ecuación asegura que sólo se active una de las dos primeras ecuaciones, es decir, que sólo se utilice una de las dos unidades disponibles de la máquina en donde se ejecuta la operación siguiente. Así, se elige en cuál de las dos máquinas desarrollar la operación. Por ejemplo, si la variable binaria  $Y(i, d, l_2)$  es igual a 1, entonces la variable binaria  $Y(i, d, l_1)$  vale 0, indicando que la operación siguiente se ejecuta en la segunda unidad disponible de la máquina. En dicho caso, se activa la segunda ecuación y la primera se hace redundante.

En el sistema productivo tipo "flow shop" de la Figura 4, se identificó el tipo de restricción de secuencia correspondiente a cada par de operaciones sucesivas,

mediante el análisis de la ruta de cada trabajo. A continuación, se muestran todas las relaciones de secuencia del sistema productivo bajo estudio, clasificadas según el tipo de restricción que les corresponde:

RELACIONES DE SECUENCIA TIPO I			
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>

RELACIONES DE SECUENCIA TIPO II			
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	

RELACIONES DE SECUENCIA TIPO III			
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>
	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>
	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>
	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>
	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>

## B. Restricciones de Interferencia

Se formula este tipo de restricciones entre operaciones que se realizan en la misma máquina para asegurar que éstas no se programen simultáneamente, porque, cada

máquina sólo puede procesar una operación al tiempo. Según la cantidad de máquinas, las restricciones de interferencia se clasifican en Tipo I y Tipo II.

- **Restricciones de Interferencia Tipo I**

Se formula este tipo de restricciones para las operaciones que utilizan una máquina de la cual hay disponible sólo una unidad. Existen ligaduras disyuntivas entre dos trabajos cualquiera,  $i, r$  en una máquina que se pueden representar por las siguientes desigualdades:

$$X(i, j, k) - X(r, d, k) \geq PL(r, d, k)$$

O bien

$$X(r, d, k) - X(i, j, k) \geq PL(i, j, k)$$

$X$ : Variable tiempo de inicio de la operación

$i$ : Trabajo

$r$ : Trabajo

$j$ : Operación

$d$ : Operación

$k$ : Máquina donde se realizan las operaciones  $j, d$ .

$PL$ : Tiempo de proceso de lote

La primera desigualdad representa el caso en el que primero se programa la operación  $d$  del trabajo  $r$  en la máquina  $k$ , y después se programa la operación  $j$  del trabajo  $i$ . La segunda representa el caso contrario, primero se programa en la máquina  $k$  la operación  $j$ , y luego la operación  $d$ . El parámetro  $PL$  permite condicionar que la diferencia entre los tiempos de inicio de operaciones sucesivas que se realizan en la misma máquina sea igual o superior al tiempo que tarda la máquina realizando por completo el lote de proceso de la primera operación.

Ese tipo de ligadura se trata mediante un modelo lineal con una variable binaria  $Z(i, j, r, d, k)$ , que vale 1 sí el trabajo  $(i, j)$  precede al trabajo  $(r, d)$  en la máquina  $k$ , no necesariamente de forma inmediata y 0 en caso contrario. En consecuencia se deben formular las siguientes restricciones:

$$M * Z(i, j, r, d, k) + X(i, j, k) - X(r, d, k) \geq PL(r, d, k)$$

$$M * (1 - Z(i, j, r, d, k)) + X(r, d, k) - X(i, j, k) \geq PL(i, j, k)$$

▪ **Restricciones de Interferencia Tipo II**

Las restricciones de interferencia Tipo II permiten formular casos correspondientes a máquinas de las que hay disponibles dos unidades o más. Ocurre una interferencia entre operaciones cuando éstas se realizan en la misma unidad de una máquina, razón por la cual, la restricción se cumple sólo si efectivamente sucede de esa forma. Para verificar la existencia de interferencia, se utiliza una variable binaria  $W(i, j, r, d, k)$  que vale 1 si efectivamente las operaciones se ejecutan en la misma unidad de un tipo de máquina y 0 en caso contrario.

La condición lógica:

$$Y(i, j, k_1) = 1 \wedge Y(r, d, k_1) = 1 \leftrightarrow W(i, j, r, d, k_1) = 1$$

Se representa por medio de las siguientes restricciones:

$$-Y(i, j, k) + W(i, j, r, d, k) \leq 0$$

$$-Y(r, d, k) + W(i, j, r, d, k) \leq 0$$

$$Y(i, j, k) + Y(r, d, k) - W(i, j, r, d, k) \leq 1$$

La formulación de las restricciones de interferencia depende del valor que tome la variable binaria  $W(i, j, r, d, k)$ , en cada caso, porque, si esta vale 1 hay interferencia y se formulan las restricciones para dicho par de operaciones, pero, si vale 0, no existe interferencia, y por lo tanto, no son necesarias las restricciones de este tipo. Esta situación se plantea a través de las siguientes restricciones:

$$X(i, j, k_1) - X(r, d, k_1) + A * U(i, j, r, d, k_1) \geq PL(r, d, k_1) + A$$

$$X(i, j, k_1) - X(r, d, k_1) - (M+B) * U(i, j, r, d, k_1) \leq PL(r, d, k_1) - B$$

$$X(r, d, k_1) - X(i, j, k_1) + A * V(i, j, r, d, k_1) \geq PL(i, j, k_1) + A$$

$$X(r, d, k_1) - X(i, j, k_1) - (M+B) * V(i, j, r, d, k_1) \leq PL(i, j, k_1) - B$$

$U$ : Variable binaria para indicar si la restricción se satisface

- V: Variable binaria para indicar si la restricción se satisface  
M: Número suficientemente grande para forzar a que una restricción sea activa  
A: Número suficientemente pequeño  
B: Valor de tolerancia pequeño a partir del cual se considera que las restricción se rompe.

Aparte de las restricciones anteriores, es necesario formular dos restricciones más para las variables binarias, con el fin de garantizar que solo serán activas un par de las cuatro restricciones de interferencia planteadas anteriormente.

$$W(i, j, r, d, k_1) + U(i, j, r, d, k_1) + V(i, j, r, d, k_1) \leq 2$$

$$W(i, j, r, d, k_1) - U(i, j, r, d, k_1) - V(i, j, r, d, k_1) \leq 0$$

En el sistema productivo tipo “flow shop” de la Figura 4, se identificó el tipo de restricción de interferencia correspondiente a cada par de operaciones que se realizan en la misma máquina. A continuación, se muestran todas las relaciones de interferencia del sistema productivo bajo estudio, clasificadas según el tipo de restricción que les corresponde:

RELACIONES DE INTERFERENCIA TIPO I – MÁQUINA 2			
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>

RELACIONES DE INTERFERENCIA TIPO I – MÁQUINA 3			
Operación Precedente	Operación Siguiente	Operación Precedente	Operación Siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>

RELACIONES DE INTERFERENCIA TIPO I – MÁQUINA 4			
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>

RESTRICCIONES DE INTERFERENCIA TIPO II – MÁQUINA 1			
Primera unidad		Segunda unidad	
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>

### C. Medidas de Eficacia

Como inicialmente se señaló, se utilizan como medidas de eficacia a optimizar el Instante de salida de la última pieza del taller “makespan” y el tiempo promedio de permanencia en el taller de cada uno de los trabajos “mean flow time”.

- **Instante de salida de la última pieza “makespan”**

Como no se conoce cual de los trabajos es el último en salir del taller, el “makespan” se representa mediante una restricción para la última operación de cada trabajo. En el

sistema productivo del Instituto Avraham Goldratt, la última operación de todos los trabajos se realiza en una máquina de la que sólo hay disponible una unidad, por lo tanto, la restricción que se debe formular es la siguiente:

$$X(i, z, k) + PL(i, z, k) \leq T$$

$T$ : Variable que representa la terminación del proceso

$z$ : Última operación de un trabajo

La restricción anterior indica que el instante de salida de la última pieza del taller “ $T$ ”, puede ser mayor o igual al tiempo de terminación de la última operación de un trabajo en particular. Entonces, la variable a minimizar es  $T$ , cuyo valor representa el “makespan” óptimo.

▪ **Tiempo promedio de permanencia en el taller “Mean Flow Time”**

Para el “mean flow time” se formula de igual forma una restricción para la última operación de cada trabajo, modificando la variable  $T$  en función del trabajo que se realiza tal y como se muestra continuación:

$$X(i, z, k) + PL(i, z, k) \leq T(i)$$

En este caso, se minimiza la suma de los tiempos de finalización de todos los trabajos, es decir, la función objetivo a optimizar es:

$$FF = \sum T(i) \rightarrow \text{mín.}$$

En el sistema productivo tipo “flow shop” de la Figura 4, se identificaron las últimas operaciones de cada trabajo, para las cuales se formulan las restricciones mencionadas anteriormente.

ÚLTIMAS OPERACIONES DE LOS TRABAJOS	
$T_1 \cdot O_{11} \cdot M_{21}$	$T_5 \cdot O_{15} \cdot M_{21}$
$T_2 \cdot O_{12} \cdot M_{21}$	$T_6 \cdot O_{16} \cdot M_{21}$
$T_3 \cdot O_{13} \cdot M_{21}$	$T_7 \cdot O_{17} \cdot M_{21}$
$T_4 \cdot O_{14} \cdot M_{21}$	$T_8 \cdot O_{18} \cdot M_{21}$

El modelo presentado se basa en una serie de supuestos que permiten simplificar y generalizar el análisis del problema. Algunos de estos supuestos son:

- Cada operación se realiza específicamente en el tipo de máquina al que fue asignada.
- No se permiten interrupciones en la realización de las operaciones.
- No se pueden solapar dos operaciones de la misma pieza en la misma máquina o en máquinas distintas.
- Se utilizan tiempos determinísticos
- El tiempo de preparación de las máquinas es independiente de la secuencia.
- No se presentan daños en las máquinas, están siempre disponibles en el horizonte de tiempo.
- Cada máquina realiza sólo una operación a la vez.
- No se consideran tiempos de transporte.

Otra hipótesis que es común en los problemas de programación de operaciones es la de no considerar montajes o particiones de lotes. Dado que el objetivo de la investigación es evaluar el impacto del fraccionamiento de lotes en el sistema productivo de la Figura 4, en la formulación del modelo se relaja este supuesto mediante el cálculo de parámetros adecuados.

## ANEXO B

### FORMULACIÓN GENERAL DEL MODELO MATEMÁTICO EN LA ESTRUCTURA PROPIA DEL LENGUAJE DE GAMS<sup>56</sup>

La modelización en Gams/Cplex sigue la estructura propia del lenguaje mediante la declaración de conjuntos, parámetros, variables y ecuaciones, al mismo tiempo que define la minimización de la variable relacionada con la medida de eficacia que se desea optimizar. Antes de mostrar los ejemplos correspondientes a la formulación de los modelos m3-1-1-07 y m3-2-1-07 en Gams, se definirá cada sentencia utilizada. Las instrucciones del modelo son las siguientes:

#### SETS

Para denotar los índices que se utilizan en la formulación del modelo y los elementos que lo conforman. Los índices son fundamentales para la construcción de bloques en los modelos de Gams. Para el caso del modelo descrito en el Anexo A, los índices son:

- i      Trabajos a elaborar: desde  $T_1$  hasta  $T_8$ .
- j      Operaciones: desde  $O_1$  hasta  $O_{18}$ .
- k      Recursos o máquinas:  $M_{11}, M_{12}, M_{21}, M_{31}, M_{41}$ .

#### ALIAS

Permite dar otro nombre a los índices declarados previamente para dar flexibilidad a la formulación de las restricciones. Para este caso, los índices equivalentes son:

- i = r
- j = d
- k = l

#### SECUEN1

Este grupo contiene las operaciones con relaciones de secuencia Tipo I.

---

<sup>56</sup>Ibid. P. 383-387.

## **SECUEN2**

Al igual que el grupo anterior, contiene las relaciones de secuencia Tipo I, pero, para las operaciones que son punto de divergencia y requieren de un segundo parámetro denominado  $TT_2$ .

## **SECUEN3**

Este grupo contiene las operaciones con relaciones de secuencia Tipo II.

## **SECUEN4**

Al igual que el grupo anterior, contiene las relaciones de secuencia Tipo II, pero, para las operaciones que son punto de divergencia y requieren de un segundo parámetro denominado  $TT_2$ .

## **SECUEN5**

Este grupo contiene las operaciones con relaciones de secuencia Tipo III.

## **SECUEN6**

Al igual que el grupo anterior, contiene las relaciones de secuencia Tipo III, pero, para las operaciones que son punto de divergencia y requieren de un segundo parámetro denominado  $TT_2$ .

## **ARIA**

Son las restricciones definidas para las variables binarias  $Y$ , cuya suma debe ser igual a uno para garantizar que sólo se utiliza una de las máquinas disponibles. Aplica para el conjunto de operaciones que pueden ejecutarse en cualquiera de dos unidades de máquina disponibles, en este caso, las que se realizan en la máquina 1.

## **BIN**

Son las restricciones definidas para las variables binarias utilizadas en la formulación de las restricciones de interferencia. Se aplican a cada par de operaciones que se ejecutan en un tipo de máquina del que hay disponible dos unidades y se deben especificar para cada una de ellas.

## **INTER1**

Este grupo contiene las relaciones de interferencia Tipo I.

## **INTER2**

Grupo que contiene las relaciones de interferencia de Tipo II. Las máquinas para las cuales se formula este tipo de restricción tienen dos unidades y en cualquiera de ellas se puede ejecutar una operación determinada.

## **ULTI**

Contiene la última operación de cada trabajo.

## **PARAMETER P (i, j, k)**

Se da el tiempo de proceso unitario para cada una de las operaciones consideradas en la configuración bajo estudio.

## **PARAMETER PL (i, j, k)**

Contiene los valores del tiempo de proceso de lote en cada operación, incluido el tiempo de preparación de la máquina en donde ésta se realiza.

## **PARAMETER TT (i, j, k)**

Se dan los tiempos de inicio más temprano posibles para cada una de las operaciones siguientes.

## **PARAMETER TT<sub>2</sub> (i, j, k)**

Se dan los tiempos de inicio más temprano posibles para la segunda operación siguiente en los casos donde la operación precedente es punto de divergencia.

## **SCALAR**

Permite declarar los valores de las constantes  $M$ ,  $A$  y  $B$ , utilizadas en la formulación de algunas restricciones. Se definieron de la siguiente forma: como el valor de  $M$  debe ser lo más grande posible, se estimó con base en el mayor tiempo de proceso de máquina. Si se elaboraran todos los trabajos en una sola unidad de la máquina 1, se requerirían para dicha máquina 3.945 unidades de tiempo, por lo cual, se seleccionó un valor aproximado para  $M$  de 4.100. Para las demandas básica x 100 y básica x 1000 se escogieron los valores 410.000 y 4.100.000. Para  $A$  que se pide un valor lo más pequeño posible, se escogió en todos los casos el valor negativo de  $M$ . El valor de  $B$  que es un *Epsilon*, se escogió de una unidad.

## **POSITIVE VARIABLES**

Se define como variable positiva el tiempo de inicio de una operación, el cual se identifica en el modelo como  $X(i, j, k)$ . Para los casos correspondientes a la medida de desempeño "mean flow time", se define adicionalmente como variable positiva el tiempo de finalización de cada trabajo, identificado en el modelo como  $T(i)$ .

## **VARIABLES**

Se definen como variables  $T$  y  $FF$ , las medidas de eficacia a optimizar en el modelo. La variable  $T$  corresponde a los casos donde se optimiza el instante de salida de la última pieza del taller y la variable  $FF$  corresponde a los casos donde se minimiza la suma de los tiempos de terminación de todos los trabajos.

## **BINARY VARIABLES**

Define todas las variables binarias utilizadas en el modelo:  $Y(i, j, k)$ ,  $Z(i, j, r, d, k)$ ,  $W(i, j, r, d, k)$ ,  $U(i, j, r, d, k)$  y  $V(i, j, r, d, k)$ .

## **EQUATIONS**

Define los 19 bloques de ecuaciones que se utilizan en la formulación del modelo y sus respectivas ecuaciones.

Finalmente, mediante las sentencias de solución se especifica si se desea correr sólo una parte del modelo o el modelo completo, además se pueden dar instrucciones específicas para la solución del mismo.

## **RELACIONES DE SECUENCIA E INTERFERENCIA PARA LA FORMULACIÓN DEL MODELO EN GAMS**

El modelo matemático utilizado permite obtener la secuencia de operaciones que genera la mejor medida de desempeño, es decir, la óptima. La misma operación puede ser necesaria para determinado grupo de trabajos, por ejemplo, la operación 1 ( $O_1$ ) es la misma para los trabajos 1, 2 y 3 y la operación 2 ( $O_2$ ) es la misma para los trabajos 4, 5, 6, 7 y 8. De acuerdo con lo anterior, es posible agrupar en una sola operación todos los trabajos que requieren de ella, utilizando en la nomenclatura, el índice del primero de los trabajos que la conforman. Así, por ejemplo, la nomenclatura  $T_1O_1M_{31}$ , hace referencia no sólo al trabajo 1 sino también a los trabajos 1, 2 y 3,

porque, como se mencionó, éstos también requieren de la Operación 1. Las relaciones de secuencia e interferencia se formularon en Gams teniendo en cuenta las consideraciones anteriores. Las relaciones que se muestran en negrita, son las que requieren del parámetro  $TT_2$ .

RELACIONES DE SECUENCIA TIPO I	
Operación precedente	Operación siguiente
$T_1.O_1.M_{31}$	$T_1.O_3.M_{41}$
$T_4.O_2.M_{31}$	$T_4.O_4.M_{41}$
<b><math>T_4.O_2.M_{31}</math></b>	<b><math>T_6.O_5.M_{41}</math></b>

RELACIONES DE SECUENCIA TIPO II			
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
$T_1.O_6.M_{11}$	$T_1.O_{11}.M_{21}$	<b><math>T_4.O_8.M_{11}</math></b>	<b><math>T_5.O_{15}.M_{21}</math></b>
$T_1.O_6.M_{12}$		<b><math>T_4.O_8.M_{12}</math></b>	
<b><math>T_1.O_6.M_{11}</math></b>	<b><math>T_2.O_{12}.M_{21}</math></b>	$T_6.O_9.M_{11}$	$T_6.O_{16}.M_{21}$
<b><math>T_1.O_6.M_{12}</math></b>		$T_6.O_9.M_{12}$	
$T_3.O_7.M_{11}$	$T_3.O_{13}.M_{21}$	$T_7.O_{10}.M_{11}$	$T_7.O_{17}.M_{21}$
$T_3.O_7.M_{12}$		$T_7.O_{10}.M_{12}$	
$T_4.O_8.M_{11}$	$T_4.O_{14}.M_{21}$	<b><math>T_7.O_{10}.M_{11}</math></b>	<b><math>T_8.O_{18}.M_{21}</math></b>
$T_4.O_8.M_{12}$		<b><math>T_7.O_{10}.M_{12}</math></b>	

RELACIONES DE SECUENCIA TIPO III	
Operación precedente	Operación siguiente
$T_1.O_3.M_{41}$	$T_1.O_6.M_{11}$
	$T_1.O_6.M_{12}$
<b><math>T_1.O_3.M_{41}</math></b>	<b><math>T_3.O_7.M_{11}</math></b>
	<b><math>T_3.O_7.M_{12}</math></b>
$T_4.O_4.M_{41}$	$T_4.O_8.M_{11}$
	$T_4.O_8.M_{12}$
$T_6.O_5.M_{41}$	$T_6.O_9.M_{11}$
	$T_6.O_9.M_{12}$
<b><math>T_6.O_5.M_{41}</math></b>	<b><math>T_7.O_{10}.M_{11}</math></b>
	<b><math>T_7.O_{10}.M_{12}</math></b>

RELACIONES DE INTERFERENCIA TIPO I – MÁQUINA 4	
Operación precedente	Operación siguiente
$T_1.O_3.M_{41}$	$T_4.O_4.M_{41}$
$T_1.O_3.M_{41}$	$T_6.O_5.M_{41}$
$T_4.O_4.M_{41}$	$T_6.O_5.M_{41}$

RELACIONES DE INTERFERENCIA TIPO I – MÁQUINA 3	
Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>

RELACIONES DE INTERFERENCIA TIPO I – MÁQUINA 2			
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>11</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>2</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>5</sub> .O <sub>15</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>2</sub> .O <sub>12</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>16</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>13</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>14</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>17</sub> .M <sub>21</sub>	T <sub>8</sub> .O <sub>18</sub> .M <sub>21</sub>

RELACIONES DE INTERFERENCIA TIPO II – MÁQUINA 1			
PRIMERA UNIDAD		SEGUNDA UNIDAD	
Operación precedente	Operación siguiente	Operación precedente	Operación siguiente
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>

A continuación, se muestran como ejemplos las formulaciones específicas de los casos m3-1-1-07 y m3-2-1-07.

## Formulación del modelo en Gams para el caso m3-1-1-07

\$ontext

LT = LP

MAKESPAN

Demanda Básica = 7

\$offtext

SETS

i Trabajos /t1\*t8/

j Operaciones /o1\*o18/

k Recursos /m11, m12, m21, m31, m41/;

ALIAS (i, r), (j, d), (k, l);

SET secuen1 (i, j, k, r, d, l)

/t1.o1.m31.t1.o3.m41, t4.o2.m31.t4.o4.m41/;

SET secuen2 (i, j, k, r, d, l)

/t4.o2.m31.t6.o5.m41/;

SET secuen3 (i, j, k, r, d, l)

/t1.o6.m11.t1.o11.m21, t1.o6.m12.t1.o11.m21,  
t3.o7.m11.t3.o13.m21, t3.o7.m12.t3.o13.m21,  
t4.o8.m11.t4.o14.m21, t4.o8.m12.t4.o14.m21,  
t6.o9.m11.t6.o16.m21, t6.o9.m12.t6.o16.m21,  
t7.o10.m11.t7.o17.m21, t7.o10.m12.t7.o17.m21/;

SET secuen4 (i, j, k, r, d, l)

/t1.o6.m11.t2.o12.m21, t1.o6.m12.t2.o12.m21,  
t4.o8.m11.t5.o15.m21, t4.o8.m12.t5.o15.m21,  
t7.o10.m11.t8.o18.m21, t7.o10.m12.t8.o18.m21/;

SET secuen5 (i, j, k, r, d, l)

/t1.o3.m41.t1.o6.m11, t1.o3.m41.t1.o6.m12,  
t4.o4.m41.t4.o8.m11, t4.o4.m41.t4.o8.m12,  
t6.o5.m41.t6.o9.m11, t6.o5.m41.t6.o9.m12/;

SET secuen6 (i, j, k, r, d, l)

/t1.o3.m41.t3.o7.m11, t1.o3.m41.t3.o7.m12,  
t6.o5.m41.t7.o10.m11, t6.o5.m41.t7.o10.m12/;

SET aria (i, j, k, l)

/t1.o6.m11.m12, t3.o7.m11.m12, t4.o8.m11.m12,  
t6.o9.m11.m12, t7.o10.m11.m12/;

SET bin (i, j, k, r, d)

/t1.o6.m11.t3.o7, t1.o6.m11.t4.o8, t1.o6.m11.t6.o9, t1.o6.m11.t7.o10,  
t3.o7.m11.t4.o8, t3.o7.m11.t6.o9, t3.o7.m11.t7.o10, t4.o8.m11.t6.o9,  
t4.o8.m11.t7.o10, t6.o9.m11.t7.o10, t1.o6.m12.t3.o7, t1.o6.m12.t4.o8,  
t1.o6.m12.t6.o9, t1.o6.m12.t7.o10, t3.o7.m12.t4.o8, t3.o7.m12.t6.o9,

t3.o7.m12.t7.o10, t4.o8.m12.t6.o9, t4.o8.m12.t7.o10, t6.o9.m12.t7.o10/;

SET inter1 (i, j, k, r, d, l)

/t1.o11.m21. (t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t2.o12.m21. (t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t3.o13.m21. (t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t4.o14.m21. (t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t5.o15.m21. (t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t6.o16.m21. (t7.o17.m21, t8.o18.m21), t7.o17.m21.t8.o18.m21,  
t1.o1.m31.t4.o2.m31, t1.o3.m41.t4.o4.m41, t1.o3.m41.t6.o5.m41,  
t4.o4.m41.t6.o5.m41/;

SET inter2 (i, j, k, r, d, l)

/t1.o6.m11. (t3.o7.m11, t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),  
t3.o7.m11. (t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),  
t4.o8.m11. (t6.o9.m11, t7.o10.m11), t6.o9.m11.t7.o10.m11,  
t1.o6.m12. (t3.o7.m12, t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),  
t3.o7.m12. (t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),  
t4.o8.m12. (t6.o9.m12, t7.o10.m12), t6.o9.m12.t7.o10.m12/;

SET ulti (i, j, k)

/t1.o11.m21, t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21,  
t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21/;

PARAMETER p (i, j, k) tiempo de proceso unitario

/t1.o1.m31	10,		
t1.o3.m41	15,		
t1.o6.m11	30,	t1.o6.m12	30,
t1.o11.m21	5,		
t2.o12.m21	7,		
t3.o7.m11	25,	t3.o7.m12	25,
t3.o13.m21	5,		
t4.o2.m31	10,		
t4.o4.m41	15,		
t4.o8.m11	15,	t4.o8.m12	15,
t4.o14.m21	6,		
t5.o15.m21	3,		
t6.o5.m41	20,		
t6.o9.m11	30,	t6.o9.m12	30,
t6.o16.m21	4,		
t7.o10.m11	45,	t7.o10.m12	45,
t7.o17.m21	5,		
t8.o18.m21	3/;		

PARAMETER PL (i, j, k) Tiempo de proceso de lote

/t1.o1.m31	490,		
t1.o3.m41	615,		
t1.o6.m11	960,	t1.o6.m12	960,
t1.o11.m21	160,		
t2.o12.m21	88,		
t3.o7.m11	565,	t3.o7.m12	565,

t3.o13.m21	125,		
t4.o2.m31	670,		
t4.o4.m41	435,		
t4.o8.m11	615,	t4.o8.m12	615,
t4.o14.m21	120,		
t5.o15.m21	105,		
t6.o5.m41	660,		
t6.o9.m11	390,	t6.o9.m12	390,
t6.o16.m21	80,		
t7.o10.m11	1365,	t7.o10.m12	1365,
t7.o17.m21	135,		
t8.o18.m21	90/;		

PARAMETER TT (i, j, k) tiempo de lote de transferencia

/t1.o1.m31	490,		
t1.o3.m41	615,		
t1.o6.m11	960,	t1.o6.m12	960,
t3.o7.m11	565,	t3.o7.m12	565,
t4.o2.m31	670,		
t4.o4.m41	435,		
t4.o8.m11	615,	t4.o8.m12	615,
t6.o5.m41	660,		
t6.o9.m11	390,	t6.o9.m12	390,
t7.o10.m11	1365/;		

PARAMETER TT2 (i, j, k) tiempo de lote de transferencia

/t1.o6.m11	960,	t1.o6.m12	960,
t1.o3.m41	615,		
t4.o8.m11	615,	t4.o8.m12	615,
t4.o2.m31	670,		
t6.o5.m41	660,		
t7.o10.m11	1365,	t7.o10.m12	1365/;

SCALAR m valor máximo /4100/;

SCALAR a valor mínimo /-4100/;

SCALAR b valor épsilon /1/;

POSITIVE VARIABLES x (i, j, k) Tiempo de inicio operación;

VARIABLES t Makespan;

BINARY VARIABLES y (i, j, k), z (i, j, r, d, k), w (i, j, r, d, k),

u (i, j, r, d, k), v (i, j, r, d, k);

EQUATIONS

R1 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de secuen1
R2 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de secuen2
R3 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de secuen3
R4 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de secuen4
R5 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de secuen5
R6 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de secuen6
R7 (i, j, k, l)	Restricción aria
R8 (i, j, k, r, d)	Restricción de binarias
R9 (i, j, k, r, d)	Restricción de binarias

R10 (i, j, k, r, d)	Restricción de binarias
R11 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter1
R12 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter1
R13 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter2
R14 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter2
R15 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter2
R16 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter2
R17 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter2
R18 (i, j, k, r, d, l)	Restricción de inter2
R19 (i, j, k)	Restricción ultimas operaciones;

$$R1(i,j,k,r,d,l)\$secuen1(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{secuen1}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT(i,j,k)) \neq \text{sum}(\text{secuen1}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));$$

$$R2(i,j,k,r,d,l)\$secuen2(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{secuen2}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT2(i,j,k)) \neq \text{sum}(\text{secuen2}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));$$

$$R3(i,j,k,r,d,l)\$secuen3(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{secuen3}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT(i,j,k)) \neq \text{sum}(\text{secuen3}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m^*(1 - y(i,j,k)));$$

$$R4(i,j,k,r,d,l)\$secuen4(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{secuen4}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT2(i,j,k)) \neq \text{sum}(\text{secuen4}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m^*(1 - y(i,j,k)));$$

$$R5(i,j,k,r,d,l)\$secuen5(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{secuen5}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT(i,j,k)) \neq \text{sum}(\text{secuen5}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m^*(1 - y(r,d,l)));$$

$$R6(i,j,k,r,d,l)\$secuen6(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{secuen6}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT2(i,j,k)) \neq \text{sum}(\text{secuen6}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m^*(1 - y(r,d,l)));$$

$$R7(i,j,k,l)\$aria(i,j,k,l).. \text{sum}(\text{aria}(i,j,k,l), y(i,j,k) + y(i,j,l)) = e = 1;$$

$$R8(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. \text{sum}(\text{bin}(i,j,k,r,d), -y(i,j,k) + w(i,j,r,d,k)) \neq 0;$$

$$R9(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. \text{sum}(\text{bin}(i,j,k,r,d), -y(r,d,k) + w(i,j,r,d,k)) \neq 0;$$

$$R10(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. \text{sum}(\text{bin}(i,j,k,r,d), y(i,j,k) + y(r,d,k) - w(i,j,r,d,k)) \neq 1;$$

$$R11(i,j,k,r,d,l)\$inter1(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{inter1}(i,j,k,r,d,l), m^*z(i,j,r,d,k) + x(i,j,k) - x(r,d,l)) = g = PL(r,d,l);$$

$$R12(i,j,k,r,d,l)\$inter1(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{inter1}(i,j,k,r,d,l), m^*(1 - z(i,j,r,d,k)) + x(r,d,l) - x(i,j,k)) = g = PL(i,j,k);$$

$$R13(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{inter2}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) - x(r,d,l) + a^*u(i,j,r,d,k)) = g = PL(r,d,l) + a;$$

$$R14(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{inter2}(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) - x(r,d,l) - (m+b)^*u(i,j,r,d,k)) \neq PL(r,d,l) - b;$$

$$R15(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{inter2}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) - x(i,j,k) + a^*v(i,j,r,d,k)) = g = PL(i,j,k) + a;$$

$$R16(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. \text{sum}(\text{inter2}(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) - x(i,j,k) - (m+b)^*v(i,j,r,d,k)) \neq PL(i,j,k) - b;$$

R17(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), w(i,j,r,d,k) + u(i,j,r,d,k) + v(i,j,r,d,k))  
=l= 2;

R18(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), w(i,j,r,d,k) - u(i,j,r,d,k) - v(i,j,r,d,k))  
=l= 0;

R19(i,j,k)\$ulti(i,j,k).. sum(ulti(i,j,k), x(i,j,k) +PL(i,j,k)) =l= t;

model tipo3 "Tercer modelo de la tesis" /ALL/;  
tipo3.OPTFILE =1;  
SOLVE tipo3 USING MIP MINIMIZING t;

### Formulación del modelo en Gams para el caso m3-2-1-07

\$ontext  
LT = LP  
FLOW TIME MEAN  
Demanda Básica = 7  
\$offtext

SETS  
i Trabajos /t1\*t8/  
j Operaciones /o1\*o18/  
k Recursos /m11, m12, m21, m31, m41/;

ALIAS (i,r), (j,d), (k,l);

SET secuen1 (i,j,k,r,d,l)  
/t1.o1.m31.t1.o3.m41, t4.o2.m31.t4.o4.m41/;

SET secuen2 (i,j,k,r,d,l)  
/t4.o2.m31.t6.o5.m41/;

SET secuen3 (i,j,k,r,d,l)  
/t1.o6.m11.t1.o11.m21, t1.o6.m12.t1.o11.m21,  
t3.o7.m11.t3.o13.m21, t3.o7.m12.t3.o13.m21,  
t4.o8.m11.t4.o14.m21, t4.o8.m12.t4.o14.m21,  
t6.o9.m11.t6.o16.m21, t6.o9.m12.t6.o16.m21,  
t7.o10.m11.t7.o17.m21, t7.o10.m12.t7.o17.m21/;

SET secuen4 (i,j,k,r,d,l)  
/t1.o6.m11.t2.o12.m21, t1.o6.m12.t2.o12.m21,  
t4.o8.m11.t5.o15.m21, t4.o8.m12.t5.o15.m21,  
t7.o10.m11.t8.o18.m21, t7.o10.m12.t8.o18.m21/;

SET secuen5 (i,j,k,r,d,l)  
/t1.o3.m41.t1.o6.m11, t1.o3.m41.t1.o6.m12,  
t4.o4.m41.t4.o8.m11, t4.o4.m41.t4.o8.m12,  
t6.o5.m41.t6.o9.m11, t6.o5.m41.t6.o9.m12/;

SET secuen6 (i,j,k,r,d,l)

/t1.o3.m41.t3.o7.m11, t1.o3.m41.t3.o7.m12,  
t6.o5.m41.t7.o10.m11, t6.o5.m41.t7.o10.m12/;

SET aria (i,j,k,l)

/t1.o6.m11.m12, t3.o7.m11.m12, t4.o8.m11.m12,  
t6.o9.m11.m12, t7.o10.m11.m12/;

SET bin (i,j,k,r,d)

/t1.o6.m11.t3.o7, t1.o6.m11.t4.o8, t1.o6.m11.t6.o9, t1.o6.m11.t7.o10,  
t3.o7.m11.t4.o8, t3.o7.m11.t6.o9, t3.o7.m11.t7.o10, t4.o8.m11.t6.o9,  
t4.o8.m11.t7.o10, t6.o9.m11.t7.o10, t1.o6.m12.t3.o7, t1.o6.m12.t4.o8,  
t1.o6.m12.t6.o9, t1.o6.m12.t7.o10, t3.o7.m12.t4.o8, t3.o7.m12.t6.o9,  
t3.o7.m12.t7.o10, t4.o8.m12.t6.o9, t4.o8.m12.t7.o10, t6.o9.m12.t7.o10/;

SET inter1 (i,j,k,r,d,l)

/t1.o11.m21. (t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21,  
t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t2.o12.m21. (t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21,  
t8.o18.m21),  
t3.o13.m21. (t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t4.o14.m21. (t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t5.o15.m21. (t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
t6.o16.m21. (t7.o17.m21, t8.o18.m21), t7.o17.m21.t8.o18.m21,  
t1.o1.m31.t4.o2.m31, t1.o3.m41.t4.o4.m41, t1.o3.m41.t6.o5.m41,  
t4.o4.m41.t6.o5.m41/;

SET inter2(i,j,k,r,d,l)

/t1.o6.m11. (t3.o7.m11, t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),  
t3.o7.m11. (t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),  
t4.o8.m11. (t6.o9.m11, t7.o10.m11), t6.o9.m11.t7.o10.m11,  
t1.o6.m12. (t3.o7.m12, t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),  
t3.o7.m12. (t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),  
t4.o8.m12. (t6.o9.m12, t7.o10.m12), t6.o9.m12.t7.o10.m12/;

SET ulti (i,j,k)

/t1.o11.m21, t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21,  
t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21/;

PARAMETER p (i,j,k) tiempo de proceso unitario

/t1.o1.m31	10,		
t1.o3.m41	15,		
t1.o6.m11	30,	t1.o6.m12	30,
t1.o11.m21	5,		
t2.o12.m21	7,		
t3.o7.m11	25,	t3.o7.m12	25,
t3.o13.m21	5,		
t4.o2.m31	10,		
t4.o4.m41	15,		
t4.o8.m11	15,	t4.o8.m12	15,
t4.o14.m21	6,		
t5.o15.m21	3,		
t6.o5.m41	20,		

t6.o9.m11	30,	t6.o9.m12	30,
t6.o16.m21	4,		
t7.o10.m11	45,	t7.o10.m12	45,
t7.o17.m21	5,		
t8.o18.m21	3/;		

PARAMETER PL (i,j,k) Tiempo de proceso de lote

/t1.o1.m31	490,		
t1.o3.m41	615,		
t1.o6.m11	960,	t1.o6.m12	960,
t1.o11.m21	160,		
t2.o12.m21	88,		
t3.o7.m11	565,	t3.o7.m12	565,
t3.o13.m21	125,		
t4.o2.m31	670,		
t4.o4.m41	435,		
t4.o8.m11	615,	t4.o8.m12	615,
t4.o14.m21	120,		
t5.o15.m21	105,		
t6.o5.m41	660,		
t6.o9.m11	390,	t6.o9.m12	390,
t6.o16.m21	80,		
t7.o10.m11	1365,	t7.o10.m12	1365,
t7.o17.m21	135,		
t8.o18.m21	90/;		

PARAMETER TT (i,j,k) tiempo de lote de transferencia

/t1.o1.m31	490,		
t1.o3.m41	615,		
t1.o6.m11	960,	t1.o6.m12	960,
t3.o7.m11	565,	t3.o7.m12	565,
t4.o2.m31	670,		
t4.o4.m41	435,		
t4.o8.m11	615,	t4.o8.m12	615,
t6.o5.m41	660,		
t6.o9.m11	390,	t6.o9.m12	390,
t7.o10.m11	1365/;		

PARAMETER TT2 (i,j,k) tiempo de lote de transferencia

/t1.o6.m11	960,	t1.o6.m12	960,
t1.o3.m41	615,		
t4.o8.m11	615,	t4.o8.m12	615,
t4.o2.m31	670,		
t6.o5.m41	660,		
t7.o10.m11	1365,	t7.o10.m12	1365/;

SCALAR m valor máximo /4100/;

SCALAR a valor mínimo /-4100/;

SCALAR b valor épsilon /1/;

POSITIVE VARIABLES x (i,j,k) Tiempo de inicio operación;

POSITIVE VARIABLES t (i) Tiempo de finalización de tarea

VARIABLES ff Flow Time Mean;

BINARY VARIABLES  $y(i,j,k)$ ,  $z(i,j,r,d,k)$ ,  $w(i,j,r,d,k)$ ,  
 $u(i,j,r,d,k)$ ,  $v(i,j,r,d,k)$ ;

## EQUATIONS

FIN	Función objetivo
R1 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de secuen1
R2 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de secuen2
R3 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de secuen3
R4 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de secuen4
R5 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de secuen5
R6 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de secuen6
R7 (i,j,k,l)	Restricción aria
R8 (i,j,k,r,d)	Restricción de binarias
R9 (i,j,k,r,d)	Restricción de binarias
R10 (i,j,k,r,d)	Restricción de binarias
R11 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter1
R12 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter1
R13 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter2
R14 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter2
R15 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter2
R16 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter2
R17 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter2
R18 (i,j,k,r,d,l)	Restricción de inter2
R19 (i,j,k)	Restricción ultimas operaciones;

FIN.. ff =e= sum(i, t(i));

R1(i,j,k,r,d,l)\$secuen1(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen1(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT(i,j,k)) =|= sum(secuen1(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));

R2(i,j,k,r,d,l)\$secuen2(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen2(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT2(i,j,k)) =|= sum(secuen2(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));

R3(i,j,k,r,d,l)\$secuen3(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen3(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT(i,j,k)) =|= sum(secuen3(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m\*(1- y(i,j,k)));

R4(i,j,k,r,d,l)\$secuen4(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen4(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT2(i,j,k)) =|= sum(secuen4(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m\*(1- y(i,j,k)));

R5(i,j,k,r,d,l)\$secuen5(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen5(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT(i,j,k)) =|= sum(secuen5(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m\*(1- y(r,d,l)));

R6(i,j,k,r,d,l)\$secuen6(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen6(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) + TT2(i,j,k)) =|= sum(secuen6(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) + m\*(1- y(r,d,l)));

R7(i,j,k,l)\$aria(i,j,k,l).. sum(aria(i,j,k,l), y(i,j,k) + y(i,j,l))=e= 1;

R8(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d), -y(i,j,k) + w(i,j,r,d,k)) =|= 0;

R9(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d), -y(r,d,k) + w(i,j,r,d,k)) =|= 0;

R10(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d), y(i,j,k) + y(r,d,k) - w(i,j,r,d,k)) =|= 1;

R11(i,j,k,r,d,l)\$inter1(i,j,k,r,d,l).. sum(inter1(i,j,k,r,d,l), m\*z(i,j,r,d,k) + x(i,j,k) - x(r,d,l)) =g= PL(r,d,l);

R12(i,j,k,r,d,l)\$inter1(i,j,k,r,d,l).. sum(inter1(i,j,k,r,d,l), m\*(1-z(i,j,r,d,k)) + x(r,d,l) - x(i,j,k)) =g= PL(i,j,k);

R13(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) -x(r,d,l) + a\*u(i,j,r,d,k)) =g= PL(r,d,l) + a;

R14(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), x(i,j,k) -x(r,d,l)-(m+b)\*u(i,j,r,d,k)) =l= PL(r,d,l) -b;

R15(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) -x(i,j,k) + a\*v(i,j,r,d,k)) =g= PL(i,j,k) + a;

R16(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l) -x(i,j,k)-(m+b)\*v(i,j,r,d,k)) =l= PL(i,j,k) -b;

R17(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), w(i,j,r,d,k) + u(i,j,r,d,k) + v(i,j,r,d,k)) =l= 2;

R18(i,j,k,r,d,l)\$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l), w(i,j,r,d,k) - u(i,j,r,d,k) - v(i,j,r,d,k)) =l= 0;

R19(i,j,k)\$ulti(i,j,k).. sum(ulti(i,j,k), x(i,j,k) +PL(i,j,k)) =l= t(i);

model tipo3 "Tercer modelo de la tesis" /ALL/  
tipo3.OPTFILE =1;  
SOLVE tipo3 USING MIP MINIMIZING ff;

## ANEXO C

### PARÁMETRO PL PARA LOS CASOS DE ESTUDIO

m3-1-1-01; m3-1-2-01; m3-1-3-01; m3-1-4-01; m3-2-1-01; m3-2-2-01; m3-2-3-01; m3-2-4-01.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	38	500
O <sub>3</sub>	60	15	38	630
O <sub>6</sub>	240	30	23	930
O <sub>11</sub>	60	5	13	125
O <sub>12</sub>	60	7	10	130
O <sub>7</sub>	240	25	15	615
O <sub>13</sub>	60	5	15	135
O <sub>2</sub>	120	10	54	660
O <sub>4</sub>	60	15	20	360
O <sub>8</sub>	240	15	20	540
O <sub>14</sub>	60	6	5	90
O <sub>15</sub>	60	3	15	105
O <sub>5</sub>	60	20	34	740
O <sub>9</sub>	240	30	10	540
O <sub>16</sub>	60	4	10	100
O <sub>10</sub>	240	45	24	1.320
O <sub>17</sub>	60	5	20	160
O <sub>18</sub>	60	3	4	72

m3-1-1-02; m3-1-2-02; m3-1-3-02; m3-1-4-02; m3-2-1-02; m3-2-2-02; m3-2-3-02; m3-2-4-02.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	30	420
O <sub>3</sub>	60	15	30	510
O <sub>6</sub>	240	30	25	990
O <sub>11</sub>	60	5	10	110
O <sub>12</sub>	60	7	15	165
O <sub>7</sub>	240	25	5	365
O <sub>13</sub>	60	5	5	85
O <sub>2</sub>	120	10	62	740
O <sub>4</sub>	60	15	25	435
O <sub>8</sub>	240	15	25	615
O <sub>14</sub>	60	6	15	150
O <sub>15</sub>	60	3	10	90
O <sub>5</sub>	60	20	37	800
O <sub>9</sub>	240	30	20	840
O <sub>16</sub>	60	4	20	140
O <sub>10</sub>	240	45	17	1.005
O <sub>17</sub>	60	5	4	80
O <sub>18</sub>	60	3	13	99

m3-1-1-03; m3-1-2-03; m3-1-3-03; m3-1-4-03; m3-2-1-03; m3-2-2-03; m3-2-3-03; m3-2-4-03.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	35	470
O <sub>3</sub>	60	15	35	585
O <sub>6</sub>	240	30	20	840
O <sub>11</sub>	60	5	15	135
O <sub>12</sub>	60	7	5	95
O <sub>7</sub>	240	25	15	615
O <sub>13</sub>	60	5	15	135
O <sub>2</sub>	120	10	57	690
O <sub>4</sub>	60	15	30	510
O <sub>8</sub>	240	15	30	690
O <sub>14</sub>	60	6	10	120
O <sub>15</sub>	60	3	20	120
O <sub>5</sub>	60	20	27	600
O <sub>9</sub>	240	30	4	360
O <sub>16</sub>	60	4	4	76
O <sub>10</sub>	240	45	23	1.275
O <sub>17</sub>	60	5	13	125
O <sub>18</sub>	60	3	10	90

m3-1-1-04; m3-1-2-04; m3-1-3-04; m3-1-4-04; m3-2-1-04; m3-2-2-04; m3-2-3-04; m3-2-4-04.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	30	420
O <sub>3</sub>	60	15	30	510
O <sub>6</sub>	240	30	20	840
O <sub>11</sub>	60	5	5	85
O <sub>12</sub>	60	7	15	165
O <sub>7</sub>	240	25	10	490
O <sub>13</sub>	60	5	10	110
O <sub>2</sub>	120	10	62	740
O <sub>4</sub>	60	15	24	420
O <sub>8</sub>	240	15	24	600
O <sub>14</sub>	60	6	20	180
O <sub>15</sub>	60	3	4	72
O <sub>5</sub>	60	20	38	820
O <sub>9</sub>	240	30	13	630
O <sub>16</sub>	60	4	13	112
O <sub>10</sub>	240	45	25	1.365
O <sub>17</sub>	60	5	10	110
O <sub>18</sub>	60	3	15	105

m3-1-1-05; m3-1-2-05; m3-1-3-05; m3-1-4-05; m3-2-1-05; m3-2-2-05; m3-2-3-05; m3-2-4-05.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	45	570
O <sub>3</sub>	60	15	45	735
O <sub>6</sub>	240	30	25	990
O <sub>11</sub>	60	5	15	135
O <sub>12</sub>	60	7	10	130
O <sub>7</sub>	240	25	20	740
O <sub>13</sub>	60	5	20	160
O <sub>2</sub>	120	10	47	590
O <sub>4</sub>	60	15	17	315
O <sub>8</sub>	240	15	17	495
O <sub>14</sub>	60	6	4	84
O <sub>15</sub>	60	3	13	99
O <sub>5</sub>	60	20	30	660
O <sub>9</sub>	240	30	10	540
O <sub>16</sub>	60	4	10	100
O <sub>10</sub>	240	45	20	1.140
O <sub>17</sub>	60	5	15	135
O <sub>18</sub>	60	3	5	75

m3-1-1-06; m3-1-2-06; m3-1-3-06; m3-1-4-06; m3-2-1-06; m3-2-2-06; m3-2-3-06; m3-2-4-06.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	34	460
O <sub>3</sub>	60	15	34	570
O <sub>6</sub>	240	30	30	1.140
O <sub>11</sub>	60	5	10	110
O <sub>12</sub>	60	7	20	200
O <sub>7</sub>	240	25	4	340
O <sub>13</sub>	60	5	4	80
O <sub>2</sub>	120	10	58	700
O <sub>4</sub>	60	15	23	405
O <sub>8</sub>	240	15	23	585
O <sub>14</sub>	60	6	13	138
O <sub>15</sub>	60	3	10	90
O <sub>5</sub>	60	20	35	760
O <sub>9</sub>	240	30	15	690
O <sub>16</sub>	60	4	15	120
O <sub>10</sub>	240	45	20	1.140
O <sub>17</sub>	60	5	5	85
O <sub>18</sub>	60	3	15	105

m3-1-1-07; m3-1-2-07; m3-1-3-07; m3-1-4-07; m3-2-1-07; m3-2-2-07; m3-2-3-07; m3-2-4-07.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	37	490
O <sub>3</sub>	60	15	37	615
O <sub>6</sub>	240	30	24	960
O <sub>11</sub>	60	5	20	160
O <sub>12</sub>	60	7	4	88
O <sub>7</sub>	240	25	13	565
O <sub>13</sub>	60	5	13	125
O <sub>2</sub>	120	10	55	670
O <sub>4</sub>	60	15	25	435
O <sub>8</sub>	240	15	25	615
O <sub>14</sub>	60	6	10	120
O <sub>15</sub>	60	3	15	105
O <sub>5</sub>	60	20	30	660
O <sub>9</sub>	240	30	5	390
O <sub>16</sub>	60	4	5	80
O <sub>10</sub>	240	45	25	1.365
O <sub>17</sub>	60	5	15	135
O <sub>18</sub>	60	3	10	90

m3-1-1-08; m3-1-2-08; m3-1-3-08; m3-1-4-08; m3-2-1-08; m3-2-2-08; m3-2-3-08; m3-2-4-08.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	27	390
O <sub>3</sub>	60	15	27	465
O <sub>6</sub>	240	30	17	750
O <sub>11</sub>	60	5	4	80
O <sub>12</sub>	60	7	13	151
O <sub>7</sub>	240	25	10	490
O <sub>13</sub>	60	5	10	110
O <sub>2</sub>	120	10	65	770
O <sub>4</sub>	60	15	20	360
O <sub>8</sub>	240	15	20	540
O <sub>14</sub>	60	6	15	150
O <sub>15</sub>	60	3	5	75
O <sub>5</sub>	60	20	45	960
O <sub>9</sub>	240	30	15	690
O <sub>16</sub>	60	4	15	120
O <sub>10</sub>	240	45	30	1.590
O <sub>17</sub>	60	5	10	110
O <sub>18</sub>	60	3	20	120

m3-1-1-11; m3-1-2-11; m3-1-3-11; m3-1-4-11; m3-2-1-11; m3-2-2-11; m3-2-3-11; m3-2-4-11.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	3800	38.120
O <sub>3</sub>	60	15	3800	57.060
O <sub>6</sub>	240	30	2300	69.240
O <sub>11</sub>	60	5	1300	6.560
O <sub>12</sub>	60	7	1000	7.060
O <sub>7</sub>	240	25	1500	37.740
O <sub>13</sub>	60	5	1500	7.560
O <sub>2</sub>	120	10	5400	54.120
O <sub>4</sub>	60	15	2000	30.060
O <sub>8</sub>	240	15	2000	30.240
O <sub>14</sub>	60	6	500	3.060
O <sub>15</sub>	60	3	1500	4.560
O <sub>5</sub>	60	20	3400	68.060
O <sub>9</sub>	240	30	1000	30.240
O <sub>16</sub>	60	4	1000	4.060
O <sub>10</sub>	240	45	2400	108.240
O <sub>17</sub>	60	5	2000	10.060
O <sub>18</sub>	60	3	400	1.260

m3-1-1-12; m3-1-2-12; m3-1-3-12; m3-1-4-12; m3-2-1-12; m3-2-2-12; m3-2-3-12; m3-2-4-12.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	3000	30.120
O <sub>3</sub>	60	15	3000	45.060
O <sub>6</sub>	240	30	2500	75.240
O <sub>11</sub>	60	5	1000	5.060
O <sub>12</sub>	60	7	1500	10.560
O <sub>7</sub>	240	25	500	12.740
O <sub>13</sub>	60	5	500	2.560
O <sub>2</sub>	120	10	6200	62.120
O <sub>4</sub>	60	15	2500	37.560
O <sub>8</sub>	240	15	2500	37.740
O <sub>14</sub>	60	6	1500	9.060
O <sub>15</sub>	60	3	1000	3.060
O <sub>5</sub>	60	20	3700	74.060
O <sub>9</sub>	240	30	2000	60.240
O <sub>16</sub>	60	4	2000	8.060
O <sub>10</sub>	240	45	1700	76.740
O <sub>17</sub>	60	5	400	2.060
O <sub>18</sub>	60	3	1300	3.960

m3-1-1-13; m3-1-2-13; m3-1-3-13; m3-1-4-13; m3-2-1-13; m3-2-2-13; m3-2-3-13; m3-2-4-13.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	3500	35.120
O <sub>3</sub>	60	15	3500	52.560
O <sub>6</sub>	240	30	2000	60.240
O <sub>11</sub>	60	5	1500	7.560
O <sub>12</sub>	60	7	500	3.560
O <sub>7</sub>	240	25	1500	37.740
O <sub>13</sub>	60	5	1500	7.560
O <sub>2</sub>	120	10	5700	57.120
O <sub>4</sub>	60	15	3000	45.060
O <sub>8</sub>	240	15	3000	45.240
O <sub>14</sub>	60	6	1000	6.060
O <sub>15</sub>	60	3	2000	6.060
O <sub>5</sub>	60	20	2700	54.060
O <sub>9</sub>	240	30	400	12.240
O <sub>16</sub>	60	4	400	1.660
O <sub>10</sub>	240	45	2300	103.740
O <sub>17</sub>	60	5	1300	6.560
O <sub>18</sub>	60	3	1000	3.060

m3-1-1-14; m3-1-2-14; m3-1-3-14; m3-1-4-14; m3-2-1-14; m3-2-2-14; m3-2-3-14; m3-2-4-14.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	3000	30.120
O <sub>3</sub>	60	15	3000	45.060
O <sub>6</sub>	240	30	2000	60.240
O <sub>11</sub>	60	5	500	2.560
O <sub>12</sub>	60	7	1500	10.560
O <sub>7</sub>	240	25	1000	25.240
O <sub>13</sub>	60	5	1000	5.060
O <sub>2</sub>	120	10	6200	62.120
O <sub>4</sub>	60	15	2400	36.060
O <sub>8</sub>	240	15	2400	36.240
O <sub>14</sub>	60	6	2000	12.060
O <sub>15</sub>	60	3	400	1.260
O <sub>5</sub>	60	20	3800	76.060
O <sub>9</sub>	240	30	1300	39.240
O <sub>16</sub>	60	4	1300	5.260
O <sub>10</sub>	240	45	2500	112.740
O <sub>17</sub>	60	5	1000	5.060
O <sub>18</sub>	60	3	1500	4.560

m3-1-1-15; m3-1-2-15; m3-1-3-15; m3-1-4-15; m3-2-1-15; m3-2-2-15; m3-2-3-15; m3-2-4-15.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	4500	45.120
O <sub>3</sub>	60	15	4500	67.560
O <sub>6</sub>	240	30	2500	75.240
O <sub>11</sub>	60	5	1500	7.560
O <sub>12</sub>	60	7	1000	7.060
O <sub>7</sub>	240	25	2000	50.240
O <sub>13</sub>	60	5	2000	10.060
O <sub>2</sub>	120	10	4700	47.120
O <sub>4</sub>	60	15	1700	25.560
O <sub>8</sub>	240	15	1700	25.740
O <sub>14</sub>	60	6	400	2.460
O <sub>15</sub>	60	3	1300	3.960
O <sub>5</sub>	60	20	3000	60.060
O <sub>9</sub>	240	30	1000	30.240
O <sub>16</sub>	60	4	1000	4.060
O <sub>10</sub>	240	45	2000	90.240
O <sub>17</sub>	60	5	1500	7.560
O <sub>18</sub>	60	3	500	1.560

m3-1-1-16; m3-1-2-16; m3-1-3-16; m3-1-4-16; m3-2-1-16; m3-2-2-16; m3-2-3-16; m3-2-4-16.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	3400	34.120
O <sub>3</sub>	60	15	3400	51.060
O <sub>6</sub>	240	30	3000	90.240
O <sub>11</sub>	60	5	1000	5.060
O <sub>12</sub>	60	7	2000	14.060
O <sub>7</sub>	240	25	400	10.240
O <sub>13</sub>	60	5	400	2.060
O <sub>2</sub>	120	10	5800	58.120
O <sub>4</sub>	60	15	2300	34.560
O <sub>8</sub>	240	15	2300	34.740
O <sub>14</sub>	60	6	1300	7.860
O <sub>15</sub>	60	3	1000	3.060
O <sub>5</sub>	60	20	3500	70.060
O <sub>9</sub>	240	30	1500	45.240
O <sub>16</sub>	60	4	1500	6.060
O <sub>10</sub>	240	45	2000	90.240
O <sub>17</sub>	60	5	500	2.560
O <sub>18</sub>	60	3	1500	4.560

m3-1-1-17; m3-1-2-17; m3-1-3-17; m3-1-4-17; m3-2-1-17; m3-2-2-17; m3-2-3-17; m3-2-4-17.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	3700	37.120
O <sub>3</sub>	60	15	3700	55.560
O <sub>6</sub>	240	30	2400	72.240
O <sub>11</sub>	60	5	2000	10.060
O <sub>12</sub>	60	7	400	2.860
O <sub>7</sub>	240	25	1300	32.740
O <sub>13</sub>	60	5	1300	6.560
O <sub>2</sub>	120	10	5500	55.120
O <sub>4</sub>	60	15	2500	37.560
O <sub>8</sub>	240	15	2500	37.740
O <sub>14</sub>	60	6	1000	6.060
O <sub>15</sub>	60	3	1500	4.560
O <sub>5</sub>	60	20	3000	60.060
O <sub>9</sub>	240	30	500	15.240
O <sub>16</sub>	60	4	500	2.060
O <sub>10</sub>	240	45	2500	112.740
O <sub>17</sub>	60	5	1500	7.560
O <sub>18</sub>	60	3	1000	3.060

m3-1-1-18; m3-1-2-18; m3-1-3-18; m3-1-4-18; m3-2-1-18; m3-2-2-18; m3-2-3-18; m3-2-4-18.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	2700	27.120
O <sub>3</sub>	60	15	2700	40.560
O <sub>6</sub>	240	30	1700	51.240
O <sub>11</sub>	60	5	400	2.060
O <sub>12</sub>	60	7	1300	9.160
O <sub>7</sub>	240	25	1000	25.240
O <sub>13</sub>	60	5	1000	5.060
O <sub>2</sub>	120	10	6500	65.120
O <sub>4</sub>	60	15	2000	30.060
O <sub>8</sub>	240	15	2000	30.240
O <sub>14</sub>	60	6	1500	9.060
O <sub>15</sub>	60	3	500	1.560
O <sub>5</sub>	60	20	4500	90.060
O <sub>9</sub>	240	30	1500	45.240
O <sub>16</sub>	60	4	1500	6.060
O <sub>10</sub>	240	45	3000	135.240
O <sub>17</sub>	60	5	1000	5.060
O <sub>18</sub>	60	3	2000	6.060

m3-1-1-21; m3-1-2-21; m3-1-3-21; m3-1-4-21; m3-2-1-21; m3-2-2-21; m3-2-3-21; m3-2-4-21.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	38000	380.120
O <sub>3</sub>	60	15	38000	570.060
O <sub>6</sub>	240	30	23000	690.240
O <sub>11</sub>	60	5	13000	65.060
O <sub>12</sub>	60	7	10000	70.060
O <sub>7</sub>	240	25	15000	375.240
O <sub>13</sub>	60	5	15000	75.060
O <sub>2</sub>	120	10	54000	540.120
O <sub>4</sub>	60	15	20000	300.060
O <sub>8</sub>	240	15	20000	300.240
O <sub>14</sub>	60	6	5000	30.060
O <sub>15</sub>	60	3	15000	45.060
O <sub>5</sub>	60	20	34000	680.060
O <sub>9</sub>	240	30	10000	300.240
O <sub>16</sub>	60	4	10000	40.060
O <sub>10</sub>	240	45	24000	1.080.240
O <sub>17</sub>	60	5	20000	100.060
O <sub>18</sub>	60	3	4000	12.060

m3-1-1-22; m3-1-2-22; m3-1-3-22; m3-1-4-22; m3-2-1-22; m3-2-2-22; m3-2-3-22; m3-2-4-22.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	30000	300.120
O <sub>3</sub>	60	15	30000	450.060
O <sub>6</sub>	240	30	25000	750.240
O <sub>11</sub>	60	5	10000	50.060
O <sub>12</sub>	60	7	15000	105.060
O <sub>7</sub>	240	25	5000	125.240
O <sub>13</sub>	60	5	5000	25.060
O <sub>2</sub>	120	10	62000	620.120
O <sub>4</sub>	60	15	25000	375.060
O <sub>8</sub>	240	15	25000	375.240
O <sub>14</sub>	60	6	15000	90.060
O <sub>15</sub>	60	3	10000	30.060
O <sub>5</sub>	60	20	37000	740.060
O <sub>9</sub>	240	30	20000	600.240
O <sub>16</sub>	60	4	20000	80.060
O <sub>10</sub>	240	45	17000	765.240
O <sub>17</sub>	60	5	4000	20.060
O <sub>18</sub>	60	3	13000	39.060

m3-1-1-23; m3-1-2-23; m3-1-3-23; m3-1-4-23; m3-2-1-23; m3-2-2-23; m3-2-3-23; m3-2-4-23.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	35000	350.120
O <sub>3</sub>	60	15	35000	525.060
O <sub>6</sub>	240	30	20000	600.240
O <sub>11</sub>	60	5	15000	75.060
O <sub>12</sub>	60	7	5000	35.060
O <sub>7</sub>	240	25	15000	375.240
O <sub>13</sub>	60	5	15000	75.060
O <sub>2</sub>	120	10	57000	570.120
O <sub>4</sub>	60	15	30000	450.060
O <sub>8</sub>	240	15	30000	450.240
O <sub>14</sub>	60	6	10000	60.060
O <sub>15</sub>	60	3	20000	60.060
O <sub>5</sub>	60	20	27000	540.060
O <sub>9</sub>	240	30	4000	120.240
O <sub>16</sub>	60	4	4000	16.060
O <sub>10</sub>	240	45	23000	1.035.240
O <sub>17</sub>	60	5	13000	65.060
O <sub>18</sub>	60	3	10000	30.060

m3-1-1-24; m3-1-2-24; m3-1-3-24; m3-1-4-24; m3-2-1-24; m3-2-2-24; m3-2-3-24; m3-2-4-24.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	30000	300.120
O <sub>3</sub>	60	15	30000	450.060
O <sub>6</sub>	240	30	20000	600.240
O <sub>11</sub>	60	5	5000	25.060
O <sub>12</sub>	60	7	15000	105.060
O <sub>7</sub>	240	25	10000	250.240
O <sub>13</sub>	60	5	10000	50.060
O <sub>2</sub>	120	10	62000	620.120
O <sub>4</sub>	60	15	24000	360.060
O <sub>8</sub>	240	15	24000	360.240
O <sub>14</sub>	60	6	20000	120.060
O <sub>15</sub>	60	3	4000	12.060
O <sub>5</sub>	60	20	38000	760.060
O <sub>9</sub>	240	30	13000	390.240
O <sub>16</sub>	60	4	13000	52.060
O <sub>10</sub>	240	45	25000	1.125.240
O <sub>17</sub>	60	5	10000	50.060
O <sub>18</sub>	60	3	15000	45.060

m3-1-1-25; m3-1-2-25; m3-1-3-25; m3-1-4-25; m3-2-1-25; m3-2-2-25; m3-2-3-25; m3-2-4-25.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	45000	450.120
O <sub>3</sub>	60	15	45000	675.060
O <sub>6</sub>	240	30	25000	750.240
O <sub>11</sub>	60	5	15000	75.060
O <sub>12</sub>	60	7	10000	70.060
O <sub>7</sub>	240	25	20000	500.240
O <sub>13</sub>	60	5	20000	100.060
O <sub>2</sub>	120	10	47000	470.120
O <sub>4</sub>	60	15	17000	255.060
O <sub>8</sub>	240	15	17000	255.240
O <sub>14</sub>	60	6	4000	24.060
O <sub>15</sub>	60	3	13000	39.060
O <sub>5</sub>	60	20	30000	600.060
O <sub>9</sub>	240	30	10000	300.240
O <sub>16</sub>	60	4	10000	40.060
O <sub>10</sub>	240	45	20000	900.240
O <sub>17</sub>	60	5	15000	75.060
O <sub>18</sub>	60	3	5000	15.060

m3-1-1-26; m3-1-2-26; m3-1-3-26; m3-1-4-26; m3-2-1-26; m3-2-2-26; m3-2-3-26; m3-2-4-26.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	34000	340.120
O <sub>3</sub>	60	15	34000	510.060
O <sub>6</sub>	240	30	30000	900.240
O <sub>11</sub>	60	5	10000	50.060
O <sub>12</sub>	60	7	20000	140.060
O <sub>7</sub>	240	25	4000	100.240
O <sub>13</sub>	60	5	4000	20.060
O <sub>2</sub>	120	10	58000	580.120
O <sub>4</sub>	60	15	23000	345.060
O <sub>8</sub>	240	15	23000	345.240
O <sub>14</sub>	60	6	13000	78.060
O <sub>15</sub>	60	3	10000	30.060
O <sub>5</sub>	60	20	35000	700.060
O <sub>9</sub>	240	30	15000	450.240
O <sub>16</sub>	60	4	15000	60.060
O <sub>10</sub>	240	45	20000	900.240
O <sub>17</sub>	60	5	5000	25.060
O <sub>18</sub>	60	3	15000	45.060

m3-1-1-27; m3-1-2-27; m3-1-3-27; m3-1-4-27; m3-2-1-27; m3-2-2-27; m3-2-3-27; m3-2-4-27.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	37000	370.120
O <sub>3</sub>	60	15	37000	555.060
O <sub>6</sub>	240	30	24000	720.240
O <sub>11</sub>	60	5	20000	100.060
O <sub>12</sub>	60	7	4000	28.060
O <sub>7</sub>	240	25	13000	325.240
O <sub>13</sub>	60	5	13000	65.060
O <sub>2</sub>	120	10	55000	550.120
O <sub>4</sub>	60	15	25000	375.060
O <sub>8</sub>	240	15	25000	375.240
O <sub>14</sub>	60	6	10000	60.060
O <sub>15</sub>	60	3	15000	45.060
O <sub>5</sub>	60	20	30000	600.060
O <sub>9</sub>	240	30	5000	150.240
O <sub>16</sub>	60	4	5000	20.060
O <sub>10</sub>	240	45	25000	1.125.240
O <sub>17</sub>	60	5	15000	75.060
O <sub>18</sub>	60	3	10000	30.060

m3-1-1-28; m3-1-2-28; m3-1-3-28; m3-1-4-28; m3-2-1-28; m3-2-2-28; m3-2-3-28; m3-2-4-28.

OPERACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PROCESO	DEMANDA	PL
O <sub>1</sub>	120	10	27000	270.120
O <sub>3</sub>	60	15	27000	405.060
O <sub>6</sub>	240	30	17000	510.240
O <sub>11</sub>	60	5	4000	20.060
O <sub>12</sub>	60	7	13000	91.060
O <sub>7</sub>	240	25	10000	250.240
O <sub>13</sub>	60	5	10000	50.060
O <sub>2</sub>	120	10	65000	650.120
O <sub>4</sub>	60	15	20000	300.060
O <sub>8</sub>	240	15	20000	300.240
O <sub>14</sub>	60	6	15000	90.060
O <sub>15</sub>	60	3	5000	15.060
O <sub>5</sub>	60	20	45000	900.060
O <sub>9</sub>	240	30	15000	450.240
O <sub>16</sub>	60	4	15000	60.060
O <sub>10</sub>	240	45	30000	1.350.240
O <sub>17</sub>	60	5	10000	50.060
O <sub>18</sub>	60	3	20000	60.060

**ANEXO D**  
**PARÁMETROS TT Y TT<sub>2</sub> PARA LOS CASOS DE ESTUDIO**

**Casos m3-1-1-01 y m3-2-1-01**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	500			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	930
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	630			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	630		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	930	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	540
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	615	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	660		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	660			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	740		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	360			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.320	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.320
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	540				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	740						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	540				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.320	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.320				

**Casos m3-1-2-01 y m3-2-2-01**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	440			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	870	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	870
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	390			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	390		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	870	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	870	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	480	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	480
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	555	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	600		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	600			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	500		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	120			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.260	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.260
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	480	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	480				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	500						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	480	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	480				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.260	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.260				

**Casos m3-1-3-01 y m3-2-3-01**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	250			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	807	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	807
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	105			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	105		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	810	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	810	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	438	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	438
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	485	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	330		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	330			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-30			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.251	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.251
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	456	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	456				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	230						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	444	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	444				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.165	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.165				

**Casos m3-1-4-01 y m3-2-4-01**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	807	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	807
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	40		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	810	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	810	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	438	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	438
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	485	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	315			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.251	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.251
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	456	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	456				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	230						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	444	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	444				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.165	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.165				

**Casos m3-1-1-02 y m3-2-1-02**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	420			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	990	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	990
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	510			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	510		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	990	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	990	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	615	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	615
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	365	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	740		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	740			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	800		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	435			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.005	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.005
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	615	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	615				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	800						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	840	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	840				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.005	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.005				

**Casos m3-1-2-02 y m3-2-2-02**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	360			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	930
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	270			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	270		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	930	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	555	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	555
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	305	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	680		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	680			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	560		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	195			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	945	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	945
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	555	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	555				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	560						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	780	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	780				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	945	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	945				

**Casos m3-1-3-02 y m3-2-3-02**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	210			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	832	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	832
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	170		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	885	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	885	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	528	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	528
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	285	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	370		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	370			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	190		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	8			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	909	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	909
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	471	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	471				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	190						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	704	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	704				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	930				

**Casos m3-1-4-02 y m3-2-4-02**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	832	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	832
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	170		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	885	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	885	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	528	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	528
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	285	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	320			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	909	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	909
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	471	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	471				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-10						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	704	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	704				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	930				

**Casos m3-1-1-03 y m3-2-1-03**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	470			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	840	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	840
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	585			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	585		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	840	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	840	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	690	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	690
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	615	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	690		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	690			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	600		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	510			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1275	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1 275
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	690	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	690				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	600						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	360	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	360				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.275	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.275				

**Casos m3-1-2-03 y m3-2-2-03**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	410			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	780	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	780
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	345			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	345		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	780	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	780	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	630	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	630
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	555	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	630		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	630			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	360		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	270			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1215	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1 215
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	630	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	630				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	360						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	300	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	300				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.215	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.215				

**Casos m3-1-3-03 y m3-2-3-03**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	235			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	752	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	752
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	83			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	83		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	710	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	710	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	573	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	573
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	485	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	345		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	345			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	90		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	45			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.188	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.188
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	576	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	576				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	270						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	288	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	288				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.155	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.155				

**Casos m3-1-4-03 y m3-2-4-03**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	752	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	752
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-5		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	710	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	710	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	573	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	573
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	485	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	110		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	195			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.188	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.188
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	576	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	576				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	270						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	288	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	288				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.155	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.155				

**Casos m3-1-1-04 y m3-2-1-04**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	420			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	840	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	840
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	510			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	510		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	840	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	840	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	600	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	600
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	490	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	740		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	740			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	420			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.365	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.365
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	600	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	600				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	630	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	630				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.365	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.365				

**Casos m3-1-2-04 y m3-2-2-04**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	360			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	780	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	780
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	270			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	270		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	780	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	780	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	540
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	430	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	680		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	680			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	580		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	180			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.305	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.305
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	540				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	580						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	570	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	570				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.305	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.305				

**Casos m3-1-3-04 y m3-2-3-04**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	210			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	682	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	682
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	760	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	760	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	531	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	531
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	385	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	370		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	370			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	200		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	0			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.263	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.263
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	426	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	426				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	200						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	522	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	522				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.260	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.260				

**Casos m3-1-4-04 y m3-2-4-04**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	682	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	682
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	760	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	760	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	531	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	531
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	385	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	335			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.263	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.263
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	426	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	426				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	220						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	522	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	522				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.260	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.260				

**Casos m3-1-1-05 y m3-2-1-05**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	570			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	990	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	990
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	735			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	735		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	990	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	990	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	495	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	495
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	740	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	590		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	590			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	660		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	315			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.140	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.140
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	495	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	495				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	660						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	540				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.140	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.140				

**Casos m3-1-2-05 y m3-2-2-05**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	510			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	930
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	495			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	495		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	930	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	930	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	435	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	435
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	680	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	530		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	530			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	420		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	75			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.080	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.080
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	435	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	435				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	420						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	480	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	480				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.080	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.080				

**Casos m3-1-3-05 y m3-2-3-05**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	285			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	867	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	867
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	158			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	158		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	860	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	860	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	399	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	399
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	585	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	295		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	295			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	120		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-53			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.068	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.068
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	417	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	417				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	150						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	444	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	444				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.010	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.010				

**Casos m3-1-4-05 y m3-2-4-05**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	867	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	867
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	20		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	860	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	860	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	399	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	399
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	585	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	290			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.068	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.068
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	417	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	417				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	150						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	444	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	444				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.010	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.010				

**Casos m3-1-1-06 y m3-2-1-06**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	460			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	1.140	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	1.140
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	570			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	570		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	1.140	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	1.140	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	585	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	585
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	340	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	700		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	700			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	760		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	405			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.140	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.140
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	585	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	585				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	760						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	690	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	690				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.140	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.140				

**Casos m3-1-2-06 y m3-2-2-06**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	400			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	1.080	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	1.080
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	330			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	330		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	1.080	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	1.080	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	525	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	525
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	280	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	640		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	640			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	520		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.080	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.080
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	525	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	525				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	520						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	630	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	630				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.080	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.080				

**Casos m3-1-3-06 y m3-2-3-06**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	230			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	947	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	947
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	75			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	255		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	1.035	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	1.035	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	498	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	498
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	265	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	350		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	350			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	170		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-8			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.038	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.038
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	453	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	453				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	170						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	574	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	574				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.060	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.060				

**Casos m3-1-4-06 y m3-2-4-06**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	947	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	947
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	255		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	1.035	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	1.035	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	498	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	498
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	265	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	310			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.038	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.038
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	453	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	453				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	100						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	574	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	574				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.060	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.060				

**Casos m3-1-1-07 y m3-2-1-07**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	490			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	960	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	960
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	615			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	615		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	960	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	960	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	615	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	615
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	565	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	670		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	670			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	660		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	435			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.365	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.365
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	615	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	615				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	660						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	390	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	390				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.365	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.365				

**Casos m3-1-2-07 y m3-2-2-07**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	430			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	900	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	900
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	375			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	375		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	900	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	900	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	555	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	555
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	505	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	610		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	610			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	420		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	195			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.305	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.305
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	555	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	555				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	420						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	330	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	330				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.305	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.305				

**Casos m3-1-3-07 y m3-2-3-07**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	245			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	879	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	879
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	98			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	98		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	805	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	805	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	513	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	513
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	445	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	335		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	335			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	120		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	8			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1278	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1278
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	501	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	501				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	300						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	314	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	314				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.235	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.235				

**Casos m3-1-4-07 y m3-2-4-07**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	879	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	879
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	75		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	805	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	805	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	513	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	513
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	445	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	250			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1278	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1278
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	501	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	501				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	300						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	314	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	314				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.235	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.235				

**Casos m3-1-1-08 y m3-2-1-08**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	390			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	465			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	465		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	540
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	490	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	770		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	770			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	960		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	360			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.590	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.590
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	540	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	540				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	960						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	690	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	690				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.590	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.590				

**Casos m3-1-2-08 y m3-2-2-08**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	330			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	690	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	690
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	225			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	225		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	690	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	690	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	480	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	480
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	430	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	710		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	710			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	720		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	120			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.530	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.530
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	480	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	480				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	720						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	630	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	630				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.530	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.530				

**Casos m3-1-3-08 y m3-2-3-08**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	195			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	606	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	606
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	23			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	23		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	675	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	675	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	468	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	468
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	385	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	385		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	425			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	270		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-30			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.473	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.473
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	396	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	396				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	300						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	574	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	574				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.485	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.485				

**Casos m3-1-4-08 y m3-2-4-08**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	606	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	606
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	675	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	675	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	468	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	468
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	385	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	425			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.473	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.473
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	396	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	396				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	300						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	574	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	574				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1.485	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1.485				

**Casos m3-1-1-11 y m3-2-1-11**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	38.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	69.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	69.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	57.060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	57.060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	69.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	69.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	37.740	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	54.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	54.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	68.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	30.060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	108.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	108.240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	68.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	30.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	30.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	108.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	108.240				

**Casos m3-1-2-11 y m3-2-2-11**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	38.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	69.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	69.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	56.820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	56.820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	69.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	69.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	37.680	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	54.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	54.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	67.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	29.820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	108.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	108.180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	67.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	30.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	30.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	108.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	108.180				

**Casos m3-1-3-11 y m3-2-3-11**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	19.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	62.187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	62.187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	28.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	28.320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	62.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	62.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	25.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	25.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	30.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	27.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	27.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	33.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	14.820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	106.983	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	106.983
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	27.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	27.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	37.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	26.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	26.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	98.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	98.185				

**Casos m3-1-4-11 y m3-2-4-11**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	62.187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	62.187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	19.345		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	62.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	62.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	25.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	25.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	30.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	24.075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	106.983	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	106.983
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	27.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	27.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	37.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	26.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	26.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	98.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	98.185				

**Casos m3-1-1-12 y m3-2-1-12**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	30.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45.060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45.060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.740
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	12.740	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	74.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	37.560			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	76.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	76.740
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.740				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	74.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	60.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	60.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	76.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	76.740				

**Casos m3-1-2-12 y m3-2-2-12**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	30.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	44.820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	44.820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.680
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	12.680	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	73.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	37.320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	76.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	76.680
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.680				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	73.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	60.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	60.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	76.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	76.680				

**Casos m3-1-3-12 y m3-2-3-12**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	15.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	64.687	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	64.687
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	22.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	32.345		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	70.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	70.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	10.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	31.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	31.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	36.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	18.570			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	72.783	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	72.783
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	28.686	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	28.686				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	36.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	52.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	52.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	74.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	74.685				

**Casos m3-1-4-12 y m3-2-4-12**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	64.687	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	64.687
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	32.345		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	70.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	70.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	10.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	24.575			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	72.783	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	72.783
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	28.686	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	28.686				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	13.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	52.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	52.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	74.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	74.685				

**Casos m3-1-1-13 y m3-2-1-13**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	35.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	52.560			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	52.560		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	45.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	45.240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	37.740	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	57.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	57.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	54.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	45.060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	103.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	103.740
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	45.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	45.240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	54.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	12.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	12.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	103.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	103.740				

**Casos m3-1-2-13 y m3-2-2-13**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	35.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	52.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	52.320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	45.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	45.180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	37.680	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	57.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	57.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	53.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	44.820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	103.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	103.680
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	45.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	45.180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	53.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	12.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	12.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	103.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	103.680				

**Casos m3-1-3-13 y m3-2-3-13**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	17.560			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	56.687	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	56.687
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	26.070			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	26.070		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	52.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	52.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	39.183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	39.183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	30.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	28.560		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	28.560			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	26.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	22.320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	100.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	100.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	39.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	39.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	41.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	10.584	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	10.584				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	97.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	97.185				

**Casos m3-1-4-13 y m3-2-4-13**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	56.687	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	56.687
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	14.845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	52.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	52.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	39.183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	39.183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	30.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	3.080		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	12.075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	100.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	100.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	39.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	39.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	41.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	10.584	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	10.584				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	97.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	97.185				

**Casos m3-1-1-14 y m3-2-1-14**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	30.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45.060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	45.060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	36.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	36.240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	25.240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	76.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	36.060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.740
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	36.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	36.240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	76.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	39.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	39.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.740				

**Casos m3-1-2-14 y m3-2-2-14**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	30.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	44.820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	44.820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	60.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	60.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	36.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	36.180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	25.180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	62.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	75.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	35.820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.680
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	36.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	36.180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	75.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	39.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	39.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.680				

**Casos m3-1-3-14 y m3-2-3-14**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	15.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	49.687	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	49.687
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	22.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	22.320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	57.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	57.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.983	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.983
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	20.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	31.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	31.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	37.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	17.820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	108.183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	108.183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	24.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	24.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	37.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	33.984	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	33.984				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	107.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	107.685				

**Casos m3-1-4-14 y m3-2-4-14**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	49.687	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	49.687
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	19.845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	57.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	57.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.983	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.983
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	20.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	26.075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	108.183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	108.183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	24.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	24.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	36.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	33.984	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	33.984				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	107.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	107.685				

**Casos m3-1-1-15 y m3-2-1-15**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	45.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	67.560			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	67.560		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	25.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	25.740
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	50.240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	47.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	47.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	60.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	25.560			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	25.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	25.740				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	60.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	30.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	30.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.240				

**Casos m3-1-2-15 y m3-2-2-15**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	45.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	67.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	67.320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	75.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	75.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	25.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	25.680
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	50.180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	47.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	47.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	59.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	25.320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	25.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	25.680				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	59.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	30.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	30.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.180				

**Casos m3-1-3-15 y m3-2-3-15**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	22.560			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	68.187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	68.187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	33.570			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	33.570		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	67.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	67.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	21.783	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	21.783
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	40.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	23.560		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	23.560			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	29.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	12.570			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	88.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	88.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	23.286	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	23.286				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	29.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	26.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	26.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	82.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	82.685				

**Casos m3-1-4-15 y m3-2-4-15**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	68.187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	68.187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	17.345		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	67.685	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	67.685	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	21.783	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	21.783
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	40.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	21.575			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	88.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	88.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	23.286	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	23.286				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	29.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	26.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	26.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	82.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	82.685				

**Casos m3-1-1-16 y m3-2-1-16**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	34.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	90.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	90.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	51.060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	51.060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	90.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	90.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.740
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	10.240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	58.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	58.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	70.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	34.560			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.740				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	70.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	45.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	45.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.240				

**Casos m3-1-2-16 y m3-2-2-16**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	34.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	90.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	90.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	50.820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	50.820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	90.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	90.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.680
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	10.180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	58.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	58.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	69.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	34.320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	34.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	34.680				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	69.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	45.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	45.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	90.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	90.180				

**Casos m3-1-3-16 y m3-2-3-16**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	17.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	76.187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	76.187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	25.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	40.845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	85.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	85.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	31.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	31.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	8.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	29.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	29.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	34.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	17.070			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	85.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	85.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	26.886	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	26.886				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	34.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	39.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	39.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	87.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	87.685				

**Casos m3-1-4-16 y m3-2-4-16**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	76.187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	76.187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	40.845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	85.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	85.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	31.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	31.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	8.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	23.575			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	85.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	85.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	26.886	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	26.886				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	24.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	39.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	39.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	87.685	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	87.685				

**Casos m3-1-1-17 y m3-2-1-17**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	37.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	72.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	72.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	55.560			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	55.560		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	72.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	72.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.740
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	32.740	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	55.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	55.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	60.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	37.560			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.740
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.740	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.740				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	60.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	15.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	15.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.740	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.740				

**Casos m3-1-2-17 y m3-2-2-17**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	37.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	72.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	72.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	55.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	55.320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	72.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	72.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.680
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	32.680	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	55.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	55.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	59.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	37.320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.680
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	37.680	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	37.680				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	59.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	15.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	15.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	112.680	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	112.680				

**Casos m3-1-3-17 y m3-2-3-17**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	18.560			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	69.387	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	69.387
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	27.570			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	27.570		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	62.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	62.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	33.183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	33.183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	26.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	27.560		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	27.560			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	29.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	18.570			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	109.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	109.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	31.686	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	31.686				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	44.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	13.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	13.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	105.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	105.185				

**Casos m3-1-4-17 y m3-2-4-17**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	69.387	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	69.387
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	22.845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	62.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	62.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	33.183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	33.183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	26.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	17.575			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	109.683	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	109.683
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	31.686	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	31.686				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	44.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	13.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	13.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	105.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	105.185				

**Casos m3-1-1-18 y m3-2-1-18**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	27.120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	51.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	51.240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	40.560			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	40.560		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	51.240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	51.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	25.240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	65.120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	65.120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	90.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	30.060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	135.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	135.240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	90.060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	45.240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	45.240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	135.240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	135.240				

**Casos m3-1-2-18 y m3-2-2-18**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	27.060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	51.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	51.180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	40.320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	40.320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	51.180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	51.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	25.180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	65.060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	65.060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	89.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	29.820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	135.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	135.180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	30.180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	30.180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	89.820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	45.180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	45.180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	135.180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	135.180				

**Casos m3-1-3-18 y m3-2-3-18**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	13.560			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	42.087	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	42.087
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	20.070			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	20.070		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	49.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	49.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	28.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	28.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	20.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	32.560		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	35.075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	44.820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	14.820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	129.183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	129.183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	21.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	21.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	44.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	39.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	39.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	130.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	130.185				

**Casos m3-1-4-18 y m3-2-4-18**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	42.087	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	42.087
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	15.345		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	49.185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	49.185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	28.683	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	28.683
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	20.185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	35.075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	129.183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	129.183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	21.186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	21.186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	44.850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	39.184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	39.184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	130.185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	130.185				

**Casos m3-1-1-21 y m3-2-1-21**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	380120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	690240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	690240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	570060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	570060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	690240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	690240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	375240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	540120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	540120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	680060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	300060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1080240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1080240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	680060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	300240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	300240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1080240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1080240				

**Casos m3-1-2-21 y m3-2-2-21**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	380060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	690180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	690180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	569820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	569820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	690180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	690180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	375180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	540060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	540060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	679820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	299820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1080180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1080180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	679820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	300180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	300180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1080180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1080180				

**Casos m3-1-3-21 y m3-2-3-21**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	190060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	620187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	620187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	284820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	284820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	625185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	625185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	255183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	255183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	300185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	270060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	270060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	339820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	149820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1068183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1068183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	270186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	270186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	379850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	260184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	260184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	980185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	980185				

**Casos m3-1-4-21 y m3-2-4-21**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	620187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	620187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	194845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	625185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	625185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	255183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	255183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	300185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	240075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1068183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1068183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	270186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	270186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	379850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	260184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	260184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	980185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	980185				

**Casos m3-1-1-22 y m3-2-1-22**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	300120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	450060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	450060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	125240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	740060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	375060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	765240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	765240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	740060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	600240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	600240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	765240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	765240				

**Casos m3-1-2-22 y m3-2-2-22**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	300060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	449820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	449820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	125180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	739820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	374820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	765180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	765180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	739820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	600180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	600180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	765180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	765180				

**Casos m3-1-3-22 y m3-2-3-22**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	150060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	645187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	645187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	224820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	324845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	700185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	700185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	345183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	345183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	100185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	310060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	310060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	369820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	187320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	726183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	726183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	285186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	285186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	369820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	520184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	520184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	745185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	745185				

**Casos m3-1-4-22 y m3-2-4-22**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	645187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	645187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	324845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	700185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	700185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	345183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	345183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	100185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	245075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	726183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	726183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	285186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	285186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	139850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	520184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	520184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	745185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	745185				

**Casos m3-1-1-23 y m3-2-1-23**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	350120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	525060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	525060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	450240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	450240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	375240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	570120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	570120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	540060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	450060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1035240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1035240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	450240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	450240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	540060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	120240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	120240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1035240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1035240				

**Casos m3-1-2-23 y m3-2-2-23**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	350060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	524820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	524820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	450180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	450180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	375180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	570060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	570060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	539820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	449820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1035180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1035180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	450180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	450180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	539820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	120180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	120180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1035180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1035180				

**Casos m3-1-3-23 y m3-2-3-23**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	175060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	565187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	565187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	262320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	262320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	525185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	525185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	390183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	390183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	300185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	285060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	285060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	269820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	224820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1005183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1005183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	390186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	390186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	419850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	104184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	104184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	970185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	970185				

**Casos m3-1-4-23 y m3-2-4-23**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	565187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	565187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	149845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	525185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	525185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	390183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	390183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	300185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	30080		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	120075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1005183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1005183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	390186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	390186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	419850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	104184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	104184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	970185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	970185				

**Casos m3-1-1-24 y m3-2-1-24**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	300120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	450060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	450060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	360240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	360240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	250240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	760060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	360060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	360240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	360240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	760060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	390240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	390240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125240				

**Casos m3-1-2-24 y m3-2-2-24**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	300060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	449820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	449820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	600180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	600180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	360180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	360180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	250180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	620060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	759820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	359820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	360180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	360180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	759820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	390180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	390180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125180				

**Casos m3-1-3-24 y m3-2-3-24**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	150060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	495187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	495187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	224820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	224820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	575185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	575185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	348183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	348183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	200185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	310060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	310060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	379820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	179820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1080183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1080183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	240186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	240186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	379820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	338184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	338184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1075185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1075185				

**Casos m3-1-4-24 y m3-2-4-24**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	495187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	495187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	199845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	575185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	575185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	348183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	348183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	200185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	260075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1080183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1080183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	240186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	240186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	369850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	338184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	338184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1075185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1075185				

**Casos m3-1-1-25 y m3-2-1-25**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	450120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	675060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	675060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	255240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	255240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	500240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	470120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	470120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	600060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	255060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	255240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	255240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	600060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	300240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	300240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900240				

**Casos m3-1-2-25 y m3-2-2-25**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	450060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	674820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	674820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	750180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	750180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	255180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	255180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	500180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	470060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	470060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	599820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	254820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	255180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	255180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	599820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	300180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	300180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900180				

**Casos m3-1-3-25 y m3-2-3-25**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	225060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	680187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	680187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	337320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	337320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	675185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	675185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	216183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	216183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	400185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	235060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	235060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	299820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	127320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	885183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	885183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	231186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	231186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	299850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	260184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	260184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	825185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	825185				

**Casos m3-1-4-25 y m3-2-4-25**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	680187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	680187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	174845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	675185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	675185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	216183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	216183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	400185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	215075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	885183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	885183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	231186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	231186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	299850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	260184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	260184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	825185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	825185				

**Casos m3-1-1-26 y m3-2-1-26**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	340120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	900240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	900240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	510060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	510060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	900240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	900240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	345240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	345240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	100240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	580120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	580120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	700060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	345060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	345240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	345240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	700060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	450240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	450240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900240				

**Casos m3-1-2-26 y m3-2-2-26**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	340060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	900180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	900180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	509820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	509820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	900180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	900180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	345180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	345180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	100180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	580060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	580060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	699820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	344820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	345180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	345180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	699820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	450180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	450180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	900180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	900180				

**Casos m3-1-3-26 y m3-2-3-26**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	170060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	760187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	760187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	254820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	409845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	850185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	850185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	315183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	315183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	80185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	290060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	290060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	349820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	172320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	855183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	855183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	267186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	267186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	349820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	390184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	390184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	875185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	875185				

**Casos m3-1-4-26 y m3-2-4-26**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	760187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	760187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	409845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	850185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	850185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	315183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	315183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	80185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	235075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	855183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	855183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	267186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	267186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	249850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	390184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	390184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	875185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	875185				

**Casos m3-1-1-27 y m3-2-1-27**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	370120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	720240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	720240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	555060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	555060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	720240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	720240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	325240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	550120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	550120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	600060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	375060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	600060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	150240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	150240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125240				

**Casos m3-1-2-27 y m3-2-2-27**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	370060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	720180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	720180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	554820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	554820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	720180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	720180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	325180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	550060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	550060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	599820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	374820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	375180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	375180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	599820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	150180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	150180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1125180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1125180				

**Casos m3-1-3-27 y m3-2-3-27**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	185060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	692187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	692187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	277320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	277320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	620185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	620185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	330183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	330183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	260185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	275060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	275060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	299820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	187320			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1095183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1095183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	315186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	315186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	449850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	130184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	130184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1050185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1050185				

**Casos m3-1-4-27 y m3-2-4-27**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	692187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	692187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	229845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	620185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	620185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	330183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	330183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	260185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	175075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1095183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1095183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	315186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	315186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	449850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	130184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	130184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1050185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1050185				

**Casos m3-1-1-28 y m3-2-1-28**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	270120			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	510240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	510240
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	405060			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	405060		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	510240	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	510240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300240
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	250240	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	650120		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	650120			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	900060		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	300060			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1350240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1350240
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300240	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300240				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	900060						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	450240	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	450240				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1350240	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1350240				

**Casos m3-1-2-28 y m3-2-2-28**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	270060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	510180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	510180
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	404820			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	404820		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	510180	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	510180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300180
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	250180	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	650060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	650060			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	899820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	299820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1350180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1350180
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	300180	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	300180				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	899820						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	450180	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	450180				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1350180	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1350180				

**Casos m3-1-3-28 y m3-2-3-28**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	135060			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	419187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	419187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	202320			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	202320		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	490185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	490185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	285183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	285183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	200185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	325060		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	350075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	449820		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	149820			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1290183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1290183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	210186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	210186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	449850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	390184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	390184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1300185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1300185				

**Casos m3-1-4-28 y m3-2-4-28**

PARÁMETRO TT				PARÁMETRO TT <sub>2</sub>			
NOMBRE	TT	NOMBRE	TT	NOMBRE	TT <sub>2</sub>	NOMBRE	TT <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> .O <sub>1</sub> .M <sub>31</sub>	70			T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	419187	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	419187
T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>1</sub> .O <sub>3</sub> .M <sub>41</sub>	154845		
T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>11</sub>	490185	T <sub>1</sub> .O <sub>6</sub> .M <sub>12</sub>	490185	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	285183	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	285183
T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>11</sub>	200185	T <sub>3</sub> .O <sub>7</sub> .M <sub>12</sub>		T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	70		
T <sub>4</sub> .O <sub>2</sub> .M <sub>31</sub>	350075			T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	-160		
T <sub>4</sub> .O <sub>4</sub> .M <sub>41</sub>	-165			T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1290183	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1290183
T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>11</sub>	210186	T <sub>4</sub> .O <sub>8</sub> .M <sub>12</sub>	210186				
T <sub>6</sub> .O <sub>5</sub> .M <sub>41</sub>	449850						
T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>11</sub>	390184	T <sub>6</sub> .O <sub>9</sub> .M <sub>12</sub>	390184				
T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>11</sub>	1300185	T <sub>7</sub> .O <sub>10</sub> .M <sub>12</sub>	1300185				

## ANEXO E

### EJEMPLOS DE LOS INFORMES DE SALIDA EN GAMS/CPLEX

#### CASO m3-1-1-07

GAMS Rev 133 Windows NT/95/98 12/05/07 11:31:48 Page 1  
General Algebraic Modeling System

#### Compilation

LT = LP

MAKESPAN

Demanda Básica = 7

7 SETS

8 i Trabajos /t1\*t8/  
9 j Operaciones /o1\*o18/  
10 k Recursos /m11, m12, m21, m31, m41/;

11

12 ALIAS (i,r), (j,d), (k,l);

13

14 SET secuen1 (i,j,k,r,d,l)

15 /t1.o1.m31.t1.o3.m41, t4.o2.m31.t4.o4.m41/;

16

17 SET secuen2(i,j,k,r,d,l)

18 /t4.o2.m31.t6.o5.m41/;

19

20 SET secuen3(i,j,k,r,d,l)

21 /t1.o6.m11.t1.o11.m21, t1.o6.m12.t1.o11.m21,

22 t3.o7.m11.t3.o13.m21, t3.o7.m12.t3.o13.m21,

23 t4.o8.m11.t4.o14.m21, t4.o8.m12.t4.o14.m21,

24 t6.o9.m11.t6.o16.m21, t6.o9.m12.t6.o16.m21,

25 t7.o10.m11.t7.o17.m21, t7.o10.m12.t7.o17.m21/;

26

27 SET secuen4(i,j,k,r,d,l)

28 /t1.o6.m11.t2.o12.m21, t1.o6.m12.t2.o12.m21,

29 t4.o8.m11.t5.o15.m21, t4.o8.m12.t5.o15.m21,

30 t7.o10.m11.t8.o18.m21, t7.o10.m12.t8.o18.m21/;

31

32 SET secuen5(i,j,k,r,d,l)

33 /t1.o3.m41.t1.o6.m11, t1.o3.m41.t1.o6.m12,

34 t4.o4.m41.t4.o8.m11, t4.o4.m41.t4.o8.m12,

35 t6.o5.m41.t6.o9.m11, t6.o5.m41.t6.o9.m12/;

36

37 SET secuen6(i,j,k,r,d,l)

38 /t1.o3.m41.t3.o7.m11, t1.o3.m41.t3.o7.m12,

39 t6.o5.m41.t7.o10.m11, t6.o5.m41.t7.o10.m12/;

41 SET aria(i,j,k,l)

```

42 /t1.o6.m11.m12, t3.o7.m11.m12, t4.o8.m11.m12,
43 t6.o9.m11.m12, t7.o10.m11.m12/;
44
45 SET bin(i,j,k,r,d)
46 /t1.o6.m11.t3.o7, t1.o6.m11.t4.o8, t1.o6.m11.t6.o9, t1.o6.m11.t7.o10,
47 t3.o7.m11.t4.o8, t3.o7.m11.t6.o9, t3.o7.m11.t7.o10, t4.o8.m11.t6.o9,
48 t4.o8.m11.t7.o10, t6.o9.m11.t7.o10, t1.o6.m12.t3.o7, t1.o6.m12.t4.o8,
49 t1.o6.m12.t6.o9, t1.o6.m12.t7.o10, t3.o7.m12.t4.o8, t3.o7.m12.t6.o9,
50 t3.o7.m12.t7.o10, t4.o8.m12.t6.o9, t4.o8.m12.t7.o10, t6.o9.m12.t7.o10/;
51
52 SET inter1(i,j,k,r,d,l)
53 /t1.o11.m21.(t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21,
54 t7.o17.m21, t8.o18.m21),
55 t2.o12.m21.(t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21,
56 t8.o18.m21),
57 t3.o13.m21.(t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21)
58 t4.o14.m21.(t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),
59 t5.o15.m21.(t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),
60 t6.o16.m21.(t7.o17.m21, t8.o18.m21), t7.o17.m21.t8.o18.m21,
61 t1.o1.m31.t4.o2.m31, t1.o3.m41.t4.o4.m41, t1.o3.m41.t6.o5.m41,
62 t4.o4.m41.t6.o5.m41/;
63
64 SET inter2(i,j,k,r,d,l)
65 /t1.o6.m11.(t3.o7.m11, t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),
66 t3.o7.m11.(t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),
67 t4.o8.m11.(t6.o9.m11, t7.o10.m11), t6.o9.m11.t7.o10.m11,
68 t1.o6.m12.(t3.o7.m12, t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),
69 t3.o7.m12.(t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),
70 t4.o8.m12.(t6.o9.m12, t7.o10.m12), t6.o9.m12.t7.o10.m12/;
71
72 SET ulti(i,j,k)
73 /t1.o11.m21, t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21,
74 t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21/;
75
76 PARAMETER p(i,j,k) tiempo de proceso en minutos
77 /t1.o1.m31    10,
78 t1.o3.m41    15,
79 t1.o6.m11    30,    t1.o6.m12    30,
80 t1.o11.m21   5,
81 t2.o12.m21   7,
82 t3.o7.m11    25,    t3.o7.m12    25,
83 t3.o13.m21   5,
84 t4.o2.m31    10,
85 t4.o4.m41    15,
86 t4.o8.m11    15,    t4.o8.m12    15,
87 t4.o14.m21   6,
88 t5.o15.m21   3,
89 t6.o5.m41    20,
90 t6.o9.m11    30,    t6.o9.m12    30,
91 t6.o16.m21   4,
92 t7.o10.m11   45,    t7.o10.m12  45,
93 t7.o17.m21   5,
94 t8.o18.m21   3/;

```

95  
 96 PARAMETER PL(i,j,k) Tiempo de proceso de lote  
 97 /t1.o1.m31 490,  
 98 t1.o3.m41 615,  
 99 t1.o6.m11 960, t1.o6.m12 960,  
 100 t1.o11.m21 160,  
 101 t2.o12.m21 88,  
 102 t3.o7.m11 565, t3.o7.m12 565,  
 103 t3.o13.m21 125,  
 104 t4.o2.m31 670,  
 105 t4.o4.m41 435,  
 106 t4.o8.m11 615, t4.o8.m12 615,  
 107 t4.o14.m21 120,  
 108 t5.o15.m21 105,  
 109 t6.o5.m41 660,  
 110 t6.o9.m11 390, t6.o9.m12 390,  
 111 t6.o16.m21 80,  
 112 t7.o10.m11 1365, t7.o10.m12 1365,  
 113 t7.o17.m21 135,  
 114 t8.o18.m21 90/;  
 115  
 116 PARAMETER TT(i,j,k) tiempo de lote de transferencia  
 117 /t1.o1.m31 490,  
 118 t1.o3.m41 615,  
 119 t1.o6.m11 960, t1.o6.m12 960,  
 120 t3.o7.m11 565, t3.o7.m12 565,  
 121 t4.o2.m31 670,  
 122 t4.o4.m41 435,  
 123 t4.o8.m11 615, t4.o8.m12 615,  
 124 t6.o5.m41 660,  
 125 t6.o9.m11 390, t6.o9.m12 390,  
 126 t7.o10.m11 1365/;  
 127  
 128 PARAMETER TT2(i,j,k) tiempo de lote de transferencia  
 129 /t1.o6.m11 960, t1.o6.m12 960,  
 130 t1.o3.m41 615,  
 131 t4.o8.m11 615, t4.o8.m12 615,  
 132 t4.o2.m31 670,  
 133 t6.o5.m41 660,  
 134 t7.o10.m11 1365, t7.o10.m12 1365/;  
 135  
 136 SCALAR m valor máximo /4100/;  
 137 SCALAR a valor mínimo /-4100/;  
 138 SCALAR b valor épsilon /1/;  
 139  
 140 POSITIVE VARIABLES x(i,j,k) Tiempo de inicio operación;  
 141 VARIABLES t Makespan;  
 142 BINARY VARIABLES y(i,j,k), z(i,j,r,d,k), w(i,j,r,d,k),  
 143 u(i,j,r,d,k), v(i,j,r,d,k);  
 144  
 145 EQUATIONS  
 146  
 147 R1 (i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen1

148 R2 (i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen2  
149 R3 (i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen3  
150 R4(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen4  
151 R5(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen5  
152 R6(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen6  
153 R7(i,j,k,l) Restricción aria  
154 R8(i,j,k,r,d) Restricción de binarias  
155 R9(i,j,k,r,d) Restricción de binarias  
156 R10(i,j,k,r,d) Restricción de binarias  
157 R11(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter1  
158 R12(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter1  
159 R13(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
160 R14(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
161 R15(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
162 R16(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
163 R17(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
164 R18(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
165 R19(i,j,k) Restricción ultimas operaciones;  
166  
167 R1(i,j,k,r,d,l)\$secuen1(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen1(i,j,k,r,d,l),  
168 x(i,j,k) +TT(i,j,k)) =|=  
169 sum(secuen1(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));  
170  
171 R2(i,j,k,r,d,l)\$secuen2(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen2(i,j,k,r,d,l),  
172 x(i,j,k) +TT2(i,j,k)) =|=  
173 sum(secuen2(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));  
174  
175 R3(i,j,k,r,d,l)\$secuen3(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen3(i,j,k,r,d,l),  
176 x(i,j,k) +TT(i,j,k)) =|=  
177 sum(secuen3(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)  
178 + m\*(1- y(i,j,k)));  
179  
180 R4(i,j,k,r,d,l)\$secuen4(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen4(i,j,k,r,d,l),  
181 x(i,j,k) +TT2(i,j,k)) =|=  
182 sum(secuen4(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)  
183 + m\*(1- y(i,j,k)));  
184  
185 R5(i,j,k,r,d,l)\$secuen5(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen5(i,j,k,r,d,l),  
186 x(i,j,k) +TT(i,j,k)) =|=  
187 sum(secuen5(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)  
188 + m\*(1- y(r,d,l)));  
189  
190 R6(i,j,k,r,d,l)\$secuen6(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen6(i,j,k,r,d,l),  
191 x(i,j,k) +TT2(i,j,k)) =|=  
192 sum(secuen6(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)  
193 + m\*(1- y(r,d,l)));  
194  
195 R7(i,j,k,l)\$aria(i,j,k,l).. sum(aria(i,j,k,l), y(i,j,k)  
196 + y(i,j,l))=e= 1;  
197  
198 R8(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d), -y(i,j,k)  
199 +w(i,j,r,d,k)) =|= 0;  
200 R9(i,j,k,r,d)\$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d), -y(r,d,k)

```

201             +w(i,j,r,d,k)) =l= 0;
202 R10(i,j,k,r,d)$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d),
203             y(i,j,k) + y(r,d,k) - w(i,j,r,d,k)) =l= 1;
204
205 R11(i,j,k,r,d,l)$inter1(i,j,k,r,d,l).. sum(inter1(i,j,k,r,d,l),
206             m*z(i,j,r,d,k) + x(i,j,k) -
207             x(r,d,l)) =g= PL(r,d,l);
208 R12(i,j,k,r,d,l)$inter1(i,j,k,r,d,l).. sum(inter1(i,j,k,r,d,l), m*(1-z(i,j,r,d,k))
209             + x(r,d,l) - x(i,j,k)) =g= PL(i,j,k);
210
211 R13(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
212             x(i,j,k) -x(r,d,l) + a*u(i,j,r,d,k)) =g=
213             PL(r,d,l) + a;
214 R14(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
215             x(i,j,k) -x(r,d,l)-(m+b)*u(i,j,r,d,k))
216             =l= PL(r,d,l) -b;
217 R15(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
218             x(r,d,l) -x(i,j,k) + a*v(i,j,r,d,k)) =g=
219             PL(i,j,k) + a;
220 R16(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
221             x(r,d,l) -x(i,j,k)-(m+b)*v(i,j,r,d,k))
222             =l= PL(i,j,k) -b;
223 R17(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
224             w(i,j,r,d,k) + u(i,j,r,d,k) + v(i,j,r,d,k)) =l= 2;
225
226 R18(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
227             w(i,j,r,d,k) - u(i,j,r,d,k) - v(i,j,r,d,k)) =l= 0;
228
229 R19(i,j,k)$ulti(i,j,k).. sum(ulti(i,j,k), x(i,j,k) +PL(i,j,k)) =l= t;
230
231
232 model tipo3 "Tercer modelo de la tesis" /ALL/;
233 tipo3.OPTFILE =1;
234 SOLVE tipo3 USING MIP MINIMIZING t;

```

COMPILATION TIME = 0.000 SECONDS 0.9 Mb WIN207-133

#### Equation Listing SOLVE tipo3 Using MIP From line 234

---- R1 =L= Restricción de secuen1

R1(t1,o1,m31,t1,o3,m41).. x(t1,o1,m31) - x(t1,o3,m41) =L= -490 ;  
(LHS = 0, INFES = 490 \*\*\*)

R1(t4,o2,m31,t4,o4,m41).. x(t4,o2,m31) - x(t4,o4,m41) =L= -670 ;  
(LHS = 0, INFES = 670 \*\*\*)

---- R2 =L= Restricción de secuen2

$$R2(t4,o2,m31,t6,o5,m41).. x(t4,o2,m31) - x(t6,o5,m41) =L= -670 ;$$

(LHS = 0, INFES = 670 \*\*\*)

---- R3 =L= Restricción de secuen3

$$R3(t1,o6,m11,t1,o11,m21).. x(t1,o6,m11) - x(t1,o11,m21) + 4100*y(t1,o6,m11) =L= 3140 ; (LHS = 0)$$

$$R3(t1,o6,m12,t1,o11,m21).. x(t1,o6,m12) - x(t1,o11,m21) + 4100*y(t1,o6,m12) =L= 3140 ; (LHS = 0)$$

$$R3(t3,o7,m11,t3,o13,m21).. x(t3,o7,m11) - x(t3,o13,m21) + 4100*y(t3,o7,m11) =L= 3535 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- R4 =L= Restricción de secuen4

$$R4(t1,o6,m11,t2,o12,m21).. x(t1,o6,m11) - x(t2,o12,m21) + 4100*y(t1,o6,m11) =L= 3140 ; (LHS = 0)$$

$$R4(t1,o6,m12,t2,o12,m21).. x(t1,o6,m12) - x(t2,o12,m21) + 4100*y(t1,o6,m12) =L= 3140 ; (LHS = 0)$$

$$R4(t4,o8,m11,t5,o15,m21).. x(t4,o8,m11) - x(t5,o15,m21) + 4100*y(t4,o8,m11) =L= 3485 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- R5 =L= Restricción de secuen5

$$R5(t1,o3,m41,t1,o6,m11).. x(t1,o3,m41) - x(t1,o6,m11) + 4100*y(t1,o6,m11) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R5(t1,o3,m41,t1,o6,m12).. x(t1,o3,m41) - x(t1,o6,m12) + 4100*y(t1,o6,m12) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R5(t4,o4,m41,t4,o8,m11).. x(t4,o4,m41) - x(t4,o8,m11) + 4100*y(t4,o8,m11) =L=3665 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- R6 =L= Restricción de secuen6

$$R6(t1,o3,m41,t3,o7,m11).. x(t1,o3,m41) - x(t3,o7,m11) + 4100*y(t3,o7,m11) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R6(t1,o3,m41,t3,o7,m12).. x(t1,o3,m41) - x(t3,o7,m12) + 4100*y(t3,o7,m12) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R6(t6,o5,m41,t7,o10,m11).. \quad x(t6,o5,m41) - x(t7,o10,m11) + 4100*y(t7,o10,m11)=L=3440 ; (LHS = 0)$$

REMAINING ENTRY SKIPPED

---- R7 =E= Restricción aria

$$R7(t1,o6,m11,m12).. \quad y(t1,o6,m11) + y(t1,o6,m12) =E= 1 ; \\ (LHS = 0, INFES = 1 ***)$$

$$R7(t3,o7,m11,m12).. \quad y(t3,o7,m11) + y(t3,o7,m12) =E= 1 ; \\ (LHS = 0, INFES = 1 ***)$$

$$R7(t4,o8,m11,m12).. \quad y(t4,o8,m11) + y(t4,o8,m12) =E= 1 ; \\ (LHS = 0, INFES = 1 ***)$$

REMAINING 2 ENTRIES SKIPPED

---- R8 =L= Restricción de binarias

$$R8(t1,o6,m11,t3,o7).. \quad - y(t1,o6,m11) + w(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R8(t1,o6,m11,t4,o8).. \quad - y(t1,o6,m11) + w(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R8(t1,o6,m11,t6,o9).. \quad - y(t1,o6,m11) + w(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R9 =L= Restricción de binarias

$$R9(t1,o6,m11,t3,o7).. \quad - y(t3,o7,m11) + w(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R9(t1,o6,m11,t4,o8).. \quad - y(t4,o8,m11) + w(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R9(t1,o6,m11,t6,o9).. \quad - y(t6,o9,m11) + w(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R10 =L= Restricción de binarias

$$R10(t1,o6,m11,t3,o7).. \quad y(t1,o6,m11) + y(t3,o7,m11) - w(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 1 ; \\ (LHS = 0)$$

$$R10(t1,o6,m11,t4,o8).. \quad y(t1,o6,m11) + y(t4,o8,m11) - w(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 1 ; \\ (LHS = 0)$$

$$R10(t1,o6,m11,t6,o9).. \quad y(t1,o6,m11) + y(t6,o9,m11) - w(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 1 ; \\ (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R11 =G= Restricción de inter1

$$R11(t1,o1,m31,t4,o2,m31).. \quad x(t1,o1,m31) - x(t4,o2,m31) + 4100*z(t1,o1,t4,o2,m31) \\ =G= 670 ; (LHS = 0, INFES = 670 \text{ ***})$$

$$R11(t1,o3,m41,t4,o4,m41).. \quad x(t1,o3,m41) - x(t4,o4,m41) + 4100*z(t1,o3,t4,o4,m41) \\ =G= 435 ; (LHS = 0, INFES = 435 \text{ ***})$$

$$R11(t1,o3,m41,t6,o5,m41).. \quad x(t1,o3,m41) - x(t6,o5,m41) + 4100*z(t1,o3,t6,o5,m41) \\ =G= 660 ; (LHS = 0, INFES = 660 \text{ ***})$$

REMAINING 29 ENTRIES SKIPPED

---- R12 =G= Restricción de inter1

$$R12(t1,o1,m31,t4,o2,m31).. \quad - x(t1,o1,m31) + x(t4,o2,m31) - 4100*z(t1,o1,t4,o2,m31) \\ =G= -3610 ; (LHS = 0)$$

$$R12(t1,o3,m41,t4,o4,m41).. \quad - x(t1,o3,m41) + x(t4,o4,m41) - 4100*z(t1,o3,t4,o4,m41) \\ =G= -3485 ; (LHS = 0)$$

$$R12(t1,o3,m41,t6,o5,m41).. \quad - x(t1,o3,m41) + x(t6,o5,m41) - 4100*z(t1,o3,t6,o5,m41) \\ =G= -3485 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 29 ENTRIES SKIPPED

---- R13 =G= Restricción de inter2

$$R13(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t3,o7,m11) - 4100*u(t1,o6,t3,o7,m11) \\ =G= -3535 ; (LHS = 0)$$

$$R13(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t4,o8,m11) - 4100*u(t1,o6,t4,o8,m11) \\ =G= -3485 ; (LHS = 0)$$

$$R13(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t6,o9,m11) - 4100*u(t1,o6,t6,o9,m11) \\ =G= -3710 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R14 =L= Restricción de inter2

$$R14(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t3,o7,m11) - 4101*u(t1,o6,t3,o7,m11) =L= \\ 564 ; (LHS = 0)$$

$$R14(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t4,o8,m11) - 4101*u(t1,o6,t4,o8,m11) =L= \\ 614 ; (LHS = 0)$$

$$R14(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t6,o9,m11) - 4101*u(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 389 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R15 =G= Restricción de inter2

$$R15(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t3,o7,m11) - 4100*v(t1,o6,t3,o7,m11) =G= -3140 ; (LHS = 0)$$

$$R15(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t4,o8,m11) - 4100*v(t1,o6,t4,o8,m11) =G= -3140 ; (LHS = 0)$$

$$R15(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t6,o9,m11) - 4100*v(t1,o6,t6,o9,m11) =G= -3140 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R16 =L= Restricción de inter2

$$R16(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t3,o7,m11) - 4101*v(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 959 ; (LHS = 0)$$

$$R16(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t4,o8,m11) - 4101*v(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 959 ; (LHS = 0)$$

$$R16(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t6,o9,m11) - 4101*v(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 959 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R17 =L= Restricción de inter2

$$R17(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad w(t1,o6,t3,o7,m11) + u(t1,o6,t3,o7,m11) + v(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 2 ; (LHS = 0)$$

$$R17(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad w(t1,o6,t4,o8,m11) + u(t1,o6,t4,o8,m11) + v(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 2 ; (LHS = 0)$$

$$R17(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad w(t1,o6,t6,o9,m11) + u(t1,o6,t6,o9,m11) + v(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 2 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R18 =L= Restricción de inter2

$$R18(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad w(t1,o6,t3,o7,m11) - u(t1,o6,t3,o7,m11) - v(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

R18(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. w(t1,o6,t4,o8,m11) - u(t1,o6,t4,o8,m11)  
 - v(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)

R18(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. w(t1,o6,t6,o9,m11) - u(t1,o6,t6,o9,m11)  
 - v(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R19 =L= Restricción ultimas operaciones

R19(t1,o11,m21).. x(t1,o11,m21) - t =L= -160 ; (LHS = 0, INFES = 160 \*\*\*)

R19(t2,o12,m21).. x(t2,o12,m21) - t =L= -88 ; (LHS = 0, INFES = 88 \*\*\*)

R19(t3,o13,m21).. x(t3,o13,m21) - t =L= -125 ; (LHS = 0, INFES = 125 \*\*\*)

REMAINING 5 ENTRIES SKIPPED

**Model Statistics SOLVE tipo3 Using MIP From line 234**

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	19	SINGLE EQUATIONS	286
BLOCKS OF VARIABLES	7	SINGLE VARIABLES	126
NON ZERO ELEMENTS	802	DISCRETE VARIABLES	102

GENERATION TIME = 0.015 SECONDS 1.6 Mb WIN207-133

EXECUTION TIME = 0.015 SECONDS 1.6 Mb WIN207-133

**Solution Report SOLVE tipo3 Using MIP From line 234**

SOLVE SUMMARY

MODEL	tipo3	OBJECTIVE	t
TYPE	MIP	DIRECTION	MINIMIZE
SOLVER	CPLEX	FROM LINE	234

\*\*\*\* SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION  
 \*\*\*\* MODEL STATUS 1 OPTIMAL  
 \*\*\*\* OBJECTIVE VALUE 3355.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT	4.171	1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	11831	1000

---- VAR x Tiempo de inicio operación

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o1 .m31	.	.	+INF	1.000

t1.o3 .m41	.	490.000	+INF	.
t1.o6 .m11	.	1105.000	+INF	.
t1.o6 .m12	.	.	+INF	EPS
t1.o11.m21	.	2288.000	+INF	.
t2.o12.m21	.	2065.000	+INF	.
t3.o7 .m11	.	.	+INF	EPS
t3.o7 .m12	.	1255.000	+INF	.
t3.o13.m21	.	2448.000	+INF	.
t4.o2 .m31	.	490.000	+INF	.
t4.o4 .m41	.	1820.000	+INF	.
t4.o8 .m11	.	2255.000	+INF	.
t4.o8 .m12	.	1206.000	+INF	.
t4.o14.m21	.	2870.000	+INF	.
t5.o15.m21	.	2990.000	+INF	.
t6.o5 .m41	.	1160.000	+INF	.
t6.o9 .m11	.	2870.000	+INF	.
t6.o9 .m12	.	.	+INF	EPS
t6.o16.m21	.	3275.000	+INF	.
t7.o10.m11	.	.	+INF	EPS
t7.o10.m12	.	1820.000	+INF	.
t7.o17.m21	.	2153.000	+INF	.
t8.o18.m21	.	3185.000	+INF	.

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

---- VAR t -INF 3355.000 +INF .

t Makespan

---- VAR y  
LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

t1.o6 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7 .m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS

VAR y  
LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t7.o10.m12	.	1.000	1.000	8200.000

---- VAR z  
LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

t1.o1 .t4.o2 .m31	.	1.000	1.000	4100.000
t1.o3 .t4.o4 .m41	.	1.000	1.000	EPS

t1.o3 .t6.o5 .m41	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t2.o12.m21	.	.	1.000	EPS
t1.o11.t3.o13.m21	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t4.o14.m21	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t5.o15.m21	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t7.o17.m21	.	.	1.000	EPS
t1.o11.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t3.o13.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t4.o14.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t5.o15.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t7.o17.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t4.o14.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t5.o15.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t7.o17.m21	.	.	1.000	EPS
t3.o13.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t4.o4 .t6.o5 .m41	.	.	1.000	EPS
t4.o14.t5.o15.m21	.	1.000	1.000	EPS
t4.o14.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t4.o14.t7.o17.m21	.	.	1.000	EPS
t4.o14.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t5.o15.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t5.o15.t7.o17.m21	.	.	1.000	EPS
t5.o15.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t6.o16.t7.o17.m21	.	.	1.000	EPS
t6.o16.t8.o18.m21	.	.	1.000	-4100.000
t7.o17.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS

---- VAR w

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6.t3.o7 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t3.o7 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS

t6.o9.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
---- VAR u				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6.t3.o7 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t3.o7 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m11	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m11	.	1.000	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS

---- VAR v				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6.t3.o7 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t3.o7 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS

\*\*\*\* REPORT SUMMARY : 0 NONOPT  
0 INFEASIBLE

0 UNBOUNDED

EXECUTION TIME = 0.016 SECONDS 0.8 Mb WIN207-133

USER: Danilo Abril Hernández G021129:1442AB-WIN  
Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios InDC4015

\*\*\*\* FILE SUMMARY

INPUT C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\ANDREA\ESCRITORIO\PROYECTO DE GRADO\GAMS\MODELO DEL PROYECTO\CASOS\MAKESPAN\DEMANDA BÁSICA\MEZCLA7\LT=LP\M3-1-1-07.GMS

OUTPUT C:\WINDOWS\GAMSDIR\M3-1-1-07.LST

### CASO m3-2-1-07

GAMS Rev 133 Windows NT/95/98 12/06/07 15:49:27 Page 1  
General Algebraic Modeling System

#### Compilation

LT = LP  
FLOW TIME MEAN  
Demanda Básica = 7

7 SETS  
8 i Trabajos /t1\*t8/  
9 j Operaciones /o1\*o18/  
10 k Recursos /m11, m12, m21, m31, m41/  
11  
12 ALIAS (i,r), (j,d), (k,l);  
13  
14 SET secuen1 (i,j,k,r,d,l)  
15 /t1.o1.m31.t1.o3.m41, t4.o2.m31.t4.o4.m41/  
16  
17 SET secuen2(i,j,k,r,d,l)  
18 /t4.o2.m31.t6.o5.m41/  
19  
20 SET secuen3(i,j,k,r,d,l)  
21 /t1.o6.m11.t1.o11.m21, t1.o6.m12.t1.o11.m21,  
22 t3.o7.m11.t3.o13.m21, t3.o7.m12.t3.o13.m21,  
23 t4.o8.m11.t4.o14.m21, t4.o8.m12.t4.o14.m21,  
24 t6.o9.m11.t6.o16.m21, t6.o9.m12.t6.o16.m21,  
25 t7.o10.m11.t7.o17.m21, t7.o10.m12.t7.o17.m21/  
26  
27 SET secuen4(i,j,k,r,d,l)  
28 /t1.o6.m11.t2.o12.m21, t1.o6.m12.t2.o12.m21,  
29 t4.o8.m11.t5.o15.m21, t4.o8.m12.t5.o15.m21,

30 t7.o10.m11.t8.o18.m21, t7.o10.m12.t8.o18.m21/;  
31  
32 SET secu5(i,j,k,r,d,l)  
33 /t1.o3.m41.t1.o6.m11, t1.o3.m41.t1.o6.m12,  
34 t4.o4.m41.t4.o8.m11, t4.o4.m41.t4.o8.m12,  
35 t6.o5.m41.t6.o9.m11, t6.o5.m41.t6.o9.m12/;  
36  
37 SET secu6(i,j,k,r,d,l)  
38 /t1.o3.m41.t3.o7.m11, t1.o3.m41.t3.o7.m12,  
39 t6.o5.m41.t7.o10.m11, t6.o5.m41.t7.o10.m12/;  
40  
41 SET aria(i,j,k,l)  
42 /t1.o6.m11.m12, t3.o7.m11.m12, t4.o8.m11.m12,  
43 t6.o9.m11.m12, t7.o10.m11.m12/;  
44  
45 SET bin(i,j,k,r,d)  
46 /t1.o6.m11.t3.o7, t1.o6.m11.t4.o8, t1.o6.m11.t6.o9, t1.o6.m11.t7.o10,  
47 t3.o7.m11.t4.o8, t3.o7.m11.t6.o9, t3.o7.m11.t7.o10, t4.o8.m11.t6.o9,  
48 t4.o8.m11.t7.o10, t6.o9.m11.t7.o10, t1.o6.m12.t3.o7, t1.o6.m12.t4.o8,  
49 t1.o6.m12.t6.o9, t1.o6.m12.t7.o10, t3.o7.m12.t4.o8, t3.o7.m12.t6.o9,  
50 t3.o7.m12.t7.o10, t4.o8.m12.t6.o9, t4.o8.m12.t7.o10, t6.o9.m12.t7.o10/;  
51  
52 SET inter1(i,j,k,r,d,l)  
53 /t1.o11.m21.(t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21,  
54 t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
55 t2.o12.m21.(t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21,  
56 t8.o18.m21),  
57 t3.o13.m21.(t4.o14.m21, t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
58 t4.o14.m21.(t5.o15.m21, t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
59 t5.o15.m21.(t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21),  
60 t6.o16.m21.(t7.o17.m21, t8.o18.m21), t7.o17.m21.t8.o18.m21,  
61 t1.o1.m31.t4.o2.m31, t1.o3.m41.t4.o4.m41, t1.o3.m41.t6.o5.m41,  
62 t4.o4.m41.t6.o5.m41/;  
63  
64 SET inter2(i,j,k,r,d,l)  
65 /t1.o6.m11.(t3.o7.m11, t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),  
66 t3.o7.m11.(t4.o8.m11, t6.o9.m11, t7.o10.m11),  
67 t4.o8.m11.(t6.o9.m11, t7.o10.m11), t6.o9.m11.t7.o10.m11,  
68 t1.o6.m12.(t3.o7.m12, t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),  
69 t3.o7.m12.(t4.o8.m12, t6.o9.m12, t7.o10.m12),  
70 t4.o8.m12.(t6.o9.m12, t7.o10.m12), t6.o9.m12.t7.o10.m12/;  
71  
72 SET ulti(i,j,k)  
73 /t1.o11.m21, t2.o12.m21, t3.o13.m21, t4.o14.m21, t5.o15.m21,  
74 t6.o16.m21, t7.o17.m21, t8.o18.m21/;  
75  
76 PARAMETER p(i,j,k) tiempo de proceso en minutos  
77 /t1.o1.m31 10,  
78 t1.o3.m41 15,  
79 t1.o6.m11 30, t1.o6.m12 30,  
80 t1.o11.m21 5,  
81 t2.o12.m21 7,  
82 t3.o7.m11 25, t3.o7.m12 25,

83 t3.o13.m21 5,  
84 t4.o2.m31 10,  
85 t4.o4.m41 15,  
86 t4.o8.m11 15, t4.o8.m12 15,  
87 t4.o14.m21 6,  
88 t5.o15.m21 3,  
89 t6.o5.m41 20,  
90 t6.o9.m11 30, t6.o9.m12 30,  
91 t6.o16.m21 4,  
92 t7.o10.m11 45, t7.o10.m12 45,  
93 t7.o17.m21 5,  
94 t8.o18.m21 3/;  
95  
96 PARAMETER PL(i,j,k) Tiempo de proceso de lote  
97 /t1.o1.m31 490,  
98 t1.o3.m41 615,  
99 t1.o6.m11 960, t1.o6.m12 960,  
100 t1.o11.m21 160,  
101 t2.o12.m21 88,  
102 t3.o7.m11 565, t3.o7.m12 565,  
103 t3.o13.m21 125,  
104 t4.o2.m31 670,  
105 t4.o4.m41 435,  
106 t4.o8.m11 615, t4.o8.m12 615,  
107 t4.o14.m21 120,  
108 t5.o15.m21 105,  
109 t6.o5.m41 660,  
110 t6.o9.m11 390, t6.o9.m12 390,  
111 t6.o16.m21 80,  
112 t7.o10.m11 1365, t7.o10.m12 1365,  
113 t7.o17.m21 135,  
114 t8.o18.m21 90/;  
115  
116 PARAMETER TT(i,j,k) tiempo de lote de transferencia  
117 /t1.o1.m31 490,  
118 t1.o3.m41 615,  
119 t1.o6.m11 960, t1.o6.m12 960,  
120 t3.o7.m11 565, t3.o7.m12 565,  
121 t4.o2.m31 670,  
122 t4.o4.m41 435,  
123 t4.o8.m11 615, t4.o8.m12 615,  
124 t6.o5.m41 660,  
125 t6.o9.m11 390, t6.o9.m12 390,  
126 t7.o10.m11 1365/;  
127  
128 PARAMETER TT2(i,j,k) tiempo de lote de transferencia  
129 /t1.o6.m11 960, t1.o6.m12 960,  
130 t1.o3.m41 615,  
131 t4.o8.m11 615, t4.o8.m12 615,  
132 t4.o2.m31 670,  
133 t6.o5.m41 660,  
134 t7.o10.m11 1365, t7.o10.m12 1365/;  
135

136 SCALAR m valor máximo /4100/;  
137 SCALAR a valor mínimo /-4100/;  
138 SCALAR b valor épsilon /1/;  
139  
140 POSITIVE VARIABLES x(i,j,k) Tiempo de inicio operación;  
141 POSITIVE VARIABLES t(i) Tiempo de finalización de tarea  
142 VARIABLES ff Flow Time Mean;  
143 BINARY VARIABLES y(i,j,k), z(i,j,r,d,k), w(i,j,r,d,k),  
144 u(i,j,r,d,k), v(i,j,r,d,k);  
145  
146 EQUATIONS  
147  
148 FIN Función objetivo  
149 R1(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen1  
150 R2(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen2  
151 R3(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen3  
152 R4(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen4  
153 R5(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen5  
154 R6(i,j,k,r,d,l) Restricción de secuen6  
155 R7(i,j,k,l) Restricción aria  
156 R8(i,j,k,r,d) Restricción de binarias  
157 R9(i,j,k,r,d) Restricción de binarias  
158 R10(i,j,k,r,d) Restricción de binarias  
159 R11(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter1  
160 R12(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter1  
161 R13(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
162 R14(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
163 R15(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
164 R16(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
165 R17(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
166 R18(i,j,k,r,d,l) Restricción de inter2  
167 R19(i,j,k) Restricción ultimas operaciones  
168  
169 FIN.. ff =e= sum(i, t(i));  
170  
171 R1(i,j,k,r,d,l)\$secuen1(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen1(i,j,k,r,d,l),  
172 x(i,j,k) +TT(i,j,k)) =l=  
173 sum(secuen1(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));  
174  
175 R2(i,j,k,r,d,l)\$secuen2(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen2(i,j,k,r,d,l),  
176 x(i,j,k) +TT2(i,j,k)) =l=  
177 sum(secuen2(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l));  
178  
179 R3(i,j,k,r,d,l)\$secuen3(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen3(i,j,k,r,d,l),  
180 x(i,j,k) +TT(i,j,k)) =l=  
181 sum(secuen3(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)  
182 + m\*(1- y(i,j,k)));  
183  
184 R4(i,j,k,r,d,l)\$secuen4(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen4(i,j,k,r,d,l),  
185 x(i,j,k) +TT2(i,j,k)) =l=  
186 sum(secuen4(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)  
187 + m\*(1- y(i,j,k)));  
188

```

189 R5(i,j,k,r,d,l)$secuen5(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen5(i,j,k,r,d,l),
190         x(i,j,k) +TT(i,j,k)) =|=
191         sum(secuen5(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)
192         + m*(1- y(r,d,l)));
193
194 R6(i,j,k,r,d,l)$secuen6(i,j,k,r,d,l).. sum(secuen6(i,j,k,r,d,l),
195         x(i,j,k) +TT2(i,j,k)) =|=
196         sum(secuen6(i,j,k,r,d,l), x(r,d,l)
197         + m*(1- y(r,d,l)));
198
199 R7(i,j,k,l)$aria(i,j,k,l).. sum(aria(i,j,k,l), y(i,j,k)
200         + y(i,j,l))=e= 1;
201
202 R8(i,j,k,r,d)$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d), -y(i,j,k)
203         +w(i,j,r,d,k)) =|= 0;
204 R9(i,j,k,r,d)$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d), -y(r,d,k)
205         +w(i,j,r,d,k)) =|= 0;
206 R10(i,j,k,r,d)$bin(i,j,k,r,d).. sum(bin(i,j,k,r,d),
207         y(i,j,k) + y(r,d,k) - w(i,j,r,d,k)) =|= 1;
208
209 R11(i,j,k,r,d,l)$inter1(i,j,k,r,d,l).. sum(inter1(i,j,k,r,d,l),
210         m*z(i,j,r,d,k) + x(i,j,k) -
211         x(r,d,l)) =g= PL(r,d,l);
212 R12(i,j,k,r,d,l)$inter1(i,j,k,r,d,l).. sum(inter1(i,j,k,r,d,l), m*(1-z(i,j,r,d,k))
213         + x(r,d,l) - x(i,j,k)) =g= PL(i,j,k);
214
215 R13(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
216         x(i,j,k) -x(r,d,l) + a*u(i,j,r,d,k)) =g=
217         PL(r,d,l) + a;
218 R14(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
219         x(i,j,k) -x(r,d,l)-(m+b)*u(i,j,r,d,k))
220         =|= PL(r,d,l) -b;
221 R15(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
222         x(r,d,l) -x(i,j,k) + a*v(i,j,r,d,k)) =g=
223         PL(i,j,k) + a;
224 R16(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
225         x(r,d,l) -x(i,j,k)-(m+b)*v(i,j,r,d,k))
226         =|= PL(i,j,k) -b;
227 R17(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
228         w(i,j,r,d,k) + u(i,j,r,d,k) + v(i,j,r,d,k)) =|= 2;
229
230 R18(i,j,k,r,d,l)$inter2(i,j,k,r,d,l).. sum(inter2(i,j,k,r,d,l),
231         w(i,j,r,d,k) - u(i,j,r,d,k) - v(i,j,r,d,k)) =|= 0;
232
233 R19(i,j,k)$ulti(i,j,k).. sum(ulti(i,j,k), x(i,j,k) +PL(i,j,k)) =|= t(i);
234
235
236 model tipo3 "Tercer modelo de la tesis" /ALL/;
237 tipo3.OPTFILE =1;
238 SOLVE tipo3 USING MIP MINIMIZING ff;

```

**COMPILATION TIME = 0.000 SECONDS 0.9 Mb WIN207-133**  
**Equation Listing SOLVE tipo3 Using MIP From line 238**

---- FIN =E= Función objetivo

$$\text{FIN.. } -t(t1) - t(t2) - t(t3) - t(t4) - t(t5) - t(t6) - t(t7) - t(t8) + ff =E= 0 ; (\text{LHS} = 0)$$

---- R1 =L= Restricción de secuen1

$$\text{R1}(t1,o1,m31,t1,o3,m41).. \quad x(t1,o1,m31) - x(t1,o3,m41) =L= -490 ; \\ (\text{LHS} = 0, \text{INFES} = 490 \text{ ***})$$

$$\text{R1}(t4,o2,m31,t4,o4,m41).. \quad x(t4,o2,m31) - x(t4,o4,m41) =L= -670 ; \\ (\text{LHS} = 0, \text{INFES} = 670 \text{ ***})$$

---- R2 =L= Restricción de secuen2

$$\text{R2}(t4,o2,m31,t6,o5,m41).. \quad x(t4,o2,m31) - x(t6,o5,m41) =L= -670 ; \\ (\text{LHS} = 0, \text{INFES} = 670 \text{ ***})$$

---- R3 =L= Restricción de secuen3

$$\text{R3}(t1,o6,m11,t1,o11,m21).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t1,o11,m21) + 4100*y(t1,o6,m11) =L= \\ 3140 ; (\text{LHS} = 0)$$

$$\text{R3}(t1,o6,m12,t1,o11,m21).. \quad x(t1,o6,m12) - x(t1,o11,m21) + 4100*y(t1,o6,m12) =L= \\ 3140 ; (\text{LHS} = 0)$$

$$\text{R3}(t3,o7,m11,t3,o13,m21).. \quad x(t3,o7,m11) - x(t3,o13,m21) + 4100*y(t3,o7,m11) =L= \\ 3535 ; (\text{LHS} = 0)$$

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- R4 =L= Restricción de secuen4

$$\text{R4}(t1,o6,m11,t2,o12,m21).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t2,o12,m21) + 4100*y(t1,o6,m11) =L= \\ 3140 ; (\text{LHS} = 0)$$

$$\text{R4}(t1,o6,m12,t2,o12,m21).. \quad x(t1,o6,m12) - x(t2,o12,m21) + 4100*y(t1,o6,m12) =L= \\ 3140 ; (\text{LHS} = 0)$$

$$\text{R4}(t4,o8,m11,t5,o15,m21).. \quad x(t4,o8,m11) - x(t5,o15,m21) + 4100*y(t4,o8,m11) =L= \\ 3485 ; (\text{LHS} = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- R5 =L= Restricción de secuen5

$$R5(t1,o3,m41,t1,o6,m11).. x(t1,o3,m41) - x(t1,o6,m11) + 4100*y(t1,o6,m11) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R5(t1,o3,m41,t1,o6,m12).. x(t1,o3,m41) - x(t1,o6,m12) + 4100*y(t1,o6,m12) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R5(t4,o4,m41,t4,o8,m11).. x(t4,o4,m41) - x(t4,o8,m11) + 4100*y(t4,o8,m11) =L=3665 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- R6 =L= Restricción de secuen6

$$R6(t1,o3,m41,t3,o7,m11).. x(t1,o3,m41) - x(t3,o7,m11) + 4100*y(t3,o7,m11) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R6(t1,o3,m41,t3,o7,m12).. x(t1,o3,m41) - x(t3,o7,m12) + 4100*y(t3,o7,m12) =L=3485 ; (LHS = 0)$$

$$R6(t6,o5,m41,t7,o10,m11).. x(t6,o5,m41) - x(t7,o10,m11) + 4100*y(t7,o10,m11) =L=3440 ; (LHS = 0)$$

REMAINING ENTRY SKIPPED

---- R7 =E= Restriccion aria

$$R7(t1,o6,m11,m12).. y(t1,o6,m11) + y(t1,o6,m12) =E= 1 ; (LHS = 0, INFES = 1 ***)$$

$$R7(t3,o7,m11,m12).. y(t3,o7,m11) + y(t3,o7,m12) =E= 1 ; (LHS = 0, INFES = 1 ***)$$

$$R7(t4,o8,m11,m12).. y(t4,o8,m11) + y(t4,o8,m12) =E= 1 ; (LHS = 0, INFES = 1 ***)$$

REMAINING 2 ENTRIES SKIPPED

---- R8 =L= Restricción de binarias

$$R8(t1,o6,m11,t3,o7).. - y(t1,o6,m11) + w(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R8(t1,o6,m11,t4,o8).. - y(t1,o6,m11) + w(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R8(t1,o6,m11,t6,o9).. - y(t1,o6,m11) + w(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R9 =L= Restricción de binarias

$$R9(t1,o6,m11,t3,o7).. - y(t3,o7,m11) + w(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R9(t1,o6,m11,t4,o8).. - y(t4,o8,m11) + w(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R9(t1,o6,m11,t6,o9).. - y(t6,o9,m11) + w(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R10 =L= Restricción de binarias

$$R10(t1,o6,m11,t3,o7).. y(t1,o6,m11) + y(t3,o7,m11) - w(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 1 ; (LHS = 0)$$

$$R10(t1,o6,m11,t4,o8).. y(t1,o6,m11) + y(t4,o8,m11) - w(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 1 ; (LHS = 0)$$

$$R10(t1,o6,m11,t6,o9).. y(t1,o6,m11) + y(t6,o9,m11) - w(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 1 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R11 =G= Restriccion de inter1

$$R11(t1,o1,m31,t4,o2,m31).. x(t1,o1,m31) - x(t4,o2,m31) + 4100*z(t1,o1,t4,o2,m31) =G= 670 ; (LHS = 0, INFES = 670 ***)$$

$$R11(t1,o3,m41,t4,o4,m41).. x(t1,o3,m41) - x(t4,o4,m41) + 4100*z(t1,o3,t4,o4,m41) =G= 435 ; (LHS = 0, INFES = 435 ***)$$

$$R11(t1,o3,m41,t6,o5,m41).. x(t1,o3,m41) - x(t6,o5,m41) + 4100*z(t1,o3,t6,o5,m41) =G= 660 ; (LHS = 0, INFES = 660 ***)$$

REMAINING 29 ENTRIES SKIPPED

---- R12 =G= Restriccion de inter1

$$R12(t1,o1,m31,t4,o2,m31).. - x(t1,o1,m31) + x(t4,o2,m31) - 4100*z(t1,o1,t4,o2,m31) =G= -3610 ; (LHS = 0)$$

$$R12(t1,o3,m41,t4,o4,m41).. - x(t1,o3,m41) + x(t4,o4,m41) - 4100*z(t1,o3,t4,o4,m41) =G= -3485 ; (LHS = 0)$$

$$R12(t1,o3,m41,t6,o5,m41).. - x(t1,o3,m41) + x(t6,o5,m41) - 4100*z(t1,o3,t6,o5,m41) =G= -3485 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 29 ENTRIES SKIPPED

---- R13 =G= Restriccion de inter2

$$R13(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. x(t1,o6,m11) - x(t3,o7,m11) - 4100*u(t1,o6,t3,o7,m11) =G= -3535 ; (LHS = 0)$$

$$R13(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t4,o8,m11) - 4100*u(t1,o6,t4,o8,m11) \\ =G= -3485 ; (LHS = 0)$$

$$R13(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t6,o9,m11) - 4100*u(t1,o6,t6,o9,m11) \\ =G= -3710 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R14 =L= Restriccion de inter2

$$R14(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t3,o7,m11) - 4101*u(t1,o6,t3,o7,m11) =L= \\ 564 ; (LHS = 0)$$

$$R14(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t4,o8,m11) - 4101*u(t1,o6,t4,o8,m11) =L= \\ 614 ; (LHS = 0)$$

$$R14(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad x(t1,o6,m11) - x(t6,o9,m11) - 4101*u(t1,o6,t6,o9,m11) =L= \\ 389 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R15 =G= Restricción de inter2

$$R15(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t3,o7,m11) - 4100*v(t1,o6,t3,o7,m11) \\ =G= -3140 ; (LHS = 0)$$

$$R15(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t4,o8,m11) - 4100*v(t1,o6,t4,o8,m11) \\ =G= -3140 ; (LHS = 0)$$

$$R15(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t6,o9,m11) - 4100*v(t1,o6,t6,o9,m11) \\ =G= -3140 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R16 =L= Restriccion de inter2

$$R16(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t3,o7,m11) - 4101*v(t1,o6,t3,o7,m11) \\ =L= 959 ; (LHS = 0)$$

$$R16(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t4,o8,m11) - 4101*v(t1,o6,t4,o8,m11) \\ =L= 959 ; (LHS = 0)$$

$$R16(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. \quad - x(t1,o6,m11) + x(t6,o9,m11) - 4101*v(t1,o6,t6,o9,m11) \\ =L= 959 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R17 =L= Restricción de inter2

$$R17(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. w(t1,o6,t3,o7,m11) + u(t1,o6,t3,o7,m11) + v(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 2 ; (LHS = 0)$$

$$R17(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. w(t1,o6,t4,o8,m11) + u(t1,o6,t4,o8,m11) + v(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 2 ; (LHS = 0)$$

$$R17(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. w(t1,o6,t6,o9,m11) + u(t1,o6,t6,o9,m11) + v(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 2 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R18 =L= Restriccion de inter2

$$R18(t1,o6,m11,t3,o7,m11).. w(t1,o6,t3,o7,m11) - u(t1,o6,t3,o7,m11) - v(t1,o6,t3,o7,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R18(t1,o6,m11,t4,o8,m11).. w(t1,o6,t4,o8,m11) - u(t1,o6,t4,o8,m11) - v(t1,o6,t4,o8,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$R18(t1,o6,m11,t6,o9,m11).. w(t1,o6,t6,o9,m11) - u(t1,o6,t6,o9,m11) - v(t1,o6,t6,o9,m11) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- R19 =L= Restricción ultimas operaciones

$$R19(t1,o11,m21).. x(t1,o11,m21) - t(t1) =L= -160 ; (LHS = 0, INFES = 160 ***)$$

$$R19(t2,o12,m21).. x(t2,o12,m21) - t(t2) =L= -88 ; (LHS = 0, INFES = 88 ***)$$

$$R19(t3,o13,m21).. x(t3,o13,m21) - t(t3) =L= -125 ; (LHS = 0, INFES = 125 ***)$$

REMAINING 5 ENTRIES SKIPPED

### Model Statistics SOLVE tipo3 Using MIP From line 238

#### MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	20	SINGLE EQUATIONS	287
BLOCKS OF VARIABLES	8	SINGLE VARIABLES	134
NON ZERO ELEMENTS	811	DISCRETE VARIABLES	102
GENERATION TIME	=	0.015 SECONDS	1.6 Mb WIN207-133
EXECUTION TIME	=	0.015 SECONDS	1.6 Mb WIN207-133

**Solution Report SOLVE tipo3 Using MIP From line 238**

SOLVE SUMMARY

MODEL tipo3 OBJECTIVE ff  
 TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE  
 SOLVER CPLEX FROM LINE 238  
 \*\*\*\* SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION  
 \*\*\*\* MODEL STATUS 1 OPTIMAL  
 \*\*\*\* OBJECTIVE VALUE 20355.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.453 1000.000  
 ITERATION COUNT, LIMIT 2247 10000

---- VAR x Tiempo de inicio operación

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o1 .m31	.	.	+INF	8.000
t1.o3 .m41	.	490.000	+INF	.
t1.o6 .m11	.	.	+INF	EPS
t1.o6 .m12	.	1105.000	+INF	.
t1.o11.m21	.	2153.000	+INF	.
t2.o12.m21	.	2065.000	+INF	.
t3.o7 .m11	.	1105.000	+INF	.
t3.o7 .m12	.	.	+INF	EPS
t3.o13.m21	.	1670.000	+INF	.
t4.o2 .m31	.	490.000	+INF	.
t4.o4 .m41	.	1160.000	+INF	.
t4.o8 .m11	.	1670.000	+INF	.
t4.o8 .m12	.	1641.000	+INF	.
t4.o14.m21	.	2418.000	+INF	.
t5.o15.m21	.	2313.000	+INF	.
t6.o5 .m41	.	1595.000	+INF	.
t6.o9 .m11	.	2285.000	+INF	.
t6.o9 .m12	.	.	+INF	EPS
t6.o16.m21	.	2675.000	+INF	.
t7.o10.m11	.	.	+INF	EPS
t7.o10.m12	.	2255.000	+INF	.
t7.o17.m21	.	2538.000	+INF	.
t8.o18.m21	.	3620.000	+INF	.

---- VAR t Tiempo de finalización de tarea

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1	.	2313.000	+INF	.
t2	.	2153.000	+INF	.
t3	.	1795.000	+INF	.
t4	.	2538.000	+INF	.
t5	.	2418.000	+INF	.
t6	.	2755.000	+INF	.

t7	.	2673.000	+INF	.
t8	.	3710.000	+INF	.
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR ff	-INF	20355.000	+INF	.
ff Flow Time Mean				
---- VAR y	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6 .m12	.	1.000	1.000	41000.000
t3.o7 .m11	.	1.000	1.000	12300.000
t3.o7 .m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	4100.000
t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t7.o10.m12	.	1.000	1.000	8200.000
---- VAR z	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o1 .t4.o2 .m31	.	1.000	1.000	4100.000
t1.o3 .t4.o4 .m41	.	1.000	1.000	EPS
t1.o3 .t6.o5 .m41	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t2.o12.m21	.	.	1.000	-1.640E+4
t1.o11.t3.o13.m21	.	.	1.000	EPS
t1.o11.t4.o14.m21	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t5.o15.m21	.	1.000	1.000	12300.000
t1.o11.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t7.o17.m21	.	1.000	1.000	EPS
t1.o11.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t3.o13.m21	.	.	1.000	EPS
t2.o12.t4.o14.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t5.o15.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t7.o17.m21	.	1.000	1.000	EPS
t2.o12.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t4.o14.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t5.o15.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t7.o17.m21	.	1.000	1.000	EPS
t3.o13.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t4.o4 .t6.o5 .m41	.	1.000	1.000	4100.000
t4.o14.t5.o15.m21	.	.	1.000	-8200.000
t4.o14.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t4.o14.t7.o17.m21	.	1.000	1.000	4100.000

t4.o14.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t5.o15.t6.o16.m21	.	1.000	1.000	EPS
t5.o15.t7.o17.m21	.	1.000	1.000	EPS
t5.o15.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t6.o16.t7.o17.m21	.	.	1.000	EPS
t6.o16.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS
t7.o17.t8.o18.m21	.	1.000	1.000	EPS

---- VAR w

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6.t3.o7 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t3.o7 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS

---- VAR u

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6.t3.o7 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t3.o7 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m11	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m11	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS

t6.o9.t7.o10.m11	.	1.000	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
---- VAR v				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
t1.o6.t3.o7 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t3.o7 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t4.o8 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t1.o6.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t1.o6.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t4.o8 .m11	.	1.000	1.000	4100.000
t3.o7.t4.o8 .m12	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	EPS
t3.o7.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t3.o7.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS
t4.o8.t6.o9 .m11	.	1.000	1.000	4100.000
t4.o8.t6.o9 .m12	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t4.o8.t7.o10.m12	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m11	.	.	1.000	EPS
t6.o9.t7.o10.m12	.	1.000	1.000	EPS

\*\*\*\* REPORT SUMMARY : 0 NONOPT  
0 INFEASIBLE  
0 UNBOUNDED

EXECUTION TIME = 0.016 SECONDS 0.8 Mb WIN207-133

USER: Danilo Abril Hernández G021129:1442AB-WIN  
Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios InDC4015

\*\*\*\* FILE SUMMARY

INPUT C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\ANDREA\ESCRITORIO\PROYECTO DE GRADO\GAMS\MODELO DEL PROYECTO\CASOS\FLOW TIME MEAN\DEMANDA BÁSICA\MEZCLA7\LT=LP\M3-2-1-07.GMS

OUTPUT C:\WINDOWS\GAMSDIR\M3-2-1-07.LST

## ANEXO F

### TIEMPOS DE FINALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS EN LOS CASOS DE ESTUDIO

#### CASOS PARA LA DEMANDA BÁSICA

CASO	TRABAJOS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
m3-2-1-01	2.185	2.315	1.880	2.405	2.510	2.900	2.670	3.677
m3-2-2-01	1.825	1.955	1.520	2.045	2.150	2.540	2.310	3.317
m3-2-3-01	1.417	1.292	975	1.612	1.522	2.054	1.772	2.723
m3-2-4-01	1.062	937	730	1.358	1.268	1.949	2.340	2.412
m3-2-1-02	2.030	2.195	1.380	2.450	2.300	3.375	2.530	3.499
m3-2-2-02	1.670	1.835	1.020	2.090	1.940	3.015	2.175	3.139
m3-2-3-02	1.362	1.252	750	1.682	1.452	2.259	1.532	2.423
m3-2-4-02	1.107	997	610	1.427	1.277	2.163	1.187	2.023
m3-2-1-03	2.160	2.025	1.805	3.080	3.290	2.331	1.930	3.170
m3-2-2-03	1.815	1.680	1.445	2.930	2.720	1.971	1.585	2.810
m3-2-3-03	1.300	1.165	938	2.421	2.211	1.522	1.063	2.301
m3-2-4-03	845	940	685	1.493	1.373	1.809	1.140	2.293
m3-2-1-04	1.855	2.020	1.530	2.432	2.252	3.142	2.542	3.870
m3-2-2-04	1.495	1.660	1.170	2.072	1.892	2.782	2.210	3.510
m3-2-3-04	1.187	1.102	750	1.396	1.468	2.044	1.578	2.778
m3-2-4-04	932	847	610	1.388	1.208	2.029	1.125	2.383
m3-2-1-05	3.555	3.420	3.715	1.484	1.583	2.205	1.718	2.780
m3-2-2-05	3.195	3.060	3.355	1.124	1.223	1.845	1.400	2.420
m3-2-3-05	2.423	2.553	2.713	824	740	1.304	959	1.873
m3-2-4-05	995	1.125	835	1.344	1.443	1.869	1.260	2.158
m3-2-1-06	2.350	2.773	1.450	2.573	2.240	3.135	2.435	3.570
m3-2-2-06	1.990	2.413	1.090	2.128	1.880	2.775	2.213	3.210
m3-2-3-06	1.450	1.650	1.145	1.788	1.878	2.180	2.060	3.220
m3-2-4-06	2.397	2.287	1.835	1.451	1.541	864	85	1.143
m3-2-1-07	2.313	2.153	1.795	2.538	2.418	2.755	2.673	3.710
m3-2-2-07	1.953	1.793	1.435	2.178	2.058	2.395	2.313	3.350
m3-2-3-07	1.308	1.396	913	1.529	1.634	1.989	1.769	2.783
m3-2-4-07	965	1.053	715	1.331	1.436	1.869	1.188	2.383
m3-2-1-08	1.685	1.836	1.455	2.285	2.135	3.290	2.590	4.190
m3-2-2-08	1.325	1.476	1.095	1.925	1.775	2.930	2.290	3.830
m3-2-3-08	1.055	975	713	1.331	1.406	2.169	1.555	3.038
m3-2-4-08	837	757	565	1.350	1.200	2.169	1.125	2.608

## CASOS PARA LA DEMANDA BÁSICA X 100

CASO	TRABAJOS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
m3-2-1-11	177.340	184.400	140.480	166.220	170.780	227.600	203.360	302.800
m3-2-2-11	176.980	184.040	140.120	165.860	170.420	227.240	203.060	302.440
m3-2-3-11	130.810	116.630	85.125	124.250	121.190	174.270	150.060	248.240
m3-2-4-11	75.807	69.247	57.160	95.333	92.273	160.350	105.390	200.340
m3-2-1-12	155.480	166.040	90.480	179.660	170.600	272.160	205.920	284.560
m3-2-2-12	155.120	165.680	90.120	179.300	170.240	271.800	205.620	284.200
m3-2-3-12	117.690	112.630	60.150	129.810	120.750	195.800	137.620	212.300
m3-2-4-12	80.307	75.247	45.160	92.276	97.396	166.350	94.336	170.310
m3-2-1-13	163.980	156.420	132.980	248.720	242.660	165.640	152.860	253.100
m3-2-2-13	167.400	151.120	132.620	242.300	248.360	159.840	157.680	254.360
m3-2-3-13	114.620	107.060	81.375	197.800	191.740	124.210	103.500	200.860
m3-2-4-13	70.340	62.780	52.660	162.460	151.960	106.720	59.220	156.400
m3-2-1-14	137.980	148.540	105.480	177.860	165.800	248.860	209.420	321.660
m3-2-2-14	137.620	148.180	105.120	177.500	165.440	248.500	209.120	321.300
m3-2-3-14	100.190	97.627	62.625	115.250	116.510	174.300	140.120	247.800
m3-2-4-14	63.340	60.780	45.160	157.470	158.730	121.220	50.220	163.290
m3-2-1-15	297.900	290.340	283.280	100.880	104.840	167.040	140.300	224.540
m3-2-2-15	297.540	289.980	282.920	100.520	104.480	166.680	140.000	224.180
m3-2-3-15	217.990	225.050	235.110	64.333	61.873	109.210	86.500	169.180
m3-2-4-15	161.140	168.200	153.280	88.363	85.903	60.164	7.560	90.243
m3-2-1-16	180.480	194.540	97.480	172.460	164.600	248.160	199.420	291.660
m3-2-2-16	180.120	194.180	97.120	172.100	164.240	247.800	199.120	291.300
m3-2-3-16	145.120	137.060	68.150	119.940	123.000	182.740	140.060	227.740
m3-2-4-16	100.930	90.247	51.160	108.790	93.307	162.350	95.867	182.340
m3-2-1-17	188.660	167.780	131.980	178.600	172.540	207.600	197.860	306.100
m3-2-2-17	188.300	167.420	131.620	178.240	172.180	207.240	197.560	305.740
m3-2-3-17	118.370	121.230	78.875	130.440	135.000	171.770	149.060	254.240
m3-2-4-17	72.245	75.105	55.660	93.401	97.961	153.280	105.520	205.770
m3-2-1-18	120.980	130.140	97.980	163.160	154.100	263.660	217.420	353.660
m3-2-2-18	120.620	129.780	97.620	162.800	153.740	263.300	217.120	353.300
m3-2-3-18	86.937	84.877	58.875	107.260	108.820	182.350	142.130	272.320
m3-2-4-18	51.245	60.405	40.660	160.970	162.530	130.720	45.720	175.900

## CASOS PARA LA DEMANDA BÁSICA X 1000

CASO	TRABAJOS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
m3-2-1-21	1765800	1835900	1400500	1655700	1700800	2270600	2030400	3022600
m3-2-2-21	1765500	1835500	1400100	1655400	1700400	2270200	2030100	3022200
m3-2-3-21	1305300	1165100	850130	1240200	1210200	1740300	1500100	2480200
m3-2-4-21	755310	690250	570160	950330	920270	1600300	1050400	2000300
m3-2-1-22	1550500	1655500	900480	1790700	1700600	2715700	2055400	2839700
m3-2-2-22	1550100	1655200	900120	1790300	1700200	2715300	2055100	2839300
m3-2-3-22	1175200	1125100	600150	1295300	1205200	1955300	1375100	2120300
m3-2-4-22	800310	750250	450160	920280	970400	1660300	940340	1699400
m3-2-1-23	1671700	1510500	1325500	2480700	2420700	1596600	1575500	2540700
m3-2-2-23	1671300	1510100	1325100	2420300	2480400	1596200	1575200	2540400
m3-2-3-23	1037600	1072700	812630	1975300	1915200	1240200	1137700	2005400
m3-2-4-23	700340	625280	525160	1620500	1515500	1065200	590220	1560400
m3-2-1-24	1375500	1480500	1050500	1772700	1652600	2482700	2090400	3210700
m3-2-2-24	1375100	1480200	1050100	1772300	1652200	2482300	2090100	3210300
m3-2-3-24	1000200	975130	625130	1150200	1162300	1740300	1400100	2475300
m3-2-4-24	630340	605280	450160	1570500	1582500	1210200	500220	1627600
m3-2-1-25	2970900	2895800	2825800	1004500	1043500	1665500	1400300	2240500
m3-2-2-25	2970500	2895500	2825400	1004100	1043200	1665200	1400000	2240200
m3-2-3-25	2177700	2247800	2347900	641680	617620	1090200	865000	1690200
m3-2-4-25	1605600	1675700	1530300	879460	855400	600160	75060	900240
m3-2-1-26	1800500	1940500	970480	1718700	1640600	2475700	1990400	2910700
m3-2-2-26	1800100	1940200	970120	1718300	1640200	2475300	1990100	2910300
m3-2-3-26	1450100	1367800	680150	1197700	1227700	1825200	1400100	2275200
m3-2-4-26	1005400	900250	510160	1083500	930310	1620300	955370	1820300
m3-2-1-27	1880700	1673500	1315500	1780600	1720500	2070600	1975400	3055600
m3-2-2-27	1880300	1673100	1315100	1780200	1720200	2070200	1975100	3055200
m3-2-3-27	1182600	1210700	787630	1302700	1347700	1715300	1490100	2540200
m3-2-4-27	720250	748310	555160	930400	975460	1530300	1050500	2055300
m3-2-1-28	1205500	1296500	975480	1625700	1535600	2630700	2170400	3530700
m3-2-2-28	1205100	1296200	975120	1625300	1535200	2630300	2170100	3530300
m3-2-3-28	867690	847630	587630	1070300	1085300	1820300	1420100	2720300
m3-2-4-28	510250	601310	405160	1605500	1620500	1305200	455220	1755400

**ANEXO G**  
**UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS PARA LOS CASOS DE ESTUDIO**  
**CASO m3-1-1-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1130	930	2060
	O <sub>9</sub>	2060	540	2600
	O <sub>8</sub>	2600	540	3140
M12	O <sub>7</sub>	1400	615	2015
	O <sub>10</sub>	2015	1320	3335
M21	O <sub>11</sub>	2060	125	2185
	O <sub>17</sub>	2185	160	2345
	O <sub>12</sub>	2345	130	2475
	O <sub>13</sub>	2475	135	2610
	O <sub>16</sub>	2610	100	2710
	O <sub>14</sub>	3140	90	3230
	O <sub>15</sub>	3230	105	3335
M31	O <sub>18</sub>	3335	72	3407
	O <sub>1</sub>	0	500	500
M41	O <sub>2</sub>	500	660	1160
	O <sub>3</sub>	500	630	1130
	O <sub>5</sub>	1275	740	2015
	O <sub>4</sub>	2015	360	2375

**CASO m3-1-2-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	830	930	1760
	O <sub>9</sub>	1760	540	2300
	O <sub>8</sub>	2300	540	2840
M12	O <sub>7</sub>	830	615	1445
	O <sub>10</sub>	1610	1320	2930
M21	O <sub>12</sub>	1700	130	1830
	O <sub>13</sub>	1830	135	1965
	O <sub>16</sub>	2395	100	2495
	O <sub>11</sub>	2495	125	2620
	O <sub>17</sub>	2620	160	2780
	O <sub>14</sub>	2780	90	2870
	O <sub>18</sub>	2870	72	2942
M31	O <sub>15</sub>	2942	105	3047
	O <sub>1</sub>	0	500	500
M41	O <sub>2</sub>	500	660	1160
	O <sub>3</sub>	440	630	1070
	O <sub>5</sub>	1110	740	1850
	O <sub>4</sub>	1850	360	2210

**CASO m3-1-3-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	355	930	1285
	O <sub>9</sub>	1285	540	1825
	O <sub>8</sub>	1825	540	2365
M12	O <sub>7</sub>	425	615	1040
	O <sub>10</sub>	1040	1320	2360
M21	O <sub>12</sub>	1162	130	1292
	O <sub>11</sub>	1292	125	1417
	O <sub>16</sub>	1729	100	1829
	O <sub>13</sub>	1829	135	1964
	O <sub>17</sub>	1964	160	2124
	O <sub>15</sub>	2263	105	2368
	O <sub>18</sub>	2368	72	2440
	O <sub>14</sub>	2440	90	2530
M31	O <sub>1</sub>	0	500	500
	O <sub>2</sub>	500	660	1160
M41	O <sub>3</sub>	250	630	880
	O <sub>5</sub>	880	740	1620
	O <sub>4</sub>	1620	360	1980

**CASO m3-1-4-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	110	615	725
	O <sub>10</sub>	725	1320	2045
M12	O <sub>6</sub>	0	930	930
	O <sub>9</sub>	930	540	1470
	O <sub>8</sub>	1470	540	2010
M21	O <sub>16</sub>	1374	100	1474
	O <sub>13</sub>	1474	135	1609
	O <sub>11</sub>	1609	125	1734
	O <sub>12</sub>	1734	130	1864
	O <sub>17</sub>	1890	160	2050
	O <sub>14</sub>	2050	90	2140
	O <sub>18</sub>	2140	72	2212
	O <sub>15</sub>	2212	105	2317
M31	O <sub>1</sub>	0	500	500
	O <sub>2</sub>	500	660	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	630	700
	O <sub>5</sub>	700	740	1440
	O <sub>4</sub>	1440	360	1800

**CASO m3-1-1-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1405	990	2395
	O <sub>9</sub>	2395	840	3235
M12	O <sub>7</sub>	1129	365	1494
	O <sub>8</sub>	1780	615	2395
	O <sub>10</sub>	2395	1005	3400
M21	O <sub>13</sub>	1494	85	1579
	O <sub>12</sub>	2395	165	2560
	O <sub>11</sub>	2830	110	2940
	O <sub>14</sub>	2940	150	3090
	O <sub>15</sub>	3090	90	3180
	O <sub>17</sub>	3180	80	3260
	O <sub>16</sub>	3260	140	3400
	O <sub>18</sub>	3400	99	3499
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	619	510	1129
	O <sub>4</sub>	1160	435	1595
	O <sub>5</sub>	1595	800	2395

**CASO m3-1-2-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	630	990	1620
	O <sub>9</sub>	2095	840	2935
M12	O <sub>7</sub>	1115	365	1480
	O <sub>8</sub>	1480	615	2095
	O <sub>10</sub>	2095	1005	3100
M21	O <sub>11</sub>	2220	110	2330
	O <sub>12</sub>	2330	165	2495
	O <sub>17</sub>	2495	80	2575
	O <sub>13</sub>	2575	85	2660
	O <sub>14</sub>	2660	150	2810
	O <sub>15</sub>	2810	90	2900
	O <sub>16</sub>	2900	140	3040
	O <sub>18</sub>	3040	99	3139
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	360	510	870
	O <sub>4</sub>	1100	435	1535
	O <sub>5</sub>	1535	800	2335

**CASO m3-1-3-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	310	990	1300
	O <sub>9</sub>	1415	840	2255
M12	O <sub>7</sub>	435	365	800
	O <sub>8</sub>	800	615	1415
	O <sub>10</sub>	1415	1005	2420
M21	O <sub>13</sub>	720	85	805
	O <sub>14</sub>	1271	150	1421
	O <sub>11</sub>	1739	110	1849
	O <sub>12</sub>	1849	165	2014
	O <sub>15</sub>	2014	90	2104
	O <sub>17</sub>	2104	80	2184
	O <sub>16</sub>	2184	140	2324
M31	O <sub>18</sub>	2324	99	2423
	O <sub>1</sub>	0	420	420
M41	O <sub>2</sub>	420	740	1160
	O <sub>3</sub>	265	510	775
M41	O <sub>4</sub>	790	435	1225
	O <sub>5</sub>	1225	800	2025

**CASO m3-1-4-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	240	365	605
	O <sub>8</sub>	605	615	1220
	O <sub>9</sub>	1220	840	2060
M12	O <sub>6</sub>	0	990	990
	O <sub>10</sub>	1015	1005	2020
M21	O <sub>14</sub>	1076	150	1226
	O <sub>11</sub>	1394	110	1504
	O <sub>12</sub>	1504	165	1669
	O <sub>13</sub>	1669	85	1754
	O <sub>17</sub>	1754	80	1834
	O <sub>15</sub>	1834	90	1924
	O <sub>16</sub>	1924	140	2064
M31	O <sub>18</sub>	2064	99	2163
	O <sub>1</sub>	0	420	420
M41	O <sub>2</sub>	420	740	1160
	O <sub>3</sub>	70	510	580
	O <sub>4</sub>	740	435	1175
M41	O <sub>5</sub>	1175	800	1975

**CASO m3-1-1-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	1085	615	1700
	O <sub>9</sub>	1760	360	2120
	O <sub>8</sub>	2270	690	2960
M12	O <sub>6</sub>	1085	840	1925
	O <sub>10</sub>	1925	1275	3200
M21	O <sub>11</sub>	1925	135	2060
	O <sub>12</sub>	2060	95	2155
	O <sub>17</sub>	2155	125	2280
	O <sub>13</sub>	2280	135	2415
	O <sub>16</sub>	2415	76	2491
	O <sub>15</sub>	2960	120	3080
	O <sub>14</sub>	3080	120	3200
	O <sub>18</sub>	3200	90	3290
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	500	585	1085
	O <sub>5</sub>	1160	600	1760
	O <sub>4</sub>	1760	510	2270

**CASO m3-1-2-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	785	615	1400
	O <sub>9</sub>	1460	690	2150
	O <sub>8</sub>	1970	360	2330
M12	O <sub>6</sub>	785	840	1625
	O <sub>10</sub>	1625	1275	2900
M21	O <sub>11</sub>	1565	135	1700
	O <sub>16</sub>	1760	76	1836
	O <sub>13</sub>	1836	135	1971
	O <sub>17</sub>	1971	125	2096
	O <sub>12</sub>	2096	95	2191
	O <sub>15</sub>	2600	120	2720
	O <sub>14</sub>	2720	120	2840
	O <sub>18</sub>	2840	90	2930
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	440	585	1025
	O <sub>5</sub>	1100	600	1700
	O <sub>4</sub>	1700	510	2210

**CASO m3-1-3-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	318	840	1158
	O <sub>9</sub>	1158	360	1518
	O <sub>8</sub>	1518	690	2208
M12	O <sub>7</sub>	318	615	933
	O <sub>10</sub>	933	1275	2208
M21	O <sub>11</sub>	1028	135	1163
	O <sub>13</sub>	1163	135	1298
	O <sub>12</sub>	1298	95	1393
	O <sub>17</sub>	1393	125	1518
	O <sub>16</sub>	1518	76	1594
	O <sub>15</sub>	2091	120	2211
	O <sub>18</sub>	2211	90	2301
	O <sub>14</sub>	2301	120	2421
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	235	585	820
	O <sub>5</sub>	820	600	1420
	O <sub>4</sub>	1420	510	1930

**CASO m3-1-4-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	840	840
	O <sub>8</sub>	1090	690	1780
	O <sub>9</sub>	1780	360	2140
M12	O <sub>7</sub>	65	615	680
	O <sub>10</sub>	680	1275	1955
M21	O <sub>11</sub>	710	135	845
	O <sub>17</sub>	845	125	970
	O <sub>12</sub>	970	95	1065
	O <sub>13</sub>	1065	135	1200
	O <sub>15</sub>	1663	120	1783
	O <sub>14</sub>	1783	120	1903
	O <sub>18</sub>	1978	90	2068
	O <sub>16</sub>	2068	76	2144
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	585	655
	O <sub>5</sub>	655	600	1255
	O <sub>4</sub>	1255	510	1765

**CASO m3-1-1-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	930	840	1770
	O <sub>9</sub>	1980	630	2610
	O <sub>8</sub>	2610	600	3210
M12	O <sub>7</sub>	1490	490	1980
	O <sub>10</sub>	1980	1365	3345
M21	O <sub>11</sub>	1770	85	1855
	O <sub>12</sub>	1855	165	2020
	O <sub>16</sub>	2610	112	2722
	O <sub>17</sub>	2722	110	2832
	O <sub>13</sub>	2832	110	2942
	O <sub>14</sub>	3210	180	3390
	O <sub>15</sub>	3390	72	3462
	O <sub>18</sub>	3462	105	3567
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	420	510	930
	O <sub>5</sub>	1160	820	1980
	O <sub>4</sub>	1980	420	2400

**CASO m3-1-2-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	630	490	1120
	O <sub>9</sub>	1680	630	2310
	O <sub>8</sub>	2310	600	2910
M12	O <sub>6</sub>	840	840	1680
	O <sub>10</sub>	1680	1365	3045
M21	O <sub>13</sub>	1060	110	1170
	O <sub>11</sub>	1620	85	1705
	O <sub>12</sub>	1705	165	1870
	O <sub>16</sub>	2250	112	2362
	O <sub>17</sub>	2362	110	2472
	O <sub>14</sub>	2850	180	3030
	O <sub>18</sub>	3030	105	3135
	O <sub>15</sub>	3135	72	3207
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	360	510	870
	O <sub>5</sub>	1100	820	1920
	O <sub>4</sub>	1920	420	2340

**CASO m3-1-3-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	255	490	745
	O <sub>9</sub>	990	630	1620
	O <sub>8</sub>	1620	600	2220
M12	O <sub>6</sub>	255	840	1095
	O <sub>10</sub>	1095	1365	2460
M21	O <sub>13</sub>	640	110	750
	O <sub>12</sub>	937	165	1102
	O <sub>16</sub>	1512	112	1624
	O <sub>17</sub>	1624	110	1734
	O <sub>11</sub>	1734	85	1819
	O <sub>14</sub>	2106	180	2286
	O <sub>15</sub>	2286	72	2358
	O <sub>18</sub>	2358	105	2463
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	210	510	720
	O <sub>5</sub>	790	820	1610
	O <sub>4</sub>	1610	420	2030

**CASO m3-1-4-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	115	490	605
	O <sub>9</sub>	800	630	1430
	O <sub>8</sub>	1430	600	2030
M12	O <sub>6</sub>	0	840	840
	O <sub>10</sub>	840	1365	2205
M21	O <sub>13</sub>	500	110	610
	O <sub>11</sub>	1237	85	1322
	O <sub>16</sub>	1322	112	1434
	O <sub>12</sub>	1434	165	1599
	O <sub>17</sub>	1599	110	1709
	O <sub>14</sub>	1856	180	2036
	O <sub>15</sub>	2036	72	2108
	O <sub>18</sub>	2108	105	2213
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	510	580
	O <sub>5</sub>	580	820	1400
	O <sub>4</sub>	1400	420	1820

**CASO m3-1-1-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1305	990	2295
	O <sub>8</sub>	2295	495	2790
	O <sub>9</sub>	2790	540	3330
M12	O <sub>7</sub>	1305	740	2045
	O <sub>10</sub>	2045	1140	3185
M21	O <sub>11</sub>	2512	135	2647
	O <sub>12</sub>	2647	130	2777
	O <sub>13</sub>	2777	160	2937
	O <sub>17</sub>	2937	135	3072
	O <sub>15</sub>	3072	99	3171
	O <sub>14</sub>	3171	84	3255
	O <sub>18</sub>	3255	75	3330
	O <sub>16</sub>	3330	100	3430
M31	O <sub>1</sub>	0	570	570
	O <sub>2</sub>	570	590	1160
M41	O <sub>3</sub>	570	735	1305
	O <sub>5</sub>	1305	660	1965
	O <sub>4</sub>	1965	315	2280

**CASO m3-1-2-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1005	990	1995
	O <sub>8</sub>	1995	495	2490
	O <sub>9</sub>	2490	540	3030
M12	O <sub>7</sub>	1005	740	1745
	O <sub>10</sub>	1745	1140	2885
M21	O <sub>11</sub>	1935	135	2070
	O <sub>12</sub>	2070	130	2200
	O <sub>13</sub>	2200	160	2360
	O <sub>17</sub>	2360	135	2495
	O <sub>14</sub>	2495	84	2579
	O <sub>15</sub>	2579	99	2678
	O <sub>18</sub>	2895	75	2970
	O <sub>16</sub>	2970	100	3070
M31	O <sub>1</sub>	0	570	570
	O <sub>2</sub>	570	590	1160
M41	O <sub>3</sub>	510	735	1245
	O <sub>5</sub>	1245	660	1905
	O <sub>4</sub>	1905	315	2220

**CASO m3-1-3-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	443	990	1433
	O <sub>9</sub>	1433	540	1973
	O <sub>8</sub>	1973	495	2468
M12	O <sub>7</sub>	443	740	1183
	O <sub>10</sub>	1183	1140	2323
M21	O <sub>12</sub>	1310	130	1440
	O <sub>17</sub>	1440	135	1575
	O <sub>11</sub>	1575	135	1710
	O <sub>16</sub>	1877	100	1977
	O <sub>13</sub>	1977	160	2137
	O <sub>18</sub>	2297	75	2372
	O <sub>15</sub>	2372	99	2471
	O <sub>14</sub>	2471	84	2555
M31	O <sub>1</sub>	0	570	570
	O <sub>2</sub>	570	590	1160
M41	O <sub>3</sub>	285	735	1020
	O <sub>5</sub>	1020	660	1680
	O <sub>4</sub>	1680	315	1995

**CASO m3-1-4-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	90	740	830
	O <sub>9</sub>	955	540	1495
	O <sub>8</sub>	1495	495	1990
M12	O <sub>6</sub>	0	990	990
	O <sub>10</sub>	990	1140	2130
M21	O <sub>11</sub>	860	135	995
	O <sub>12</sub>	995	130	1125
	O <sub>13</sub>	1125	160	1285
	O <sub>16</sub>	1399	100	1499
	O <sub>17</sub>	1499	135	1634
	O <sub>15</sub>	1894	99	1993
	O <sub>14</sub>	1993	84	2077
	O <sub>18</sub>	2077	75	2152
M31	O <sub>1</sub>	0	570	570
	O <sub>2</sub>	570	590	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	735	805
	O <sub>5</sub>	805	660	1465
	O <sub>4</sub>	1465	315	1780

**CASO m3-1-1-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	1143	340	1483
	O <sub>9</sub>	1920	690	2610
	O <sub>8</sub>	2610	585	3195
M12	O <sub>6</sub>	1143	1140	2283
	O <sub>10</sub>	2283	1140	3423
M21	O <sub>13</sub>	1483	80	1563
	O <sub>11</sub>	2680	110	2790
	O <sub>12</sub>	2790	200	2990
	O <sub>16</sub>	2990	120	3110
	O <sub>17</sub>	3110	85	3195
	O <sub>14</sub>	3195	138	3333
	O <sub>15</sub>	3333	90	3423
	O <sub>18</sub>	3423	105	3528
M31	O <sub>1</sub>	0	460	460
	O <sub>2</sub>	460	700	1160
M41	O <sub>3</sub>	573	570	1143
	O <sub>5</sub>	1160	760	1920
	O <sub>4</sub>	1920	405	2325

**CASO m3-1-2-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	1140	340	1480
	O <sub>9</sub>	1620	690	2310
	O <sub>8</sub>	2310	585	2895
M12	O <sub>6</sub>	730	1140	1870
	O <sub>10</sub>	1870	1140	3010
M21	O <sub>12</sub>	1810	200	2010
	O <sub>17</sub>	2010	85	2095
	O <sub>16</sub>	2250	120	2370
	O <sub>11</sub>	2370	110	2480
	O <sub>13</sub>	2480	80	2560
	O <sub>15</sub>	2835	90	2925
	O <sub>14</sub>	2925	138	3063
	O <sub>18</sub>	3063	105	3168
M31	O <sub>1</sub>	0	460	460
	O <sub>2</sub>	460	700	1160
M41	O <sub>3</sub>	400	570	970
	O <sub>5</sub>	1100	760	1860
	O <sub>4</sub>	1860	405	2265

**CASO m3-1-3-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	305	1140	1445
	O <sub>6</sub>	1445	690	2135
M12	O <sub>8</sub>	485	340	825
	O <sub>10</sub>	825	585	1410
	O <sub>17</sub>	1410	1140	2550
M21	O <sub>15</sub>	750	80	830
	O <sub>14</sub>	1252	200	1452
	O <sub>16</sub>	1452	110	1562
	O <sub>17</sub>	1562	138	1700
	O <sub>11</sub>	1700	90	1790
	O <sub>12</sub>	2019	120	2139
	O <sub>18</sub>	2139	85	2224
M31	O <sub>13</sub>	2448	105	2553
	O <sub>1</sub>	0	460	460
	O <sub>2</sub>	460	700	1160
M41	O <sub>4</sub>	230	570	800
	O <sub>5</sub>	810	405	1215
	O <sub>3</sub>	1215	760	1975

**CASO m3-1-4-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	325	340	665
	O <sub>8</sub>	665	585	1250
	O <sub>9</sub>	1275	690	1965
M12	O <sub>6</sub>	0	1140	1140
	O <sub>10</sub>	1140	1140	2280
M21	O <sub>14</sub>	1118	138	1256
	O <sub>12</sub>	1256	1140	2396
	O <sub>15</sub>	1456	90	1546
	O <sub>13</sub>	1546	80	1626
	O <sub>16</sub>	1849	120	1969
	O <sub>11</sub>	1969	110	2079
	O <sub>17</sub>	2079	85	2164
M31	O <sub>18</sub>	2178	105	2283
	O <sub>1</sub>	0	460	460
	O <sub>2</sub>	460	700	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	570	640
	O <sub>4</sub>	770	405	1175
	O <sub>5</sub>	1175	760	1935

**CASO m3-1-1-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1105	960	2065
	O <sub>8</sub>	2255	615	2870
	O <sub>9</sub>	2870	390	3260
M12	O <sub>7</sub>	1255	565	1820
	O <sub>10</sub>	1820	1365	3185
M21	O <sub>12</sub>	2065	88	2153
	O <sub>17</sub>	2153	135	2288
	O <sub>11</sub>	2288	160	2448
	O <sub>13</sub>	2448	125	2573
	O <sub>14</sub>	2870	120	2990
	O <sub>15</sub>	2990	105	3095
	O <sub>18</sub>	3185	90	3275
	O <sub>16</sub>	3275	80	3355
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	490	615	1105
	O <sub>5</sub>	1160	660	1820
	O <sub>4</sub>	1820	435	2255

**CASO m3-1-2-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	995	960	1955
	O <sub>8</sub>	1955	615	2570
	O <sub>9</sub>	2570	390	2960
M12	O <sub>7</sub>	860	565	1425
	O <sub>10</sub>	1520	1365	2885
M21	O <sub>13</sub>	1365	125	1490
	O <sub>17</sub>	1520	135	1655
	O <sub>11</sub>	2352	160	2512
	O <sub>15</sub>	2512	105	2617
	O <sub>12</sub>	2617	88	2705
	O <sub>14</sub>	2705	120	2825
	O <sub>18</sub>	2825	90	2915
	O <sub>16</sub>	2915	80	2995
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	485	615	1100
	O <sub>5</sub>	1100	660	1760
	O <sub>4</sub>	1760	435	2195

**CASO m3-1-3-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	343	960	1303
	O <sub>9</sub>	1303	390	1693
	O <sub>8</sub>	1693	615	2308
M12	O <sub>7</sub>	343	565	908
	O <sub>10</sub>	980	1365	2345
M21	O <sub>12</sub>	1222	88	1310
	O <sub>11</sub>	1310	160	1470
	O <sub>13</sub>	1470	125	1595
	O <sub>17</sub>	1595	135	1730
	O <sub>16</sub>	1730	80	1810
	O <sub>14</sub>	2194	120	2314
	O <sub>15</sub>	2314	105	2419
	O <sub>18</sub>	2419	90	2509
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	245	615	860
	O <sub>5</sub>	860	660	1520
	O <sub>4</sub>	1520	435	1955

**CASO m3-1-4-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	960	960
	O <sub>8</sub>	1180	615	1795
	O <sub>9</sub>	1795	390	2185
M12	O <sub>7</sub>	145	565	710
	O <sub>10</sub>	710	1365	2075
M21	O <sub>13</sub>	590	125	715
	O <sub>11</sub>	1411	160	1571
	O <sub>12</sub>	1571	88	1659
	O <sub>17</sub>	1659	135	1794
	O <sub>14</sub>	1794	120	1914
	O <sub>15</sub>	1914	105	2019
	O <sub>18</sub>	2019	90	2109
	O <sub>16</sub>	2109	80	2189
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	615	685
	O <sub>5</sub>	685	660	1345
	O <sub>4</sub>	1345	435	1780

**CASO m3-1-1-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	855	490	1345
	O <sub>9</sub>	2120	690	2810
	O <sub>8</sub>	2810	540	3350
M12	O <sub>6</sub>	855	750	1605
	O <sub>10</sub>	2120	1590	3710
M21	O <sub>17</sub>	2120	110	2230
	O <sub>11</sub>	2230	80	2310
	O <sub>12</sub>	2310	151	2461
	O <sub>13</sub>	2461	110	2571
	O <sub>14</sub>	3365	150	3515
	O <sub>15</sub>	3515	960	4475
	O <sub>16</sub>	3590	120	3710
	O <sub>18</sub>	3710	120	3830
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	390	465	855
	O <sub>5</sub>	1160	960	2120
	O <sub>4</sub>	2120	360	2480

**CASO m3-1-2-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	1820	690	2510
	O <sub>8</sub>	2510	540	3050
M12	O <sub>7</sub>	555	490	1045
	O <sub>6</sub>	1070	750	1820
	O <sub>10</sub>	1820	1590	3410
M21	O <sub>11</sub>	1760	80	1840
	O <sub>12</sub>	1840	151	1991
	O <sub>13</sub>	1991	110	2101
	O <sub>16</sub>	2450	120	2570
	O <sub>14</sub>	2990	150	3140
	O <sub>15</sub>	3140	75	3215
	O <sub>17</sub>	3215	110	3325
	O <sub>18</sub>	3350	120	3470
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	330	465	795
	O <sub>5</sub>	1100	960	2060
	O <sub>4</sub>	2060	360	2420

**CASO m3-1-3-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	295	490	785
	O <sub>9</sub>	1075	690	1765
	O <sub>8</sub>	1765	540	2305
M12	O <sub>6</sub>	295	750	1045
	O <sub>10</sub>	1045	1590	2635
M21	O <sub>11</sub>	970	80	1050
	O <sub>12</sub>	1050	151	1201
	O <sub>13</sub>	1201	110	1311
	O <sub>17</sub>	1311	110	1421
	O <sub>14</sub>	2173	150	2323
	O <sub>15</sub>	2323	75	2398
	O <sub>16</sub>	2398	120	2518
	O <sub>18</sub>	2518	120	2638
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	272	465	737
	O <sub>5</sub>	775	960	1735
	O <sub>4</sub>	1735	360	2095

**CASO m3-1-4-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	750	750
	O <sub>9</sub>	835	690	1525
	O <sub>8</sub>	1525	540	2065
M12	O <sub>7</sub>	70	490	560
	O <sub>10</sub>	560	1590	2150
M21	O <sub>11</sub>	675	80	755
	O <sub>12</sub>	755	151	906
	O <sub>17</sub>	906	110	1016
	O <sub>13</sub>	1016	110	1126
	O <sub>16</sub>	1409	120	1529
	O <sub>14</sub>	1921	150	2071
	O <sub>18</sub>	2071	120	2191
	O <sub>15</sub>	2191	75	2266
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	465	535
	O <sub>5</sub>	535	960	1495
	O <sub>4</sub>	1495	360	1855

**CASO m3-1-1-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	69240	69240
	O <sub>9</sub>	94980	30240	125220
	O <sub>8</sub>	125220	30240	155460
M12	O <sub>7</sub>	19415	37740	57155
	O <sub>10</sub>	57155	108240	165395
M21	O <sub>11</sub>	62685	6560	69245
	O <sub>12</sub>	69245	7060	76305
	O <sub>13</sub>	76305	7560	83865
	O <sub>17</sub>	83865	10060	93925
	O <sub>15</sub>	150900	4560	155460
	O <sub>14</sub>	157020	3060	160080
	O <sub>16</sub>	160080	4060	164140
M31	O <sub>18</sub>	164140	1260	165400
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	38120	57060	95180
M41	O <sub>5</sub>	95180	68060	163240
	O <sub>4</sub>	163240	30060	193300

**CASO m3-1-2-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	108240	69240	177480
	O <sub>9</sub>	177480	30240	207720
	O <sub>8</sub>	207720	30240	237960
M12	O <sub>7</sub>	94880	37740	132620
	O <sub>10</sub>	162940	108240	271180
M21	O <sub>13</sub>	132560	7560	140120
	O <sub>12</sub>	235760	7060	242820
	O <sub>11</sub>	242820	6560	249380
	O <sub>14</sub>	249380	3060	252440
	O <sub>15</sub>	252440	4560	257000
	O <sub>16</sub>	257000	4060	261060
	O <sub>17</sub>	261060	10060	271120
M31	O <sub>18</sub>	271120	1260	272380
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	38060	57060	95120
M41	O <sub>5</sub>	95120	68060	163180
	O <sub>4</sub>	163180	30060	193240

**CASO m3-1-3-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	47380	69240	116620
	O <sub>9</sub>	116620	30240	146860
	O <sub>8</sub>	159000	30240	189240
M12	O <sub>7</sub>	72200	37740	109940
	O <sub>10</sub>	109940	108240	218180
M21	O <sub>11</sub>	110060	6560	116620
	O <sub>12</sub>	116620	7060	123680
	O <sub>16</sub>	142800	4060	146860
	O <sub>13</sub>	146860	7560	154420
	O <sub>14</sub>	186190	3060	189250
	O <sub>15</sub>	189250	4560	193810
	O <sub>17</sub>	193810	10060	203870
M31	O <sub>18</sub>	216920	1260	218180
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	19060	57060	76120
M41	O <sub>5</sub>	76120	68060	144180
	O <sub>4</sub>	144180	30060	174240

**CASO m3-1-4-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	69240	69240
	O <sub>9</sub>	94980	30240	125220
	O <sub>8</sub>	125550	30240	155790
M12	O <sub>7</sub>	19415	37740	57155
	O <sub>10</sub>	57155	108240	165395
M21	O <sub>11</sub>	62685	6560	69245
	O <sub>12</sub>	69245	7060	76305
	O <sub>13</sub>	76305	7560	83865
	O <sub>17</sub>	83865	10060	93925
	O <sub>15</sub>	150900	4560	155460
	O <sub>14</sub>	157020	3060	160080
	O <sub>16</sub>	160080	4060	164140
M31	O <sub>18</sub>	164140	1260	165400
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	70	57060	57130
	O <sub>5</sub>	57130	68060	125190
M41	O <sub>4</sub>	125190	30060	155250

**CASO m3-1-1-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	166300	60240	226540
	O <sub>8</sub>	226540	37740	264280
M12	O <sub>7</sub>	75180	12740	87920
	O <sub>6</sub>	91060	75240	166300
	O <sub>10</sub>	166300	76740	243040
M21	O <sub>12</sub>	166300	10560	176860
	O <sub>13</sub>	176860	2560	179420
	O <sub>16</sub>	245140	8060	253200
	O <sub>17</sub>	253200	2060	255260
	O <sub>11</sub>	255260	5060	260320
	O <sub>18</sub>	260320	3960	264280
	O <sub>14</sub>	264280	9060	273340
M31	O <sub>15</sub>	273340	3060	276400
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
M41	O <sub>3</sub>	30120	45060	75180
	O <sub>5</sub>	92240	74060	166300
	O <sub>4</sub>	166300	37560	203860

**CASO m3-1-2-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	74880	12740	87620
	O <sub>6</sub>	90760	75240	166000
	O <sub>10</sub>	166000	76740	242740
M12	O <sub>9</sub>	166000	60240	226240
	O <sub>8</sub>	226240	37740	263980
M21	O <sub>12</sub>	165940	10560	176500
	O <sub>11</sub>	242220	5060	247280
	O <sub>16</sub>	247280	8060	255340
	O <sub>13</sub>	255340	2560	257900
	O <sub>17</sub>	257900	2060	259960
	O <sub>18</sub>	259960	3960	263920
	O <sub>15</sub>	263920	3060	266980
M31	O <sub>14</sub>	266980	9060	276040
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
M41	O <sub>3</sub>	30060	45060	75120
	O <sub>5</sub>	92180	74060	166240
	O <sub>4</sub>	166240	37560	203800

**CASO m3-1-3-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	47405	12740	60145
	O <sub>9</sub>	98000	60240	158240
	O <sub>8</sub>	158240	37740	195980
M12	O <sub>6</sub>	37380	75240	112620
	O <sub>10</sub>	112620	76740	189360
M21	O <sub>13</sub>	57590	2560	60150
	O <sub>12</sub>	102070	10560	112630
	O <sub>17</sub>	112630	2060	114690
	O <sub>11</sub>	172280	5060	177340
	O <sub>16</sub>	177340	8060	185400
	O <sub>18</sub>	185400	3960	189360
	O <sub>14</sub>	189360	9060	198420
M31	O <sub>15</sub>	198420	3060	201480
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	15060	45060	60120
M41	O <sub>5</sub>	61180	74060	135240
	O <sub>4</sub>	135240	37560	172800

**CASO m3-1-4-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	75240	75240
	O <sub>7</sub>	75240	12740	87980
	O <sub>9</sub>	87980	60240	148220
M12	O <sub>10</sub>	44970	76740	121710
	O <sub>8</sub>	121710	37740	159450
M21	O <sub>17</sub>	44970	2060	47030
	O <sub>11</sub>	120200	5060	125260
	O <sub>12</sub>	125260	10560	135820
	O <sub>13</sub>	135820	2560	138380
	O <sub>18</sub>	138380	3960	142340
	O <sub>16</sub>	142340	8060	150400
	O <sub>14</sub>	150400	9060	159460
M31	O <sub>15</sub>	159460	3060	162520
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	70	45060	45130
M41	O <sub>5</sub>	45130	74060	119190
	O <sub>4</sub>	119190	37560	156750

**CASO m3-1-1-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	87680	60240	147920
	O <sub>9</sub>	147920	12240	160160
	O <sub>8</sub>	191360	45240	236600
M12	O <sub>7</sub>	87680	37740	125420
	O <sub>10</sub>	146300	103740	250040
M21	O <sub>13</sub>	125420	7560	132980
	O <sub>11</sub>	147920	7560	155480
	O <sub>16</sub>	160160	1660	161820
	O <sub>12</sub>	161820	3560	165380
	O <sub>17</sub>	165380	6560	171940
	O <sub>14</sub>	237920	6060	243980
	O <sub>15</sub>	243980	6060	250040
M31	O <sub>18</sub>	250040	3060	253100
	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
M41	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
	O <sub>3</sub>	35120	52560	87680
	O <sub>5</sub>	92240	54060	146300
	O <sub>4</sub>	146300	45060	191360

**CASO m3-1-2-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	87380	60240	147620
	O <sub>9</sub>	147620	12240	159860
	O <sub>8</sub>	191060	45240	236300
M12	O <sub>7</sub>	87380	37740	125120
	O <sub>10</sub>	146000	103740	249740
M21	O <sub>11</sub>	147560	7560	155120
	O <sub>13</sub>	155120	7560	162680
	O <sub>12</sub>	162680	3560	166240
	O <sub>17</sub>	166240	6560	172800
	O <sub>16</sub>	172800	1660	174460
	O <sub>14</sub>	237560	6060	243620
	O <sub>15</sub>	243620	6060	249680
M31	O <sub>18</sub>	249680	3060	252740
	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
M41	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
	O <sub>3</sub>	35060	52560	87620
	O <sub>5</sub>	92180	54060	146240
	O <sub>4</sub>	146240	45060	191300

**CASO m3-1-3-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	48521	60240	108761
	O <sub>9</sub>	111970	12240	124210
	O <sub>8</sub>	146500	45240	191740
M12	O <sub>7</sub>	43630	37740	81370
	O <sub>10</sub>	96940	103740	200680
M21	O <sub>13</sub>	73815	7560	81375
	O <sub>11</sub>	101210	7560	108770
	O <sub>17</sub>	108770	6560	115330
	O <sub>16</sub>	122550	1660	124210
	O <sub>12</sub>	124210	3560	127770
	O <sub>14</sub>	185690	6060	191750
	O <sub>15</sub>	191750	6060	197810
M31	O <sub>18</sub>	197810	3060	200870
	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
M41	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
	O <sub>3</sub>	17560	52560	70120
	O <sub>5</sub>	70120	54060	124180
	O <sub>4</sub>	124180	45060	169240

**CASO m3-1-4-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	60240	60240
	O <sub>9</sub>	94480	12240	106720
	O <sub>8</sub>	106720	45240	151960
M12	O <sub>7</sub>	14915	37740	52655
	O <sub>10</sub>	52655	103740	156395
M21	O <sub>13</sub>	45100	7560	52660
	O <sub>16</sub>	105060	1660	106720
	O <sub>11</sub>	106720	7560	114280
	O <sub>12</sub>	114280	3560	117840
	O <sub>17</sub>	117840	6560	124400
	O <sub>15</sub>	145900	6060	151960
	O <sub>14</sub>	151960	6060	158020
M31	O <sub>18</sub>	158020	3060	161080
	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
M41	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
	O <sub>3</sub>	70	52560	52630
	O <sub>5</sub>	52630	54060	106690
	O <sub>4</sub>	106690	45060	151750

**CASO m3-1-1-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	168300	39240	207540
	O <sub>8</sub>	207540	36240	243780
M12	O <sub>7</sub>	75180	25240	100420
	O <sub>6</sub>	100420	60240	160660
	O <sub>10</sub>	168300	112740	281040
M21	O <sub>15</sub>	92240	1260	93500
	O <sub>11</sub>	160660	2560	163220
	O <sub>12</sub>	163220	10560	173780
	O <sub>13</sub>	173780	5060	178840
	O <sub>14</sub>	257400	12060	269460
	O <sub>16</sub>	270720	5260	275980
	O <sub>17</sub>	275980	5060	281040
M31	O <sub>18</sub>	281040	4560	285600
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	30120	45060	75180
M41	O <sub>5</sub>	92240	76060	168300
	O <sub>4</sub>	168300	36060	204360

**CASO m3-1-2-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	168000	39240	207240
	O <sub>8</sub>	207240	36240	243480
M12	O <sub>7</sub>	74880	25240	100120
	O <sub>6</sub>	100120	60240	160360
	O <sub>10</sub>	168000	112740	280740
M21	O <sub>11</sub>	160300	2560	162860
	O <sub>12</sub>	162860	10560	173420
	O <sub>13</sub>	173420	5060	178480
	O <sub>14</sub>	257040	12060	269100
	O <sub>15</sub>	269100	1260	270360
	O <sub>16</sub>	270360	5260	275620
	O <sub>17</sub>	275620	5060	280680
M31	O <sub>18</sub>	280680	4560	285240
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	30060	45060	75120
M41	O <sub>5</sub>	92180	76060	168240
	O <sub>4</sub>	168240	36060	204300

**CASO m3-1-3-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	38440	25240	63680
	O <sub>9</sub>	99000	39240	138240
	O <sub>8</sub>	155060	36240	191300
M12	O <sub>6</sub>	38760	60240	99000
	O <sub>10</sub>	99000	112740	211740
M21	O <sub>12</sub>	88447	10560	99007
	O <sub>11</sub>	99007	2560	101567
	O <sub>13</sub>	101570	5060	106630
	O <sub>14</sub>	179250	12060	191310
	O <sub>15</sub>	191310	1260	192570
	O <sub>16</sub>	192570	5260	197830
	O <sub>17</sub>	197830	5060	202890
M31	O <sub>18</sub>	207180	4560	211740
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	16120	45060	61180
	O <sub>5</sub>	61180	76060	137240
M41	O <sub>4</sub>	137240	36060	173300

**CASO m3-1-4-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	60240	60240
	O <sub>9</sub>	81980	39240	121220
	O <sub>8</sub>	121220	36240	157460
M12	O <sub>7</sub>	19915	25240	45155
	O <sub>10</sub>	45155	112740	157895
M21	O <sub>13</sub>	40100	5060	45160
	O <sub>12</sub>	49687	10560	60247
	O <sub>16</sub>	115960	5260	121220
	O <sub>17</sub>	121220	5060	126280
	O <sub>11</sub>	126280	2560	128840
	O <sub>14</sub>	145410	12060	157470
	O <sub>15</sub>	157470	1260	158730
M31	O <sub>18</sub>	158730	4560	163290
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	70	45060	45130
	O <sub>5</sub>	45130	76060	121190
M41	O <sub>4</sub>	121190	36060	157250

**CASO m3-1-1-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	112680	75240	187920
	O <sub>9</sub>	187920	30240	218160
	O <sub>8</sub>	218160	25740	243900
M12	O <sub>7</sub>	122500	50240	172740
	O <sub>10</sub>	172740	90240	262980
M21	O <sub>11</sub>	220260	7560	227820
	O <sub>12</sub>	227820	7060	234880
	O <sub>13</sub>	234880	10060	244940
	O <sub>15</sub>	244940	3960	248900
	O <sub>17</sub>	248900	7560	256460
	O <sub>14</sub>	256460	2460	258920
	O <sub>16</sub>	258920	4060	262980
M31	O <sub>18</sub>	262980	1560	264540
	O <sub>1</sub>	0	45120	45120
M41	O <sub>2</sub>	45120	47120	92240
	O <sub>3</sub>	45120	67560	112680
	O <sub>5</sub>	112680	60060	172740
	O <sub>4</sub>	172740	25560	198300

**CASO m3-1-2-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	112380	75240	187620
	O <sub>9</sub>	187620	30240	217860
	O <sub>8</sub>	217860	25740	243600
M12	O <sub>7</sub>	112380	50240	162620
	O <sub>10</sub>	172440	90240	262680
M21	O <sub>11</sub>	219900	7560	227460
	O <sub>12</sub>	227460	7060	234520
	O <sub>13</sub>	234520	10060	244580
	O <sub>14</sub>	244580	2460	247040
	O <sub>16</sub>	247040	4060	251100
	O <sub>15</sub>	251100	3960	255060
	O <sub>17</sub>	255060	7560	262620
M31	O <sub>18</sub>	262620	1560	264180
	O <sub>1</sub>	0	45120	45120
M41	O <sub>2</sub>	45120	47120	92240
	O <sub>3</sub>	45060	67560	112620
	O <sub>5</sub>	112620	60060	172680
	O <sub>4</sub>	172680	25560	198240

**CASO m3-1-3-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	57270	75240	132510
	O <sub>9</sub>	132510	30240	162750
	O <sub>8</sub>	162750	25740	188490
M12	O <sub>7</sub>	56130	50240	106370
	O <sub>10</sub>	119940	90240	210180
M21	O <sub>11</sub>	124960	7560	132520
	O <sub>12</sub>	132520	7060	139580
	O <sub>13</sub>	139580	10060	149640
	O <sub>16</sub>	181980	4060	186040
	O <sub>14</sub>	186040	2460	188500
	O <sub>15</sub>	188500	3960	192460
	O <sub>17</sub>	192460	7560	200020
M31	O <sub>18</sub>	208620	1560	210180
	O <sub>1</sub>	0	45120	45120
M41	O <sub>2</sub>	45120	47120	92240
	O <sub>3</sub>	22560	67560	90120
M41	O <sub>5</sub>	90120	60060	150180
	O <sub>4</sub>	150180	25560	175740

**CASO m3-1-4-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	75240	75240
	O <sub>9</sub>	97480	30240	127720
	O <sub>8</sub>	127720	25740	153460
M12	O <sub>7</sub>	17415	50240	67655
	O <sub>10</sub>	67655	90240	157895
M21	O <sub>11</sub>	113620	7560	121180
	O <sub>12</sub>	121180	7060	128240
	O <sub>13</sub>	128240	10060	138300
	O <sub>16</sub>	138300	4060	142360
	O <sub>17</sub>	142360	7560	149920
	O <sub>15</sub>	149920	3960	153880
	O <sub>14</sub>	153880	2460	156340
M31	O <sub>18</sub>	156340	1560	157900
	O <sub>1</sub>	0	45120	45120
M41	O <sub>2</sub>	45120	47120	92240
	O <sub>3</sub>	70	67560	67630
	O <sub>5</sub>	67630	60060	127690
M41	O <sub>4</sub>	127690	25740	153430

**CASO m3-1-1-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	85180	90240	175420
	O <sub>9</sub>	175420	45240	220660
	O <sub>8</sub>	220660	34740	255400
M12	O <sub>7</sub>	85180	10240	95420
	O <sub>10</sub>	162300	90240	252540
M21	O <sub>12</sub>	175420	14060	189480
	O <sub>16</sub>	236800	6060	242860
	O <sub>11</sub>	242860	5060	247920
	O <sub>13</sub>	247920	2060	249980
	O <sub>17</sub>	249980	2560	252540
	O <sub>18</sub>	252540	4560	257100
	O <sub>15</sub>	257100	3060	260160
M31	O <sub>14</sub>	260160	7860	268020
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
M41	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
	O <sub>3</sub>	34120	51060	85180
M41	O <sub>5</sub>	92240	70060	162300
	O <sub>4</sub>	162300	34560	196860

**CASO m3-1-2-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	84880	90240	175120
	O <sub>9</sub>	175120	45240	220360
	O <sub>8</sub>	220360	34740	255100
M12	O <sub>7</sub>	84880	10240	95120
	O <sub>10</sub>	162000	90240	252240
M21	O <sub>16</sub>	220300	6060	226360
	O <sub>11</sub>	226360	5060	231420
	O <sub>12</sub>	231420	14060	245480
	O <sub>13</sub>	245480	2060	247540
	O <sub>17</sub>	247540	2560	250100
	O <sub>18</sub>	252180	4560	256740
	O <sub>15</sub>	256740	3060	259800
M31	O <sub>14</sub>	259800	7860	267660
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
M41	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
	O <sub>3</sub>	34060	51060	85120
M41	O <sub>5</sub>	92180	70060	162240
	O <sub>4</sub>	162240	34560	196800

**CASO m3-1-3-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	42380	90240	132620
	O <sub>9</sub>	132620	45240	177860
	O <sub>8</sub>	177800	34740	212540
M12	O <sub>7</sub>	57905	10240	68145
	O <sub>10</sub>	102940	90240	193180
M21	O <sub>11</sub>	127570	5060	132630
	O <sub>16</sub>	171800	6060	177860
	O <sub>17</sub>	177860	2560	180420
	O <sub>12</sub>	180420	14060	194480
	O <sub>13</sub>	194480	2060	196540
	O <sub>18</sub>	200190	4560	204750
	O <sub>14</sub>	204750	7860	212610
M31	O <sub>15</sub>	212610	3060	215670
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
M41	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
	O <sub>3</sub>	17060	51060	68120
M41	O <sub>5</sub>	138180	70060	208240
	O <sub>4</sub>	68120	34560	102680

**CASO m3-1-4-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	90240	90240
	O <sub>9</sub>	90240	45240	135480
	O <sub>8</sub>	135480	34740	170220
M12	O <sub>7</sub>	40915	10240	51155
	O <sub>10</sub>	51155	90240	141395
M21	O <sub>13</sub>	49100	2060	51160
	O <sub>16</sub>	130070	6060	136130
	O <sub>12</sub>	136130	14060	150190
	O <sub>17</sub>	150190	2560	152750
	O <sub>18</sub>	152750	4560	157310
	O <sub>11</sub>	157310	5060	162370
	O <sub>14</sub>	162370	7860	170230
M31	O <sub>15</sub>	170230	3060	173290
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
M41	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
	O <sub>3</sub>	70	51060	51130
M41	O <sub>5</sub>	51130	70060	121190
	O <sub>4</sub>	121190	34560	155750

**CASO m3-1-1-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	92680	32740	125420
	O <sub>6</sub>	125420	72240	197660
	O <sub>8</sub>	197660	37740	235400
	O <sub>9</sub>	235400	15240	250640
M12	O <sub>10</sub>	225760	112740	338500
M21	O <sub>11</sub>	235820	10060	245880
	O <sub>12</sub>	238680	2860	241540
	O <sub>13</sub>	245240	6560	251800
	O <sub>14</sub>	251300	6060	257360
	O <sub>15</sub>	255860	4560	260420
	O <sub>16</sub>	257920	7560	265480
	O <sub>17</sub>	265480	3060	268540
	O <sub>18</sub>	0	37120	37120
M31	O <sub>1</sub>	37120	55120	92240
	O <sub>2</sub>	37120	55560	92680
M41	O <sub>3</sub>	92680	60060	152740
	O <sub>5</sub>	152740	37560	190300
	O <sub>4</sub>	92680	32740	125420

**CASO m3-1-2-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	117760	72240	190000
	O <sub>8</sub>	190000	37740	227740
	O <sub>9</sub>	227740	15240	242980
M12	O <sub>7</sub>	119700	32740	152440
	O <sub>10</sub>	152440	112740	265180
M21	O <sub>13</sub>	152380	6560	158940
	O <sub>15</sub>	231960	4560	236520
	O <sub>11</sub>	236520	10060	246580
	O <sub>12</sub>	246580	2860	249440
	O <sub>14</sub>	249440	6060	255500
	O <sub>16</sub>	255500	2060	257560
	O <sub>17</sub>	257560	7560	265120
	O <sub>18</sub>	265120	3060	268180
M31	O <sub>1</sub>	0	37120	37120
	O <sub>2</sub>	37120	55120	92240
M41	O <sub>3</sub>	37060	55560	92620
	O <sub>5</sub>	92620	60060	152680
	O <sub>4</sub>	152680	37560	190240

**CASO m3-1-3-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	46130	32740	78870
	O <sub>6</sub>	78870	72240	151110
	O <sub>8</sub>	152750	37740	190490
	O <sub>9</sub>	190490	15240	205730
M12	O <sub>10</sub>	103940	112740	216680
M21	O <sub>11</sub>	141050	10060	151110
	O <sub>13</sub>	151110	6560	157670
	O <sub>12</sub>	157670	2860	160530
	O <sub>14</sub>	193050	6060	199110
	O <sub>15</sub>	199110	4560	203670
	O <sub>16</sub>	203670	2060	205730
	O <sub>17</sub>	205730	7560	213290
	O <sub>18</sub>	213620	3060	216680
M31	O <sub>1</sub>	0	37120	37120
	O <sub>2</sub>	37120	55120	92240
M41	O <sub>3</sub>	18560	55560	74120
	O <sub>5</sub>	74120	60060	134180
	O <sub>4</sub>	134180	37560	171740

**CASO m3-1-4-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	46130	32740	78870
	O <sub>6</sub>	78870	72240	151110
	O <sub>8</sub>	152750	37740	190490
	O <sub>9</sub>	190490	15240	205730
M12	O <sub>10</sub>	103940	112740	216680
M21	O <sub>11</sub>	141050	10060	151110
	O <sub>13</sub>	151110	6560	157670
	O <sub>12</sub>	157670	2860	160530
	O <sub>14</sub>	193050	6060	199110
	O <sub>15</sub>	199110	4560	203670
	O <sub>16</sub>	203670	2060	205730
	O <sub>17</sub>	205730	7560	213290
	O <sub>18</sub>	213620	3060	216680
M31	O <sub>1</sub>	0	37120	37120
	O <sub>2</sub>	37120	55120	92240
M41	O <sub>3</sub>	18560	55560	74120
	O <sub>5</sub>	74120	60060	134180
	O <sub>4</sub>	134180	37560	171740

**CASO m3-1-1-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	155180	45240	200420
	O <sub>6</sub>	200420	51240	251660
	O <sub>8</sub>	251660	30240	281900
	O <sub>7</sub>	281900	25240	307140
M12	O <sub>10</sub>	155180	135240	290420
M21	O <sub>17</sub>	155180	5060	160240
	O <sub>11</sub>	273180	2060	275240
	O <sub>12</sub>	275240	9160	284400
	O <sub>14</sub>	284400	9060	293460
	O <sub>15</sub>	293460	1560	295020
	O <sub>16</sub>	295020	6060	301080
	O <sub>18</sub>	301080	6060	307140
	O <sub>13</sub>	307140	5060	312200
M31	O <sub>2</sub>	0	65120	65120
	O <sub>1</sub>	65120	27120	92240
M41	O <sub>5</sub>	65120	90060	155180
	O <sub>3</sub>	155180	40560	195740
	O <sub>4</sub>	195740	30060	225800

**CASO m3-1-2-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>10</sub>	154880	135240	290120
M12	O <sub>9</sub>	154880	45240	200120
	O <sub>6</sub>	200120	51240	251360
	O <sub>8</sub>	251360	30240	281600
	O <sub>7</sub>	281600	25240	306840
M21	O <sub>16</sub>	200120	6060	206180
	O <sub>11</sub>	273820	2060	275880
	O <sub>12</sub>	275880	9160	285040
	O <sub>15</sub>	285040	1560	286600
	O <sub>14</sub>	286600	9060	295660
	O <sub>17</sub>	295660	5060	300720
	O <sub>18</sub>	300720	6060	306780
	O <sub>13</sub>	306780	5060	311840
M31	O <sub>2</sub>	0	65120	65120
	O <sub>1</sub>	65120	27120	92240
M41	O <sub>5</sub>	65060	90060	155120
	O <sub>3</sub>	155120	40560	195680
	O <sub>4</sub>	195680	30060	225740

**CASO m3-1-3-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	77410	45240	122650
	O <sub>6</sub>	142690	51240	193930
	O <sub>8</sub>	193930	30240	224170
M12	O <sub>10</sub>	77380	135240	212620
	O <sub>7</sub>	212620	25240	237860
M21	O <sub>16</sub>	116590	6060	122650
	O <sub>11</sub>	191880	2060	193940
	O <sub>17</sub>	193940	5060	199000
	O <sub>18</sub>	206560	6060	212620
	O <sub>12</sub>	212620	9160	221780
	O <sub>14</sub>	221780	9060	230840
	O <sub>15</sub>	230840	1560	232400
	O <sub>13</sub>	232810	5060	237870
M31	O <sub>2</sub>	0	65120	65120
	O <sub>1</sub>	65120	27120	92240
M41	O <sub>5</sub>	32560	90060	122620
	O <sub>3</sub>	122620	40560	163180
	O <sub>4</sub>	163180	30060	193240

**CASO m3-1-4-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	44920	45240	90160
	O <sub>6</sub>	90160	51240	141400
	O <sub>7</sub>	141400	25240	166640
M12	O <sub>10</sub>	0	135240	135240
	O <sub>8</sub>	135240	30240	165480
M21	O <sub>17</sub>	0	5060	5060
	O <sub>12</sub>	132250	9160	141410
	O <sub>11</sub>	141410	2060	143470
	O <sub>18</sub>	143470	6060	149530
	O <sub>16</sub>	149530	6060	155590
	O <sub>14</sub>	156430	9060	165490
	O <sub>13</sub>	165490	5060	170550
	O <sub>15</sub>	170550	1560	172110
M31	O <sub>2</sub>	0	65120	65120
	O <sub>1</sub>	65120	27120	92240
M41	O <sub>5</sub>	70	90060	90130
	O <sub>3</sub>	90130	40560	130690
	O <sub>4</sub>	130690	30060	160750

**CASO m3-1-1-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1080200	690240	1770440
	O <sub>9</sub>	1770500	300240	2070740
	O <sub>8</sub>	2070700	300240	2370940
M12	O <sub>7</sub>	954760	375240	1330000
	O <sub>10</sub>	1630200	1080240	2710440
M21	O <sub>12</sub>	2285100	70060	2355160
	O <sub>11</sub>	2355100	65060	2420160
	O <sub>13</sub>	2420200	75060	2495260
	O <sub>14</sub>	2495200	30060	2525260
	O <sub>15</sub>	2525300	45060	2570360
	O <sub>16</sub>	2570400	40060	2610460
	O <sub>17</sub>	2610400	100060	2710460
M31	O <sub>18</sub>	2710500	12060	2722560
	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
M41	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
	O <sub>3</sub>	380120	570060	950180
	O <sub>5</sub>	950180	680060	1630240
	O <sub>4</sub>	1630200	300060	1930260

**CASO m3-1-2-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1080200	690240	1770440
	O <sub>9</sub>	1770500	300240	2070740
	O <sub>8</sub>	2070700	300240	2370940
M12	O <sub>7</sub>	949880	375240	1325120
	O <sub>10</sub>	1629900	1080240	2710140
M21	O <sub>12</sub>	2284700	70060	2354760
	O <sub>11</sub>	2354800	65060	2419860
	O <sub>13</sub>	2419800	75060	2494860
	O <sub>14</sub>	2494900	30060	2524960
	O <sub>15</sub>	2524900	45060	2569960
	O <sub>16</sub>	2570000	40060	2610060
	O <sub>17</sub>	2610100	100060	2710160
M31	O <sub>18</sub>	2710100	12060	2722160
	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
M41	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
	O <sub>3</sub>	380060	570060	950120
	O <sub>5</sub>	950120	680060	1630180
	O <sub>4</sub>	1630200	300060	1930260

**CASO m3-1-3-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	474880	690240	1165120
	O <sub>9</sub>	1165100	300240	1465340
	O <sub>8</sub>	1590000	300240	1890240
M12	O <sub>7</sub>	474880	375240	850120
	O <sub>10</sub>	1099900	1080240	2180140
M21	O <sub>12</sub>	1095100	70060	1165160
	O <sub>11</sub>	1165100	65060	1230160
	O <sub>18</sub>	1168100	12060	1180160
	O <sub>13</sub>	1230200	75060	1305260
	O <sub>15</sub>	1845200	45060	1890260
	O <sub>14</sub>	1890200	30060	1920260
	O <sub>16</sub>	1920300	40060	1960360
M31	O <sub>17</sub>	1960400	100060	2060460
	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
M41	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
	O <sub>3</sub>	190060	570060	760120
	O <sub>5</sub>	1440200	680060	2120260
	O <sub>4</sub>	1845200	300060	2145260

**CASO m3-1-4-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	690240	690240
	O <sub>9</sub>	949980	300240	1250220
	O <sub>8</sub>	1250200	300240	1550440
M12	O <sub>7</sub>	194980	375240	570220
	O <sub>10</sub>	570160	1080240	1650400
M21	O <sub>11</sub>	625190	65060	690250
	O <sub>12</sub>	690240	70060	760300
	O <sub>13</sub>	760300	75060	835360
	O <sub>17</sub>	835360	100060	935420
	O <sub>14</sub>	1523200	30060	1553260
	O <sub>15</sub>	1553200	45060	1598260
	O <sub>16</sub>	1598300	40060	1638360
M31	O <sub>18</sub>	1638300	12060	1650360
	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
M41	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
	O <sub>3</sub>	70	570060	570130
	O <sub>5</sub>	570130	680060	1250190
	O <sub>4</sub>	1250200	300060	1550260

**CASO m3-1-1-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>10</sub>	1660300	765240	2425540
M12	O <sub>7</sub>	750180	125240	875420
	O <sub>6</sub>	910060	750240	1660300
	O <sub>9</sub>	1660300	600240	2260540
	O <sub>8</sub>	2260500	375240	2635740
M21	O <sub>13</sub>	875420	25060	900480
	O <sub>11</sub>	2341500	50060	2391560
	O <sub>12</sub>	2391500	105060	2496560
	O <sub>16</sub>	2496600	80060	2576660
	O <sub>18</sub>	2576700	39060	2615760
	O <sub>17</sub>	2615700	20060	2635760
	O <sub>15</sub>	2635800	30060	2665860
M31	O <sub>14</sub>	2665800	90060	2755860
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	300120	450060	750180
	O <sub>5</sub>	920240	740060	1660300
	O <sub>4</sub>	1660300	375060	2035360

**CASO m3-1-2-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>10</sub>	1660000	765240	2425240
M12	O <sub>6</sub>	749880	750240	1500120
	O <sub>7</sub>	1660000	125240	1785240
	O <sub>9</sub>	1500100	600240	2100340
	O <sub>8</sub>	2260200	375240	2635440
M21	O <sub>12</sub>	1500100	105060	1605160
	O <sub>11</sub>	2421100	50060	2471160
	O <sub>16</sub>	2471200	80060	2551260
	O <sub>13</sub>	2551200	25060	2576260
	O <sub>17</sub>	2576400	20060	2596460
	O <sub>18</sub>	2596400	39060	2635460
	O <sub>15</sub>	2635400	30060	2665460
M31	O <sub>14</sub>	2665500	90060	2755560
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	300060	450060	750120
	O <sub>5</sub>	920180	740060	1660240
	O <sub>4</sub>	1660200	375060	2035260

**CASO m3-1-3-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	474910	125240	600150
	O <sub>9</sub>	980000	600240	1580240
	O <sub>8</sub>	1580200	375240	1955440
M12	O <sub>6</sub>	374880	750240	1125120
	O <sub>10</sub>	1125100	765240	1890340
M21	O <sub>11</sub>	1676100	50060	1726160
	O <sub>12</sub>	1571000	105060	1676060
	O <sub>13</sub>	1726100	25060	1751160
	O <sub>14</sub>	1890400	90060	1980460
	O <sub>15</sub>	1980400	30060	2010460
	O <sub>16</sub>	1751200	80060	1831260
	O <sub>17</sub>	1831200	20060	1851260
M31	O <sub>18</sub>	1851300	39060	1890360
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	150060	450060	600120
	O <sub>5</sub>	610180	740060	1350240
	O <sub>4</sub>	1350200	375060	1725260

**CASO m3-1-4-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>10</sub>	449970	765240	1215210
	O <sub>8</sub>	1215200	375240	1590440
M12	O <sub>6</sub>	0	750240	750240
	O <sub>7</sub>	750240	125240	875480
	O <sub>9</sub>	875480	600240	1475720
M21	O <sub>11</sub>	1181000	50060	1231060
	O <sub>12</sub>	1231100	105060	1336160
	O <sub>18</sub>	1336200	39060	1375260
	O <sub>17</sub>	1375200	20060	1395260
	O <sub>13</sub>	1395300	25060	1420360
	O <sub>16</sub>	1420300	80060	1500360
	O <sub>14</sub>	1500400	90060	1590460
M31	O <sub>15</sub>	1590500	30060	1620560
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
M41	O <sub>3</sub>	70	450060	450130
	O <sub>5</sub>	1190200	740060	1930260
	O <sub>4</sub>	450130	375060	825190

**CASO m3-1-1-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	875180	600240	1475420
	O <sub>9</sub>	1475400	120240	1595640
	O <sub>8</sub>	1910400	450240	2360640
M12	O <sub>7</sub>	964820	375240	1340060
	O <sub>10</sub>	1460300	1035240	2495540
M21	O <sub>12</sub>	1475400	35060	1510460
	O <sub>13</sub>	1510500	75060	1585560
	O <sub>16</sub>	1595700	16060	1611760
	O <sub>11</sub>	1611700	75060	1686760
	O <sub>17</sub>	1686700	65060	1751760
	O <sub>14</sub>	2375400	60060	2435460
	O <sub>15</sub>	2435500	60060	2495560
	O <sub>18</sub>	2495500	30060	2525560
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	350120	525060	875180
	O <sub>5</sub>	920240	540060	1460300
	O <sub>4</sub>	1460300	450060	1910360

**CASO m3-1-2-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	874880	600240	1475120
	O <sub>9</sub>	1475100	120240	1595340
	O <sub>8</sub>	1910100	450240	2360340
M12	O <sub>7</sub>	874880	375240	1250120
	O <sub>10</sub>	1460000	1035240	2495240
M21	O <sub>16</sub>	1595300	16060	1611360
	O <sub>17</sub>	1611400	65060	1676460
	O <sub>12</sub>	1676400	35060	1711460
	O <sub>13</sub>	1711500	75060	1786560
	O <sub>11</sub>	1786500	75060	1861560
	O <sub>14</sub>	2375100	60060	2435160
	O <sub>15</sub>	2435100	60060	2495160
	O <sub>18</sub>	2495200	30060	2525260
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	350060	525060	875120
	O <sub>5</sub>	920180	540060	1460240
	O <sub>4</sub>	1460200	450060	1910260

**CASO m3-1-3-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	437380	600240	1037620
	O <sub>9</sub>	1120000	120240	1240240
	O <sub>8</sub>	1465000	450240	1915240
M12	O <sub>7</sub>	437380	375240	812620
	O <sub>10</sub>	969940	1035240	2005180
M21	O <sub>11</sub>	962570	75060	1037630
	O <sub>13</sub>	1037600	75060	1112660
	O <sub>17</sub>	1112700	65060	1177760
	O <sub>16</sub>	1224200	16060	1240260
	O <sub>12</sub>	1240200	35060	1275260
	O <sub>14</sub>	1855200	60060	1915260
	O <sub>15</sub>	1915200	60060	1975260
	O <sub>18</sub>	1975300	30060	2005360
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	175060	525060	700120
	O <sub>5</sub>	700120	540060	1240180
	O <sub>4</sub>	1240200	450060	1690260

**CASO m3-1-4-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	600240	600240
	O <sub>9</sub>	944980	120240	1065220
	O <sub>8</sub>	1065200	450240	1515440
M12	O <sub>7</sub>	149910	375240	525150
	O <sub>10</sub>	525180	1035240	1560420
M21	O <sub>11</sub>	525190	75060	600250
	O <sub>12</sub>	939040	35060	974100
	O <sub>13</sub>	974100	75060	1049160
	O <sub>16</sub>	1049200	16060	1065260
	O <sub>17</sub>	1065200	65060	1130260
	O <sub>15</sub>	1455400	60060	1515460
	O <sub>14</sub>	1515500	60060	1575560
	O <sub>18</sub>	1575500	30060	1605560
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	70	525060	525130
	O <sub>5</sub>	525130	540060	1065190
	O <sub>4</sub>	1065200	450060	1515260

**CASO m3-1-1-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	1680300	390240	2070540
	O <sub>8</sub>	2070500	360240	2430740
M12	O <sub>7</sub>	750180	250240	1000420
	O <sub>6</sub>	1000400	600240	1600640
	O <sub>10</sub>	1680300	1125240	2805540
M21	O <sub>11</sub>	1600700	25060	1625760
	O <sub>12</sub>	1625700	105060	1730760
	O <sub>13</sub>	1730800	50060	1780860
	O <sub>14</sub>	2571300	120060	2691360
	O <sub>15</sub>	2691400	12060	2703460
	O <sub>16</sub>	2703400	52060	2755460
	O <sub>17</sub>	2755500	50060	2805560
M31	O <sub>18</sub>	2805500	45060	2850560
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	300120	450060	750180
M41	O <sub>5</sub>	920240	760060	1680300
	O <sub>4</sub>	1380300	360060	1740360

**CASO m3-1-2-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	1680000	390240	2070240
	O <sub>8</sub>	2070200	360240	2430440
M12	O <sub>7</sub>	749880	250240	1000120
	O <sub>6</sub>	1000100	600240	1600340
	O <sub>10</sub>	1680000	1125240	2805240
M21	O <sub>11</sub>	1600300	25060	1625360
	O <sub>12</sub>	1625400	105060	1730460
	O <sub>15</sub>	2430400	12060	2442460
	O <sub>13</sub>	2442500	50060	2492560
	O <sub>14</sub>	2583000	120060	2703060
	O <sub>16</sub>	2703100	52060	2755160
	O <sub>17</sub>	2755100	50060	2805160
M31	O <sub>18</sub>	2805200	45060	2850260
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	300060	450060	750120
M41	O <sub>5</sub>	920180	760060	1680240
	O <sub>4</sub>	1680200	360060	2040260

**CASO m3-1-3-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	600240	250240	850480
	O <sub>9</sub>	1125200	390240	1515440
	O <sub>8</sub>	1550100	360240	1910340
M12	O <sub>6</sub>	389760	600240	990000
	O <sub>10</sub>	990000	1125240	2115240
M21	O <sub>12</sub>	884950	105060	990010
	O <sub>11</sub>	990010	25060	1015070
	O <sub>13</sub>	1015100	50060	1065160
	O <sub>14</sub>	1835900	120060	1955960
	O <sub>15</sub>	1956000	12060	1968060
	O <sub>16</sub>	1968100	52060	2020160
	O <sub>17</sub>	2020100	50060	2070160
M31	O <sub>18</sub>	2070200	45060	2115260
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	150060	450060	600120
	O <sub>5</sub>	610180	760060	1370240
	O <sub>4</sub>	1370200	360060	1730260

**CASO m3-1-4-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	600240	600240
	O <sub>9</sub>	819980	390240	1210220
	O <sub>8</sub>	1210200	360240	1570440
M12	O <sub>7</sub>	199910	250240	450150
	O <sub>10</sub>	450150	1125240	1575390
M21	O <sub>12</sub>	495190	105060	600250
	O <sub>11</sub>	600250	25060	625310
	O <sub>13</sub>	625310	50060	675370
	O <sub>16</sub>	1158200	52060	1210260
	O <sub>17</sub>	1210200	50060	1260260
	O <sub>14</sub>	1450400	120060	1570460
	O <sub>18</sub>	1570500	45060	1615560
M31	O <sub>15</sub>	1615500	12060	1627560
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	70	450060	450130
	O <sub>5</sub>	450130	760060	1210190
	O <sub>4</sub>	1210200	360060	1570260

**CASO m3-1-1-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1125200	750240	1875440
	O <sub>9</sub>	1875400	300240	2175640
	O <sub>8</sub>	2175700	255240	2430940
M12	O <sub>7</sub>	1225000	500240	1725240
	O <sub>10</sub>	1725200	900240	2625440
M21	O <sub>17</sub>	1725200	75060	1800260
	O <sub>12</sub>	1875400	70060	1945460
	O <sub>11</sub>	2347200	75060	2422260
	O <sub>13</sub>	2422200	100060	2522260
	O <sub>14</sub>	2522300	24060	2546360
	O <sub>15</sub>	2546400	39060	2585460
	O <sub>16</sub>	2585400	40060	2625460
M31	O <sub>18</sub>	2625500	15060	2640560
	O <sub>1</sub>	0	450120	450120
M41	O <sub>2</sub>	450120	470120	920240
	O <sub>3</sub>	450120	675060	1125180
	O <sub>5</sub>	1125200	600060	1725260
	O <sub>4</sub>	1725200	255060	1980260

**CASO m3-1-2-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1124900	750240	1875140
	O <sub>9</sub>	1875100	300240	2175340
	O <sub>8</sub>	2175400	255240	2430640
M12	O <sub>7</sub>	1224700	500240	1724940
	O <sub>10</sub>	1724900	900240	2625140
M21	O <sub>11</sub>	2201700	75060	2276760
	O <sub>12</sub>	2276680	70060	2346740
	O <sub>13</sub>	2346800	100060	2446860
	O <sub>15</sub>	2446900	39060	2485960
	O <sub>16</sub>	2485900	40060	2525960
	O <sub>14</sub>	2526000	24060	2550060
	O <sub>17</sub>	2550100	75060	2625160
M31	O <sub>18</sub>	2625100	15060	2640160
	O <sub>1</sub>	0	450120	450120
M41	O <sub>2</sub>	450120	470120	920240
	O <sub>3</sub>	450060	675060	1125120
	O <sub>5</sub>	1125100	600060	1725160
	O <sub>4</sub>	1725200	255060	1980260

**CASO m3-1-3-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	562380	750240	1312620
	O <sub>9</sub>	1312600	300240	1612840
	O <sub>8</sub>	1627500	255240	1882740
M12	O <sub>7</sub>	562380	500240	1062620
	O <sub>10</sub>	1199900	900240	2100140
M21	O <sub>11</sub>	1661700	75060	1736760
	O <sub>12</sub>	1736800	70060	1806860
	O <sub>17</sub>	1806800	75060	1881860
	O <sub>13</sub>	1881900	100060	1981960
	O <sub>14</sub>	1981900	24060	2005960
	O <sub>15</sub>	2006000	39060	2045060
	O <sub>16</sub>	2045100	40060	2085160
M31	O <sub>18</sub>	2085100	15060	2100160
	O <sub>1</sub>	0	450120	450120
M41	O <sub>2</sub>	450120	470120	920240
	O <sub>3</sub>	225060	675060	900120
M41	O <sub>5</sub>	900120	600060	1500180
	O <sub>4</sub>	1500200	255060	1755260

**CASO m3-1-4-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	750240	750240
	O <sub>9</sub>	974980	300240	1275220
	O <sub>8</sub>	1275200	255240	1530440
M12	O <sub>7</sub>	174910	500240	675150
	O <sub>10</sub>	675150	900240	1575390
M21	O <sub>17</sub>	675150	75060	750210
	O <sub>11</sub>	1212000	75060	1287060
	O <sub>12</sub>	1287000	70060	1357060
	O <sub>13</sub>	1357100	100060	1457160
	O <sub>16</sub>	1457200	40060	1497260
	O <sub>15</sub>	1497200	39060	1536260
	O <sub>14</sub>	1536300	24060	1560360
M31	O <sub>18</sub>	1560300	15060	1575360
	O <sub>1</sub>	0	450120	450120
M41	O <sub>2</sub>	450120	470120	920240
	O <sub>3</sub>	70	675060	675130
	O <sub>5</sub>	675130	600060	1275190
M41	O <sub>4</sub>	1275200	255060	1530260

**CASO m3-1-1-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	850180	900240	1750420
	O <sub>9</sub>	1750400	450240	2200640
	O <sub>8</sub>	2200700	345240	2545940
M12	O <sub>7</sub>	850180	100240	950420
	O <sub>10</sub>	1620300	900240	2520540
M21	O <sub>16</sub>	2225200	60060	2285260
	O <sub>11</sub>	2285300	50060	2335360
	O <sub>12</sub>	2335400	140060	2475460
	O <sub>17</sub>	2475400	25060	2500460
	O <sub>13</sub>	2500500	20060	2520560
	O <sub>18</sub>	2520500	45060	2565560
	O <sub>15</sub>	2565600	30060	2595660
M31	O <sub>14</sub>	2595700	78060	2673760
	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
M41	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
	O <sub>3</sub>	340120	510060	850180
M41	O <sub>5</sub>	920240	700060	1620300
	O <sub>4</sub>	1620300	345060	1965360

**CASO m3-1-2-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	849880	900240	1750120
	O <sub>9</sub>	1750100	450240	2200340
	O <sub>8</sub>	2200400	345240	2545640
M12	O <sub>7</sub>	1519800	100240	1620040
	O <sub>10</sub>	1620000	900240	2520240
M21	O <sub>12</sub>	1750100	140060	1890160
	O <sub>11</sub>	1890100	50060	1940160
	O <sub>13</sub>	1940200	20060	1960260
	O <sub>17</sub>	1960200	25060	1985260
	O <sub>16</sub>	2200300	60060	2260360
	O <sub>18</sub>	2520200	45060	2565260
	O <sub>15</sub>	2565200	30060	2595260
M31	O <sub>14</sub>	2595200	78060	2673260
	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
M41	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
	O <sub>3</sub>	340060	510060	850120
	O <sub>5</sub>	920180	700060	1620240
M41	O <sub>4</sub>	1620200	345060	1965260

**CASO m3-1-3-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	579910	100240	680150
	O <sub>10</sub>	1029900	900240	1930140
M12	O <sub>6</sub>	424880	900240	1325120
	O <sub>9</sub>	1325100	450240	1775340
	O <sub>8</sub>	1775400	345240	2120640
M21	O <sub>12</sub>	1185100	140060	1325160
	O <sub>16</sub>	1715300	60060	1775360
	O <sub>11</sub>	1775400	50060	1825460
	O <sub>18</sub>	1885100	45060	1930160
	O <sub>17</sub>	1997400	25060	2022460
	O <sub>13</sub>	2022500	20060	2042560
	O <sub>14</sub>	2042500	78060	2120560
M31	O <sub>15</sub>	2120600	30060	2150660
	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
M41	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
	O <sub>3</sub>	170060	510060	680120
	O <sub>5</sub>	680120	700060	1380180
	O <sub>4</sub>	1380200	345060	1725260

**CASO m3-1-4-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	900240	900240
	O <sub>9</sub>	900240	450240	1350480
	O <sub>8</sub>	1350500	345240	1695740
M12	O <sub>10</sub>	509970	900240	1410210
	O <sub>7</sub>	1410200	100240	1510440
M21	O <sub>11</sub>	1277300	50060	1327360
	O <sub>12</sub>	1327400	140060	1467460
	O <sub>18</sub>	1467400	45060	1512460
	O <sub>16</sub>	1512500	60060	1572560
	O <sub>17</sub>	1572500	25060	1597560
	O <sub>13</sub>	1597600	20060	1617660
	O <sub>14</sub>	1617700	78060	1695760
M31	O <sub>15</sub>	1695700	30060	1725760
	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
M41	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
	O <sub>3</sub>	70	510060	510130
	O <sub>5</sub>	510130	700060	1210190
	O <sub>4</sub>	1210200	345060	1555260

**CASO m3-1-1-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	925180	720240	1645420
	O <sub>9</sub>	1645400	150240	1795640
	O <sub>8</sub>	1900300	375240	2275540
M12	O <sub>7</sub>	925180	325240	1250420
	O <sub>10</sub>	1525200	1125240	2650440
M21	O <sub>16</sub>	1795700	20060	1815760
	O <sub>14</sub>	2277100	60060	2337160
	O <sub>11</sub>	2337200	100060	2437260
	O <sub>12</sub>	2437200	28060	2465260
	O <sub>13</sub>	2465300	65060	2530360
	O <sub>15</sub>	2530400	45060	2575460
	O <sub>17</sub>	2575400	75060	2650460
M31	O <sub>18</sub>	2650500	30060	2680560
	O <sub>1</sub>	0	370120	370120
M41	O <sub>2</sub>	370120	550120	920240
	O <sub>3</sub>	370120	555060	925180
	O <sub>5</sub>	925180	600060	1525240
	O <sub>4</sub>	1525200	375060	1900260

**CASO m3-1-2-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	924880	325240	1250120
	O <sub>6</sub>	1250100	720240	1970340
	O <sub>8</sub>	1970400	375240	2345640
	O <sub>9</sub>	2345600	150240	2495840
M12	O <sub>10</sub>	1524900	1125240	2650140
M21	O <sub>12</sub>	1970300	28060	1998360
	O <sub>11</sub>	2284800	100060	2384860
	O <sub>13</sub>	2384800	65060	2449860
	O <sub>17</sub>	2449900	75060	2524960
	O <sub>14</sub>	2524900	60060	2584960
	O <sub>15</sub>	2585000	45060	2630060
	O <sub>16</sub>	2630100	20060	2650160
M31	O <sub>18</sub>	2650100	30060	2680160
	O <sub>1</sub>	0	370120	370120
M41	O <sub>2</sub>	370120	550120	920240
	O <sub>3</sub>	370060	555060	925120
	O <sub>5</sub>	925120	600060	1525180
	O <sub>4</sub>	1525200	375060	1900260

**CASO m3-1-3-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	462380	325240	787620
	O <sub>6</sub>	787620	720240	1507860
	O <sub>9</sub>	1507900	150240	1658140
	O <sub>8</sub>	1658100	375240	2033340
M12	O <sub>10</sub>	1039900	1125240	2165140
M21	O <sub>17</sub>	1039900	75060	1114960
	O <sub>11</sub>	1407800	100060	1507860
	O <sub>12</sub>	1507900	28060	1535960
	O <sub>13</sub>	1535900	65060	1600960
	O <sub>14</sub>	1973300	60060	2033360
	O <sub>15</sub>	2033300	45060	2078360
	O <sub>16</sub>	2078400	20060	2098460
	O <sub>18</sub>	2135100	30060	2165160
M31	O <sub>1</sub>	0	370120	370120
	O <sub>2</sub>	370120	550120	920240
M41	O <sub>3</sub>	185060	555060	740120
	O <sub>5</sub>	740120	600060	1340180
	O <sub>4</sub>	1340200	375060	1715260

**CASO m3-1-4-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>10</sub>	0	1125240	1125240
	O <sub>8</sub>	1155000	375240	1530240
M12	O <sub>9</sub>	449920	150240	600160
	O <sub>6</sub>	600160	720240	1320400
	O <sub>7</sub>	1320400	325240	1645640
M21	O <sub>11</sub>	1220300	100060	1320360
	O <sub>17</sub>	1320400	75060	1395460
	O <sub>18</sub>	1395500	30060	1425560
	O <sub>12</sub>	1425500	28060	1453560
	O <sub>16</sub>	1453600	20060	1473660
	O <sub>14</sub>	1475500	60060	1535560
	O <sub>15</sub>	1535500	45060	1580560
	O <sub>13</sub>	1580600	65060	1645660
M31	O <sub>2</sub>	0	550120	550120
	O <sub>1</sub>	550120	370120	920240
M41	O <sub>5</sub>	70	600060	600130
	O <sub>3</sub>	600130	555060	1155190
	O <sub>4</sub>	1155200	375060	1530260

**CASO m3-1-1-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	1550200	450240	2000440
	O <sub>6</sub>	2000400	510240	2510640
	O <sub>8</sub>	2510700	300240	2810940
	O <sub>7</sub>	2810900	250240	3061140
M12	O <sub>10</sub>	1550200	1350240	2900440
M21	O <sub>11</sub>	2724800	20060	2744860
	O <sub>12</sub>	2744800	91060	2835860
	O <sub>13</sub>	3061100	50060	3111160
	O <sub>14</sub>	2835900	90060	2925960
	O <sub>15</sub>	2926000	15060	2941060
	O <sub>16</sub>	3001100	60060	3061160
	O <sub>17</sub>	1550200	50060	1600260
	O <sub>18</sub>	2941000	60060	3001060
M31	O <sub>2</sub>	0	650120	650120
	O <sub>1</sub>	650120	270120	920240
M41	O <sub>5</sub>	650120	900060	1550180
	O <sub>3</sub>	1550200	405060	1955260
	O <sub>4</sub>	1955200	300060	2255260

**CASO m3-1-2-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	1549900	450240	2000140
	O <sub>6</sub>	2000100	510240	2510340
	O <sub>8</sub>	2510400	300240	2810640
	O <sub>7</sub>	2810600	250240	3060840
M12	O <sub>10</sub>	1549900	1350240	2900140
M21	O <sub>11</sub>	2674400	20060	2694460
	O <sub>17</sub>	2694400	50060	2744460
	O <sub>16</sub>	2744500	60060	2804560
	O <sub>12</sub>	2804500	91060	2895560
	O <sub>14</sub>	2895600	90060	2985660
	O <sub>15</sub>	2985700	15060	3000760
	O <sub>18</sub>	3000700	60060	3060760
	O <sub>13</sub>	3060080	50060	3110140
M31	O <sub>2</sub>	0	650120	650120
	O <sub>1</sub>	650120	270120	920240
M41	O <sub>5</sub>	650060	900060	1550120
	O <sub>3</sub>	1550100	405060	1955160
	O <sub>4</sub>	1955200	300060	2255260

**CASO m3-1-3-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	774910	450240	1225150
	O <sub>6</sub>	1374900	300240	1675140
	O <sub>8</sub>	1727500	510240	2237740
M12	O <sub>10</sub>	774880	1350240	2125120
	O <sub>7</sub>	2125100	250240	2375340
M21	O <sub>17</sub>	774880	50060	824940
	O <sub>14</sub>	1585100	90060	1675160
	O <sub>16</sub>	1675200	60060	1735260
	O <sub>15</sub>	1735200	15060	1750260
	O <sub>18</sub>	2065100	60060	2125160
	O <sub>12</sub>	2146700	91060	2237760
	O <sub>11</sub>	2305200	20060	2325260
M31	O <sub>2</sub>	0	650120	650120
	O <sub>1</sub>	650120	270120	920240
M41	O <sub>5</sub>	325060	900060	1225120
	O <sub>4</sub>	1225100	300060	1525160
	O <sub>3</sub>	1525200	405060	1930260

**CASO m3-1-4-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>10</sub>	0	1350240	1350240
	O <sub>8</sub>	1350200	300240	1650440
M12	O <sub>9</sub>	449920	450240	900160
	O <sub>6</sub>	900160	510240	1410400
	O <sub>7</sub>	1410400	250240	1660640
M21	O <sub>16</sub>	840100	60060	900160
	O <sub>18</sub>	1290200	60060	1350260
	O <sub>12</sub>	1350200	91060	1441260
	O <sub>17</sub>	1490300	50060	1540360
	O <sub>11</sub>	1540400	20060	1560460
	O <sub>14</sub>	1560400	90060	1650460
	O <sub>15</sub>	1650500	15060	1665560
M31	O <sub>2</sub>	0	650120	650120
	O <sub>1</sub>	650120	270120	920240
M41	O <sub>5</sub>	70	900060	900130
	O <sub>3</sub>	900130	405060	1305190
	O <sub>4</sub>	1305200	300060	1605260

**CASO m3-2-1-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1130	930	2060
	O <sub>9</sub>	2260	540	2800
M12	O <sub>7</sub>	1130	615	1745
	O <sub>8</sub>	1745	540	2285
	O <sub>10</sub>	2285	1320	3605
M21	O <sub>13</sub>	1745	135	1880
	O <sub>11</sub>	2060	125	2185
	O <sub>12</sub>	2185	130	2315
	O <sub>14</sub>	2315	90	2405
	O <sub>15</sub>	2405	105	2510
	O <sub>17</sub>	2510	160	2670
	O <sub>16</sub>	2800	100	2900
	O <sub>18</sub>	3605	72	3677
M31	O <sub>1</sub>	0	500	500
	O <sub>2</sub>	500	660	1160
M41	O <sub>3</sub>	500	630	1130
	O <sub>4</sub>	1160	360	1520
	O <sub>5</sub>	1520	740	2260

**CASO m3-2-2-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	830	930	1760
	O <sub>9</sub>	1960	540	2500
M12	O <sub>7</sub>	830	615	1445
	O <sub>8</sub>	1445	540	1985
	O <sub>10</sub>	1985	1320	3305
M21	O <sub>13</sub>	1385	135	1520
	O <sub>11</sub>	1700	125	1825
	O <sub>12</sub>	1825	130	1955
	O <sub>14</sub>	1955	90	2045
	O <sub>15</sub>	2045	105	2150
	O <sub>17</sub>	2150	160	2310
	O <sub>16</sub>	2440	100	2540
	O <sub>18</sub>	3245	72	3317
M31	O <sub>1</sub>	0	500	500
	O <sub>2</sub>	500	660	1160
M41	O <sub>3</sub>	440	630	1070
	O <sub>4</sub>	1100	360	1460
	O <sub>5</sub>	1460	740	2200

**CASO m3-2-3-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	355	615	970
	O <sub>8</sub>	970	540	1510
	O <sub>9</sub>	1510	540	2050
M12	O <sub>6</sub>	355	930	1285
	O <sub>10</sub>	1400	1320	2720
M21	O <sub>13</sub>	840	135	975
	O <sub>12</sub>	1162	130	1292
	O <sub>11</sub>	1292	125	1417
	O <sub>15</sub>	1417	105	1522
	O <sub>14</sub>	1522	90	1612
	O <sub>17</sub>	1612	160	1772
	O <sub>16</sub>	1954	100	2054
	O <sub>18</sub>	2651	72	2723
M31	O <sub>1</sub>	0	500	500
	O <sub>2</sub>	500	660	1160
M41	O <sub>3</sub>	250	630	880
	O <sub>4</sub>	880	360	1240
	O <sub>5</sub>	1240	740	1980

**CASO m3-2-4-01**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	930	930
	O <sub>10</sub>	1015	1320	2335
M12	O <sub>7</sub>	110	615	725
	O <sub>8</sub>	725	540	1265
	O <sub>9</sub>	1405	540	1945
M21	O <sub>13</sub>	595	135	730
	O <sub>12</sub>	807	130	937
	O <sub>11</sub>	937	125	1062
	O <sub>15</sub>	1163	105	1268
	O <sub>14</sub>	1268	90	1358
	O <sub>16</sub>	1849	100	1949
	O <sub>17</sub>	2180	160	2340
	O <sub>18</sub>	2340	72	2412
M31	O <sub>1</sub>	0	500	500
	O <sub>2</sub>	500	660	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	630	700
	O <sub>4</sub>	815	360	1175
	O <sub>5</sub>	1175	740	1915

**CASO m3-2-1-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	930	365	1295
	O <sub>8</sub>	1595	615	2210
	O <sub>9</sub>	2395	840	3235
M12	O <sub>6</sub>	930	990	1920
	O <sub>10</sub>	2395	1005	3400
M21	O <sub>13</sub>	1295	85	1380
	O <sub>11</sub>	1920	110	2030
	O <sub>12</sub>	2030	165	2195
	O <sub>15</sub>	2210	90	2300
	O <sub>14</sub>	2300	150	2450
	O <sub>17</sub>	2450	80	2530
	O <sub>16</sub>	3235	140	3375
	O <sub>18</sub>	3400	99	3499
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	420	510	930
	O <sub>4</sub>	1160	435	1595
	O <sub>5</sub>	1595	800	2395

**CASO m3-2-2-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	630	365	995
	O <sub>8</sub>	1295	615	1910
	O <sub>9</sub>	2095	840	2935
M12	O <sub>6</sub>	630	990	1620
	O <sub>10</sub>	2095	1005	3100
M21	O <sub>13</sub>	935	85	1020
	O <sub>11</sub>	1560	110	1670
	O <sub>12</sub>	1670	165	1835
	O <sub>15</sub>	1850	90	1940
	O <sub>14</sub>	1940	150	2090
	O <sub>17</sub>	2095	80	2175
	O <sub>16</sub>	2875	140	3015
	O <sub>18</sub>	3040	99	3139
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	360	510	870
	O <sub>4</sub>	1100	435	1535
	O <sub>5</sub>	1535	800	2335

**CASO m3-2-3-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	255	990	1245
	O <sub>9</sub>	1415	840	2255
M12	O <sub>7</sub>	380	365	745
	O <sub>8</sub>	798	615	1413
	O <sub>10</sub>	1415	1005	2420
M21	O <sub>13</sub>	665	85	750
	O <sub>12</sub>	1087	165	1252
	O <sub>11</sub>	1252	110	1362
	O <sub>15</sub>	1362	90	1452
	O <sub>17</sub>	1452	80	1532
	O <sub>14</sub>	1532	150	1682
	O <sub>16</sub>	2119	140	2259
	O <sub>18</sub>	2324	99	2423
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	210	510	720
	O <sub>4</sub>	790	435	1225
	O <sub>5</sub>	1225	800	2025

**CASO m3-2-4-02**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	240	365	605
	O <sub>8</sub>	605	615	1220
	O <sub>9</sub>	1220	840	2060
M12	O <sub>6</sub>	0	990	990
	O <sub>10</sub>	1015	1005	2020
M21	O <sub>13</sub>	525	85	610
	O <sub>12</sub>	832	165	997
	O <sub>11</sub>	997	110	1107
	O <sub>17</sub>	1107	80	1187
	O <sub>15</sub>	1187	90	1277
	O <sub>14</sub>	1277	150	1427
	O <sub>18</sub>	1924	99	2023
	O <sub>16</sub>	2023	140	2163
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	510	580
	O <sub>4</sub>	740	435	1175
	O <sub>5</sub>	1175	800	1975

**CASO m3-2-1-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1055	840	1895
	O <sub>9</sub>	1895	360	2255
	O <sub>8</sub>	2270	690	2960
M12	O <sub>7</sub>	1055	615	1670
	O <sub>10</sub>	1760	1275	3035
M21	O <sub>13</sub>	1670	135	1805
	O <sub>17</sub>	1805	125	1930
	O <sub>12</sub>	1930	95	2025
	O <sub>11</sub>	2025	135	2160
	O <sub>16</sub>	2255	76	2331
	O <sub>14</sub>	2960	120	3080
	O <sub>18</sub>	3080	90	3170
	O <sub>15</sub>	3170	120	3290
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	470	585	1055
	O <sub>5</sub>	1160	600	1760
	O <sub>4</sub>	1760	510	2270

**CASO m3-2-2-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	755	840	1595
	O <sub>9</sub>	1595	360	1955
	O <sub>8</sub>	1970	690	2660
M12	O <sub>7</sub>	755	615	1370
	O <sub>10</sub>	1460	1275	2735
M21	O <sub>13</sub>	1310	135	1445
	O <sub>17</sub>	1460	125	1585
	O <sub>12</sub>	1585	95	1680
	O <sub>11</sub>	1680	135	1815
	O <sub>16</sub>	1895	76	1971
	O <sub>15</sub>	2600	120	2720
	O <sub>18</sub>	2720	90	2810
	O <sub>14</sub>	2810	120	2930
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	410	585	995
	O <sub>5</sub>	1100	600	1700
	O <sub>4</sub>	1700	510	2210

**CASO m3-2-3-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	755	840	1595
	O <sub>9</sub>	1595	360	1955
	O <sub>8</sub>	1970	690	2660
M12	O <sub>7</sub>	755	615	1370
	O <sub>10</sub>	1460	1275	2735
M21	O <sub>13</sub>	1310	135	1445
	O <sub>17</sub>	1460	125	1585
	O <sub>12</sub>	1585	95	1680
	O <sub>11</sub>	1680	135	1815
	O <sub>16</sub>	1895	76	1971
	O <sub>15</sub>	2600	120	2720
	O <sub>18</sub>	2720	90	2810
	O <sub>14</sub>	2810	120	2930
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	410	585	995
	O <sub>5</sub>	1100	600	1700
	O <sub>4</sub>	1700	510	2210

**CASO m3-2-4-03**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	65	615	680
	O <sub>8</sub>	680	690	1370
	O <sub>9</sub>	1445	360	1805
M12	O <sub>6</sub>	0	840	840
	O <sub>10</sub>	1015	1275	2290
M21	O <sub>13</sub>	550	135	685
	O <sub>11</sub>	710	135	845
	O <sub>12</sub>	845	95	940
	O <sub>17</sub>	1015	125	1140
	O <sub>15</sub>	1253	120	1373
	O <sub>14</sub>	1373	120	1493
	O <sub>16</sub>	1733	76	1809
	O <sub>18</sub>	2203	90	2293
M31	O <sub>1</sub>	0	470	470
	O <sub>2</sub>	470	690	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	585	655
	O <sub>4</sub>	665	510	1175
	O <sub>5</sub>	1175	600	1775

**CASO m3-2-1-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	930	840	1770
	O <sub>9</sub>	2400	630	3030
M12	O <sub>7</sub>	930	490	1420
	O <sub>8</sub>	1580	600	2180
	O <sub>10</sub>	2400	1365	3765
M21	O <sub>13</sub>	1420	110	1530
	O <sub>11</sub>	1770	85	1855
	O <sub>12</sub>	1855	165	2020
	O <sub>15</sub>	2180	72	2252
	O <sub>14</sub>	2252	180	2432
	O <sub>17</sub>	2432	110	2542
	O <sub>16</sub>	3030	112	3142
	O <sub>18</sub>	3765	105	3870
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	420	510	930
	O <sub>4</sub>	1160	420	1580
	O <sub>5</sub>	1580	820	2400

**CASO m3-2-2-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	630	840	1470
	O <sub>9</sub>	2100	630	2730
M12	O <sub>7</sub>	630	490	1120
	O <sub>8</sub>	1280	600	1880
	O <sub>10</sub>	2100	1365	3465
M21	O <sub>13</sub>	1060	110	1170
	O <sub>11</sub>	1410	85	1495
	O <sub>12</sub>	1495	165	1660
	O <sub>15</sub>	1820	72	1892
	O <sub>14</sub>	1892	180	2072
	O <sub>17</sub>	2100	110	2210
	O <sub>16</sub>	2670	112	2782
	O <sub>18</sub>	3405	105	3510
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	360	510	870
	O <sub>4</sub>	1100	420	1520
	O <sub>5</sub>	1520	820	2340

**CASO m3-2-3-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	255	490	745
	O <sub>8</sub>	790	600	1390
	O <sub>9</sub>	1410	630	2040
M12	O <sub>6</sub>	255	840	1095
	O <sub>10</sub>	1410	1365	2775
M21	O <sub>13</sub>	640	110	750
	O <sub>12</sub>	937	165	1102
	O <sub>11</sub>	1102	85	1187
	O <sub>14</sub>	1216	110	1326
	O <sub>15</sub>	1396	72	1468
	O <sub>17</sub>	1468	180	1648
	O <sub>16</sub>	1932	112	2044
	O <sub>18</sub>	2673	105	2778
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	210	510	720
	O <sub>4</sub>	790	420	1210
	O <sub>5</sub>	1210	820	2030

**CASO m3-2-4-04**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	115	490	605
	O <sub>8</sub>	605	600	1205
	O <sub>9</sub>	1395	630	2025
M12	O <sub>6</sub>	0	840	840
	O <sub>10</sub>	1015	1365	2380
M21	O <sub>13</sub>	500	110	610
	O <sub>12</sub>	682	165	847
	O <sub>11</sub>	847	85	932
	O <sub>17</sub>	1015	110	1125
	O <sub>15</sub>	1136	72	1208
	O <sub>14</sub>	1208	180	1388
	O <sub>16</sub>	1917	112	2029
	O <sub>18</sub>	2278	105	2383
M31	O <sub>1</sub>	0	420	420
	O <sub>2</sub>	420	740	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	510	580
	O <sub>4</sub>	755	420	1175
	O <sub>5</sub>	1175	820	1995

**CASO m3-2-1-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	905	495	1400
	O <sub>9</sub>	1565	540	2105
	O <sub>6</sub>	2300	990	3290
M12	O <sub>10</sub>	1565	1140	2705
	O <sub>7</sub>	2705	740	3445
M21	O <sub>14</sub>	1400	84	1484
	O <sub>15</sub>	1484	99	1583
	O <sub>17</sub>	1583	135	1718
	O <sub>16</sub>	2105	100	2205
	O <sub>18</sub>	2705	75	2780
	O <sub>12</sub>	3290	130	3420
	O <sub>11</sub>	3420	135	3555
M31	O <sub>2</sub>	0	590	590
	O <sub>1</sub>	590	570	1160
	O <sub>4</sub>	590	315	905
M41	O <sub>5</sub>	905	660	1565
	O <sub>3</sub>	1565	735	2300

**CASO m3-2-2-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	605	495	1100
	O <sub>9</sub>	1265	540	1805
	O <sub>6</sub>	2000	990	2990
M12	O <sub>10</sub>	1265	1140	2405
	O <sub>7</sub>	2405	740	3145
M21	O <sub>14</sub>	1040	84	1124
	O <sub>15</sub>	1124	99	1223
	O <sub>17</sub>	1265	135	1400
	O <sub>16</sub>	1745	100	1845
	O <sub>18</sub>	2345	75	2420
	O <sub>12</sub>	2930	130	3060
	O <sub>11</sub>	3060	135	3195
M31	O <sub>2</sub>	0	590	590
	O <sub>1</sub>	590	570	1160
	O <sub>4</sub>	530	315	845
M41	O <sub>5</sub>	845	660	1505
	O <sub>3</sub>	1505	735	2240

**CASO m3-2-3-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	242	495	737
	O <sub>9</sub>	760	540	1300
	O <sub>6</sub>	1428	990	2418
M12	O <sub>10</sub>	730	1140	1870
	O <sub>7</sub>	1870	740	2610
M21	O <sub>15</sub>	641	99	740
	O <sub>14</sub>	740	84	824
	O <sub>17</sub>	824	135	959
	O <sub>16</sub>	1204	100	1304
	O <sub>18</sub>	1798	75	1873
	O <sub>11</sub>	2288	135	2423
	O <sub>12</sub>	2423	130	2553
	O <sub>13</sub>	2553	160	2713
M31	O <sub>2</sub>	0	590	590
	O <sub>1</sub>	590	570	1160
M41	O <sub>4</sub>	295	315	610
	O <sub>5</sub>	610	660	1270
	O <sub>3</sub>	1270	735	2005

**CASO m3-2-4-05**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	90	740	830
	O <sub>8</sub>	830	495	1325
	O <sub>9</sub>	1325	540	1865
M12	O <sub>6</sub>	0	990	990
	O <sub>10</sub>	1015	1140	2155
M21	O <sub>13</sub>	675	160	835
	O <sub>11</sub>	860	135	995
	O <sub>12</sub>	995	130	1125
	O <sub>17</sub>	1125	135	1260
	O <sub>14</sub>	1260	84	1344
	O <sub>15</sub>	1344	99	1443
	O <sub>16</sub>	1769	100	1869
	O <sub>18</sub>	2083	75	2158
M31	O <sub>1</sub>	0	570	570
	O <sub>2</sub>	570	590	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	735	805
	O <sub>4</sub>	860	315	1175
	O <sub>5</sub>	1175	660	1835

**CASO m3-2-1-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	1030	1140	2170
	O <sub>9</sub>	2325	690	3015
M12	O <sub>7</sub>	1030	340	1370
	O <sub>8</sub>	1565	585	2150
	O <sub>10</sub>	2325	1140	3465
M21	O <sub>13</sub>	1370	80	1450
	O <sub>15</sub>	2150	90	2240
	O <sub>11</sub>	2240	110	2350
	O <sub>17</sub>	2350	85	2435
	O <sub>14</sub>	2435	138	2573
	O <sub>12</sub>	2573	200	2773
	O <sub>16</sub>	3015	120	3135
	O <sub>18</sub>	3465	105	3570
M31	O <sub>1</sub>	0	460	460
	O <sub>2</sub>	460	700	1160
M41	O <sub>3</sub>	460	570	1030
	O <sub>4</sub>	1160	405	1565
	O <sub>5</sub>	1565	760	2325

**CASO m3-2-2-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	730	340	1070
	O <sub>8</sub>	1265	585	1850
	O <sub>9</sub>	2025	690	2715
M12	O <sub>6</sub>	730	1140	1870
	O <sub>10</sub>	2025	1140	3165
M21	O <sub>13</sub>	1010	80	1090
	O <sub>15</sub>	1790	90	1880
	O <sub>11</sub>	1880	110	1990
	O <sub>14</sub>	1990	138	2128
	O <sub>17</sub>	2128	85	2213
	O <sub>12</sub>	2213	200	2413
	O <sub>16</sub>	2655	120	2775
	O <sub>18</sub>	3105	105	3210
M31	O <sub>1</sub>	0	460	460
	O <sub>2</sub>	460	700	1160
M41	O <sub>3</sub>	400	570	970
	O <sub>4</sub>	1100	405	1505
	O <sub>5</sub>	1505	760	2265

**CASO m3-2-3-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	305	1140	1445
	O <sub>9</sub>	1445	690	2135
M12	O <sub>7</sub>	800	340	1140
	O <sub>8</sub>	1140	585	1725
	O <sub>10</sub>	1975	1140	3115
M21	O <sub>13</sub>	1065	80	1145
	O <sub>11</sub>	1340	110	1450
	O <sub>12</sub>	1450	200	1650
	O <sub>14</sub>	1650	138	1788
	O <sub>15</sub>	1788	90	1878
	O <sub>17</sub>	1975	85	2060
	O <sub>16</sub>	2060	120	2180
	O <sub>18</sub>	3115	105	3220
M31	O <sub>1</sub>	0	460	460
	O <sub>2</sub>	460	700	1160
M41	O <sub>3</sub>	230	570	800
	O <sub>4</sub>	810	405	1215
	O <sub>5</sub>	1215	760	1975

**CASO m3-2-4-06**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	170	690	860
	O <sub>8</sub>	860	585	1445
	O <sub>7</sub>	1490	340	1830
M12	O <sub>10</sub>	0	1140	1140
	O <sub>6</sub>	1140	1140	2280
M21	O <sub>17</sub>	0	85	85
	O <sub>16</sub>	744	120	864
	O <sub>18</sub>	1038	105	1143
	O <sub>14</sub>	1313	138	1451
	O <sub>15</sub>	1451	90	1541
	O <sub>13</sub>	1755	80	1835
	O <sub>12</sub>	2087	200	2287
	O <sub>11</sub>	2287	110	2397
M31	O <sub>2</sub>	0	700	700
	O <sub>1</sub>	700	460	1160
M41	O <sub>5</sub>	70	760	830
	O <sub>4</sub>	830	405	1235
	O <sub>3</sub>	1235	570	1805

**CASO m3-2-1-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	1105	125	1230
	O <sub>8</sub>	1670	615	2285
	O <sub>9</sub>	2285	390	2675
M12	O <sub>6</sub>	1105	960	2065
	O <sub>10</sub>	2255	1365	3620
M21	O <sub>11</sub>	0	160	160
	O <sub>13</sub>	1670	125	1795
	O <sub>12</sub>	2065	88	2153
	O <sub>15</sub>	2313	105	2418
	O <sub>14</sub>	2418	120	2538
	O <sub>17</sub>	2538	135	2673
	O <sub>16</sub>	2675	80	2755
	O <sub>18</sub>	3620	90	3710
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	490	615	1105
	O <sub>4</sub>	1160	435	1595
	O <sub>5</sub>	1595	660	2255

**CASO m3-2-2-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	805	125	930
	O <sub>8</sub>	1370	615	1985
	O <sub>9</sub>	1985	390	2375
M12	O <sub>6</sub>	805	960	1765
	O <sub>10</sub>	1955	1365	3320
M21	O <sub>13</sub>	1310	125	1435
	O <sub>12</sub>	1705	88	1793
	O <sub>11</sub>	1793	160	1953
	O <sub>15</sub>	1953	105	2058
	O <sub>14</sub>	2058	120	2178
	O <sub>17</sub>	2178	135	2313
	O <sub>16</sub>	2315	80	2395
	O <sub>18</sub>	3260	90	3350
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	430	615	1045
	O <sub>4</sub>	1100	435	1535
	O <sub>5</sub>	1535	660	2195

**CASO m3-2-3-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	343	125	468
	O <sub>8</sub>	908	615	1523
	O <sub>9</sub>	1595	390	1985
M12	O <sub>6</sub>	343	960	1303
	O <sub>10</sub>	1415	1365	2780
M21	O <sub>13</sub>	788	125	913
	O <sub>11</sub>	1148	160	1308
	O <sub>12</sub>	1308	88	1396
	O <sub>14</sub>	1409	120	1529
	O <sub>15</sub>	1529	105	1634
	O <sub>17</sub>	1634	135	1769
	O <sub>16</sub>	1909	80	1989
	O <sub>18</sub>	2693	90	2783
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	245	615	860
	O <sub>4</sub>	860	435	1295
	O <sub>5</sub>	1295	660	1955

**CASO m3-2-4-07**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	145	125	270
	O <sub>8</sub>	710	615	1325
	O <sub>9</sub>	1475	390	1865
M12	O <sub>6</sub>	0	960	960
	O <sub>10</sub>	1015	1365	2380
M21	O <sub>13</sub>	590	125	715
	O <sub>11</sub>	805	160	965
	O <sub>12</sub>	965	88	1053
	O <sub>17</sub>	1053	135	1188
	O <sub>14</sub>	1211	120	1331
	O <sub>15</sub>	1331	105	1436
	O <sub>16</sub>	1789	80	1869
	O <sub>18</sub>	2293	90	2383
M31	O <sub>1</sub>	0	490	490
	O <sub>2</sub>	490	670	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	615	685
	O <sub>4</sub>	740	435	1175
	O <sub>5</sub>	1175	660	1835

**CASO m3-2-1-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	855	750	1605
	O <sub>9</sub>	2480	690	3170
M12	O <sub>7</sub>	855	490	1345
	O <sub>8</sub>	1520	540	2060
	O <sub>10</sub>	2480	1590	4070
M21	O <sub>13</sub>	1345	110	1455
	O <sub>11</sub>	1605	80	1685
	O <sub>12</sub>	1685	151	1836
	O <sub>15</sub>	2060	75	2135
	O <sub>14</sub>	2135	150	2285
	O <sub>17</sub>	2480	110	2590
	O <sub>16</sub>	3170	120	3290
	O <sub>18</sub>	4070	120	4190
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	390	465	855
	O <sub>4</sub>	1160	360	1520
	O <sub>5</sub>	1520	960	2480

**CASO m3-2-2-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	555	490	1045
	O <sub>8</sub>	1220	540	1760
	O <sub>9</sub>	2180	690	2870
M12	O <sub>6</sub>	555	750	1305
	O <sub>10</sub>	2180	1590	3770
M21	O <sub>13</sub>	985	110	1095
	O <sub>11</sub>	1245	80	1325
	O <sub>12</sub>	1325	151	1476
	O <sub>15</sub>	1700	75	1775
	O <sub>14</sub>	1775	150	1925
	O <sub>17</sub>	2180	110	2290
	O <sub>16</sub>	2810	120	2930
	O <sub>18</sub>	3710	120	3830
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	330	465	795
	O <sub>4</sub>	1100	360	1460
	O <sub>5</sub>	1460	960	2420

**CASO m3-2-3-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	218	750	968
	O <sub>9</sub>	1475	690	2165
M12	O <sub>7</sub>	218	490	708
	O <sub>8</sub>	785	540	1325
	O <sub>10</sub>	1445	1590	3035
M21	O <sub>13</sub>	603	110	713
	O <sub>12</sub>	824	151	975
	O <sub>11</sub>	975	80	1055
	O <sub>14</sub>	1181	150	1331
	O <sub>15</sub>	1331	75	1406
	O <sub>17</sub>	1445	110	1555
	O <sub>16</sub>	2049	120	2169
	O <sub>18</sub>	2918	120	3038
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	195	465	660
	O <sub>4</sub>	815	360	1175
	O <sub>5</sub>	1175	960	2135

**CASO m3-2-2-08**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	70	490	560
	O <sub>8</sub>	650	540	1190
	O <sub>9</sub>	1475	690	2165
M12	O <sub>6</sub>	0	750	750
	O <sub>10</sub>	1015	1590	2605
M21	O <sub>13</sub>	455	110	565
	O <sub>12</sub>	606	151	757
	O <sub>11</sub>	757	80	837
	O <sub>17</sub>	1015	490	1505
	O <sub>15</sub>	1125	110	1235
	O <sub>14</sub>	1200	150	1350
	O <sub>16</sub>	2049	120	2169
	O <sub>18</sub>	2488	120	2608
M31	O <sub>1</sub>	0	390	390
	O <sub>2</sub>	390	770	1160
M41	O <sub>3</sub>	70	465	535
	O <sub>4</sub>	815	360	1175
	O <sub>5</sub>	1175	960	2135

**CASO m3-2-1-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	95180	69240	164420
	O <sub>9</sub>	193300	30240	223540
M12	O <sub>7</sub>	95180	37740	132920
	O <sub>8</sub>	132920	30240	163160
	O <sub>10</sub>	193300	108240	301540
M21	O <sub>13</sub>	132920	7560	140480
	O <sub>14</sub>	163160	3060	166220
	O <sub>15</sub>	166220	4560	170780
	O <sub>11</sub>	170780	6560	177340
	O <sub>12</sub>	177340	7060	184400
	O <sub>17</sub>	193300	10060	203360
	O <sub>16</sub>	223540	4060	227600
M31	O <sub>18</sub>	301540	1260	302800
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	38120	57060	95180
	O <sub>4</sub>	95180	30060	125240
M41	O <sub>5</sub>	125240	68060	193300

**CASO m3-2-2-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	94880	69240	164120
	O <sub>9</sub>	193000	30240	223240
M12	O <sub>7</sub>	94880	37740	132620
	O <sub>8</sub>	132620	30240	162860
	O <sub>10</sub>	193000	108240	301240
M21	O <sub>13</sub>	132500	7560	140060
	O <sub>14</sub>	162800	3060	165860
	O <sub>15</sub>	165860	4560	170420
	O <sub>11</sub>	170420	6560	176980
	O <sub>12</sub>	176980	7060	184040
	O <sub>17</sub>	193000	10060	203060
	O <sub>16</sub>	223180	4060	227240
M31	O <sub>18</sub>	301180	1260	302440
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	38060	57060	95120
	O <sub>4</sub>	95120	30060	125180
M41	O <sub>5</sub>	125180	68060	193240

**CASO m3-2-3-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	47380	37740	85120
	O <sub>8</sub>	90940	30240	121180
	O <sub>9</sub>	144030	30240	174270
M12	O <sub>6</sub>	47380	69240	116620
	O <sub>10</sub>	140000	108240	248240
M21	O <sub>13</sub>	77565	7560	85125
	O <sub>12</sub>	109570	7060	116630
	O <sub>15</sub>	116630	4560	121190
	O <sub>14</sub>	121190	3060	124250
	O <sub>11</sub>	124250	6560	130810
	O <sub>17</sub>	140000	10060	150060
	O <sub>16</sub>	170250	4060	174310
M31	O <sub>18</sub>	246980	1260	248240
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	19060	57060	76120
M41	O <sub>4</sub>	76120	30060	106180
	O <sub>5</sub>	106180	68060	174240

**CASO m3-2-4-11**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	19415	37740	57155
	O <sub>8</sub>	62030	30240	92270
	O <sub>9</sub>	130100	30240	160340
M12	O <sub>6</sub>	0	69240	69240
	O <sub>10</sub>	92095	108240	200335
M21	O <sub>13</sub>	49600	7560	57160
	O <sub>12</sub>	62187	7060	69247
	O <sub>11</sub>	69247	6560	75807
	O <sub>15</sub>	87713	4560	92273
	O <sub>14</sub>	92273	3060	95333
	O <sub>17</sub>	95333	10060	105393
	O <sub>16</sub>	156290	4060	160350
M31	O <sub>18</sub>	199080	1260	200340
	O <sub>1</sub>	0	38120	38120
M41	O <sub>2</sub>	38120	54120	92240
	O <sub>3</sub>	70	57060	57130
M41	O <sub>4</sub>	62195	30060	92255
	O <sub>5</sub>	92255	68060	160315

**CASO m3-2-1-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	75180	12740	87920
	O <sub>8</sub>	129800	37740	167540
	O <sub>9</sub>	203860	60240	264100
M12	O <sub>6</sub>	75180	75240	150420
	O <sub>10</sub>	203860	76740	280600
M21	O <sub>13</sub>	87920	2560	90480
	O <sub>11</sub>	150420	5060	155480
	O <sub>12</sub>	155480	10560	166040
	O <sub>15</sub>	167540	3060	170600
	O <sub>14</sub>	170600	9060	179660
	O <sub>17</sub>	203860	2060	205920
	O <sub>16</sub>	264100	8060	272160
	O <sub>18</sub>	280600	3960	284560
M31	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
M41	O <sub>3</sub>	30120	45060	75180
	O <sub>4</sub>	92240	37560	129800
	O <sub>5</sub>	129800	74060	203860

**CASO m3-2-2-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	74880	75240	150120
	O <sub>9</sub>	203560	60240	263800
M12	O <sub>7</sub>	74880	12740	87620
	O <sub>8</sub>	129500	37740	167240
	O <sub>10</sub>	203560	76740	280300
M21	O <sub>13</sub>	87560	2560	90120
	O <sub>11</sub>	150060	5060	155120
	O <sub>12</sub>	155120	10560	165680
	O <sub>15</sub>	167180	3060	170240
	O <sub>14</sub>	170240	9060	179300
	O <sub>17</sub>	203560	2060	205620
	O <sub>16</sub>	263740	8060	271800
	O <sub>18</sub>	280240	3960	284200
M31	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
M41	O <sub>3</sub>	30060	45060	75120
	O <sub>4</sub>	92180	37560	129740
	O <sub>5</sub>	129740	74060	203800

**CASO m3-2-3-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	37380	75240	112620
	O <sub>9</sub>	135560	60240	195800
M12	O <sub>7</sub>	47405	12740	60145
	O <sub>8</sub>	79750	37740	117490
	O <sub>10</sub>	135560	76740	212300
M21	O <sub>13</sub>	57590	2560	60150
	O <sub>12</sub>	102070	10560	112630
	O <sub>11</sub>	112630	5060	117690
	O <sub>15</sub>	117690	3060	120750
	O <sub>14</sub>	120750	9060	129810
	O <sub>17</sub>	135560	2060	137620
	O <sub>16</sub>	187740	8060	195800
	O <sub>18</sub>	208340	3960	212300
M31	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
M41	O <sub>3</sub>	15060	45060	60120
	O <sub>4</sub>	61180	37560	98740
	O <sub>5</sub>	98740	74060	172800

**CASO m3-2-4-12**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	32415	12740	45155
	O <sub>8</sub>	54530	37740	92270
	O <sub>9</sub>	106100	60240	166340
M12	O <sub>6</sub>	0	75240	75240
	O <sub>10</sub>	92095	76740	168835
M21	O <sub>13</sub>	42600	2560	45160
	O <sub>12</sub>	64687	10560	75247
	O <sub>11</sub>	75247	5060	80307
	O <sub>14</sub>	83216	9060	92276
	O <sub>17</sub>	92276	2060	94336
	O <sub>15</sub>	94336	3060	97396
	O <sub>16</sub>	158290	8060	166350
	O <sub>18</sub>	166350	3960	170310
M31	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
M41	O <sub>3</sub>	70	45060	45130
	O <sub>4</sub>	54690	37560	92250
	O <sub>5</sub>	92255	74060	166315

**CASO m3-2-1-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	87680	60240	147920
	O <sub>9</sub>	147920	12240	160160
	O <sub>8</sub>	191360	45240	236600
M12	O <sub>7</sub>	87680	37740	125420
	O <sub>10</sub>	146300	103740	250040
M21	O <sub>13</sub>	125420	7560	132980
	O <sub>17</sub>	146300	6560	152860
	O <sub>12</sub>	152860	3560	156420
	O <sub>11</sub>	156420	7560	163980
	O <sub>16</sub>	163980	1660	165640
	O <sub>15</sub>	236600	6060	242660
	O <sub>14</sub>	242660	6060	248720
M31	O <sub>18</sub>	250040	3060	253100
	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
M41	O <sub>3</sub>	35120	52560	87680
	O <sub>5</sub>	92240	54060	146300
	O <sub>4</sub>	146300	45060	191360

**CASO m3-2-2-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	87380	37740	125120
	O <sub>9</sub>	146000	12240	158240
	O <sub>8</sub>	191060	45240	236300
M12	O <sub>6</sub>	87380	60240	147620
	O <sub>10</sub>	147620	103740	251360
M21	O <sub>15</sub>	92180	6060	98240
	O <sub>13</sub>	125060	7560	132620
	O <sub>12</sub>	147560	3560	151120
	O <sub>17</sub>	151120	6560	157680
	O <sub>16</sub>	158180	1660	159840
	O <sub>11</sub>	159840	7560	167400
	O <sub>14</sub>	236240	6060	242300
M31	O <sub>18</sub>	251300	3060	254360
	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
M41	O <sub>3</sub>	35060	52560	87620
	O <sub>5</sub>	92180	54060	146240
	O <sub>4</sub>	146240	45060	191300

**CASO m3-2-3-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	43630	60240	103870
	O <sub>9</sub>	111970	12240	124210
	O <sub>8</sub>	146500	45240	191740
M12	O <sub>7</sub>	43630	37740	81370
	O <sub>10</sub>	96940	103740	200680
M21	O <sub>13</sub>	73185	7560	80745
	O <sub>17</sub>	96940	6560	103500
	O <sub>12</sub>	103500	3560	107060
	O <sub>11</sub>	107060	7560	114620
	O <sub>16</sub>	122550	1660	124210
	O <sub>15</sub>	185680	6060	191740
	O <sub>14</sub>	191740	6060	197800
M31	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
M41	O <sub>3</sub>	17560	52560	70120
	O <sub>5</sub>	124180	54060	178240
	O <sub>4</sub>	185180	45060	230240

**CASO m3-2-4-13**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	60240	60240
	O <sub>9</sub>	94480	12240	106720
	O <sub>8</sub>	106720	45240	151960
M12	O <sub>7</sub>	14915	37740	52655
	O <sub>10</sub>	52655	103740	156395
M21	O <sub>13</sub>	45100	7560	52660
	O <sub>17</sub>	52660	6560	59220
	O <sub>12</sub>	59220	3560	62780
	O <sub>11</sub>	62780	7560	70340
	O <sub>16</sub>	105060	1660	106720
	O <sub>15</sub>	145900	6060	151960
	O <sub>18</sub>	153340	3060	156400
M31	O <sub>1</sub>	0	35120	35120
	O <sub>2</sub>	35120	57120	92240
M41	O <sub>3</sub>	45100	52560	97660
	O <sub>5</sub>	52630	54060	106690
	O <sub>4</sub>	106690	45060	151750

**CASO m3-2-1-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	75180	60240	135420
	O <sub>9</sub>	204360	39240	243600
M12	O <sub>7</sub>	75180	25240	100420
	O <sub>8</sub>	128300	36240	164540
	O <sub>10</sub>	204360	112740	317100
M21	O <sub>13</sub>	100420	5060	105480
	O <sub>11</sub>	135420	2560	137980
	O <sub>12</sub>	137980	10560	148540
	O <sub>15</sub>	164540	1260	165800
	O <sub>14</sub>	165800	12060	177860
	O <sub>17</sub>	204360	5060	209420
	O <sub>16</sub>	243600	5260	248860
M31	O <sub>18</sub>	317100	4560	321660
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	30120	45060	75180
M41	O <sub>4</sub>	92240	36060	128300
	O <sub>5</sub>	128300	76060	204360

**CASO m3-2-2-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	74880	60240	135120
	O <sub>9</sub>	204060	39240	243300
M12	O <sub>7</sub>	74880	25240	100120
	O <sub>8</sub>	128000	36240	164240
	O <sub>10</sub>	204060	112740	316800
M21	O <sub>13</sub>	100060	5060	105120
	O <sub>11</sub>	135060	2560	137620
	O <sub>12</sub>	137620	10560	148180
	O <sub>15</sub>	164180	1260	165440
	O <sub>14</sub>	165440	12060	177500
	O <sub>17</sub>	204060	5060	209120
	O <sub>16</sub>	243240	5260	248500
M31	O <sub>18</sub>	316740	4560	321300
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	30060	45060	75120
M41	O <sub>4</sub>	92180	36060	128240
	O <sub>5</sub>	128240	76060	204300

**CASO m3-2-3-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	37380	25240	62620
	O <sub>8</sub>	79000	36240	115240
	O <sub>9</sub>	135060	39240	174300
M12	O <sub>6</sub>	37380	60240	97620
	O <sub>10</sub>	135060	112740	247800
M21	O <sub>13</sub>	57565	5060	62625
	O <sub>12</sub>	87067	10560	97627
	O <sub>11</sub>	97627	2560	100187
	O <sub>14</sub>	103190	12060	115250
	O <sub>15</sub>	115250	1260	116510
	O <sub>17</sub>	135060	5060	140120
	O <sub>16</sub>	169040	5260	174300
M31	O <sub>18</sub>	243240	4560	247800
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	15060	45060	60120
M41	O <sub>4</sub>	61180	36060	97240
	O <sub>5</sub>	97240	76060	173300

**CASO m3-2-4-14**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	60240	60240
	O <sub>9</sub>	81980	39240	121220
	O <sub>8</sub>	121220	36240	157460
M12	O <sub>7</sub>	19915	25240	45155
	O <sub>10</sub>	45155	112740	157895
M21	O <sub>13</sub>	40100	5060	45160
	O <sub>17</sub>	45160	5060	50220
	O <sub>12</sub>	50220	10560	60780
	O <sub>11</sub>	60780	2560	63340
	O <sub>16</sub>	115960	5260	121220
	O <sub>14</sub>	145410	12060	157470
	O <sub>15</sub>	157470	1260	158730
M31	O <sub>18</sub>	158730	4560	163290
	O <sub>1</sub>	0	30120	30120
M41	O <sub>2</sub>	30120	62120	92240
	O <sub>3</sub>	70	45060	45130
	O <sub>5</sub>	45130	76060	121190
M41	O <sub>4</sub>	121190	76060	197250

**CASO m3-2-1-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	72680	25740	98420
	O <sub>9</sub>	132740	30240	162980
	O <sub>6</sub>	200300	75240	275540
M12	O <sub>10</sub>	132740	90240	222980
	O <sub>7</sub>	222980	50240	273220
M21	O <sub>14</sub>	98420	2460	100880
	O <sub>15</sub>	100880	3960	104840
	O <sub>17</sub>	132740	7560	140300
	O <sub>16</sub>	162980	4060	167040
	O <sub>18</sub>	222980	1560	224540
	O <sub>13</sub>	273220	10060	283280
	O <sub>12</sub>	283280	7060	290340
M31	O <sub>2</sub>	0	47120	47120
	O <sub>1</sub>	47120	45120	92240
	O <sub>4</sub>	47120	25560	72680
M41	O <sub>5</sub>	72680	60060	132740
	O <sub>3</sub>	132740	67560	200300

**CASO m3-2-2-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	72380	25740	98120
	O <sub>9</sub>	132440	30240	162680
	O <sub>6</sub>	200000	75240	275240
M12	O <sub>10</sub>	132440	90240	222680
	O <sub>7</sub>	222680	50240	272920
M21	O <sub>14</sub>	98060	2460	100520
	O <sub>15</sub>	100520	3960	104480
	O <sub>17</sub>	132440	7560	140000
	O <sub>16</sub>	162620	4060	166680
	O <sub>18</sub>	222620	1560	224180
	O <sub>13</sub>	272860	10060	282920
	O <sub>12</sub>	282920	7060	289980
M31	O <sub>2</sub>	0	47120	47120
	O <sub>1</sub>	47120	45120	92240
	O <sub>4</sub>	47060	25560	72620
M41	O <sub>5</sub>	72620	60060	132680
	O <sub>3</sub>	132680	67560	200240

**CASO m3-2-3-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	36130	25740	61870
	O <sub>9</sub>	78970	30240	109210
	O <sub>6</sub>	142750	75240	217990
M12	O <sub>10</sub>	78940	90240	169180
	O <sub>7</sub>	169180	50240	219420
M21	O <sub>15</sub>	57913	3960	61873
	O <sub>14</sub>	61873	2460	64333
	O <sub>17</sub>	78940	7560	86500
	O <sub>16</sub>	105150	4060	109210
	O <sub>18</sub>	167620	1560	169180
	O <sub>11</sub>	210440	7560	218000
	O <sub>12</sub>	217990	7060	225050
	O <sub>13</sub>	225050	10060	235110
M31	O <sub>2</sub>	0	47120	47120
	O <sub>1</sub>	47120	45120	92240
M41	O <sub>4</sub>	23560	25560	49120
	O <sub>5</sub>	49120	60060	109180
	O <sub>3</sub>	109180	67560	176740

**CASO m3-2-4-15**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	29920	30240	60160
	O <sub>8</sub>	60160	25740	85900
	O <sub>6</sub>	85900	75240	161140
M12	O <sub>10</sub>	0	90240	90240
	O <sub>7</sub>	130030	50240	180270
M21	O <sub>17</sub>	0	7560	7560
	O <sub>16</sub>	56104	4060	60164
	O <sub>15</sub>	81943	3960	85903
	O <sub>14</sub>	85903	2460	88363
	O <sub>18</sub>	88683	1560	90243
	O <sub>13</sub>	143220	10060	153280
	O <sub>12</sub>	153580	7060	160640
	O <sub>11</sub>	161140	7560	168700
M31	O <sub>2</sub>	0	47120	47120
	O <sub>1</sub>	47120	45120	92240
M41	O <sub>5</sub>	70	60060	60130
	O <sub>4</sub>	60130	25560	85690
	O <sub>3</sub>	85690	67560	153250

**CASO m3-2-1-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	85180	90240	175420
	O <sub>9</sub>	196860	45240	242100
M12	O <sub>7</sub>	85180	10240	95420
	O <sub>8</sub>	126800	34740	161540
	O <sub>10</sub>	196860	90240	287100
M21	O <sub>13</sub>	95420	2060	97480
	O <sub>15</sub>	161540	3060	164600
	O <sub>14</sub>	164600	7860	172460
	O <sub>11</sub>	175420	5060	180480
	O <sub>12</sub>	180480	14060	194540
	O <sub>17</sub>	196860	2560	199420
	O <sub>16</sub>	242100	6060	248160
M31	O <sub>18</sub>	287100	4560	291660
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
M41	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
	O <sub>3</sub>	34120	51060	85180
M41	O <sub>4</sub>	92240	34560	126800
	O <sub>5</sub>	126800	70060	196860

**CASO m3-2-2-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	84880	90240	175120
	O <sub>9</sub>	196560	45240	241800
M12	O <sub>7</sub>	84880	10240	95120
	O <sub>8</sub>	126500	34740	161240
	O <sub>10</sub>	196560	90240	286800
M21	O <sub>13</sub>	95060	2060	97120
	O <sub>15</sub>	161180	3060	164240
	O <sub>14</sub>	164240	7860	172100
	O <sub>11</sub>	175060	5060	180120
	O <sub>12</sub>	180120	14060	194180
	O <sub>17</sub>	196560	2560	199120
	O <sub>16</sub>	241740	6060	247800
M31	O <sub>18</sub>	286740	4560	291300
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
M41	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
	O <sub>3</sub>	34060	51060	85120
M41	O <sub>4</sub>	92180	34560	126740
	O <sub>5</sub>	126740	70060	196800

**CASO m3-2-3-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	57905	10240	68145
	O <sub>8</sub>	85190	34740	119930
	O <sub>9</sub>	137500	45240	182740
M12	O <sub>6</sub>	42380	90240	132620
	O <sub>10</sub>	137500	90240	227740
M21	O <sub>13</sub>	66090	2060	68150
	O <sub>14</sub>	112080	7860	119940
	O <sub>15</sub>	119940	3060	123000
	O <sub>12</sub>	123000	14060	137060
	O <sub>17</sub>	137500	2560	140060
	O <sub>11</sub>	140060	5060	145120
	O <sub>16</sub>	176680	6060	182740
M31	O <sub>18</sub>	223180	4560	227740
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
M41	O <sub>3</sub>	17060	51060	68120
	O <sub>4</sub>	68120	34560	102680
	O <sub>5</sub>	102680	70060	172740

**CASO m3-2-4-16**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	40915	10240	51155
	O <sub>8</sub>	57530	34740	92270
	O <sub>9</sub>	117110	45240	162350
M12	O <sub>6</sub>	0	90240	90240
	O <sub>10</sub>	92095	90240	182335
M21	O <sub>13</sub>	49100	2060	51160
	O <sub>12</sub>	76187	14060	90247
	O <sub>15</sub>	90247	3060	93307
	O <sub>17</sub>	93307	2560	95867
	O <sub>11</sub>	95867	5060	100927
	O <sub>14</sub>	100930	7860	108790
	O <sub>16</sub>	156290	6060	162350
M31	O <sub>18</sub>	177780	4560	182340
	O <sub>1</sub>	0	34120	34120
	O <sub>2</sub>	34120	58120	92240
M41	O <sub>3</sub>	70	51060	51130
	O <sub>4</sub>	57695	34560	92255
	O <sub>5</sub>	92255	70060	162315

**CASO m3-2-1-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	92680	72240	164920
	O <sub>9</sub>	190300	15240	205540
M12	O <sub>7</sub>	92680	32740	125420
	O <sub>8</sub>	130240	37740	167980
	O <sub>10</sub>	190300	112740	303040
M21	O <sub>13</sub>	125420	6560	131980
	O <sub>12</sub>	164920	2860	167780
	O <sub>15</sub>	167980	4560	172540
	O <sub>14</sub>	172540	6060	178600
	O <sub>11</sub>	178600	10060	188660
	O <sub>17</sub>	190300	7560	197860
	O <sub>16</sub>	205540	2060	207600
	O <sub>18</sub>	303040	3060	306100
M31	O <sub>1</sub>	0	37120	37120
	O <sub>2</sub>	37120	55120	92240
M41	O <sub>3</sub>	37120	55560	92680
	O <sub>4</sub>	92680	37560	130240
	O <sub>5</sub>	130240	60060	190300

**CASO m3-2-2-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	92380	72240	164620
	O <sub>9</sub>	190000	15240	205240
M12	O <sub>7</sub>	92380	32740	125120
	O <sub>8</sub>	129940	37740	167680
	O <sub>10</sub>	190000	112740	302740
M21	O <sub>13</sub>	125060	6560	131620
	O <sub>12</sub>	164560	2860	167420
	O <sub>15</sub>	167620	4560	172180
	O <sub>14</sub>	172180	6060	178240
	O <sub>11</sub>	178240	10060	188300
	O <sub>17</sub>	190000	7560	197560
	O <sub>16</sub>	205180	2060	207240
	O <sub>18</sub>	302680	3060	305740
M31	O <sub>1</sub>	0	37120	37120
	O <sub>2</sub>	37120	55120	92240
M41	O <sub>3</sub>	37060	55560	92620
	O <sub>4</sub>	92620	37560	130180
	O <sub>5</sub>	130180	60060	190240

**CASO m3-2-3-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	46130	32740	78870
	O <sub>8</sub>	92690	37740	130430
	O <sub>9</sub>	156530	15240	171770
M12	O <sub>6</sub>	46130	72240	118370
	O <sub>10</sub>	141500	112740	254240
M21	O <sub>13</sub>	72315	6560	78875
	O <sub>11</sub>	108310	10060	118370
	O <sub>12</sub>	118370	2860	121230
	O <sub>14</sub>	124380	6060	130440
	O <sub>15</sub>	130440	4560	135000
	O <sub>17</sub>	141500	7560	149060
	O <sub>16</sub>	169710	2060	171770
M31	O <sub>18</sub>	251180	3060	254240
	O <sub>1</sub>	0	37120	37120
M41	O <sub>2</sub>	37120	55120	92240
	O <sub>3</sub>	18560	55560	74120
M41	O <sub>4</sub>	74120	37560	111680
	O <sub>5</sub>	111680	60060	171740

**CASO m3-2-3-17**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	22915	32740	55655
	O <sub>8</sub>	55655	37740	93395
	O <sub>9</sub>	138040	15240	153280
M12	O <sub>6</sub>	0	72240	72240
	O <sub>10</sub>	93030	112740	205770
M21	O <sub>13</sub>	49100	6560	55660
	O <sub>11</sub>	62185	10060	72245
	O <sub>12</sub>	72245	2860	75105
	O <sub>14</sub>	87341	6060	93401
	O <sub>15</sub>	93401	4560	97961
	O <sub>17</sub>	97961	7560	105521
	O <sub>16</sub>	151220	2060	153280
M31	O <sub>18</sub>	202710	3060	205770
	O <sub>1</sub>	0	37120	37120
M41	O <sub>2</sub>	37120	55120	92240
	O <sub>3</sub>	70	55560	55630
M41	O <sub>4</sub>	55630	37560	93190
	O <sub>5</sub>	93190	60060	153250

**CASO m3-2-1-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	67680	51240	118920
	O <sub>8</sub>	122300	30240	152540
	O <sub>9</sub>	212360	45240	257600
M12	O <sub>7</sub>	67680	25240	92920
	O <sub>10</sub>	212360	135240	347600
M21	O <sub>13</sub>	92920	5060	97980
	O <sub>11</sub>	118920	2060	120980
	O <sub>12</sub>	120980	9160	130140
	O <sub>15</sub>	152540	1560	154100
	O <sub>14</sub>	154100	9060	163160
	O <sub>17</sub>	212360	5060	217420
	O <sub>16</sub>	257600	6060	263660
	O <sub>18</sub>	347600	6060	353660
M31	O <sub>1</sub>	0	27120	27120
	O <sub>2</sub>	27120	65120	92240
M41	O <sub>3</sub>	27120	40560	67680
	O <sub>4</sub>	92240	30060	122300
	O <sub>5</sub>	122300	90060	212360

**CASO m3-2-2-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	67380	25240	92620
	O <sub>8</sub>	122000	30240	152240
	O <sub>9</sub>	212060	45240	257300
M12	O <sub>6</sub>	67380	51240	118620
	O <sub>10</sub>	212060	135240	347300
M21	O <sub>13</sub>	92560	5060	97620
	O <sub>11</sub>	118560	2060	120620
	O <sub>12</sub>	120620	9160	129780
	O <sub>15</sub>	152180	1560	153740
	O <sub>14</sub>	153740	9060	162800
	O <sub>17</sub>	212060	5060	217120
	O <sub>16</sub>	257240	6060	263300
	O <sub>18</sub>	347240	6060	353300
M31	O <sub>1</sub>	0	27120	27120
	O <sub>2</sub>	27120	65120	92240
M41	O <sub>3</sub>	27060	40560	67620
	O <sub>4</sub>	92180	30060	122240
	O <sub>5</sub>	122240	90060	212300

**CASO m3-2-3-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	33630	25240	58870
	O <sub>8</sub>	77015	30240	107255
	O <sub>9</sub>	137100	45240	182340
M12	O <sub>6</sub>	33630	51240	84870
	O <sub>10</sub>	137070	135240	272310
M21	O <sub>13</sub>	53815	5060	58875
	O <sub>12</sub>	75717	9160	84877
	O <sub>11</sub>	84877	2060	86937
	O <sub>14</sub>	98201	9060	107261
	O <sub>15</sub>	107260	1560	108820
	O <sub>17</sub>	137070	5060	142130
	O <sub>16</sub>	176290	6060	182350
	O <sub>18</sub>	266260	6060	272320
M31	O <sub>1</sub>	0	27120	27120
	O <sub>2</sub>	27120	65120	92240
M41	O <sub>3</sub>	13560	40560	54120
	O <sub>4</sub>	62195	30060	92255
	O <sub>5</sub>	92255	90060	182315

**CASO m3-2-4-18**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	51240	51240
	O <sub>9</sub>	85480	45240	130720
	O <sub>8</sub>	130720	30240	160960
M12	O <sub>7</sub>	15415	25240	40655
	O <sub>10</sub>	40655	135240	175895
M21	O <sub>13</sub>	35600	5060	40660
	O <sub>17</sub>	40660	5060	45720
	O <sub>11</sub>	49185	2060	51245
	O <sub>12</sub>	51245	9160	60405
	O <sub>16</sub>	124660	6060	130720
	O <sub>14</sub>	151910	9060	160970
	O <sub>15</sub>	160970	1560	162530
	O <sub>18</sub>	169840	6060	175900
M31	O <sub>1</sub>	0	27120	27120
	O <sub>2</sub>	27120	65120	92240
M41	O <sub>3</sub>	70	40560	40630
	O <sub>4</sub>	40630	30060	70690
	O <sub>5</sub>	130690	90060	220750

**CASO m3-2-1-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	950180	690240	1640420
	O <sub>9</sub>	1930300	300240	2230540
M12	O <sub>7</sub>	950180	375240	1325420
	O <sub>8</sub>	1325400	300240	1625640
	O <sub>10</sub>	1930300	1080240	3010540
M21	O <sub>13</sub>	1325400	75060	1400460
	O <sub>14</sub>	1625700	30060	1655760
	O <sub>15</sub>	1655700	45060	1700760
	O <sub>11</sub>	1700800	65060	1765860
	O <sub>12</sub>	1765800	70060	1835860
	O <sub>17</sub>	1930300	100060	2030360
	O <sub>16</sub>	2230500	40060	2270560
	O <sub>18</sub>	3010500	12060	3022560
M31	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
M41	O <sub>3</sub>	380120	570060	950180
	O <sub>4</sub>	950180	300060	1250240
	O <sub>5</sub>	1250200	680060	1930260

**CASO m3-2-2-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	949880	690240	1640120
	O <sub>9</sub>	1930000	300240	2230240
M12	O <sub>7</sub>	949880	375240	1325120
	O <sub>8</sub>	1325100	300240	1625340
	O <sub>10</sub>	1930000	1080240	3010240
M21	O <sub>13</sub>	1325100	75060	1400160
	O <sub>14</sub>	1625300	30060	1655360
	O <sub>15</sub>	1655400	45060	1700460
	O <sub>11</sub>	1700400	65060	1765460
	O <sub>12</sub>	1765500	70060	1835560
	O <sub>17</sub>	1930000	100060	2030060
	O <sub>16</sub>	2230200	40060	2270260
	O <sub>18</sub>	3010200	12060	3022260
M31	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
M41	O <sub>3</sub>	380060	570060	950120
	O <sub>4</sub>	950120	300060	1250180
	O <sub>5</sub>	1250200	680060	1930260

**CASO m3-2-3-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	474880	375240	850120
	O <sub>8</sub>	909940	300240	1210180
	O <sub>9</sub>	1440000	300240	1740240
M12	O <sub>10</sub>	140000	1080240	1220240
	O <sub>6</sub>	474880	690240	1165120
M21	O <sub>13</sub>	775070	75060	850130
	O <sub>12</sub>	1095100	70060	1165160
	O <sub>15</sub>	1165100	45060	1210160
	O <sub>14</sub>	1210200	30060	1240260
	O <sub>11</sub>	1240200	65060	1305260
	O <sub>17</sub>	1400000	100060	1500060
	O <sub>16</sub>	1700200	40060	1740260
M31	O <sub>18</sub>	2468200	12060	2480260
	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
M41	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
	O <sub>3</sub>	190060	570060	760120
	O <sub>4</sub>	760120	300060	1060180
	O <sub>5</sub>	1060200	680060	1740260

**CASO m3-2-4-21**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	194910	375240	570150
	O <sub>8</sub>	620030	300240	920270
	O <sub>9</sub>	1300100	300240	1600340
M12	O <sub>6</sub>	0	690240	690240
	O <sub>10</sub>	920090	1080240	2000330
M21	O <sub>13</sub>	495100	75060	570160
	O <sub>12</sub>	620190	70060	690250
	O <sub>11</sub>	690250	65060	755310
	O <sub>15</sub>	875210	45060	920270
	O <sub>14</sub>	920270	30060	950330
	O <sub>17</sub>	950330	100060	1050390
	O <sub>16</sub>	1560300	40060	1600360
M31	O <sub>18</sub>	1988300	12060	2000360
	O <sub>1</sub>	0	380120	380120
M41	O <sub>2</sub>	380120	540120	920240
	O <sub>3</sub>	70	570060	570130
	O <sub>4</sub>	620190	300060	920250
	O <sub>5</sub>	920250	680060	1600310

**CASO m3-2-1-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	750180	125240	875420
	O <sub>8</sub>	1295300	375240	1670540
	O <sub>9</sub>	2035400	600240	2635640
M12	O <sub>6</sub>	750180	750240	1500420
	O <sub>10</sub>	2035400	765240	2800640
M21	O <sub>13</sub>	875420	25060	900480
	O <sub>11</sub>	1500400	50060	1550460
	O <sub>12</sub>	1550500	105060	1655560
	O <sub>15</sub>	1670500	30060	1700560
	O <sub>14</sub>	1700600	90060	1790660
	O <sub>17</sub>	2035400	20060	2055460
	O <sub>16</sub>	2635600	80060	2715660
	O <sub>18</sub>	2800600	39060	2839660
M31	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
M41	O <sub>3</sub>	300120	450060	750180
	O <sub>4</sub>	920240	375060	1295300
	O <sub>5</sub>	1295300	740060	2035360

**CASO m3-2-2-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	749880	750240	1500120
	O <sub>9</sub>	2035100	600240	2635340
M12	O <sub>7</sub>	749880	125240	875120
	O <sub>8</sub>	1295000	375240	1670240
	O <sub>10</sub>	2035100	765240	2800340
M21	O <sub>13</sub>	875060	25060	900120
	O <sub>11</sub>	1500100	50060	1550160
	O <sub>12</sub>	1550100	105060	1655160
	O <sub>15</sub>	1670200	30060	1700260
	O <sub>14</sub>	1700200	90060	1790260
	O <sub>17</sub>	2035100	20060	2055160
	O <sub>16</sub>	2635200	80060	2715260
	O <sub>18</sub>	2800200	39060	2839260
M31	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
M41	O <sub>3</sub>	300060	450060	750120
	O <sub>4</sub>	920180	375060	1295240
	O <sub>5</sub>	1295200	740060	2035260

**CASO m3-2-3-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	374880	750240	1125120
	O <sub>9</sub>	1355100	600240	1955340
M12	O <sub>7</sub>	474910	125240	600150
	O <sub>8</sub>	797500	375240	1172740
	O <sub>10</sub>	1355100	765240	2120340
M21	O <sub>13</sub>	575090	25060	600150
	O <sub>12</sub>	1020100	105060	1125160
	O <sub>11</sub>	1125100	50060	1175160
	O <sub>15</sub>	1175200	30060	1205260
	O <sub>14</sub>	1205200	90060	1295260
	O <sub>17</sub>	1355100	20060	1375160
	O <sub>16</sub>	1875200	80060	1955260
M31	O <sub>18</sub>	2081200	39060	2120260
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	150060	450060	600120
	O <sub>4</sub>	610180	375060	985240
	O <sub>5</sub>	985240	740060	1725300

**CASO m3-2-4-22**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	750240	750240
	O <sub>9</sub>	1060100	600240	1660340
M12	O <sub>7</sub>	324920	125240	450160
	O <sub>8</sub>	545030	375240	920270
	O <sub>10</sub>	920270	765240	1685510
M21	O <sub>13</sub>	425100	25060	450160
	O <sub>12</sub>	645190	105060	750250
	O <sub>11</sub>	750250	50060	800310
	O <sub>14</sub>	830220	90060	920280
	O <sub>17</sub>	920280	20060	940340
	O <sub>15</sub>	940340	30060	970400
	O <sub>16</sub>	1580300	80060	1660360
M31	O <sub>18</sub>	1660300	39060	1699360
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	70	450060	450130
	O <sub>4</sub>	545200	375060	920260
	O <sub>5</sub>	920260	740060	1660320

**CASO m3-2-1-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	875180	375240	1250420
	O <sub>9</sub>	1460300	120240	1580540
	O <sub>8</sub>	1910400	450240	2360640
M12	O <sub>6</sub>	875180	600240	1475420
	O <sub>10</sub>	1475400	1035240	2510640
M21	O <sub>13</sub>	1250400	75060	1325460
	O <sub>12</sub>	1475400	35060	1510460
	O <sub>17</sub>	1510500	65060	1575560
	O <sub>16</sub>	1580500	16060	1596560
	O <sub>11</sub>	1596600	75060	1671660
	O <sub>15</sub>	2360600	60060	2420660
	O <sub>14</sub>	2420700	60060	2480760
	O <sub>18</sub>	2510700	30060	2540760
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	350120	525060	875180
	O <sub>5</sub>	920240	540060	1460300
	O <sub>4</sub>	1460300	450060	1910360

**CASO m3-2-2-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	874880	375240	1250120
	O <sub>9</sub>	1460000	120240	1580240
	O <sub>8</sub>	1910100	450240	2360340
M12	O <sub>6</sub>	874880	600240	1475120
	O <sub>10</sub>	1475100	1035240	2510340
M21	O <sub>13</sub>	1250100	75060	1325160
	O <sub>12</sub>	1475100	35060	1510160
	O <sub>17</sub>	1510100	65060	1575160
	O <sub>16</sub>	1580200	16060	1596260
	O <sub>11</sub>	1596200	75060	1671260
	O <sub>14</sub>	2360200	60060	2420260
	O <sub>15</sub>	2420300	60060	2480360
	O <sub>18</sub>	2510300	30060	2540360
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	350060	525060	875120
	O <sub>5</sub>	920180	540060	1460240
	O <sub>4</sub>	1460200	450060	1910260

**CASO m3-2-3-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	437380	600240	1037620
	O <sub>9</sub>	1120000	120240	1240240
	O <sub>8</sub>	1465000	450240	1915240
M12	O <sub>7</sub>	437380	375240	812620
	O <sub>10</sub>	969940	1035240	2005180
M21	O <sub>13</sub>	737570	75060	812630
	O <sub>11</sub>	962570	75060	1037630
	O <sub>12</sub>	1037600	35060	1072660
	O <sub>17</sub>	1072700	65060	1137760
	O <sub>16</sub>	1224200	16060	1240260
	O <sub>15</sub>	1855200	60060	1915260
	O <sub>14</sub>	1915200	60060	1975260
	O <sub>18</sub>	1975300	30060	2005360
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	175060	525060	700120
	O <sub>5</sub>	700120	540060	1240180
	O <sub>4</sub>	1240200	450060	1690260

**CASO m3-2-4-23**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	600240	600240
	O <sub>9</sub>	944980	120240	1065220
	O <sub>8</sub>	1065200	450240	1515440
M12	O <sub>7</sub>	149910	375240	525150
	O <sub>10</sub>	525150	1035240	1560390
M21	O <sub>13</sub>	450100	75060	525160
	O <sub>17</sub>	525160	65060	590220
	O <sub>12</sub>	590220	35060	625280
	O <sub>11</sub>	625280	75060	700340
	O <sub>16</sub>	1049200	16060	1065260
	O <sub>15</sub>	1455400	60060	1515460
	O <sub>18</sub>	1530300	30060	1560360
	O <sub>14</sub>	1560400	60060	1620460
M31	O <sub>1</sub>	0	350120	350120
	O <sub>2</sub>	350120	570120	920240
M41	O <sub>3</sub>	70	525060	525130
	O <sub>5</sub>	525130	540060	1065190
	O <sub>4</sub>	1065200	450060	1515260

**CASO m3-2-1-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	750180	600240	1350420
	O <sub>9</sub>	2040400	390240	2430640
M12	O <sub>7</sub>	750180	250240	1000420
	O <sub>8</sub>	1280300	360240	1640540
	O <sub>10</sub>	2040400	1125240	3165640
M21	O <sub>13</sub>	1000400	50060	1050460
	O <sub>11</sub>	1350400	25060	1375460
	O <sub>12</sub>	1375500	105060	1480560
	O <sub>15</sub>	1640500	12060	1652560
	O <sub>14</sub>	1652600	120060	1772660
	O <sub>17</sub>	2040400	50060	2090460
	O <sub>16</sub>	2430600	52060	2482660
	O <sub>18</sub>	3165600	45060	3210660
M31	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
M41	O <sub>3</sub>	300120	450060	750180
	O <sub>4</sub>	920240	360060	1280300
	O <sub>5</sub>	1280300	760060	2040360

**CASO m3-2-2-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	749880	600240	1350120
	O <sub>9</sub>	2040100	390240	2430340
M12	O <sub>7</sub>	749880	250240	1000120
	O <sub>8</sub>	1280000	360240	1640240
	O <sub>10</sub>	2040100	1125240	3165340
M21	O <sub>13</sub>	1000100	50060	1050160
	O <sub>11</sub>	1350100	25060	1375160
	O <sub>12</sub>	1375100	105060	1480160
	O <sub>15</sub>	1640200	12060	1652260
	O <sub>14</sub>	1652200	120060	1772260
	O <sub>17</sub>	2040100	50060	2090160
	O <sub>16</sub>	2430200	52060	2482260
	O <sub>18</sub>	3165200	45060	3210260
M31	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
M41	O <sub>3</sub>	300060	450060	750120
	O <sub>4</sub>	920180	360060	1280240
	O <sub>5</sub>	1128020	760060	1888080

**CASO m3-2-3-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	374880	250240	625120
	O <sub>8</sub>	790000	360240	1150240
	O <sub>9</sub>	1350100	390240	1740340
M12	O <sub>6</sub>	374880	600240	975120
	O <sub>10</sub>	1350100	1125240	2475340
M21	O <sub>13</sub>	575060	50060	625120
	O <sub>12</sub>	870070	105060	975130
	O <sub>11</sub>	975130	25060	1000190
	O <sub>14</sub>	1030200	120060	1150260
	O <sub>15</sub>	1150200	12060	1162260
	O <sub>17</sub>	1350100	50060	1400160
	O <sub>16</sub>	1688200	52060	1740260
M31	O <sub>18</sub>	2430200	45060	2475260
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	150060	450060	600120
M41	O <sub>4</sub>	610180	360060	970240
	O <sub>5</sub>	970240	760060	1730300

**CASO m3-2-4-24**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	600240	600240
	O <sub>9</sub>	819980	390240	1210220
	O <sub>8</sub>	1210200	360240	1570440
M12	O <sub>7</sub>	199910	250240	450150
	O <sub>10</sub>	450150	1125240	1575390
M21	O <sub>13</sub>	400100	50060	450160
	O <sub>17</sub>	450160	50060	500220
	O <sub>12</sub>	500220	105060	605280
	O <sub>11</sub>	605280	25060	630340
	O <sub>16</sub>	1158200	52060	1210260
	O <sub>14</sub>	1450400	120060	1570460
	O <sub>15</sub>	1570500	12060	1582560
M31	O <sub>18</sub>	1582500	45060	1627560
	O <sub>1</sub>	0	300120	300120
M41	O <sub>2</sub>	300120	620120	920240
	O <sub>3</sub>	70	450060	450130
	O <sub>4</sub>	121020	360060	481080
M41	O <sub>5</sub>	450130	760060	1210190

**CASO m3-2-1-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	725180	255240	980420
	O <sub>9</sub>	1325200	300240	1625440
	O <sub>6</sub>	2000300	750240	2750540
M12	O <sub>10</sub>	1325200	900240	2225440
	O <sub>7</sub>	2225500	500240	2725740
M21	O <sub>14</sub>	980420	24060	1004480
	O <sub>15</sub>	1004500	39060	1043560
	O <sub>17</sub>	1325200	75060	1400260
	O <sub>16</sub>	1625500	40060	1665560
	O <sub>18</sub>	2225500	15060	2240560
	O <sub>13</sub>	2725700	100060	2825760
	O <sub>12</sub>	2825800	70060	2895860
M31	O <sub>2</sub>	0	470120	470120
	O <sub>1</sub>	470120	450120	920240
M41	O <sub>4</sub>	470120	255060	725180
	O <sub>5</sub>	725180	600060	1325240
	O <sub>3</sub>	1325200	675060	2000260

**CASO m3-2-2-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	724880	255240	980120
	O <sub>9</sub>	1324900	300240	1625140
	O <sub>6</sub>	2000000	750240	2750240
M12	O <sub>10</sub>	1324900	900240	2225140
	O <sub>7</sub>	2225200	500240	2725440
M21	O <sub>15</sub>	725120	39060	764180
	O <sub>14</sub>	980060	24060	1004120
	O <sub>17</sub>	1324900	75060	1399960
	O <sub>16</sub>	1625100	40060	1665160
	O <sub>18</sub>	2225100	15060	2240160
	O <sub>13</sub>	2725400	100060	2825460
	O <sub>12</sub>	2825400	70060	2895460
M31	O <sub>2</sub>	0	470120	470120
	O <sub>1</sub>	470120	450120	920240
M41	O <sub>4</sub>	470060	255060	725120
	O <sub>5</sub>	725120	600060	1325180
	O <sub>3</sub>	1325200	675060	2000260

**CASO m3-2-3-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>9</sub>	789970	300240	1090210
	O <sub>6</sub>	1427500	750240	2177740
M12	O <sub>8</sub>	362380	255240	617620
	O <sub>10</sub>	789940	900240	1690180
	O <sub>7</sub>	1690200	500240	2190440
M21	O <sub>17</sub>	490120	39060	529180
	O <sub>16</sub>	617620	24060	641680
	O <sub>15</sub>	789940	75060	865000
	O <sub>14</sub>	1050200	40060	1090260
	O <sub>18</sub>	1675100	15060	1690160
	O <sub>13</sub>	2102700	75060	2177760
	O <sub>11</sub>	2177700	70060	2247760
	O <sub>12</sub>	2247800	100060	2347860
M31	O <sub>2</sub>	0	470120	470120
	O <sub>1</sub>	470120	450120	920240
M41	O <sub>5</sub>	235060	255060	490120
	O <sub>4</sub>	490120	600060	1090180
	O <sub>3</sub>	1090200	675060	1765260

**CASO m3-2-4-25**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>8</sub>	600160	255240	855400
	O <sub>6</sub>	855400	750240	1605640
	O <sub>9</sub>	2999200	300240	3299440
M12	O <sub>10</sub>	0	900240	900240
	O <sub>7</sub>	1030000	500240	1530240
M21	O <sub>17</sub>	0	75060	75060
	O <sub>16</sub>	560100	40060	600160
	O <sub>15</sub>	816340	39060	855400
	O <sub>14</sub>	855400	24060	879460
	O <sub>18</sub>	885180	15060	900240
	O <sub>13</sub>	1430200	100060	1530260
	O <sub>11</sub>	1530600	75060	1605660
	O <sub>12</sub>	1605600	70060	1675660
M31	O <sub>2</sub>	0	470120	470120
	O <sub>1</sub>	470120	450120	920240
M41	O <sub>5</sub>	70	255060	255130
	O <sub>4</sub>	600130	600060	1200190
	O <sub>3</sub>	855190	675060	1530250

**CASO m3-2-1-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	850180	900240	1750420
	O <sub>9</sub>	1965400	450240	2415640
M12	O <sub>7</sub>	850180	100240	950420
	O <sub>8</sub>	1265300	345240	1610540
	O <sub>10</sub>	1965400	900240	2865640
M21	O <sub>13</sub>	950420	20060	970480
	O <sub>15</sub>	1610500	30060	1640560
	O <sub>14</sub>	1640600	78060	1718660
	O <sub>11</sub>	1750400	50060	1800460
	O <sub>12</sub>	1800500	140060	1940560
	O <sub>17</sub>	1965400	25060	1990460
	O <sub>16</sub>	2415600	60060	2475660
	O <sub>18</sub>	2865600	45060	2910660
M31	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
M41	O <sub>3</sub>	340120	510060	850180
	O <sub>4</sub>	920240	345060	1265300
	O <sub>5</sub>	1265300	700060	1965360

**CASO m3-2-2-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	849880	100240	950120
	O <sub>8</sub>	1265000	345240	1610240
	O <sub>9</sub>	1965100	450240	2415340
M12	O <sub>6</sub>	849880	900240	1750120
	O <sub>10</sub>	1965100	900240	2865340
M21	O <sub>13</sub>	950060	20060	970120
	O <sub>15</sub>	1265200	30060	1295260
	O <sub>14</sub>	1640200	78060	1718260
	O <sub>11</sub>	1750100	50060	1800160
	O <sub>12</sub>	1800100	140060	1940160
	O <sub>17</sub>	1965100	25060	1990160
	O <sub>16</sub>	2415200	60060	2475260
	O <sub>18</sub>	2865200	45060	2910260
M31	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
M41	O <sub>3</sub>	340060	510060	850120
	O <sub>4</sub>	920180	345060	1265240
	O <sub>5</sub>	1265200	700060	1965260

**CASO m3-2-3-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	579910	900240	1480150
	O <sub>8</sub>	852440	450240	1302680
	O <sub>9</sub>	1375000	100240	1475240
M12	O <sub>6</sub>	424880	345240	770120
	O <sub>10</sub>	1375000	900240	2275240
M21	O <sub>13</sub>	660090	20060	680150
	O <sub>15</sub>	1025200	30060	1055260
	O <sub>14</sub>	1119600	78060	1197660
	O <sub>11</sub>	1227700	50060	1277760
	O <sub>12</sub>	1375000	140060	1515060
	O <sub>17</sub>	1400100	25060	1425160
	O <sub>16</sub>	1765200	60060	1825260
M31	O <sub>18</sub>	2230200	45060	2275260
	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
M41	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
	O <sub>3</sub>	170060	510060	680120
	O <sub>4</sub>	680120	345060	1025180
	O <sub>5</sub>	1025200	700060	1725260

**CASO m3-2-4-26**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	409920	900240	1310160
	O <sub>8</sub>	575030	450240	1025270
	O <sub>9</sub>	1170100	100240	1270340
M12	O <sub>6</sub>	0	345240	345240
	O <sub>10</sub>	920090	900240	1820330
M21	O <sub>13</sub>	490100	20060	510160
	O <sub>12</sub>	760190	140060	900250
	O <sub>15</sub>	900250	30060	930310
	O <sub>17</sub>	930310	25060	955370
	O <sub>11</sub>	955370	50060	1005430
	O <sub>14</sub>	1005400	78060	1083460
	O <sub>16</sub>	1560300	60060	1620360
M31	O <sub>18</sub>	1775300	45060	1820360
	O <sub>1</sub>	0	340120	340120
M41	O <sub>2</sub>	340120	580120	920240
	O <sub>3</sub>	70	510060	510130
	O <sub>4</sub>	575200	345060	920260
	O <sub>5</sub>	920260	700060	1620320

**CASO m3-2-1-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	925180	720240	1645420
	O <sub>9</sub>	1900300	150240	2050540
M12	O <sub>7</sub>	925180	325240	1250420
	O <sub>8</sub>	1300200	375240	1675440
	O <sub>10</sub>	1900300	1125240	3025540
M21	O <sub>13</sub>	1250400	65060	1315460
	O <sub>12</sub>	1645400	28060	1673460
	O <sub>15</sub>	1675500	45060	1720560
	O <sub>14</sub>	1720500	60060	1780560
	O <sub>11</sub>	1780600	100060	1880660
	O <sub>17</sub>	1900300	75060	1975360
	O <sub>16</sub>	2050500	20060	2070560
	O <sub>18</sub>	3025500	30060	3055560
M31	O <sub>1</sub>	0	370120	370120
	O <sub>2</sub>	370120	550120	920240
M41	O <sub>3</sub>	370120	555060	925180
	O <sub>4</sub>	925180	375060	1300240
	O <sub>5</sub>	1300200	600060	1900260

**CASO m3-2-2-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	924880	720240	1645120
	O <sub>9</sub>	1900000	150240	2050240
M12	O <sub>7</sub>	924880	325240	1250120
	O <sub>8</sub>	1299900	375240	1675140
	O <sub>10</sub>	1900000	1125240	3025240
M21	O <sub>13</sub>	1250100	65060	1315160
	O <sub>12</sub>	1645100	28060	1673160
	O <sub>15</sub>	1675100	45060	1720160
	O <sub>14</sub>	1720200	60060	1780260
	O <sub>11</sub>	1780200	100060	1880260
	O <sub>17</sub>	1900000	75060	1975060
	O <sub>16</sub>	2050200	20060	2070260
	O <sub>18</sub>	3025200	30060	3055260
M31	O <sub>1</sub>	0	370120	370120
	O <sub>2</sub>	370120	550120	920240
M41	O <sub>3</sub>	370060	555060	925120
	O <sub>4</sub>	925120	375060	1300180
	O <sub>5</sub>	1300200	600060	1900260

**CASO m3-2-3-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	462380	720240	1182620
	O <sub>9</sub>	1565000	150240	1715240
M12	O <sub>7</sub>	462380	325240	787620
	O <sub>8</sub>	927440	375240	1302680
	O <sub>10</sub>	1415000	1125240	2540240
M21	O <sub>13</sub>	722570	65060	787630
	O <sub>11</sub>	1082600	100060	1182660
	O <sub>12</sub>	1182600	28060	1210660
	O <sub>14</sub>	1242600	60060	1302660
	O <sub>15</sub>	1302700	45060	1347760
	O <sub>17</sub>	1415000	75060	1490060
	O <sub>16</sub>	1695200	20060	1715260
M31	O <sub>18</sub>	2510200	30060	2540260
	O <sub>1</sub>	0	370120	370120
M41	O <sub>2</sub>	370120	550120	920240
	O <sub>3</sub>	185060	555060	740120
	O <sub>4</sub>	740120	375060	1115180
M41	O <sub>5</sub>	1115200	600060	1715260

**CASO m3-2-4-27**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	229910	325240	555150
	O <sub>8</sub>	555160	375240	930400
	O <sub>9</sub>	1380000	150240	1530240
M12	O <sub>6</sub>	0	720240	720240
	O <sub>10</sub>	930030	1125240	2055270
M21	O <sub>13</sub>	490100	65060	555160
	O <sub>11</sub>	620190	100060	720250
	O <sub>12</sub>	720250	28060	748310
	O <sub>14</sub>	870340	60060	930400
	O <sub>15</sub>	930400	45060	975460
	O <sub>17</sub>	975460	75060	1050520
	O <sub>16</sub>	1510200	20060	1530260
M31	O <sub>18</sub>	2025200	30060	2055260
	O <sub>1</sub>	0	370120	370120
M41	O <sub>2</sub>	370120	550120	920240
	O <sub>3</sub>	70	555060	555130
	O <sub>4</sub>	555130	375060	930190
M41	O <sub>5</sub>	930190	600060	1530250

**CASO m3-2-1-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	675180	510240	1185420
	O <sub>8</sub>	1220300	300240	1520540
	O <sub>9</sub>	2120400	450240	2570640
M12	O <sub>7</sub>	675180	250240	925420
	O <sub>10</sub>	2120400	1350240	3470640
M21	O <sub>14</sub>	920240	90060	1010300
	O <sub>13</sub>	925420	50060	975480
	O <sub>11</sub>	1185400	20060	1205460
	O <sub>12</sub>	1205500	91060	1296560
	O <sub>15</sub>	1520500	15060	1535560
	O <sub>17</sub>	2120400	50060	2170460
	O <sub>16</sub>	2570060	60060	2630120
M31	O <sub>18</sub>	3470600	60060	3530660
	O <sub>1</sub>	0	270120	270120
M41	O <sub>2</sub>	270120	650120	920240
	O <sub>3</sub>	270120	405060	675180
M41	O <sub>4</sub>	920240	300060	1220300
	O <sub>5</sub>	1220300	900060	2120360

**CASO m3-2-2-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>7</sub>	674880	250240	925120
	O <sub>8</sub>	1220000	300240	1520240
	O <sub>9</sub>	2120100	450240	2570340
M12	O <sub>6</sub>	674880	510240	1185120
	O <sub>10</sub>	2120100	1350240	3470340
M21	O <sub>13</sub>	925060	50060	975120
	O <sub>11</sub>	1185100	20060	1205160
	O <sub>12</sub>	1205100	91060	1296160
	O <sub>15</sub>	1520200	15060	1535260
	O <sub>14</sub>	1535200	90060	1625260
	O <sub>17</sub>	2120100	50060	2170160
	O <sub>16</sub>	2570200	60060	2630260
M31	O <sub>18</sub>	3470200	60060	3530260
	O <sub>1</sub>	0	270120	270120
M41	O <sub>2</sub>	270120	650120	920240
	O <sub>3</sub>	270060	405060	675120
M41	O <sub>4</sub>	920180	300060	1220240
	O <sub>5</sub>	1220200	900060	2120260

**CASO m3-2-3-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	337380	510240	847620
	O <sub>9</sub>	1370100	450240	1820340
M12	O <sub>7</sub>	337380	250240	587620
	O <sub>8</sub>	770020	300240	1070260
	O <sub>10</sub>	1370100	1350240	2720340
M21	O <sub>13</sub>	537560	50060	587620
	O <sub>12</sub>	756570	91060	847630
	O <sub>11</sub>	847630	20060	867690
	O <sub>14</sub>	980200	90060	1070260
	O <sub>15</sub>	1070300	15060	1085360
	O <sub>17</sub>	1370100	50060	1420160
	O <sub>16</sub>	1760300	60060	1820360
M31	O <sub>18</sub>	2660300	60060	2720360
	O <sub>1</sub>	0	270120	270120
M41	O <sub>2</sub>	270120	650120	920240
	O <sub>3</sub>	135060	405060	540120
M41	O <sub>4</sub>	620200	300060	920260
	O <sub>5</sub>	920260	900060	1820320

**CASO m3-2-4-28**

MÁQUINA	OPERACIÓN	INICIO	DURACIÓN	FIN
M11	O <sub>6</sub>	0	510240	510240
	O <sub>9</sub>	854980	450240	1305220
	O <sub>8</sub>	1305200	300240	1605440
M12	O <sub>7</sub>	154910	250240	405150
	O <sub>10</sub>	405150	1350240	1755390
M21	O <sub>13</sub>	355100	50060	405160
	O <sub>17</sub>	405160	50060	455220
	O <sub>11</sub>	490190	20060	510250
	O <sub>12</sub>	510250	91060	601310
	O <sub>16</sub>	1245200	60060	1305260
	O <sub>14</sub>	1515400	90060	1605460
	O <sub>15</sub>	1605500	15060	1620560
M31	O <sub>18</sub>	1695300	60060	1755360
	O <sub>1</sub>	0	270120	270120
M41	O <sub>2</sub>	270120	650120	920240
	O <sub>3</sub>	70	405060	405130
M41	O <sub>5</sub>	405130	900060	1305190
	O <sub>4</sub>	1305200	300060	1605260

## ANEXO H

### PRUEBAS DE LA NO INTERACCIÓN ENTRE EL FACTOR BLOQUE MEZCLA Y LOS DOS FACTORES PRINCIPALES PARA EL “MAKESPAN”

En el análisis de varianza realizado a los datos del “makespan” normalizado, se asumió que la interacción entre los factores principales y el factor *mezcla* no es significativa, porque éste último es un factor bloque. Sin embargo, es necesario verificar dicho supuesto para comprobar que el modelo utilizado en el análisis estadístico de la variable de desempeño “makespan” es adecuado.

Primero, se verificó la ausencia de interacción entre el factor *mezcla* y el factor *nivel de demanda*. Posteriormente, se realizó el mismo procedimiento para comprobar la ausencia de interacción entre el factor *mezcla* y el factor *política de operación*.

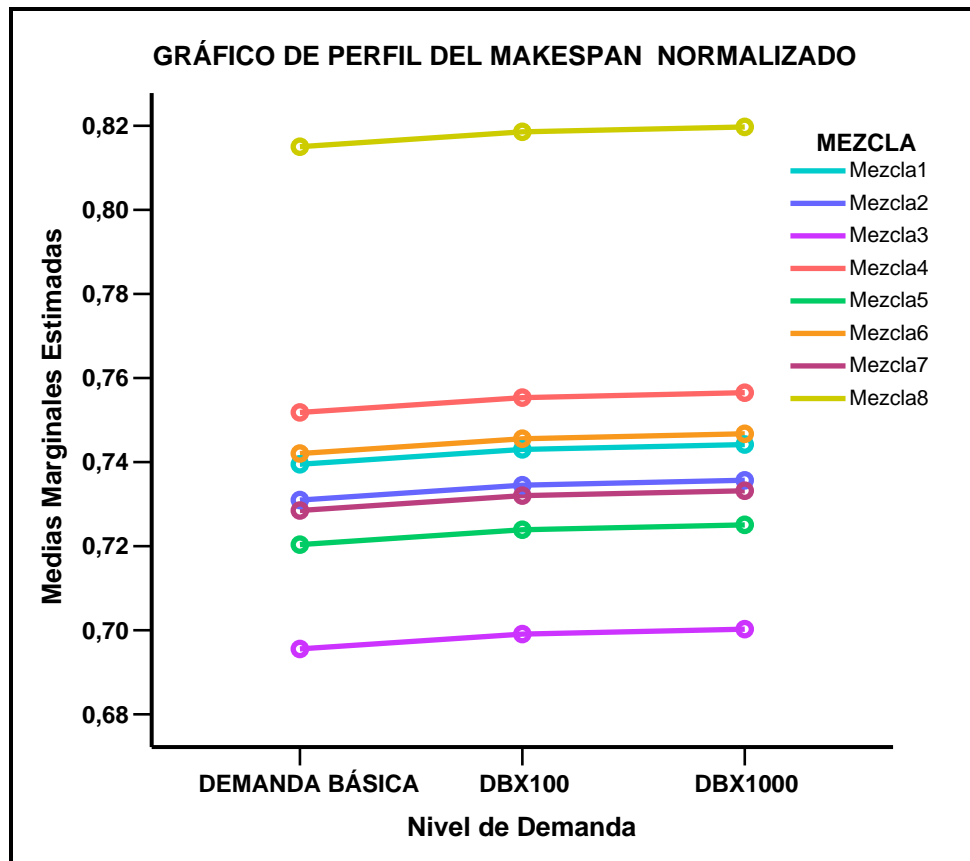
#### A. Interacción entre los factores Mezcla y Nivel de Demanda

Para verificar la interacción entre estos dos factores de estudio, se utilizó un gráfico de perfil, el cual muestra en el eje de las ordenadas la escala de las medias de la variable normalizada “makespan” y en el eje de las abscisas los niveles del factor *nivel de demanda*. Las líneas del gráfico representan las diferentes mezclas de productos consideradas en el estudio.

Las líneas de la gráfica muestran el significado de la interacción. Como todas las rectas son paralelas entre sí, la interacción entre el nivel de demanda y la mezcla no es significativa, lo cual es consecuente con los supuestos realizados en el análisis de varianza.

En general, se consigue un mayor valor en el “makespan” normalizado con los niveles de demanda aumentada, independientemente de la mezcla de los productos. Se puede observar también, que el efecto en el “makespan” normalizado al cambiar un nivel de demanda por otro es el mismo en todas las mezclas consideradas, por lo tanto, no existe interacción entre estos dos factores.

## Interacción Mezcla – Nivel de Demanda



FUENTE: SPSS

### B. Interacción entre los factores Mezcla y Política de Operación

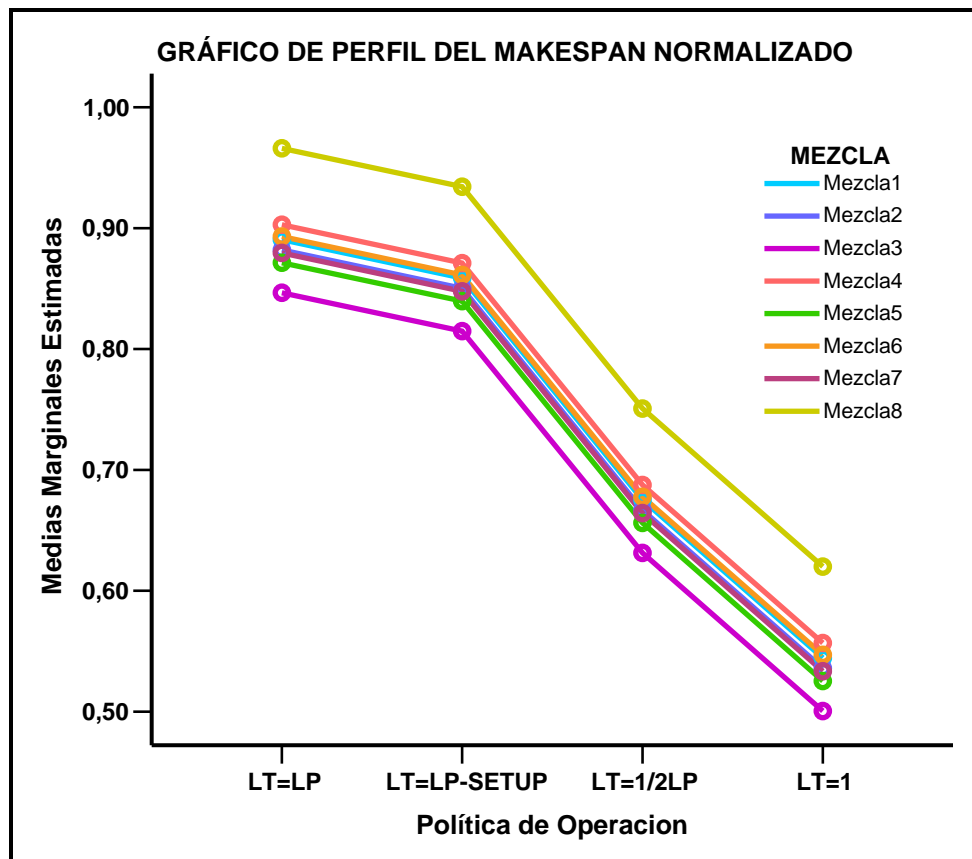
Para verificar la interacción entre estos dos factores de estudio, se utilizó al igual que en el caso anterior un gráfico de perfil, el cual muestra en el eje de las ordenadas la escala de las medias de la variable normalizada “makespan” y en el eje de las abscisas los niveles del factor *política de operación*. Las líneas del gráfico representan las diferentes mezclas de productos consideradas en el estudio.

Las líneas de la gráfica muestran el significado de la interacción. Como todas las rectas son paralelas entre sí, la interacción entre la política de operación y la mezcla no es significativa, lo cual es consecuente con los supuestos realizados en el análisis de varianza.

En general, se consigue un mayor valor en el “makespan” normalizado con la política que no considera fraccionamiento de lotes ni anticipación de los tiempos de

preparación, independientemente de la mezcla de los productos. Además, se observa que en cualquier mezcla, el mejor desempeño del sistema lo da la política de lotes de transferencia unitarios, lo cual es consecuente con los resultados encontrados en el análisis estadístico de los datos. El efecto en el “makespan” normalizado al cambiar una política de tamaño de lote de transferencia por otra es el mismo en todas las mezclas consideradas, por lo tanto, no existe interacción entre estos dos factores.

### Interacción Mezcla – Política de Operación



FUENTE: SPSS

## ANEXO I

### VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DEL “MAKESPAN” NORMALIZADO

La descomposición de la variabilidad presente en las observaciones mediante el análisis de varianza requiere que se satisfagan ciertos supuestos. Específicamente, estos supuestos son que el modelo  $y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$  describe de manera adecuada las observaciones, y que los errores o residuales ( $\varepsilon_{ijk}$ ) siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza  $\sigma^2$  constante pero desconocida. No es prudente confiar en el análisis de varianza hasta haber verificado dichos supuestos, por lo tanto, a continuación se tratarán de manera específica los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Se asume que el supuesto de independencia en las observaciones se cumple, porque, al utilizar para la solución de los casos un método exacto, cada procesamiento del experimento es completamente independiente y no se ve afectado por la solución de los casos anteriores.

#### A. Supuesto de Normalidad

Este supuesto indica que las muestras estudiadas mediante el análisis de varianza deben provenir de poblaciones normalmente distribuidas. Su verificación se puede realizar mediante una prueba de significación como la de Kolmogorov-Smirnov. Este procedimiento de prueba compara la función de distribución acumulada de los residuales del “makespan” normalizado con una distribución teórica determinada, en este caso, la distribución normal. Esta prueba de bondad de ajuste contrasta estadísticamente si los residuales tienen una distribución normal.

La siguiente tabla ofrece el estadístico de Kolmogorov-Smirnov acompañado de su nivel crítico correspondiente. Ambos permiten contrastar la hipótesis nula de que los residuales del “makespan” normalizado proceden de poblaciones normales. De acuerdo con el análisis de normalidad, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad, porque el nivel crítico (0.478) es mayor que el nivel de significancia establecido (0.05).

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov

H<sub>0</sub>: La distribución de los residuales se comporta como una distribución normal.

H<sub>1</sub>: La distribución de los residuales no se comporta como una distribución normal.

Statistics		Variables
		Residuales
N		96
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,0000
	Std. Deviation	,02131
Most Extreme Differences	Absolute	,086
	Positive	,048
	Negative	-,086
Kolmogorov-Smirnov Z		<b>,842</b>
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,478</b>

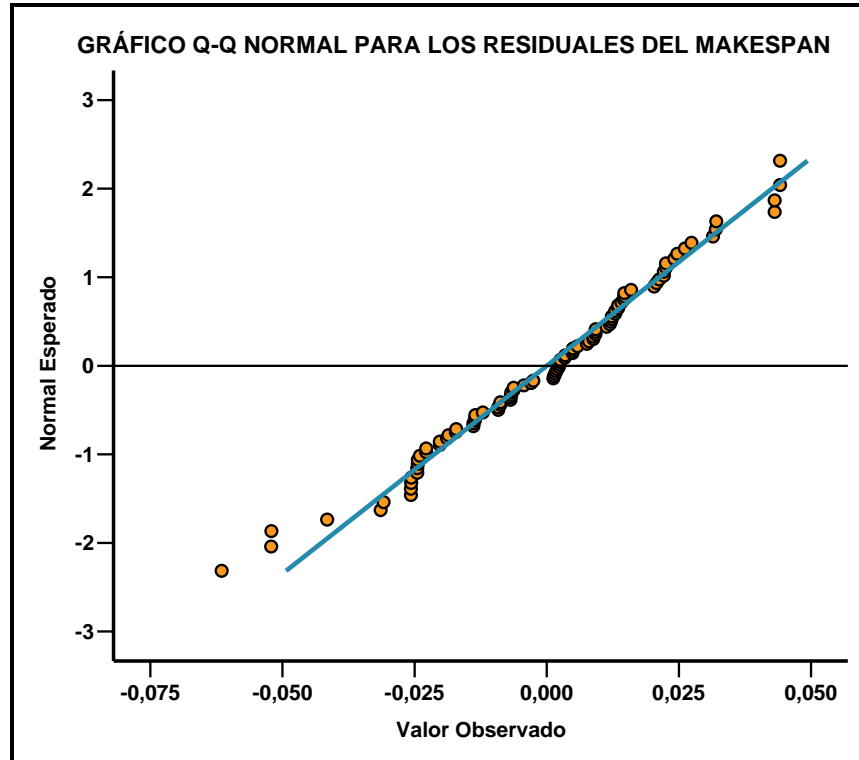
a. Test distribution is Normal.

b. Nivel de confianza: 95%

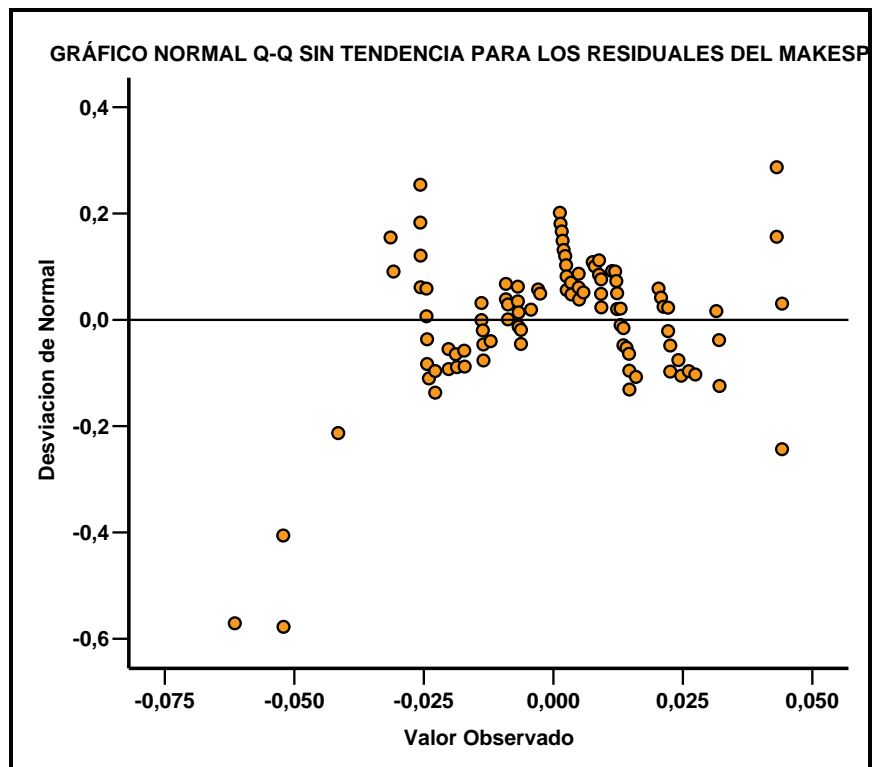
Además, se complementó el estadístico de Kolmogorov-Smirnov con los gráficos de normalidad *Q-Q normal* y *Q-Q normal sin tendencia*.

En el gráfico *Q-Q normal*, cada residual observado ( $\epsilon_{ijk}$ ) es comparado con la puntuación típica  $NZ_i$  que teóricamente le correspondería a ese valor en una distribución normal estandarizada. En el eje de las abscisas están representados los valores observados desde el más pequeño al más grande ( $\epsilon_{ijk}$ ); en el de ordenadas están representadas las puntuación típicas normales ( $NZ_i$ ). Cuando una muestra procede de una población normal, los puntos correspondientes a cada par se encuentran agrupados en torno a la diagonal representada en el diagrama. Las desviaciones de la diagonal indican desviaciones de la normalidad.

Un gráfico *Q-Q normal sin tendencia* muestra las diferencias existentes entre la puntuación típica observada de cada valor ( $Z_i$ ) y su correspondiente puntuación típica normal ( $NZ_i$ ). Es decir, muestra las distancias verticales existentes entre cada punto del gráfico *Q-Q normal* y la recta diagonal. En el eje de abscisas están representados los valores observados ( $Y_i$ ) y en el de ordenadas el tamaño de las diferencias entre las puntuaciones típicas observadas y las esperadas ( $Z_i - NZ_i$ ). Si la muestra procede de una población normal, esas diferencias deben oscilar de forma aleatoria en torno al valor cero (línea recta horizontal). La presencia de pautas de variación no aleatorias indica desviaciones de la normalidad.



Como se puede observar, los puntos del diagrama *Q-Q normal* se ajustan a la diagonal, indicando que los residuales se distribuyen normalmente, lo cual es consecuente con la prueba de significancia de Kolmogorov-Smirnov.



Como se puede observar, los puntos del diagrama *Q-Q normal sin tendencia* se distribuyen aleatoriamente sin mostrar una pauta clara, indicando que los residuales se distribuyen normalmente, lo cual, es consecuente con la prueba de significancia de Kolmogorov-Smirnov.

## B. Supuesto de Homocedasticidad

Es frecuente el uso de gráficas residuales para diagnosticar la desigualdad de la varianza, pero también existen pruebas estadísticas para evaluar el supuesto de homocedasticidad. Básicamente, lo que se desea verificar es que las poblaciones definidas por cada combinación de los factores principales del experimento (*nivel de demanda y política de operación*) posean la misma varianza.

Un procedimiento muy utilizado es la prueba de *Levene*, la cual usa el estadístico F para probar la igualdad de varianzas.

### Prueba de Levene

$$H_0: \sigma_i^2 = \sigma_j^2$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$$

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

Dependent Variable: MAKESPAN NORMALIZADO

Statistics			
F	df1	df2	Sig.
1,284	11	84	,248

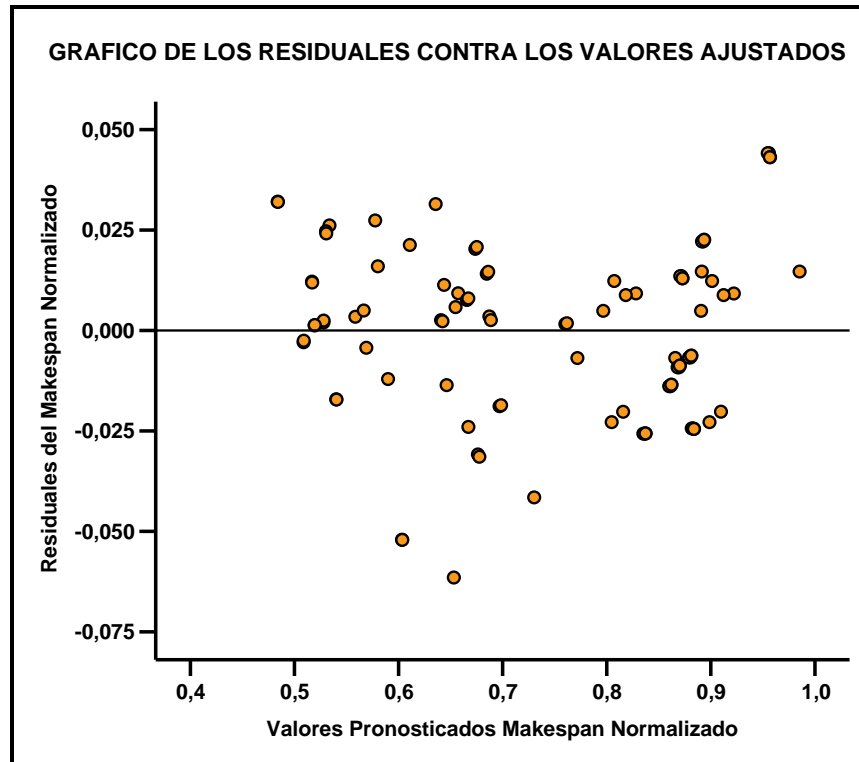
a. Nivel de significancia: 95%

FUENTE: SPSS

El nivel crítico (*Sig.*) asociado al estadístico de Levene permite contrastar la hipótesis de homogeneidad de varianzas: como el nivel crítico (0,248) es mayor que 0,05, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas, por lo tanto, la varianza del “makespan” normalizado se puede considerar igual en las 12 poblaciones definidas por la combinación de los factores *política de operación* y *nivel de demanda*.

Un gráfico de los residuos también permite verificar el cumplimiento del supuesto de homocedasticidad. Si las varianzas son homogéneas, en el gráfico correspondiente a

la relación entre los valores pronosticados y los residuos tipificados, la dispersión de los residuos es similar a lo largo de todos los valores pronosticados.



FUENTE: SPSS

En la gráfica anterior se puede observar que la varianza es constante, porque es aproximadamente la misma para todos los valores pronosticados. Por lo tanto, se concluye que el supuesto de homocedasticidad se cumple.

Como los supuestos de Normalidad y Homocedasticidad se cumplen, el procedimiento de análisis de varianza realizado a los valores del “makespan” normalizado es una prueba exacta de la hipótesis de que no hay diferencias en las medias de los tratamientos.

ANEXO J

COMPARACIONES MÚLTIPLES CON LAS PRUEBAS DE BONFERRONI Y LSD  
PARA EL “MAKESPAN” NORMALIZADO

*Prueba de Bonferroni*

Dependent Variable: MAKE SPAN NORMALIZADO

DEMANDA	POLÍTICA DE OPERACIÓN	POLÍTICA DE OPERACIÓN	Statistics				
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
DEMANDA BÁSICA	LT=LP	LT=LP-SETUP	,094*	,012	,000	,062	,126
		LT=1/2LP	,255*	,012	,000	,223	,287
		LT=1	,332*	,012	,000	,300	,364
	LT=LP-SETUP	LT=LP	-,094*	,012	,000	-,126	-,062
		LT=1/2LP	,161*	,012	,000	,129	,193
		LT=1	,238*	,012	,000	,206	,270
	LT=1/2LP	LT=LP	-,255*	,012	,000	-,287	-,223
		LT=LP-SETUP	-,161*	,012	,000	-,193	-,129
		LT=1	,077*	,012	,000	,045	,109
	LT=1	LT=LP	-,332*	,012	,000	-,364	-,300
		LT=LP-SETUP	-,238*	,012	,000	-,270	-,206
		LT=1/2LP	-,077*	,012	,000	-,109	-,045
DBX100	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,001</b>	,012	1,0	-,031	,033
		LT=1/2LP	,196*	,012	,000	,164	,228
		LT=1	,353*	,012	,000	,320	,385
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>-,001</b>	,012	1,0	-,033	,031
		LT=1/2LP	,194*	,012	,000	,162	,226
		LT=1	,351*	,012	,000	,319	,383
	LT=1/2LP	LT=LP	-,196*	,012	,000	-,228	-,164
		LT=LP-SETUP	-,194*	,012	,000	-,226	-,162
		LT=1	,157*	,012	,000	,125	,189
	LT=1	LT=LP	-,353*	,012	,000	-,385	-,320
		LT=LP-SETUP	-,351*	,012	,000	-,383	-,319
		LT=1/2LP	-,157*	,012	,000	-,189	-,125
DBX1000	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,000</b>	,012	1,0	-,032	,032
		LT=1/2LP	,195*	,012	,000	,163	,227
		LT=1	,353*	,012	,000	,321	,385
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>,000</b>	,012	1,0	-,032	,032
		LT=1/2LP	,195*	,012	,000	,163	,227
		LT=1	,353*	,012	,000	,321	,385
	LT=1/2LP	LT=LP	-,195*	,012	,000	-,227	-,163
		LT=LP-SETUP	-,195*	,012	,000	-,227	-,163
		LT=1	,158*	,012	,000	,126	,190
	LT=1	LT=LP	-,353*	,012	,000	-,385	-,321
		LT=LP-SETUP	-,353*	,012	,000	-,385	-,321
		LT=1/2LP	-,158*	,012	,000	-,190	-,126

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

<sup>a</sup>. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Prueba LSD

Dependent Variable: MAKESPAN NORMALIZADO

DEMANDA	POLÍTICA DE OPERACIÓN	POLÍTICA DE OPERACIÓN	Statistics				
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
DEMANDA BÁSICA	LT=LP	LT=LP-SETUP	,094*	,012	,000	,070	,118
		LT=1/2LP	,255*	,012	,000	,231	,279
		LT=1	,332*	,012	,000	,309	,356
	LT=LP-SETUP	LT=LP	-,094*	,012	,000	-,118	-,070
		LT=1/2LP	,161*	,012	,000	,137	,185
		LT=1	,238*	,012	,000	,215	,262
	LT=1/2LP	LT=LP	-,255*	,012	,000	-,279	-,231
		LT=LP-SETUP	-,161*	,012	,000	-,185	-,137
		LT=1	,077*	,012	,000	,054	,101
	LT=1	LT=LP	-,332*	,012	,000	-,356	-,309
		LT=LP-SETUP	-,238*	,012	,000	-,262	-,215
		LT=1/2LP	-,077*	,012	,000	-,101	-,054
DBX100	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,001</b>	,012	,923	-,022	,025
		LT=1/2LP	,196*	,012	,000	,172	,219
		LT=1	,353*	,012	,000	,329	,376
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>-,001</b>	,012	,923	-,025	,022
		LT=1/2LP	,194*	,012	,000	,171	,218
		LT=1	,351*	,012	,000	,328	,375
	LT=1/2LP	LT=LP	-,196*	,012	,000	-,219	-,172
		LT=LP-SETUP	-,194*	,012	,000	-,218	-,171
		LT=1	,157*	,012	,000	,133	,180
	LT=1	LT=LP	-,353*	,012	,000	-,376	-,329
		LT=LP-SETUP	-,351*	,012	,000	-,375	-,328
		LT=1/2LP	-,157*	,012	,000	-,180	-,133
DBX1000	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,000</b>	,012	,992	-,023	,024
		LT=1/2LP	,195*	,012	,000	,172	,219
		LT=1	,353*	,012	,000	,330	,377
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>,000</b>	,012	,992	-,024	,023
		LT=1/2LP	,195*	,012	,000	,172	,219
		LT=1	,353*	,012	,000	,330	,377
	LT=1/2LP	LT=LP	-,195*	,012	,000	-,219	-,172
		LT=LP-SETUP	-,195*	,012	,000	-,219	-,172
		LT=1	,158*	,012	,000	,135	,182
	LT=1	LT=LP	-,353*	,012	,000	-,377	-,330
		LT=LP-SETUP	-,353*	,012	,000	-,377	-,330
		LT=1/2LP	-,158*	,012	,000	-,182	-,135

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

FUENTE: SPSS

## ANEXO K

### PRUEBAS DE LA NO INTERACCIÓN ENTRE EL FACTOR BLOQUE MEZCLA Y LOS DOS FACTORES PRINCIPALES PARA EL “MEAN FLOW TIME”

En el análisis de varianza realizado a los datos del tiempo promedio de flujo por unidad, se asumió que la interacción entre los factores principales y el factor *mezcla* no es significativa, porque éste último es un factor bloque. Sin embargo, es necesario verificar dicho supuesto para comprobar que el modelo utilizado en el análisis estadístico de la variable desempeño tiempo promedio de flujo por unidad es adecuado.

Primero, se verificó la ausencia de interacción entre el factor *mezcla* y el factor *nivel de demanda*. Posteriormente, se realizó el mismo procedimiento para comprobar la ausencia de interacción entre el factor *mezcla* y el factor *política de operación*.

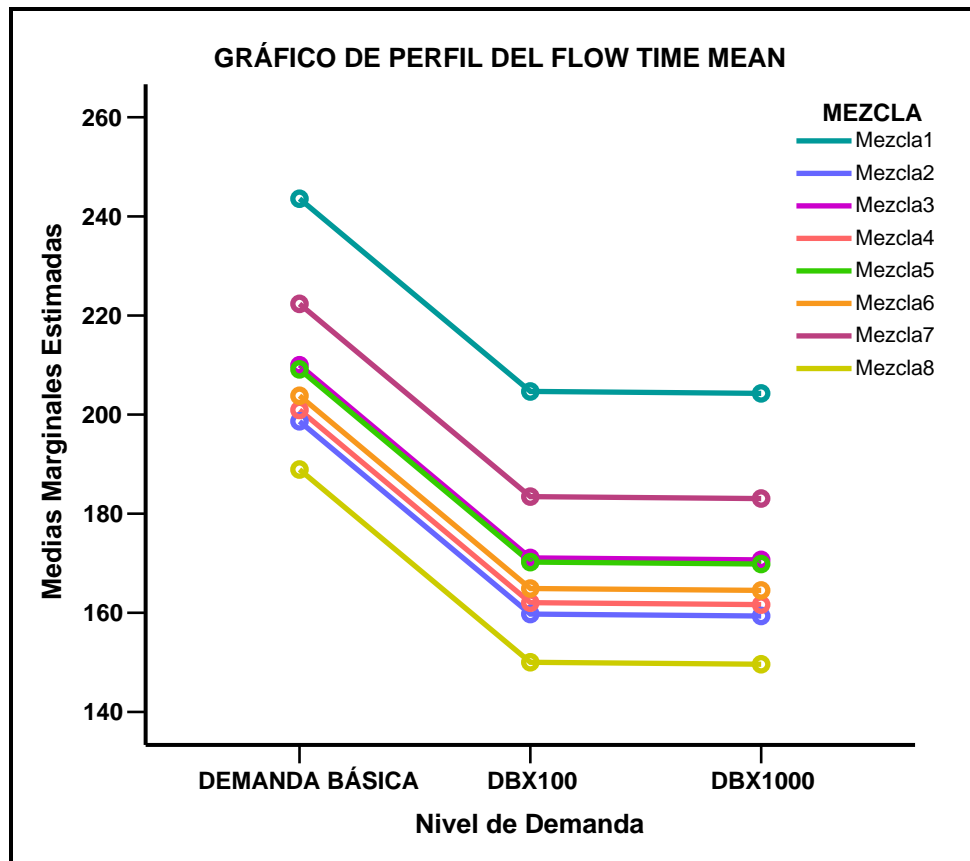
#### A. Interacción entre los factores Mezcla y Nivel de Demanda

Para verificar la interacción entre estos dos factores de estudio, se utilizó un gráfico de perfil, el cual muestra en el eje de las ordenadas la escala de las medias de la variable tiempo de flujo por unidad y en el eje de las abscisas los niveles del factor *nivel de demanda*. Las líneas del gráfico representan las diferentes mezclas de productos consideradas en el estudio.

Las líneas de la gráfica muestran el significado de la interacción. Como todas las rectas son paralelas entre sí, la interacción entre el nivel de demanda y la mezcla no es significativa, lo cual es consecuente con los supuestos realizados en el análisis de varianza.

En general, se consigue un mayor valor en el tiempo promedio de flujo por unidad con el nivel de demanda básica, independientemente de la mezcla de los productos. Se puede observar también, que el efecto en el “mean flow time” al cambiar un nivel de demanda por otro es el mismo en todas las mezclas consideradas, por lo tanto, no existe interacción entre estos dos factores.

## Interacción Mezcla – Nivel de Demanda



FUENTE: SPSS

### B. Interacción entre los factores Mezcla y Política de Operación

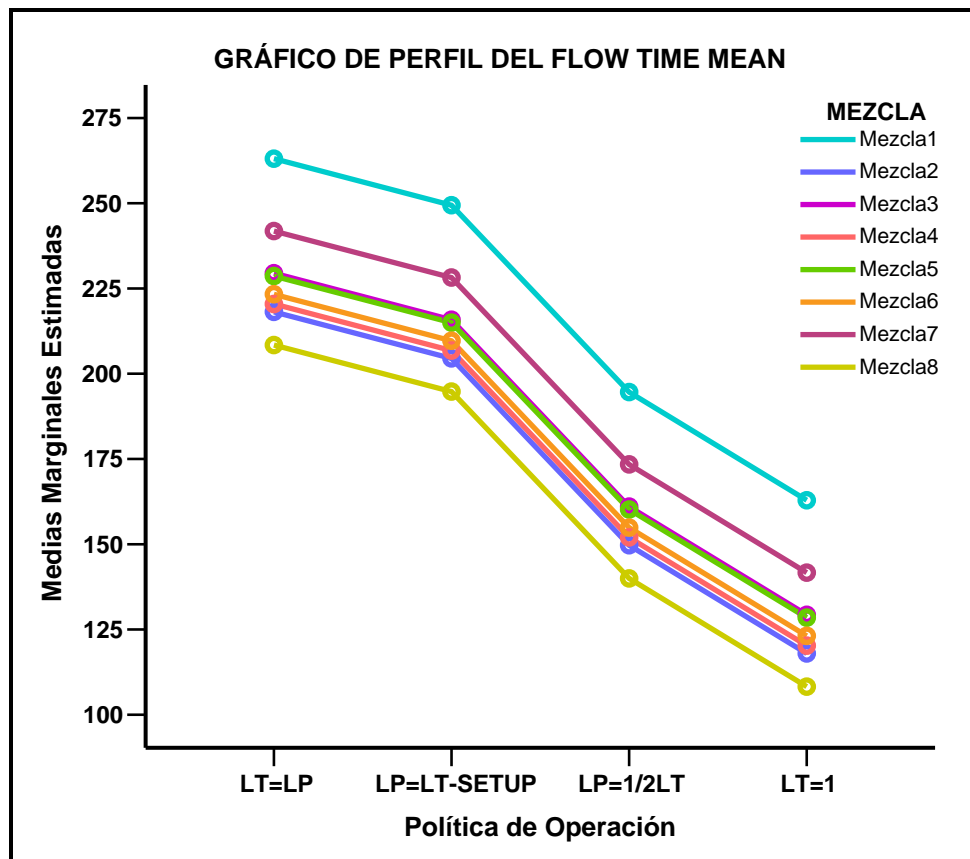
Para verificar la interacción entre estos dos factores de estudio, se utilizó, al igual que en el caso anterior, un gráfico de perfil, el cual muestra en el eje de las ordenadas la escala de las medias de la variable tiempo promedio de flujo por unidad y en el eje de las abscisas los niveles del factor *política de operación*. Las líneas del gráfico representan las diferentes mezclas de productos consideradas en el estudio.

Las líneas de la gráfica muestran el significado de la interacción. Como todas las rectas son paralelas entre sí, la interacción entre la política de operación y la mezcla no es significativa, lo cual es consecuente con los supuestos realizados en el análisis de varianza.

En general, se consigue un mayor valor en el tiempo promedio de flujo por unidad con la política que no considera fraccionamiento de lotes ni anticipación de los tiempos de

preparación, independientemente de la mezcla de los productos. Además, se observa que en cualquier mezcla, el mejor desempeño del sistema lo da la política de lotes de transferencia unitarios, lo cual es consecuente con los resultados encontrados en el análisis estadístico de los datos. El efecto en el “mean flow time” al cambiar de una política de tamaño de lote de transferencia a otra es el mismo en todas las mezclas consideradas, por lo tanto, no existe interacción entre estos dos factores.

### Interacción Mezcla – Política de Operación



FUENTE: SPSS

## ANEXO L

### VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DEL “MEAN FLOW TIME”

La descomposición de la variabilidad presente en las observaciones mediante el análisis de varianza requiere que se satisfagan ciertos supuestos. Específicamente, estos supuestos son que el modelo  $y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$  describe de manera adecuada las observaciones, y que los errores o residuales ( $\varepsilon_{ijk}$ ) siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza  $\sigma^2$  constante pero desconocida. No es prudente confiar en el análisis de varianza hasta haber verificado dichos supuestos, por lo tanto, a continuación se tratarán de manera específica los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Se asume que el supuesto de independencia en las observaciones se cumple, porque, al utilizar para la solución de los casos un método exacto, el procesamiento de cada situación es completamente independiente y no se ve afectado por las corridas anteriores.

#### A. Supuesto de Normalidad

Este supuesto indica que las muestras estudiadas mediante el análisis de varianza deben provenir de poblaciones normalmente distribuidas. Su verificación se puede realizar mediante una prueba de significación como la de Kolmogorov-Smirnov. Este procedimiento de prueba compara la función de distribución acumulada del tiempo promedio de flujo unitario con una distribución teórica determinada, en este caso, la distribución normal. Esta prueba de bondad de ajuste contrasta estadísticamente si las observaciones tienen una distribución normal.

La siguiente tabla ofrece el estadístico de Kolmogorov-Smirnov acompañado de su nivel crítico correspondiente. Ambos permiten contrastar la hipótesis nula de que los valores del tiempo promedio de flujo unitario proceden de poblaciones normales. De acuerdo con el análisis de normalidad, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad, porque el nivel crítico (0.491) es mayor que el nivel de significancia establecido (0.05).

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov

H<sub>0</sub>: La distribución de los valores se comporta como una distribución normal.

H<sub>1</sub>: La distribución de los valores no se comporta como una distribución normal.

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Statistics		Variables
		FLOW TIME MEAN
N		96
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	183,599
	Std. Deviation	48,3986
Most Extreme Differences	Absolute	,085
	Positive	,074
	Negative	-,085
Kolmogorov-Smirnov Z		,833
Asymp. Sig. (2-tailed)		,491

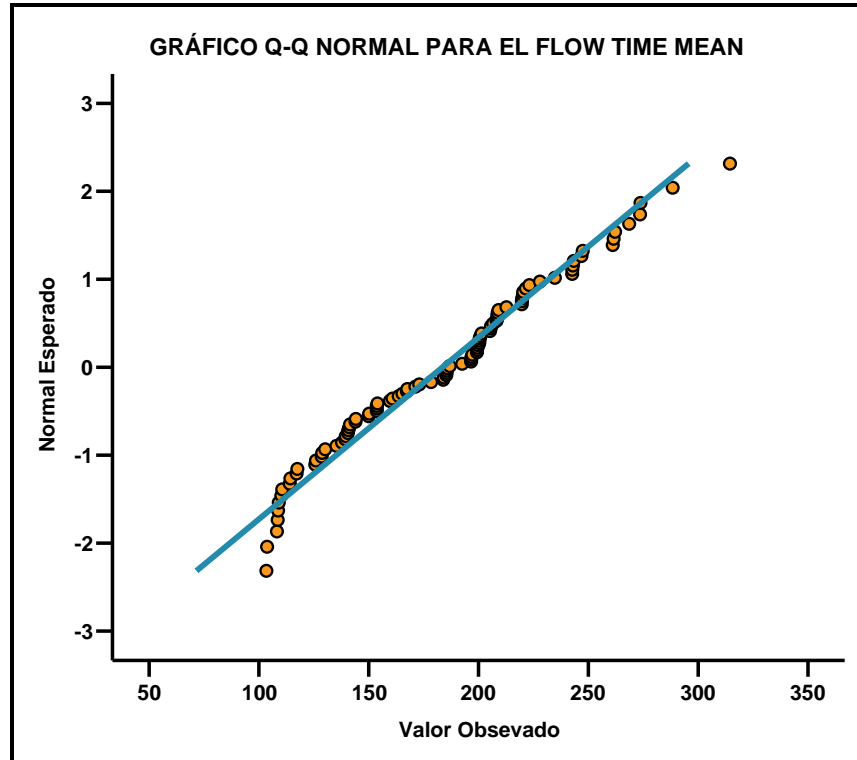
a. Test distribution is Normal.

b. Nivel de Confianza : 95%

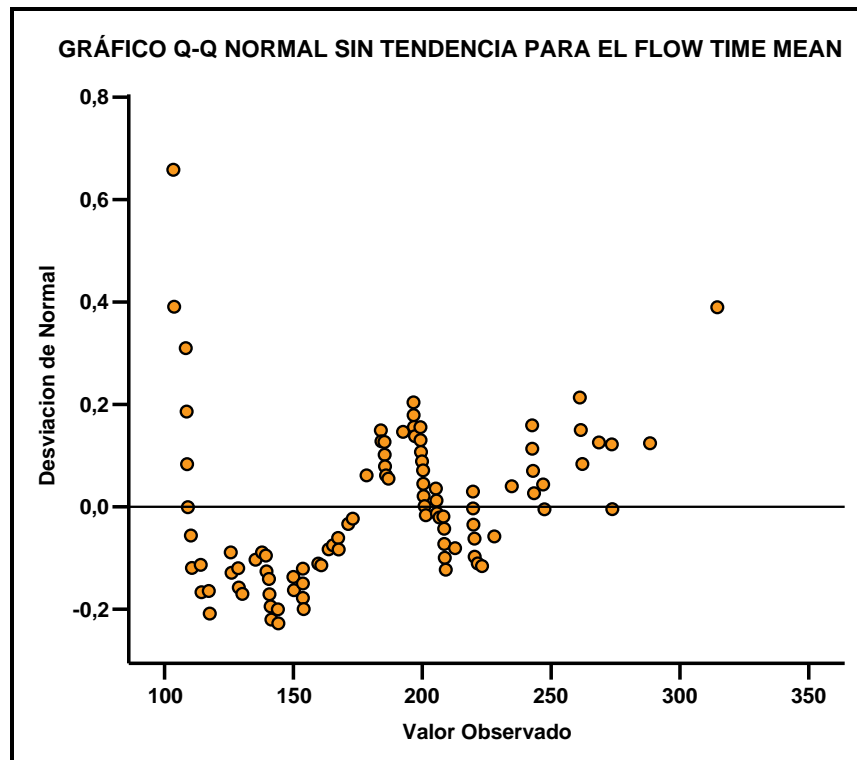
Además, se complementó el estadístico de Kolmogorov-Smirnov con los gráficos de normalidad *Q-Q normal* y *Q-Q normal sin tendencia*.

En el gráfico *Q-Q normal*, cada valor observado ( $Y_i$ ) es comparado con la puntuación típica  $NZ_i$  que teóricamente le correspondería a ese valor en una distribución normal estandarizada. En el eje de las abscisas están representados los valores observados desde el más pequeño al más grande ( $Y_i$ ); en el de ordenadas están representadas las puntuación típicas normales ( $NZ_i$ ). Cuando una muestra procede de una población normal, los puntos correspondientes a cada par se encuentran agrupados en torno a la diagonal representada en el diagrama. Las desviaciones de la diagonal indican desviaciones de la normalidad.

Un gráfico *Q-Q normal sin tendencia* muestra las diferencias existentes entre la puntuación típica observada de cada valor ( $Z_i$ ) y su correspondiente puntuación típica normal ( $NZ_i$ ). Es decir, muestra las distancias verticales existentes entre cada punto del gráfico *Q-Q normal* y la recta diagonal. En el eje de abscisas están representados los valores observados ( $Y_i$ ) y en el de ordenadas el tamaño de las diferencias entre las puntuaciones típicas observadas y las esperadas ( $Z_i - NZ_i$ ). Si la muestra procede de una población normal, esas diferencias deben oscilar de forma aleatoria en torno al valor cero (línea recta horizontal). La presencia de pautas de variación no aleatorias indica desviaciones de la normalidad.



Como se puede observar, los puntos del diagrama *Q-Q normal* se ajustan a la diagonal, indicando que los valores se distribuyen normalmente, lo cual es consecuente con la prueba de significancia de Kolmogorov-Smirnov.



Como se puede observar, los puntos del diagrama *Q-Q normal sin tendencia* se distribuyen aleatoriamente sin mostrar una pauta clara, indicando que la variable se distribuyen normalmente, lo cual, es consecuente con la prueba de significancia de Kolmogorov-Smirnov.

## B. Supuesto de Homocedasticidad

Es frecuente el uso de gráficas residuales para diagnosticar la desigualdad de la varianza, pero también existen pruebas estadísticas para evaluar el supuesto de homocedasticidad. Básicamente, lo que se desea verificar es que las poblaciones definidas por cada combinación de los factores principales del experimento (*nivel de demanda y política de operación*) posean la misma varianza.

Un procedimiento muy utilizado es la prueba de *Levene*, la cual usa el estadístico F para probar la igualdad de varianzas.

### Prueba de Levene

$$H_0: \sigma_i^2 = \sigma_j^2$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$$

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

Dependent Variable: FLOW TIME MEAN ESCALADO

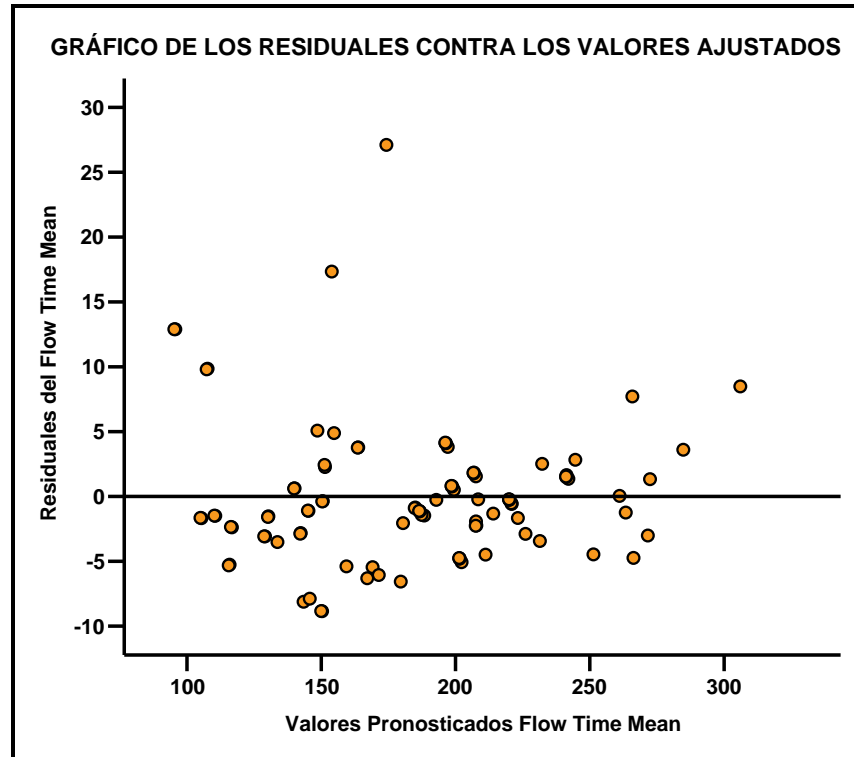
Statistics			
F	df1	df2	Sig.
,375	11	84	,963

a. Nivel de Significancia : 95%

El nivel crítico (*Sig.*) asociado al estadístico de Levene permite contrastar la hipótesis de homogeneidad de varianzas: como el nivel crítico (0,963) es mayor que 0,05, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas, por lo tanto, la varianza del tiempo promedio de flujo por unidad se puede considerar igual en las 12 poblaciones definidas por la combinación de los factores *política de operación y nivel de demanda*.

Un gráfico de los residuos también permite verificar el cumplimiento del supuesto de homocedasticidad. Si las varianzas son homogéneas, en el gráfico correspondiente a

la relación entre los valores pronosticados y los residuos tipificados la dispersión de los residuos es similar a lo largo de todos los valores pronosticados.



En la gráfica anterior se puede observar que la varianza es constante, porque es aproximadamente la misma para todos los valores pronosticados. Por lo tanto, se concluye que el supuesto de homocedasticidad se cumple.

Como los supuestos de Normalidad y Homocedasticidad se cumplen, el procedimiento de análisis de varianza realizado a los valores del tiempo promedio de flujo por unidad es una prueba exacta de la hipótesis de que no hay diferencias en las medias de los tratamientos.

**ANEXO M**  
**COMPARACIONES MÚLTIPLES CON LAS PRUEBAS DE BONFERRONI Y LSD**  
**PARA EL “MEAN FLOW TIME”**

*Prueba de Bonferroni*

Dependent Variable: FLOW TIME MEAN ESCALADO

DEMANDA	POLÍTICA DE OPERACIÓN	POLÍTICA DE OPERACIÓN	Statistics				
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
DEMANDA BÁSICA	LT=LP	LT=LP-SETUP	40,187*	2,969	,000	32,145	48,228
		LT=1/2LP	91,970*	2,969	,000	83,928	100,0
		LT=1	117,659*	2,969	,000	109,6	125,7
	LT=LP-SETUP	LT=LP	-40,187*	2,969	,000	-48,23	-32,15
		LT=1/2LP	51,783*	2,969	,000	43,741	59,824
		LT=1	77,473*	2,969	,000	69,431	85,514
	LT=1/2LP	LT=LP	-91,970*	2,969	,000	-100,0	-83,93
		LT=LP-SETUP	-51,783*	2,969	,000	-59,82	-43,74
		LT=1	25,690*	2,969	,000	17,648	33,731
	LT=1	LT=LP	-117,659*	2,969	,000	-125,7	-109,6
		LT=LP-SETUP	-77,473*	2,969	,000	-85,51	-69,43
		LT=1/2LP	-25,690*	2,969	,000	-33,73	-17,65
DBX100	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,689</b>	2,969	1,0	-7,352	8,731
		LT=1/2LP	57,015*	2,969	,000	48,974	65,057
		LT=1	91,702*	2,969	,000	83,661	99,744
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>-,689</b>	2,969	1,0	-8,731	7,352
		LT=1/2LP	56,326*	2,969	,000	48,285	64,368
		LT=1	91,013*	2,969	,000	82,971	99,054
	LT=1/2LP	LT=LP	-57,015*	2,969	,000	-65,06	-48,97
		LT=LP-SETUP	-56,326*	2,969	,000	-64,37	-48,28
		LT=1	34,687*	2,969	,000	26,645	42,728
	LT=1	LT=LP	-91,702*	2,969	,000	-99,74	-83,66
		LT=LP-SETUP	-91,013*	2,969	,000	-99,05	-82,97
		LT=1/2LP	-34,687*	2,969	,000	-42,73	-26,65
DBX1000	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,089</b>	2,969	1,0	-7,953	8,130
		LT=1/2LP	56,381*	2,969	,000	48,339	64,422
		LT=1	91,218*	2,969	,000	83,177	99,260
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>-,089</b>	2,969	1,0	-8,130	7,953
		LT=1/2LP	56,292*	2,969	,000	48,251	64,334
		LT=1	91,130*	2,969	,000	83,088	99,171
	LT=1/2LP	LT=LP	-56,381*	2,969	,000	-64,42	-48,34
		LT=LP-SETUP	-56,292*	2,969	,000	-64,33	-48,25
		LT=1	34,838*	2,969	,000	26,796	42,879
	LT=1	LT=LP	-91,218*	2,969	,000	-99,26	-83,18
		LT=LP-SETUP	-91,130*	2,969	,000	-99,17	-83,09
		LT=1/2LP	-34,838*	2,969	,000	-42,88	-26,80

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Prueba LSD

Dependent Variable: FLOW TIME MEAN ESCALADO

DEMANDA	POLÍTICA DE OPERACIÓN	POLÍTICA DE OPERACIÓN	Statistics				
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
<b>DEMANDA BÁSICA</b>	LT=LP	LT=LP-SETUP	40,187*	2,969	,000	34,274	46,100
		LT=1/2LP	91,970*	2,969	,000	86,057	97,882
		LT=1	117,659*	2,969	,000	111,7	123,6
	LT=LP-SETUP	LT=LP	-40,187*	2,969	,000	-46,10	-34,27
		LT=1/2LP	51,783*	2,969	,000	45,870	57,695
		LT=1	77,473*	2,969	,000	71,560	83,385
	LT=1/2LP	LT=LP	-91,970*	2,969	,000	-97,88	-86,06
		LT=LP-SETUP	-51,783*	2,969	,000	-57,70	-45,87
		LT=1	25,690*	2,969	,000	19,777	31,603
	LT=1	LT=LP	-117,659*	2,969	,000	-123,6	-111,7
		LT=LP-SETUP	-77,473*	2,969	,000	-83,39	-71,56
		LT=1/2LP	-25,690*	2,969	,000	-31,60	-19,78
<b>DBX100</b>	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,689</b>	2,969	,817	-5,224	6,602
		LT=1/2LP	57,015*	2,969	,000	51,103	62,928
		LT=1	91,702*	2,969	,000	85,789	97,615
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>-,689</b>	2,969	,817	-6,602	5,224
		LT=1/2LP	56,326*	2,969	,000	50,413	62,239
		LT=1	91,013*	2,969	,000	85,100	96,926
	LT=1/2LP	LT=LP	-57,015*	2,969	,000	-62,93	-51,10
		LT=LP-SETUP	-56,326*	2,969	,000	-62,24	-50,41
		LT=1	34,687*	2,969	,000	28,774	40,600
	LT=1	LT=LP	-91,702*	2,969	,000	-97,61	-85,79
		LT=LP-SETUP	-91,013*	2,969	,000	-96,93	-85,10
		LT=1/2LP	-34,687*	2,969	,000	-40,60	-28,77
<b>DBX1000</b>	LT=LP	LT=LP-SETUP	<b>,089</b>	2,969	,976	-5,824	6,001
		LT=1/2LP	56,381*	2,969	,000	50,468	62,294
		LT=1	91,218*	2,969	,000	85,306	97,131
	LT=LP-SETUP	LT=LP	<b>-,089</b>	2,969	,976	-6,001	5,824
		LT=1/2LP	56,292*	2,969	,000	50,379	62,205
		LT=1	91,130*	2,969	,000	85,217	97,043
	LT=1/2LP	LT=LP	-56,381*	2,969	,000	-62,29	-50,47
		LT=LP-SETUP	-56,292*	2,969	,000	-62,20	-50,38
		LT=1	34,838*	2,969	,000	28,925	40,750
	LT=1	LT=LP	-91,218*	2,969	,000	-97,13	-85,31
		LT=LP-SETUP	-91,130*	2,969	,000	-97,04	-85,22
		LT=1/2LP	-34,838*	2,969	,000	-40,75	-28,92

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).