



PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES

SCHEDULING-SECUENCIAMIENTO DE TAREAS

JAIME MIRANDA

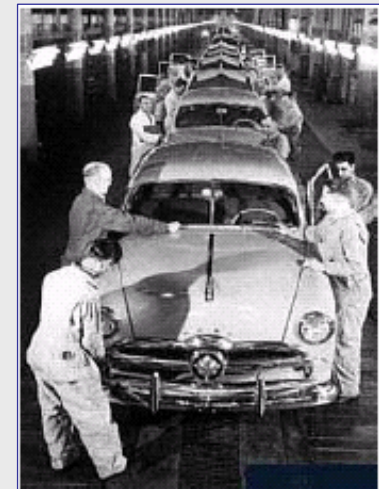
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Chile

¿Qué es un Programa?

- Es un horario para ejecutar actividades, utilizando recursos o asignando instalaciones.

¿Qué es programar operaciones?

- Programar implica determinar el orden en que se ejecutarán las tareas y, también, la asignación de recursos a éstas (máquinas, personal, etc.).



¿Qué es un Centro de Trabajo?

- Es un área de una empresa en la cual los recursos productivos se organizan y el trabajo se lleva a cabo.
- En el caso de Talleres de Trabajo, las tareas deben ser dirigidas entre Centro de Trabajos organizados funcionalmente.

¿Qué es Secuenciamiento de Tareas?

- Corresponde al proceso de determinar qué tarea se inicia primero en alguna máquina o centro de trabajo.



ASIGNACION DE TURNOS STAFF DE AEROLINEAS

→ PROBLEMA GENERAL

- Asignación de turnos a personal aéreo y rutas de aviones de una aerolínea.

CARACTERISICAS

- Más de 1.000 empleados.
- En variados países.
- Distintos turnos y zonas horarias
- Restricciones de vuelo.

PAPER: Optimized Crew Scheduling at Air New Zealand

Autor: David M. Ryan

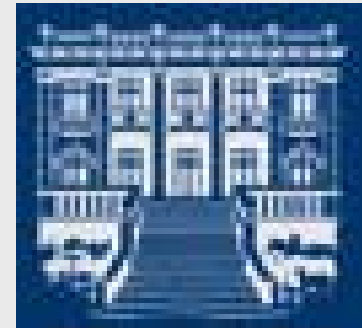
ESQUEMA DE HORARIOS Y CURSOS DE UNA UNIVERSIDAD

PROBLEMA GENERAL

- Asignación de salas, horarios y profesores a los ramos de los distintos semestres en una institución académica

CARACTERÍSTICAS

- Capacidad y número de salas.
- Número de cursos
- Número de alumnos.
- Número de profesores.
- Disponibilidades de bloques.
- Ajustes de semestres.



ESQUEMA DE ORGANIZACIÓN DE FECHAS DE PARTIDOS

→ PROBLEMA GENERAL

- Asignación de las fechas para cada partido, asignando a cada equipo durante la duración de un campeonato

CARACTERISICAS

- Muchos equipos.
- Distintas tarificaciones horarias
- Días importantes - Aniversario de clubes.
- Días y hora para “clasicos”
- Secuenciamiento de partidos – Local – Visitas.
- Poder político. Televisión- jugadores.

PAPER: SCHEDULING A MAJOR COLLEGE BASKETBALL

Autor: George I. Nemhauser



SECUENCIAMIENTO DE TRABAJOS EN PRODUCCIÓN

PROBLEMA GENERAL

- Generación de secuenciamientos de tareas a los distintos centros de trabajo.

CARACTERISTICAS

- Se poseen n tareas y m maquinas.
 - ¿Qué tarea realizo primero?
 - ¿En qué máquina?
 - Prioridades sobre las tareas.
-
- **PAPER:** Production Scheduling Theory: Just Where Is It Applicable?
 - Autores: Víctor Portougal-David J. Robb

Planning Level (PL)	Production Unit (PU)	Planning Horizon (PH)	Planning Period (PP)	Planning Item (PI)
Company	Company as a whole	1, 2, or 3 years	1, 3, or 12 months	End products or volumes of product groups
Aggregate	Manufacturing sections or groups of processes	1, 3, or 12 months	1 week or 1 month	Assemblies or subassemblies or stages of the product
Shop floor	Groups of (or individual) machines or processes	1 week or 1 month	1 day or 1 shift	Batch of parts or single operations on batches of parts

Las principales maneras de programar operaciones se clasifican de la siguiente forma:

→ Programación de Carga Infinita:

- Las tareas son asignadas a un centro de trabajo en base a lo que se necesita en el tiempo, sin considerar si existen los recursos suficientes (capacidad).

→ Programación de Carga Finita:

- Determina con exactitud que hará cada recurso en cada momento de la jornada de trabajo.

→ Programación de Carga Futura:

- Se toman los pedidos y programan las operaciones que deben completarse más adelante en el tiempo.
- Indica la fecha más temprana en que un pedido puede terminarse.

→ Programación de Carga Inversa:

- Se inicia en una fecha futura (por ejemplo, vencimiento) y se programan las operaciones requeridas en una secuencia inversa.
- Indica cuando debe iniciarse un pedido o tarea para que se termine en una fecha específica.
- Un Sistema MRP es un buen ejemplo.

ALGUNAS LIMITANTES:

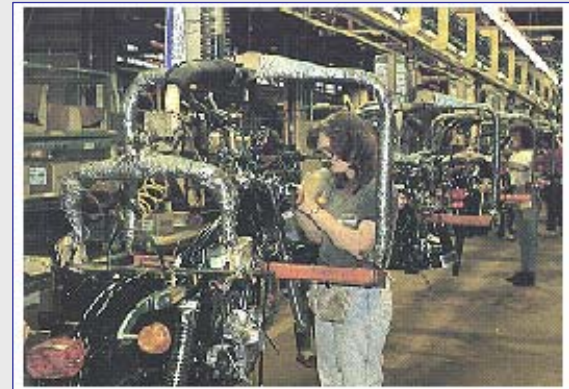
→ Limitado a las Máquinas:

- Los equipos corresponden a los recursos críticos en la programación de operaciones.

→ Limitado al Trabajo:

- El personal constituye el recurso clave de la programación de operaciones.

Nota: Actualmente la tecnología permite la generación de programas muy detallados.



Para poder programar y controlar una operación, se deben ejecutar las siguientes funciones:

- Asignar pedidos, equipos y personal a los centros de trabajo.
- Determinar la secuencia de ejecución de los pedidos o tareas.
- Control de piso del taller, es decir, revisar estados de los pedidos y tomar las acciones correctivas pertinentes.

Dentro de los muchos objetivos que se pueden definir para la programación, destacan:

- Cumplir con las fechas de entrega de los pedidos.
- Minimizar el plazo de entrega.
- Minimizar el inventario de productos en proceso.
- Minimizar el tiempo o costo de preparación (setup).
- Maximizar la utilización de máquinas y personal (trade off).

Definición:

- Las reglas de despacho o normas prioritarias corresponden a los criterios utilizados para obtener el secuenciamiento de un conjunto de tareas.

Formas de evaluarlas:

- Ajuste a las fechas de vencimiento.
- Minimización de los tiempos de proceso.
- Minimización de los inventarios de productos en proceso.
- Minimización del tiempo de inactividad de máquinas o trabajadores.

EJEMPLO

→ La información asociada a los pedidos es la siguiente:

Tarea (en orden de llegada)	Tiempo de Proceso (días)	Fecha de Vencimiento (días a partir de hoy)
A	3	5
B	4	6
C	2	7
D	6	9
E	1	2

→ Todos los pedidos requieren de la utilización de una única máquina a color disponible. El supervisor quiere decidir sobre la secuencia de procesamiento para los 5 pedidos utilizando como criterio de evaluación el tiempo de proceso mínimo.

Las 10 principales:

→ FCFS (First Come, First Served):

- La primera tarea o pedido en llegar es el primero en ser atendido.
- Los pedidos se ejecutan el orden en que llegan a la máquina o centro de trabajo.

Secuencia de tareas	Duración (días)	Fecha de Vencimiento (días a partir de hoy)	Tiempo en Proceso
A	3	5	$0 + 3 = 3$
B	4	6	$3 + 4 = 7$
C	2	7	$7 + 2 = 9$
D	6	9	$9 + 6 = 15$
E	1	2	$15 + 1 = 16$

Tiempo Total en Proceso = $3 + 7 + 9 + 15 + 16 = 50$ días.

Tiempo Medio en Proceso = $50/5 = 10$ días.

Tiempo Promedio de Atraso = $(0 + 1 + 2 + 6 + 14)/5 = 4,6$ días.

REGLAS DE DESPACHO (2)

→ SOT (Shortest Operating Time):

- Tiempo de operación más corto.
- Primero se ejecuta la tarea que tenga el tiempo de termino más corto.
- Es idéntica al tiempo de procesamiento más corto (SPT).

Secuencia de tareas	Duración (días)	Fecha de Vencimiento (días a partir de hoy)	Tiempo en Proceso
E	1	2	$0 + 1 = 1$
C	2	7	$1 + 2 = 3$
A	3	5	$3 + 3 = 6$
B	4	6	$6 + 4 = 10$
D	6	9	$10 + 6 = 16$

Tiempo Total en Proceso = $1 + 3 + 6 + 10 + 16 = 36$ días.

Tiempo Medio en Proceso = $36/5 = 7,2$ días.

Tiempo Promedio de Atraso = $(0 + 0 + 1 + 4 + 7)/5 = 2,4$ días.

REGLAS DE DESPACHO (3)

→ Fecha de vencimiento:

- Primero se ejecuta la tarea con fecha de vencimiento más cercana.

→ Fecha de iniciación:

- Se define como la fecha de vencimiento menos el tiempo normal que demora la tarea en el centro de trabajo.
- Se ejecuta primero la tarea con fecha de iniciación más cercana.

Secuencia de tareas	Duración (días)	Fecha de Vencimiento (días a partir de hoy)	Tiempo en Proceso
E	1	2	$0 + 1 = 1$
A	3	5	$1 + 3 = 4$
B	4	6	$4 + 4 = 8$
C	2	7	$8 + 2 = 10$
D	6	9	$10 + 6 = 16$

Tiempo Total en Proceso = $1 + 4 + 8 + 10 + 16 = 39$ días.

Tiempo Medio en Proceso = $39/5 = 7,8$ días.

Tiempo Promedio de Atraso = $(0 + 0 + 2 + 3 + 7)/5 = 2,4$ días.

REGLAS DE DESPACHO (4)

→ STR (Slack Time Remaining):

- Corresponde a la holgura de tiempo restante para el inicio de una tarea.
- Se calcula como la diferencia entre el tiempo que falta para la fecha de vencimiento y el tiempo total de procesamiento restante.
- Los pedidos que tienen el STR más corto se ejecutan primero.

→ STR/OP (Slack Time Remaining per Operation):

- Se calcula como la razón entre el STR y el número de operaciones restantes.
- El pedido con STR/OP más corto es ejecutado primero.

Secuencia de tareas	Duración (días)	Fecha de Vencimiento (días a partir de hoy)	Tiempo en Proceso
E	1	2	$0 + 1 = 1$
A	3	5	$1 + 3 = 4$
B	4	6	$4 + 4 = 8$
D	6	9	$8 + 6 = 14$
C	2	7	$14 + 2 = 16$

Tiempo Total en Proceso = $1 + 4 + 8 + 14 + 16 = 43$ días.

Tiempo Medio en Proceso = $43/5 = 8,6$ días.

Tiempo Promedio de Atraso = $(0 + 0 + 2 + 5 + 9)/5 = 3,2$ días.

REGLAS DE DESPACHO (6)

→ LCFS (Last Come, First Served):

- El último pedido en llegar es el primero en ser ejecutado.
- Esta norma se presenta con frecuencia por defecto. A medida que llegan los pedidos, éstos se colocan encima de una pila, el operador recoge el pedido de encima y lo ejecuta.

Secuencia de tareas	Duración (días)	Fecha de Vencimiento (días a partir de hoy)	Tiempo en Proceso
E	1	2	$0 + 1 = 1$
D	6	9	$1 + 6 = 7$
C	2	7	$7 + 2 = 9$
B	4	6	$9 + 4 = 13$
A	3	5	$13 + 3 = 16$

Tiempo Total en Proceso = $1 + 7 + 9 + 13 + 16 = 46$ días.

Tiempo Medio en Proceso = $46/5 = 9,2$ días.

Tiempo Promedio de Atraso = $(0 + 0 + 2 + 7 + 11)/5 = 4,0$ días.

REGLAS DE DESPACHO (6)

→ RANDOM (Orden Aleatorio):

- Consiste en escoger cualquier tarea para ejecutarla primero.

Secuencia de tareas	Duración (días)	Fecha de Vencimiento (días a partir de hoy)	Tiempo en Proceso
D	6	9	$0 + 6 = 6$
C	2	7	$6 + 2 = 8$
A	3	5	$8 + 3 = 11$
E	1	2	$11 + 1 = 12$
B	4	6	$12 + 4 = 16$

Tiempo Total en Proceso = $6 + 8 + 11 + 12 + 16 = 53$ días.

Tiempo Medio en Proceso = $53/5 = 10,6$ días.

Tiempo Promedio de Atraso = $(0 + 1 + 6 + 10 + 10)/5 = 5,4$ días.

→ CR (Critical Ratio):

- Se calcula como la diferencia entre la fecha de vencimiento y la fecha actual, dividida por el número de días de trabajo restantes.
- El pedido que tiene CR más pequeño se ejecuta primero.

→ QR (Queue Ratio):

- Se calcula como el tiempo de holgura restante en el programa dividido por el tiempo en cola restante planeado.
- El pedido con QR más pequeño se ejecutan primero.

- Tabla Resumen:

Regla	Tiempo Total en Proceso	Tiempo Medio en Proceso (días)	Tiempo Promedio de Atraso (días)
FCFS	50	10,0	4,6
SOT	36	7,2	2,4
DDATE	39	7,8	2,4
LCFS	46	9,2	4,0
RANDOM	53	10,6	5,4
STR	43	8,6	3,2

- Se puede concluir que la regla SOT es la mejor de acuerdo al criterio considerado.
- Además, puede demostrarse matemáticamente que ésta genera una solución óptima para el tiempo total de proceso y el tiempo medio de proceso.

OBSERVACIÓN GENERAL:

- La dificultad teórica de los problemas de programación se incrementa a medida que se consideran más máquinas, y no en la medida que se deben procesar más tareas.



PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES

SCHEDULING-SECUENCIAMIENTO DE TAREAS

JAIME MIRANDA

Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Chile