



# Dinámica de Sistemas de Secuenciación

PS-4162 GESTION DE LA PRODUCCION - DECISIONES TACTICAS  
Universidad Simón Bolívar - Departamento de Procesos y Sistemas

Profesor Pedro Celis Caraballo  
Ph.D. ♦ SAFe 5 Agilist ♦ CSPO ♦ SMPC ♦ KanBan Design

*Dirigido a Estudiantes de Ingeniería de Producción*



[pbcelis@usb.ve](mailto:pbcelis@usb.ve)



[pedrobcelis](https://www.linkedin.com/in/pedrobcelis)



[@pbcelis](https://twitter.com/pbcelis)



[@gestion.inteligente](https://www.instagram.com/gestion.inteligente)



# Agenda

## Dinámica de Sistemas de Secuenciación

- ❑ Programación a corto plazo
- ❑ Métodos de Programación
- ❑ Sistemas de Programación
- ❑ Reglas de Secuenciación
- ❑ Herramientas de Programación
- ❑ Fabricación repetitiva
- ❑ Programación en servicios



# Programación a corto plazo

## Planificación de capacidad

1. Tamaño de la instalación
2. Adquisición del equipo

## Planificación agregada

1. Utilización de la instalación
2. Necesidades de personal
3. Subcontratación

## Programa Maestro

1. MRP
2. Desagregaciones del plan maestro

## Programación a Corto Plazo

1. Carga del centro de trabajo
2. Secuenciación del trabajo

Largo plazo

Medio plazo

Medio plazo

Corto plazo



# Programación a corto plazo

## Propósito

Si la programación es eficiente, las empresas utilizan sus bienes de manera más efectiva y crean más capacidad por dólar invertido, lo que, en definitiva, reduce los costos.

La capacidad y la flexibilidad conferida tiene como resultado una distribución más rápida y un mejor servicio al cliente.

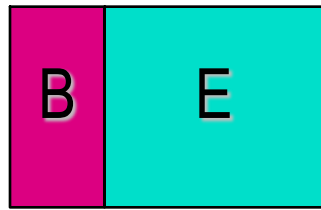
Una buena programación constituye una ventaja competitiva que contribuye a que la distribución sea fiable.



# Programación a corto plazo

## Elementos: operaciones - tiempo

### Programación hacia adelante

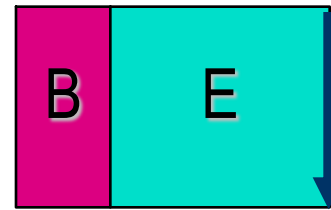


Hoy



Fecha de entrega

### Programación hacia atrás



Hoy



Fecha de entrega



# Programación a corto plazo

## Hacia adelante y hacia atrás

La programación hacia adelante empieza el programa tan pronto como se conocen las necesidades:

- ✓ Los trabajos se realizan bajo pedido del cliente.
- ✓ El programa puede cumplirse incluso si ello significa no cumplir la fecha de entrega.
- ✓ A menudo provoca una acumulación de inventario de trabajo en curso.

La programación hacia atrás empieza con la fecha de entrega, programando primero la última operación. Las etapas del trabajo se programan, de una en una, en orden inverso:

- ✓ Se utiliza en muchos entornos de fabricación, así como en entornos de servicios tales como servir un banquete o programar una operación de cirugía.



# Programación a corto plazo

## Ejemplos

### Hospital:

- ❑ Tratamientos de pacientes externos
- ❑ Salas de operaciones



### Universidad:

- ❑ Profesores
- ❑ Aulas



### Fábrica:

- ❑ Producción
- ❑ Compras





# Programación a corto plazo

## Interacciones

### Organización

### Se debe programar lo siguiente:

#### □ Hospital Monte Sinai

- ✓ La utilización de las salas de operación
- ✓ La admisión de pacientes
- ✓ Personal de enfermería, seguridad, mantenimiento
- ✓ Tratamientos de pacientes externos

#### □ Universidad de Indiana

- ✓ Aulas y equipo audiovisual
- ✓ Programación de estudiantes y profesores
- ✓ Cursos de postgrado y licenciatura





# Programación a corto plazo

## Interacciones

### Organización

□ Fábrica Lockheed-Martin

□ Delta Airlines

### Se debe programar lo siguiente:

- ✓ Producción de bienes
- ✓ Compras de materiales
- ✓ Trabajadores
  
- ✓ Mantenimiento de los aviones
- ✓ Horarios de salidas
- ✓ Tripulaciones de vuelo, personal de abastecimiento, de embarque y de billetes



# Programación a corto plazo

## Interacciones - Gestión

- ❑ Corrección de las eficiencias
- ❑ Aumentar el tamaño de la instalación
- ❑ Aumentar o reducir la planificación de entradas del centro de trabajo:
  - ❖ enviando trabajo a, o desde otros centros de trabajo
  - ❖ aumentando o disminuyendo la subcontratación
  - ❖ produciendo menos (o más)



# Programación a corto plazo

## Objetivos Específicos

- ❑ Minimizar el tiempo de finalización
- ❑ Maximizar la utilización (lo que hace efectivo el uso del personal y del equipamiento)
- ❑ Minimizar el inventario del trabajo en curso (WIP) (mantiene los niveles de inventario bajos)
- ❑ Minimizar el tiempo de espera de los clientes

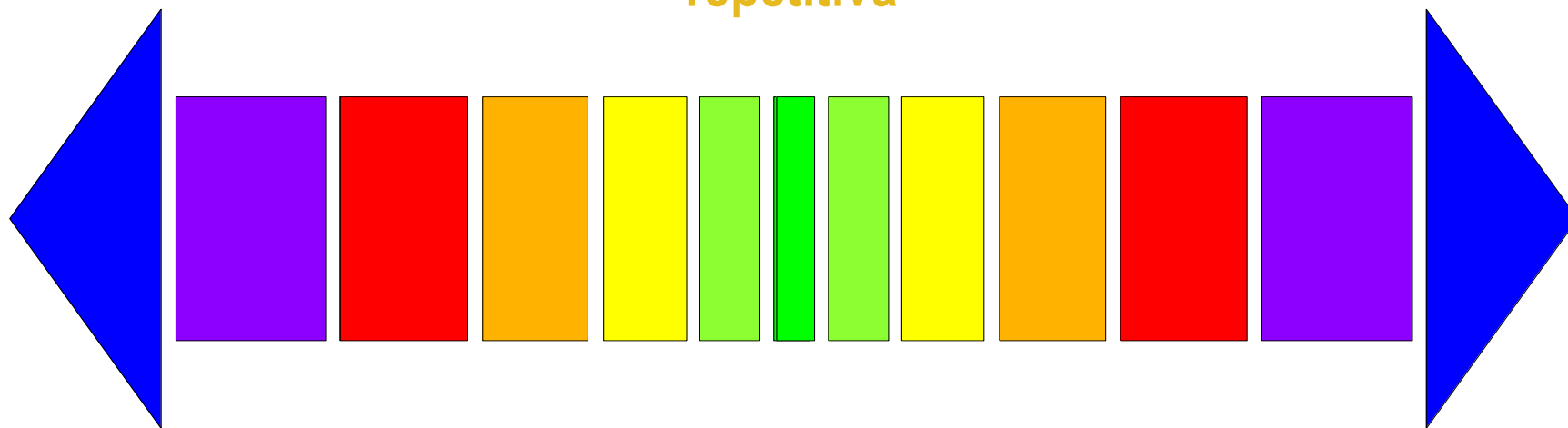


# Métodos de Programación

Programación en la producción enfocada al proceso

Programación en la producción enfocada a la producción repetitiva

Programación en la producción enfocada al sector de servicios



Variedad de métodos

Nivel de uso de los métodos



# Métodos de programación

## Factores cualitativos:

- ❑ Número y variedad de trabajos
- ❑ Complejidad de los trabajos
- ❑ Naturaleza de las operaciones

## Criterios cuantitativos:

- ❑ Tiempo medio de finalización de cada trabajo
- ❑ Utilización (% de tiempo que se utiliza la instalación)
- ❑ Inventario WIP (trabajos en proceso)
- ❑ Tiempo de espera de los clientes (retraso)



# Métodos de programación

## Enfocados al proceso

Programar pedidos sin violar limitaciones de capacidad

Comprobar disponibilidad de herramientas y materiales antes de emitir una orden a un departamento

Establecer fechas de entrega para cada trabajo y comprobar su progreso

Comprobar el trabajo en proceso según se mueven los trabajos a través del taller

Proporcionar retroalimentación de la planta y de las actividades de producción

Proporcionar estadísticas de eficiencia del trabajo y controlar los tiempos de los operarios



# Sistemas de Programación

## Enfocados al proceso

Sistemas de gran variedad y bajo volumen.

Los productos se hacen bajo el pedido.

Los productos necesitan materiales y procesos distintos.

El sistema de planificación y control de la producción puede ser complicado:

- ❑ Carga de los centros de trabajo.
- ❑ Secuenciación de trabajos.



# Sistemas de Programación

## Información requerida

**Archivo maestro de artículos:** que contiene información sobre cada componente que la empresa fabrica o compra

**Archivo de rutas:** indica la marcha de cada componente por el centro de trabajo

**Archivo maestro del centro de trabajo:** contiene información sobre el centro de trabajo, como la capacidad y la eficiencia





# Sistemas de Programación

## Carga de los centros de trabajo

Asignación de tareas a centros de trabajo o de proceso

Consideraciones:

- ❑ Prioridad del trabajo (por ejemplo: fecha de entrega)
- ❑ Capacidad:
  - ❖ Horas disponibles de los centros de trabajo
  - ❖ Horas que se necesitan trabajar

Otras cuestiones:

- ❑ Diagramas de Gantt (carga/programación): capacidad
- ❑ Método de asignación: designar trabajos para un centro de trabajo específico



# Sistemas de Programación

## Carga del pedido

	1	2	3
Requisitos brutos			
Recibo de productos programado			100
Disponibilidad			
Requisitos netos			
Recibo del pedido planificado			
Envío del pedido planificado	100		

Solicitud de pedido

Sí

¿Está bien la prioridad y la capacidad?

No

Se almacena la solicitud



# Sistemas de Programación

## Diagramas de carga de Gantt

Muestra las cargas de trabajo relativas en las instalaciones

Inconvenientes:

- ❑ No tiene en cuenta la variabilidad de la producción, tal como averías inesperadas
- ❑ Se debe actualizar de forma regular

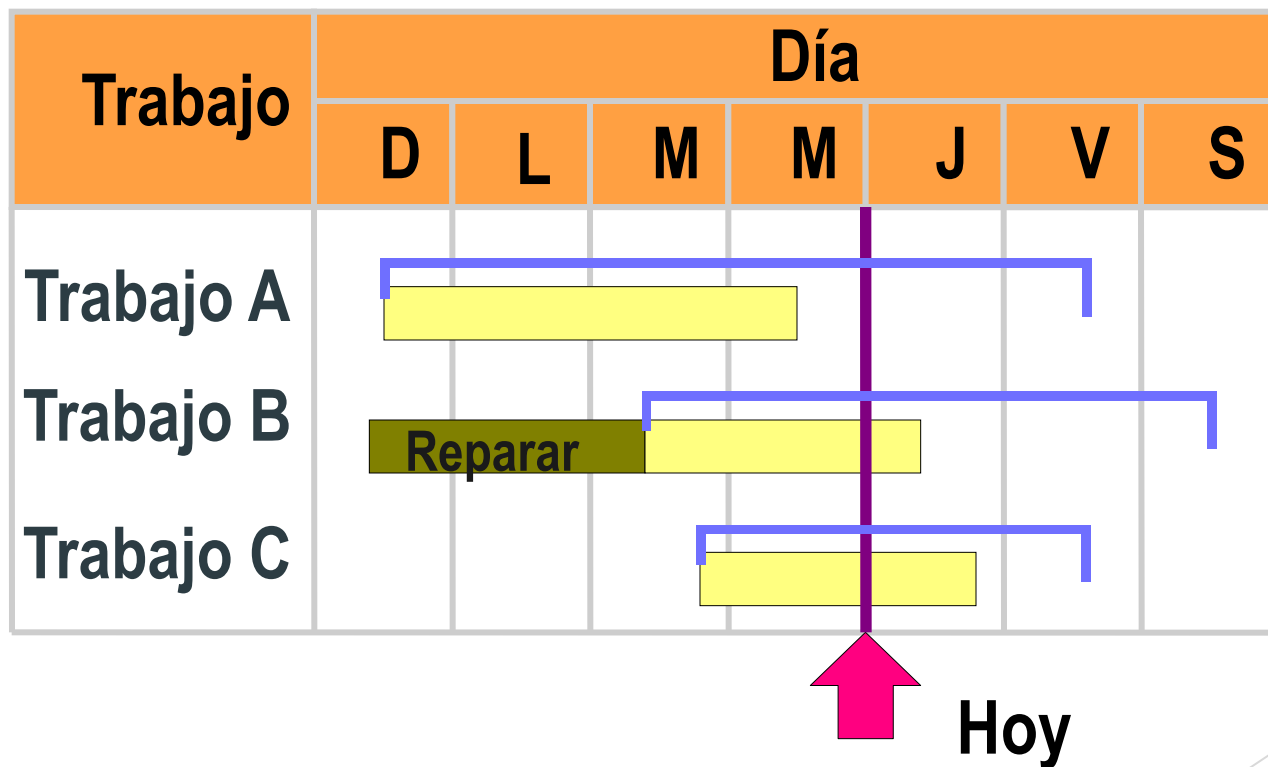
Centro de trabajo	L	M	M	J	V
Trabajos de metal	Trabajo A	<del> </del>	Trabajo F		
Mecánica		Trabajo D		Trabajo G	
Electrónica	Trabajo B			Trabajo H	
Pintura	Trabajo C		Trabajo E	<del> </del>	Trabajo I



# Sistemas de Programación

## Diagramas de carga de Gantt

Se utiliza para realizar el seguimiento de los trabajos que se están realizando





# Sistemas de Programación

## Método de asignación (PL)

Asignación de tareas o trabajos a los recursos.

Clase especial del modelo de programación lineal:

- **Objetivo:**

- ❖ Minimización de los costes totales, tiempo, etc.

- **Restricciones:**

- ❖ Un trabajo por recurso (por ejemplo: máquina).
  - ❖ Un recurso (por ejemplo: máquina) por trabajo.



# Sistemas de Programación

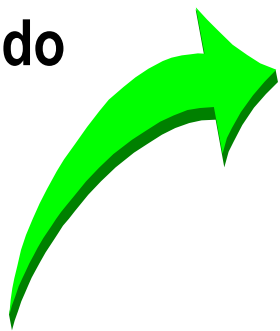
## Método de asignación - 4 pasos

- 1 Restar el número menor de cada fila a cada número de esa fila y después restar el número más pequeño de cada columna a cada número de esa columna.
- 2 Escoger el número menor de líneas rectas horizontales y verticales necesarias para cubrir todos los ceros de la tabla:
  - ❑ Si el número de líneas es igual al número de filas o columnas, se puede hacer una asignación óptima (véase el paso 4).
  - ❑ O también...
- 3 Restar el número menor no cubierto por una línea de cada número que esté descubierto. Sumar el mismo número a cada número(s) que se encuentre en la intersección de dos líneas. Regresar al paso 2.
- 4 Las asignaciones óptimas estarán siempre en las casillas con cero en la tabla.

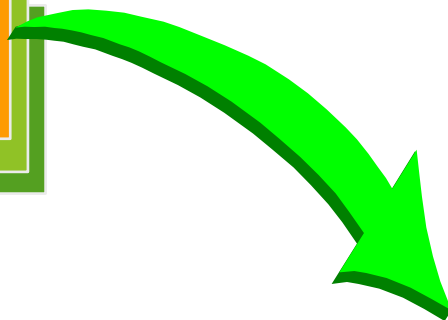


# Reglas de Secuenciación

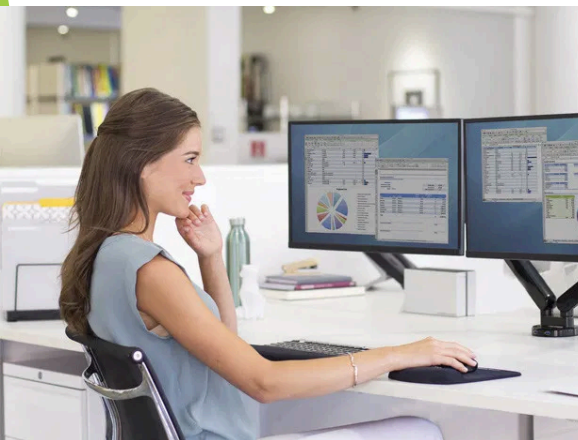
Envío del  
pedido



Paquete de  
trabajo  
Trabajo XYZ

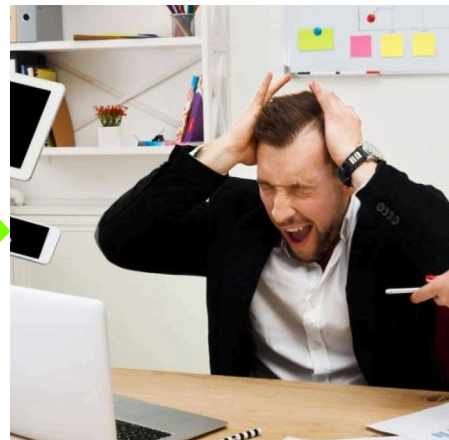


¿Cuál es el  
siguiente  
trabajo?



Control de producción

Lista de envío				
Pedido	Parte	Vencimt.	Cantd.	
XYZ	6014	123	100	ABC
	6020	124	50	



Producción



# Reglas de Secuenciación

## Especifica el orden de procesamiento

### Reglas de secuenciación:

- ❑ Primera entrada, primer servicio (FCFS) .
- ❑ Tiempo de proceso más corto (SPT).
- ❑ Fecha de entrega más temprana (EDD).
- ❑ Tiempo de proceso más largo (LPT).
- ❑ Índice crítico (CR).
- ❑ Regla de Johnson.





# Reglas de Secuenciación

**FCFS** Primera entrada, primer servicio

- Orden de llegada

**SPT** Tiempo de proceso más corto

- Cortos son prioritarios

**EDD** Fecha de entrega más temprana

- Fecha mas temprana de entrega tiene prioridad

**LPT** Tiempo de proceso más largo

- Trabajos largos y grandes son prioritarios

**CR** Índice crítico

- Se calcula el índice entre el tiempo restante con el tiempo de trabajo necesario restante, y los trabajos se programan para aumentar el índice.



# Reglas de Secuenciación

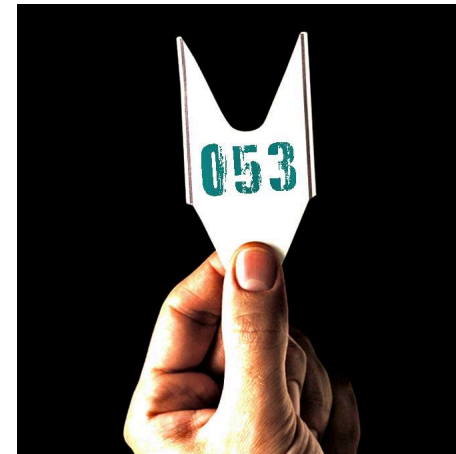
## Primera entrada, primer servicio

El primer trabajo en llegar al centro de trabajo será procesado en primer lugar

No da buenos resultados en la mayor parte de los criterios

Tiene la ventaja de parecer y justa y razonable a los clientes:

- ❑ Importante en los sistemas de servicios
  - ❖ Ejemplo: los restaurantes





# Reglas de Secuenciación

## Fecha de entrega más temprana

El trabajo con la fecha de entrega más temprana se elige en primer lugar

Utilizada por multitud de empresas:

- ❑ Si la fecha de entrega es importante
- ❑ Si se utiliza MRP:
  - ❖ Las fechas de entrega son puestas al día por cada MRP

Da malos resultados en muchos criterios





# Reglas de Secuenciación

## Índice crítico (CR)

Proceso de trabajo con el CR más bajo primero

Da buen resultado en el número medio de días de retraso

- Índice del tiempo restante y de los días de trabajo restantes

$$\begin{aligned} \text{CR} &= \frac{\text{Tiempo restante}}{\text{Días de trabajo restante}} \\ &= \frac{\text{Fecha de entrega} - \text{Fecha actual}}{\text{Tiempo de trabajo restante (para entregar)}} \end{aligned}$$



# Reglas de Secuenciación

## Ventajas del Índice Crítico

La regla del índice crítico puede ayudar a conseguir...

- ❑ Determinar el estado de un trabajo específico.
- ❑ Establecer una prioridad relativa entre los trabajos sobre una base común.
- ❑ Relacionar tanto los trabajos para stock como los bajo pedido sobre una base común.
- ❑ Ajustar las prioridades (y revisar los programas) de forma automática según los cambios tanto en la demanda como en el desarrollo de los trabajos.
- ❑ Seguir dinámicamente el progreso y situación de los trabajos.



# Reglas de Secuenciación

## Criterios de evaluación

$$\text{Tiempo medio de finalización} = \frac{\sum \text{Tiempos de flujo}}{\text{Número de trabajos}}$$

$$\text{Utilización} = \frac{\sum \text{Tiempo del proceso}}{\sum \text{Tiempo de flujo}}$$

$$\text{Número medio de trabajos en el sistema} = \frac{\sum \text{Tiempo de flujo}}{\sum \text{Tiempo de procesamiento}}$$

$$\text{Retraso medio del trabajo} = \frac{\sum \text{Tiempos de retraso}}{\text{Número de trabajos}}$$

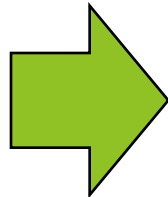
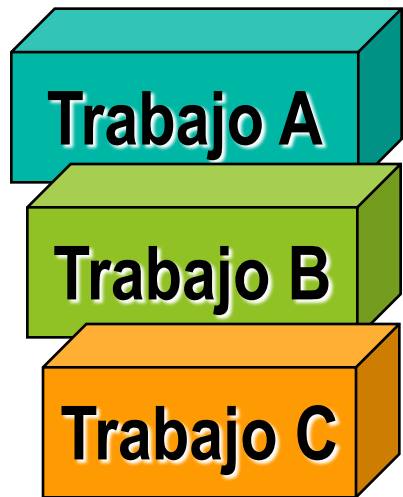


# Reglas de Secuenciación

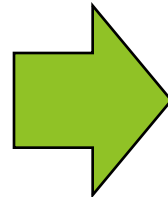
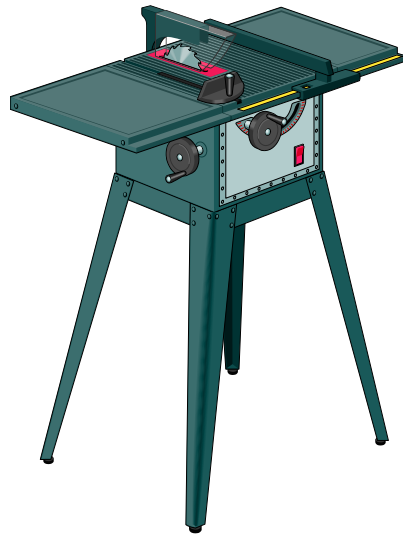
## Regla de Johnson

Se utiliza para secuenciar  $N$  trabajos a través de dos máquinas en el mismo orden.

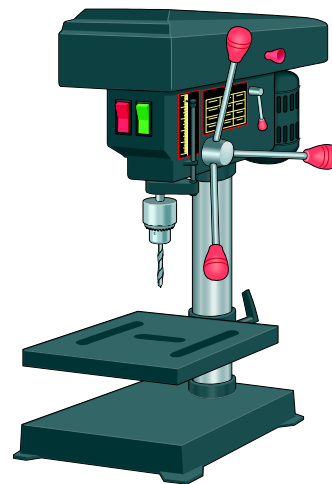
Trabajos ( $N = 3$ )



Sierra



Taladradora





# Reglas de Secuenciación

## N trabajos en dos máquinas

1. Todos los trabajos se deben colocar en una lista, así como el tiempo que requiere cada uno en cada máquina
2. Se selecciona el trabajo con menor tiempo de actividad. Si el menor tiempo corresponde a la primera máquina, el trabajo se programa primero. Si el menor tiempo cae con la segunda máquina, el trabajo se programa el último
3. Una vez que el trabajo está programado, se debe eliminar la lista
4. Aplicar los pasos 2 y 3 para los trabajos restantes, trabajando hacia el centro de la secuencia





# Reglas de Secuenciación

## Regla de Johnson - Pasos





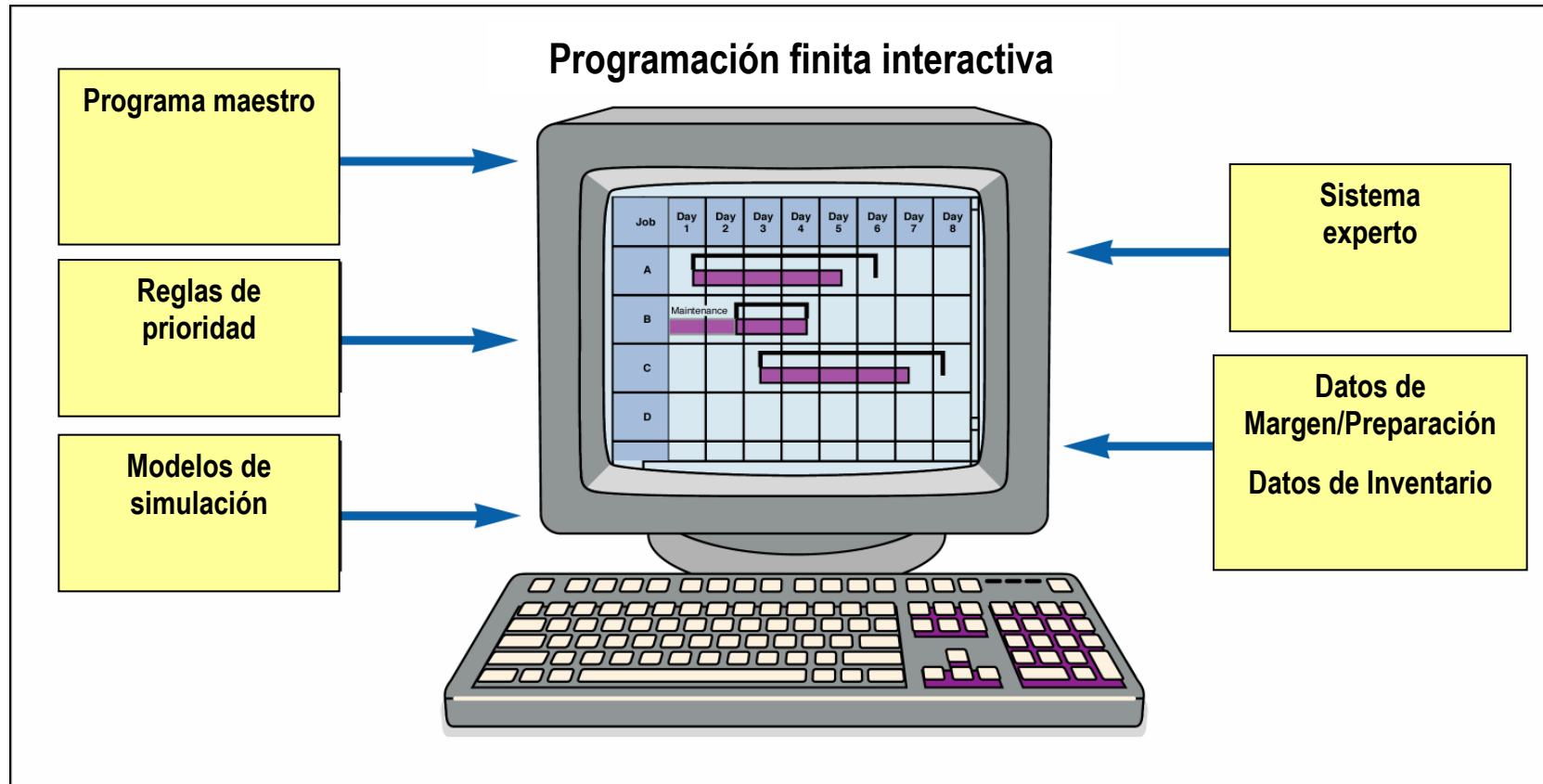
# Reglas de Secuenciación

## Limitaciones

- ❑ La programación es dinámica, por lo tanto, las reglas necesitan ser revisadas para ajustarse a los cambios en el proceso, equipo, mezcla de productos, etcétera.
- ❑ Las reglas no miran hacia adelante y hacia atrás; de su aplicación pueden resultar recursos ociosos y cuellos de botella en otros departamentos, que pueden no apreciarse.
- ❑ Las reglas no miran más allá de las fechas de entrega.



# Herramientas de Programación





# Fabricación repetitiva

## Uso nivelado de material

Niveles más bajos de inventario, lo que deja capital libre para otros usos.

Fabricación más rápida de los productos.

Calidad mejorada de los componentes y por lo tanto, calidad mejorada de los productos.

Reducción de las necesidades de espacio para la planta de fabricación.

Mejor comunicación entre los empleados debido a que están más cerca.

Un proceso de producción más equilibrado porque los lotes grandes no han “escondido” los problemas.



# Programación en servicios

- ❑ **Sistemas de citas: centro médico**
- ❑ **Sistemas de reservas: restaurantes, alquiler de coches**
- ❑ **Primera llegada, primer servicio: cuidados intensivos**
- ❑ **Casos de primera urgencia: sala de hospital destinada a casos de traumatología**



# Programación en servicios Cíclica

- ❑ Planificar un programa igual en extensión al número de personas que se han de programar
- ❑ Determinar cuántos de cada uno de los turnos menos deseables deben ser cubiertos cada semana
- ❑ Empezar la programación por un trabajador programando los días libres durante el ciclo de planificación (con una tasa de dos días libres por semana como media)