

Universidad Simón Bolívar
Ingeniería de la Producción
Gestión de la Producción I
PS-4161 – Gestión Estratégica



Balanceo de Líneas de Ensamblaje A

Profesor Pedro Bernardo Celis Caraballo

pbcelis@usb.ve

Contenido

- ❑ **Balanceo de la Cadena de Montaje**
- ❑ **Layout de Planta y los Formátos Básicos**
- ❑ **Layout de Procesos**
- ❑ **Planificación del Layout**
- ❑ **Balanceo de una línea de ensamblaje**
- ❑ **Layout de Servicios**

Equilibrado de la cadena de montaje

- Análisis de las cadenas de producción**
- Reduce los desequilibrios entre máquinas o personal, el tiempo que se obtiene la producción deseada de la cadena**
- Objetivos:**
 - Maximizar la eficacia**
 - Minimizar el número de las estaciones de trabajo**

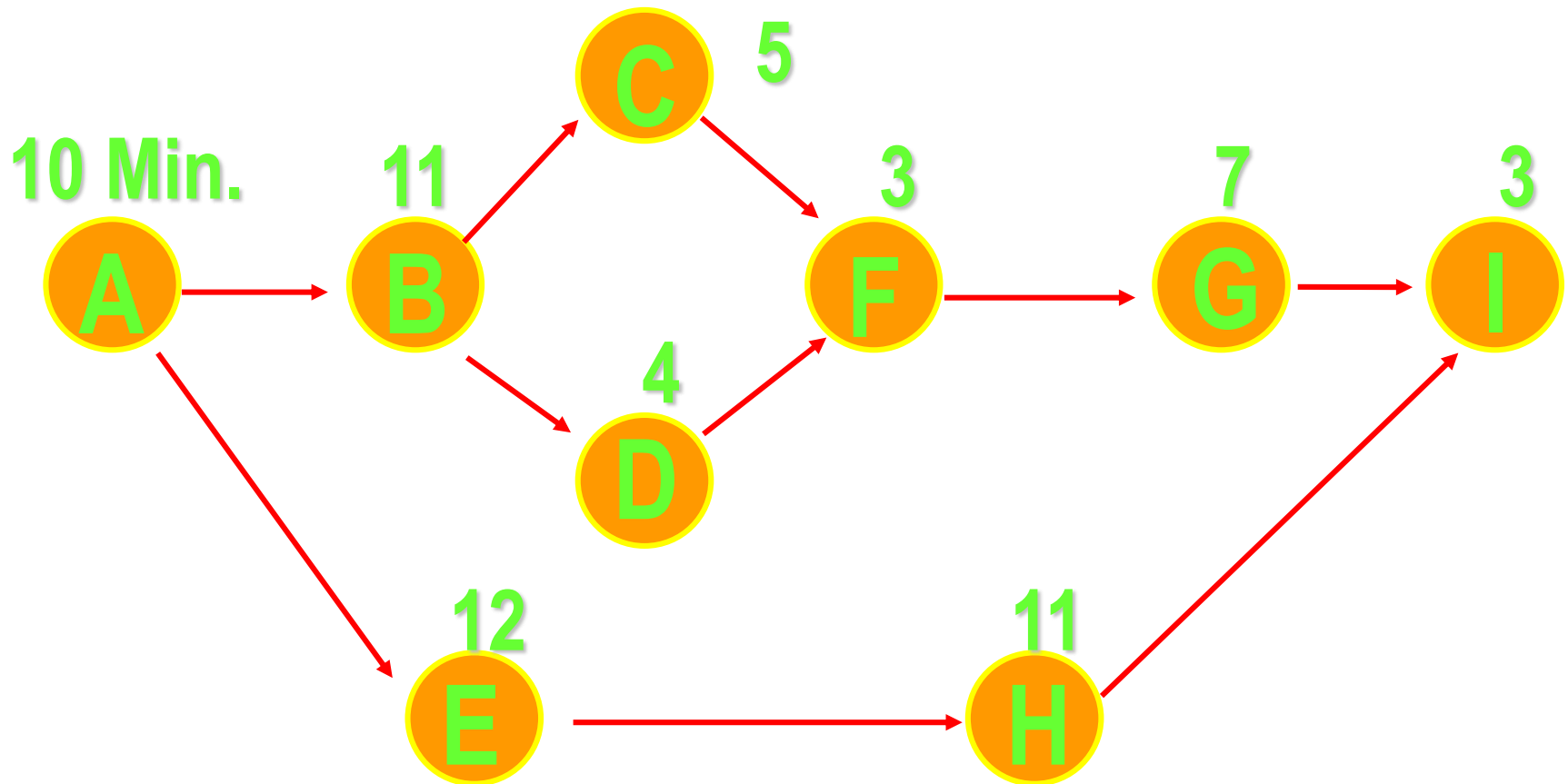
Proceso normal de un equilibrado de la cadena de montaje

- ❑ **Calcular el tiempo de ciclo dividiendo el tiempo productivo o disponible diario por las unidades de demanda diaria (o tasa de producción)**
- ❑ **Calcular el número mínimo teórico de estaciones de trabajo. Esto es, la duración total de las tareas dividida por el tiempo de ciclo**
- ❑ **Equilibrar la cadena, asignando tareas de montaje específicas a cada estación de trabajo**

Pasos del equilibrado de la cadena de montaje

- 1. Identificar una lista maestra de tareas**
- 2. Calcular la secuencia**
- 3. Dibujar el diagrama de precedencia**
- 4. Calcular los tiempos de las tareas**
- 5. Calcular el tiempo del ciclo**
- 6. Calcular el número de estaciones de trabajo**
- 7. Asignar las tareas**
- 8. Calcular la eficacia**

Ejemplo de diagrama de precedencia



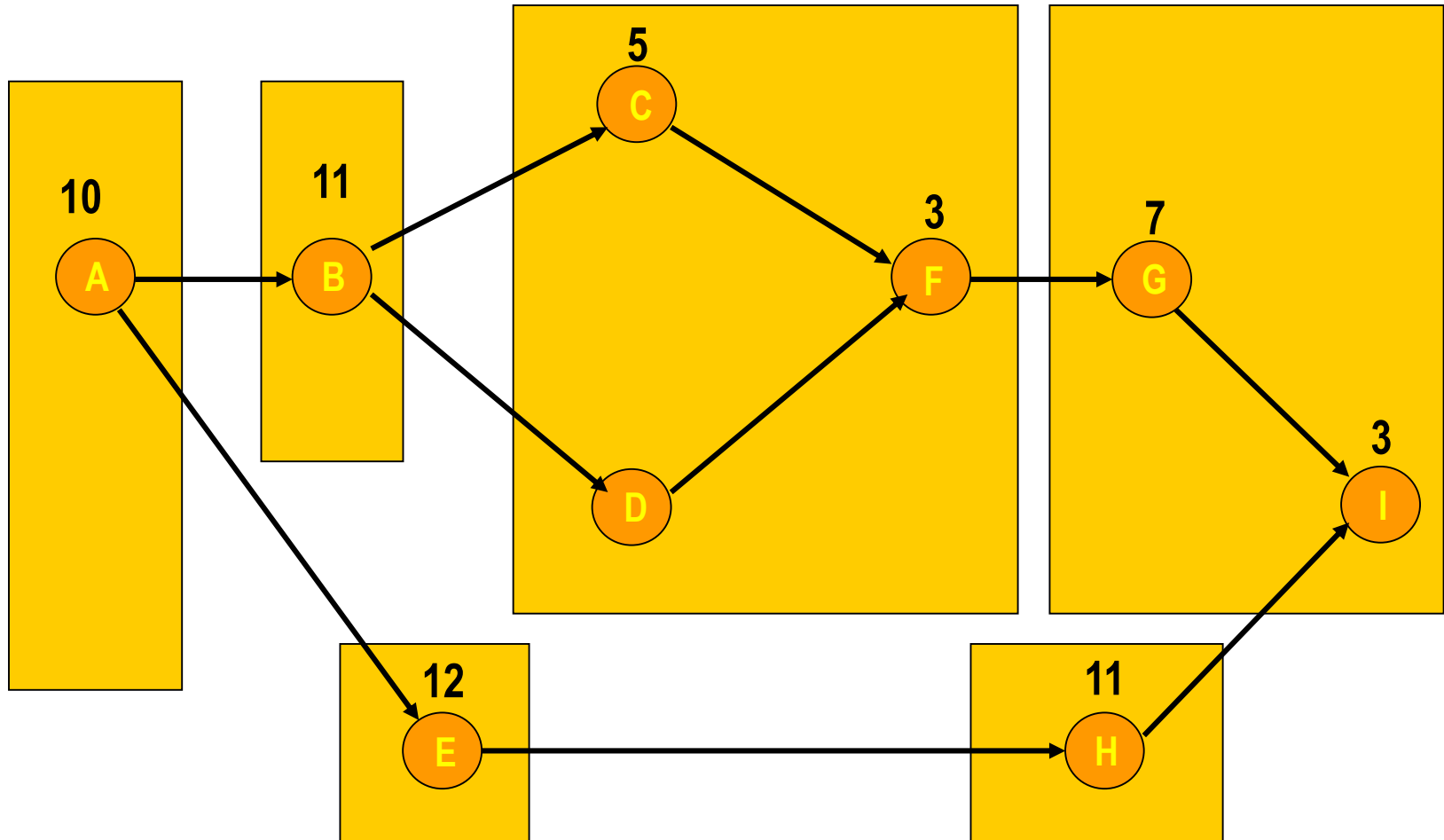
Ecuaciones del equilibrado de la cadena de montaje

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Demanda diaria}}$$

$$\text{Número mínimo de estaciones de trabajo} = \frac{\text{Tiempo total de tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$\text{Eficacia} = \frac{\Sigma \text{tiempos de tareas}}{(\text{número de estaciones de trabajo}) \times (\text{tiempo ciclo asignado})}$$

Solución en seis estaciones



Heurísticas de organización que pueden utilizarse para asignar tareas en un equilibrado de cadena de montaje

- **Tiempo de tarea más largo**
 - **Elegir la tarea que tenga el tiempo más largo**
- **Más tareas siguientes**
 - **Elegir la tarea que tenga más tareas siguientes**
- **Mayor peso en secuencia**
 - **Elegir la tarea que, sumando los tiempos de las tareas siguientes, tenga mayor peso**
- **Tiempo de tarea más corto**
 - **Elegir la tarea que tenga el tiempo más corto**
- **Menor número de tareas siguientes**
 - **Elegir la tarea que tenga el menor número de tareas siguientes**

Definición de un Layout de Planta

- **Layout de planta es el proceso mediante el cual se colocan las diferentes áreas, departamentos grupos de trabajo, maquinarias y almacenes en una infraestructura específica**
- **Este proceso requiere la siguiente información:**
 - **Especificaciones de los objetivos de la planta en términos de salidas y flexibilidad**
 - **Estimación de la demanda de los productos o servicios**
 - **Requerimientos de proceso en términos de número de operaciones y cantidad de flujo entre departamentos y centros de trabajo**
 - **Requerimientos de espacio para los diferentes elementos del layout**
 - **Espacio disponible dentro de la infraestructura**

Formatos básicos de layout para producción

- ❑ **Layout de Procesos (También llamado Layout de Procesos o Layout Funcional)**
- ❑ **Layout de Producto (También llamado layout de flujo de taller)**
- ❑ **Layout de Tecnología de Grupo (Celular)**
- ❑ **Layout de Posición Fija**

Layout de Procesos: Flujo Interdepartamental

- **Dada la siguiente información:**
 - **El flujo (número de Movimientos) desde y hasta cada uno de los departamentos**
 - **El costo de mover desde un departamento hasta otro**
 - **El layout de planta existente o planificado**

- **Se determina lo siguiente:**
 - **La mejor localización para cada departamento, donde “mejor” significa maximizar en flujo y minimizar los costos**

Layout de Procesos: Enfoque CRAFT

- **CRAFT es un programa heurístico que usa una simple regla al hacer evaluaciones:**
 - **“Comparar dos departamentos en un momento específico e intercambiarlos en caso de que esto reduzca el costo total del Layout”**

- **Esto no garantiza una solución óptima**

- **CRAFT asume la existencia de caminos variables para equipos de manejo de materiales tales como los montacargas**

Layout de Procesos: Planificación Sistemática del Layout

- **Flujo numérico de items entre departamentos**
 - **Pueden ser poco prácticos de obtener**
 - **No toma en cuenta factores cualitativos que pueden ser cruciales en la toma de decisiones**

- **Planificación Sistemática del Layout**
 - **Toma en cuenta la importancia de tener un departamento ubicado al lado de cualquier otro**
 - **Esta guiado por el ensayo y el error**
 - **Intercambiar departamentos y chequear los resultados del indicador de cercanía**

Ejemplo de una Planificación Sistemática del Layout: Razones para la Cercanía

Código	Razón
1	Tipo de Cliente
2	Facilidad de Supervisión
3	Personal Común
4	Contacto Necesario
5	Comparten el mismo precio
6	Psicología

Ejemplo de una Planificación Sistemática del Layout: Importancia de la Cercanía

Valor	Cercanía	Código esquemático	Ponderación
A	Absolutamente Necesario	=====	16
E	Especialmente Importante	=====	8
I	Importante	=====	4
O	Cercanía Ordinario OK	=====	2
U	Poco Importante		0
X	No Deseable	∩∩∩	80

Ejemplo de una Planificación Sistemática del Layout: Relacionando Razones e Importancia

From	To				Area (sq. ft.)
	2	3	4	5	
1. Credit department	I 6	U --	A 4	U --	100
2. Toy department			I 1	A 1,6	400
3. Wine department			U --		
4. Camera department					
5. Candy department					

↑
(1) Credit Dept. y (2) Toy Dept. tienen una calificación alta de 6.

↑
(2) Toy Dept. y el (5) Candy Dept. tienen una calificación alta de 6.

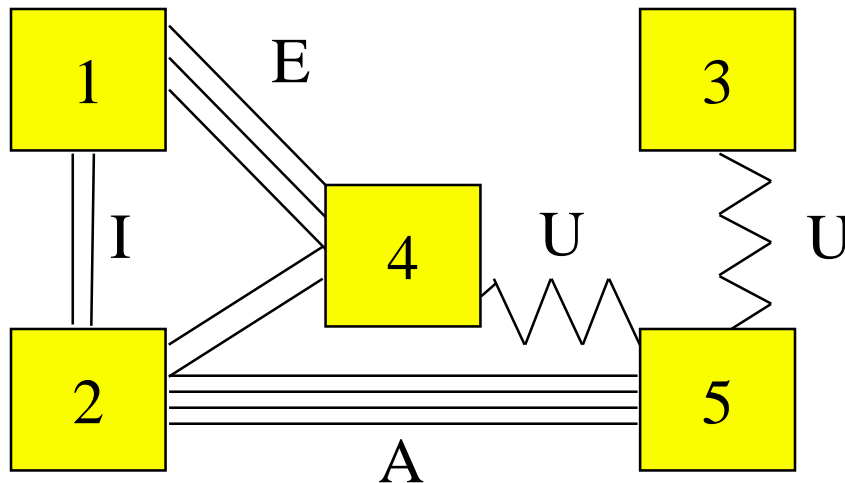
Calificación de Cercanía

Letra

Razones de la Calificación

Número

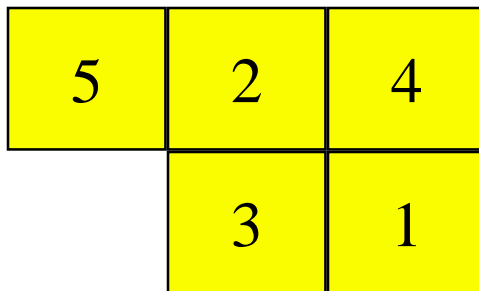
Ejemplo de una Planificación Sistemática del Layout: Diagrama Inicial de Relacionamiento



Aquí, de nuevo Depts. (1) y (2) están unidos, y Depts. (2) y (5) están unidos por múltiples líneas o transacciones requeridas.

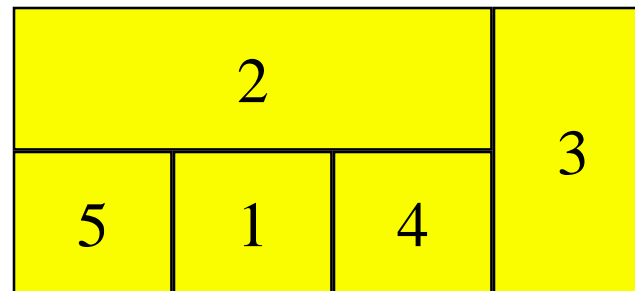
El número de líneas aquí, representa los caminos requeridos en las transacciones entre departamentos. Mientras más líneas, mayor es la interacción entre departamentos.

Ejemplo de una Planificación Sistemática del Layout: Layouts Inicial y Final



Layout Inicial

Ignora espacios y restricciones de construcción



Layout Final

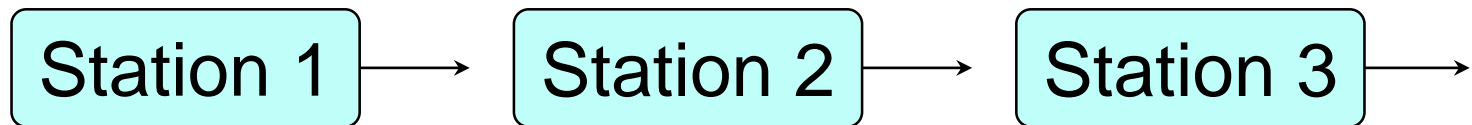
Ajustado por área y tamaño del edificio

20 ft

Notese que en el Layout Final Depts. (1) y (5) no están ambos ubicados directamente al lado del Dept. (2).

Conceptos de Balanceo de Línea de Ensamblaje

- Pregunta:** Suponga que carga las tres estaciones de trabajo con trabajos, de manera tal que cada una demorará el total de minutos indicado abajo. Cual es el tiempo de ciclo de esta línea?



**Minutes
per Unit**

6

7

3

- Respuesta:** El tiempo de ciclo de la línea esta determinado por la estación con el tiempo mas largo. En este caso, 7 minutos. Además hay tiempo ocioso en las otras dos estaciones de trabajo.

Ejemplo de Balanceo de Línea

- Usted a sido asignado un trabajo de montar una línea de ensamblaje de ventiladores eléctricos con las siguientes tareas:

Task	Time (Mins)	Description	Predecessors
A	2	Assemble frame	None
B	1	Mount switch	A
C	3.25	Assemble motor housing	None
D	1.2	Mount motor housing in frame	A, C
E	0.5	Attach blade	D
F	1	Assemble and attach safety grill	E
G	1	Attach cord	B
H	1.4	Test	F, G

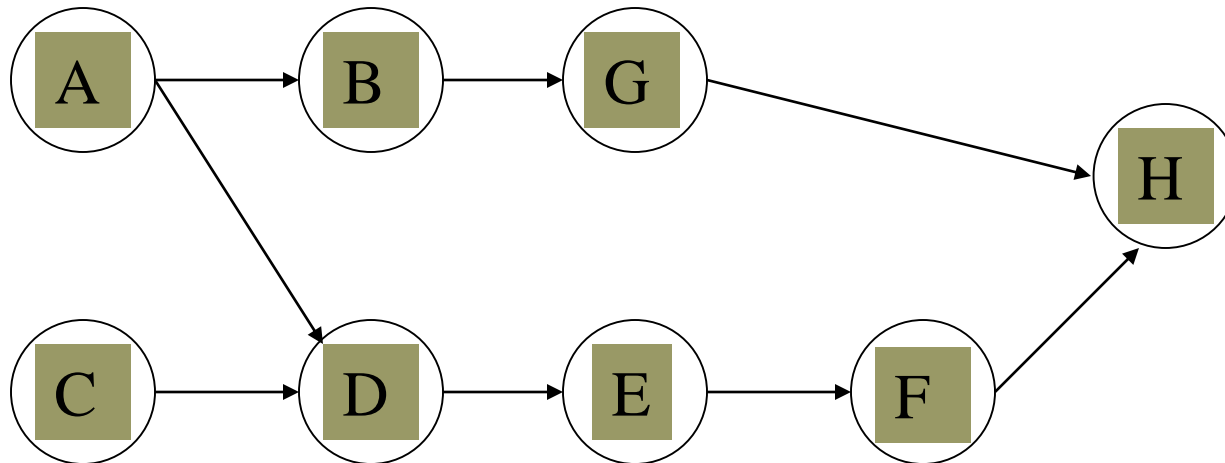
Ejemplo de Balanceo de Línea: Estructurando el diagrama de precedencias

Tarea Predecesor

A	None
B	A
C	None
D	A, C

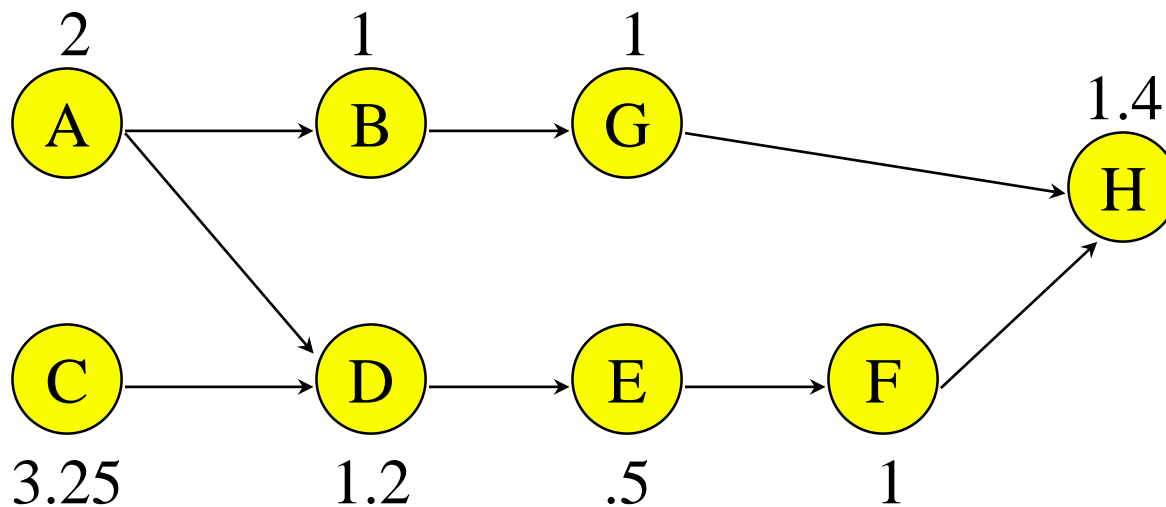
Tarea Predecesor

E	D
F	E
G	B
H	E, G



Ejemplo de Balanceo de Línea: Diagrama de Precedencia

- Pregunta: Que pasos en el proceso definen la máxima rata de producción?**



- Respuesta: La Tarea C es el tiempo de ciclo de la línea y en consecueniam la rata máxima de producción.**

Ejemplo de Balanceo de Línea: Determinar el Tiempo de Ciclo

- **Pregunta:** Suponga que queremos ensamblar 100 ventiladores diarios. Cual tendrían que ser nuestro tiempo de ciclo?

- **Respuesta:**

$$\text{Required Cycle Time, } C = \frac{\text{Production time per period}}{\text{Required output per period}}$$

$$C = \frac{420 \text{ mins / day}}{100 \text{ units / day}} = 4.2 \text{ mins / unit}$$

Ejemplo de Balanceo de Línea: Determinar el mínimo número teórico de estaciones de trabajo

- **Pregunta:** Cual es el mínimo número teórico de estaciones de trabajo?

- **Respuesta:**

Theoretical Min. Number of Workstations, N_t

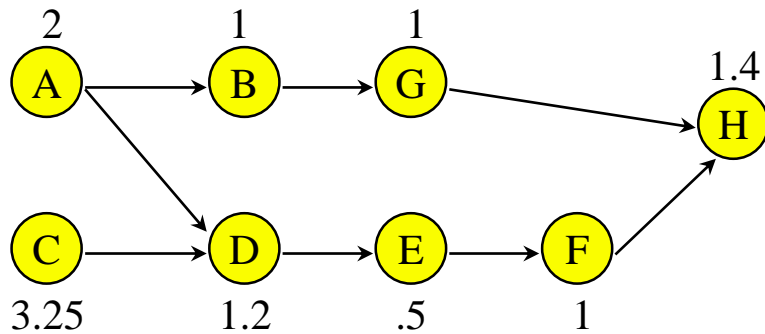
$$N_t = \frac{\text{Sum of task times (T)}}{\text{Cycle time (C)}}$$

$$N_t = \frac{11.35 \text{ mins / unit}}{4.2 \text{ mins / unit}} = 2.702, \text{ or } 3$$

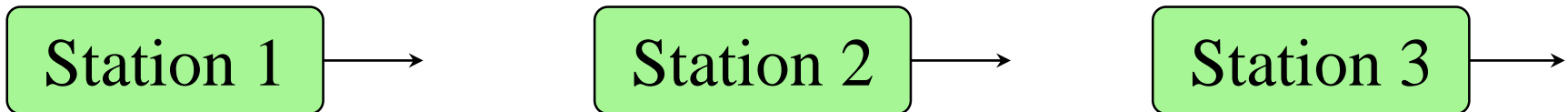
Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación

- Asignar las tareas en secuencia a la estación de trabajo 1, luego a la 2, etc. Seguir asignando para asegurar que la precedencia de las tareas sea mantenida y el trabajo total es igual o menor al tiempo de ciclo. Usar las siguientes reglas para asignar tareas:**
 - Primario: Asignar tareas en el orden del mayor número de tareas subsiguientes**
 - Secundario (para romper empates): Asignar tareas en el orden de los tiempos de operación mas largos**

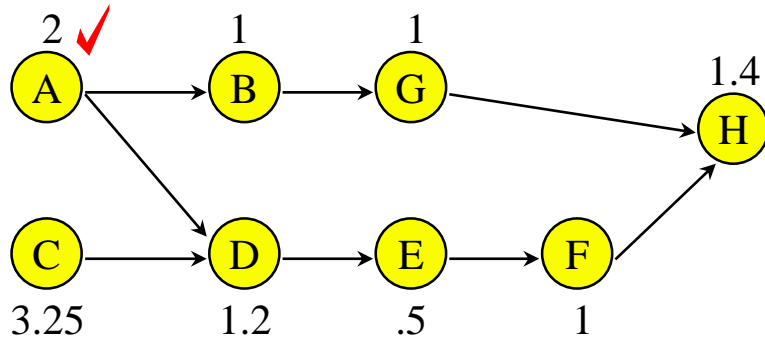
Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



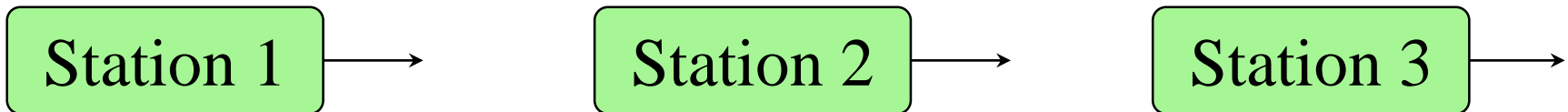
Task	Followers	Time (Mins)
A	6	2
C	4	3.25
D	3	1.2
B	2	1
E	2	0.5
F	1	1
G	1	1
H	0	1.4



Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación

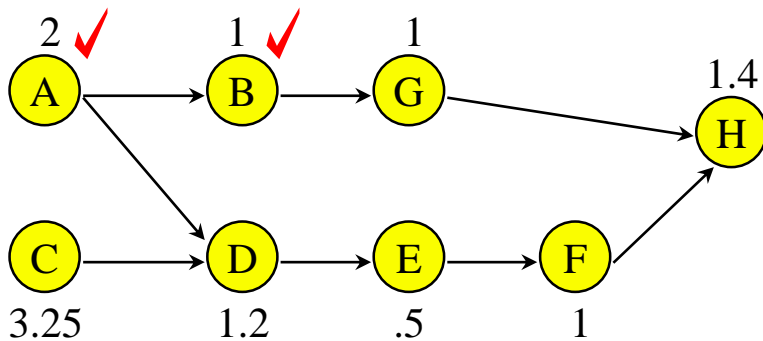


Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C	4	3.25
D	3	1.2
B	2	1
E	2	0.5
F	1	1
G	1	1
H	0	1.4

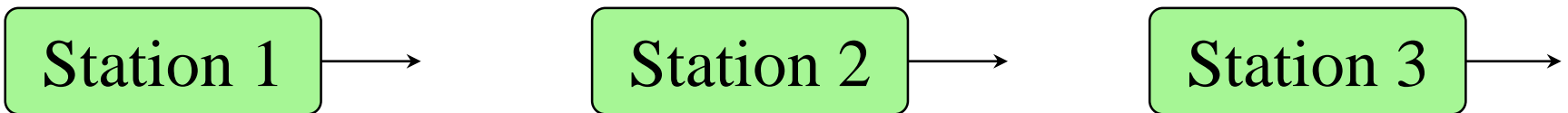


A (4.2-2=2.2)

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



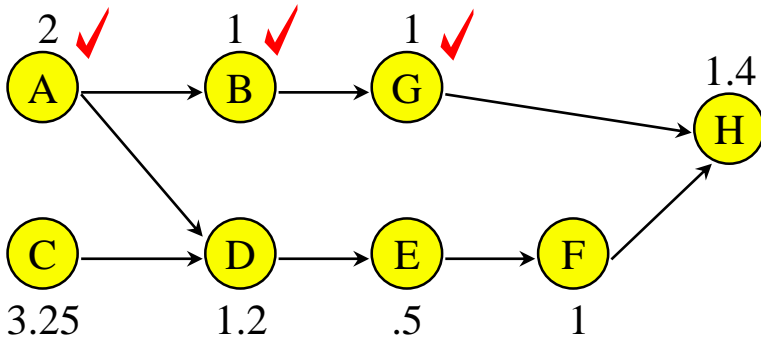
Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C	4	3.25
D	3	1.2
B ✓	2	1
E	2	0.5
F	1	1
G	1	1
H	0	1.4



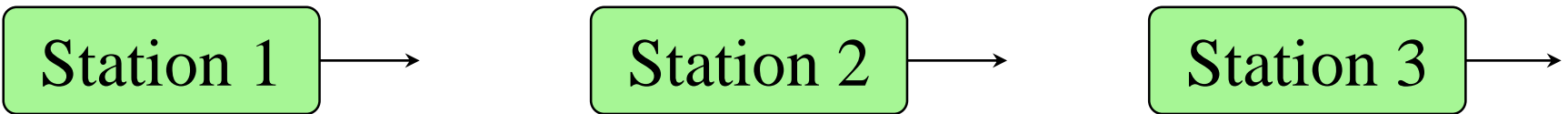
A ($4.2 - 2 = 2.2$)

B ($2.2 - 1 = 1.2$)

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C	4	3.25
D	3	1.2
B ✓	2	1
E	2	0.5
F	1	1
G ✓	1	1
H	0	1.4



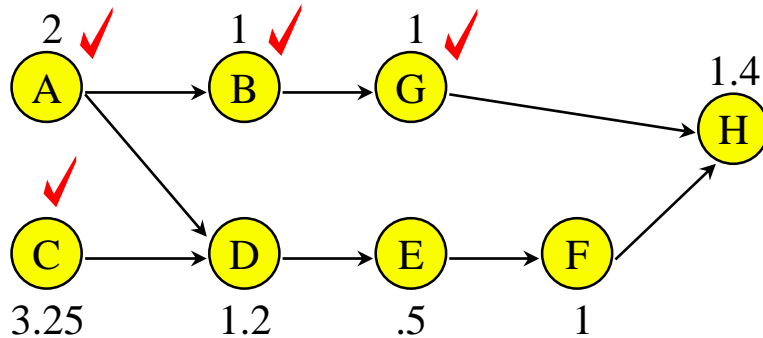
A (4.2-2=2.2)

B (2.2-1=1.2)

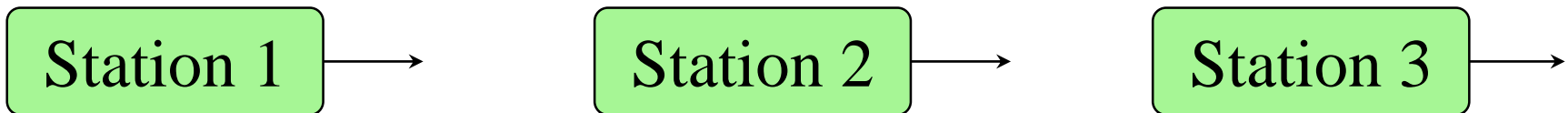
G (1.2-1= .2)

Idle= .2

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C ✓	4	3.25
D	3	1.2
B ✓	2	1
E	2	0.5
F	1	1
G ✓	1	1
H	0	1.4



A $(4.2 - 2 = 2.2)$

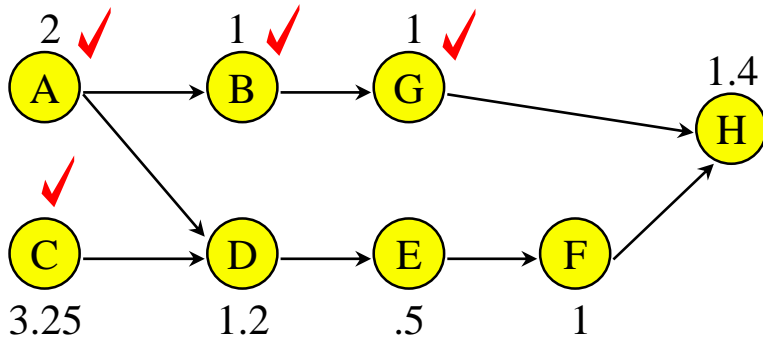
B $(2.2 - 1 = 1.2)$

G $(1.2 - 1 = .2)$

C $(4.2 - 3.25) = .95$

Idle = .2

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C ✓	4	3.25
D	3	1.2
B ✓	2	1
E	2	0.5
F	1	1
G ✓	1	1
H	0	1.4

Station 1 →

A $(4.2 - 2 = 2.2)$
 B $(2.2 - 1 = 1.2)$
 G $(1.2 - 1 = .2)$

Idle = .2

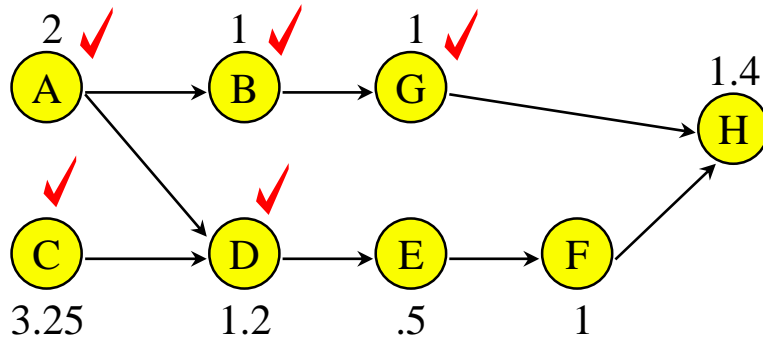
Station 2 →

C $(4.2 - 3.25) = .95$

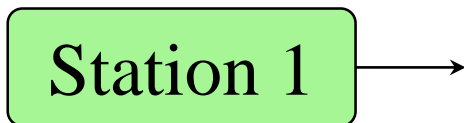
Idle = .95

Station 3 →

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación

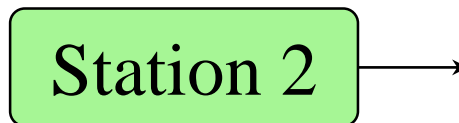


Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C ✓	4	3.25
D ✓	3	1.2
B ✓	2	1
E	2	0.5
F	1	1
G ✓	1	1
H	0	1.4



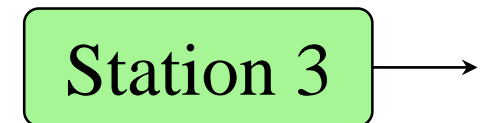
A ($4.2 - 2 = 2.2$)
 B ($2.2 - 1 = 1.2$)
 G ($1.2 - 1 = .2$)

Idle = .2



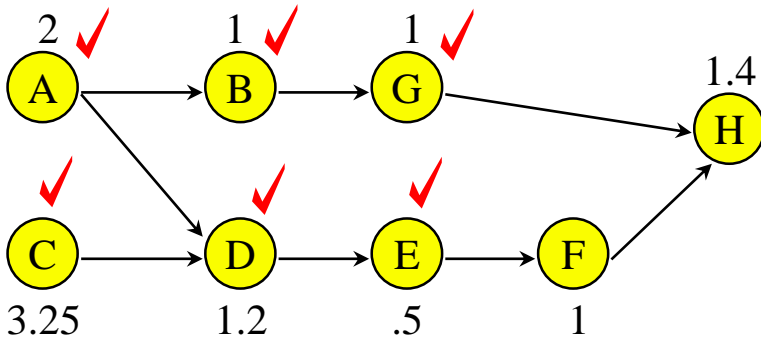
C ($4.2 - 3.25 = .95$)

Idle = .95



D ($4.2 - 1.2 = 3$)

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C ✓	4	3.25
D ✓	3	1.2
B ✓	2	1
E ✓	2	0.5
F	1	1
G ✓	1	1
H	0	1.4

Station 1 →

A $(4.2 - 2 = 2.2)$
 B $(2.2 - 1 = 1.2)$
 G $(1.2 - 1 = .2)$

Idle = .2

Station 2 →

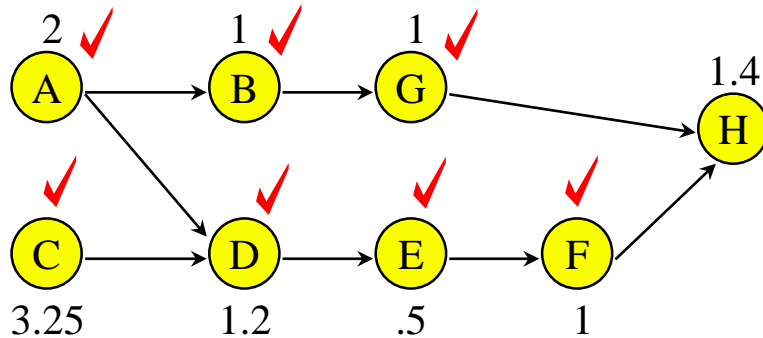
C $(4.2 - 3.25) = .95$

Idle = .95

Station 3 →

D $(4.2 - 1.2) = 3$
 E $(3 - .5) = 2.5$

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C ✓	4	3.25
D ✓	3	1.2
B ✓	2	1
E ✓	2	0.5
F ✓	1	1
G ✓	1	1
H	0	1.4

Station 1 →

A ($4.2 - 2 = 2.2$)
 B ($2.2 - 1 = 1.2$)
 G ($1.2 - 1 = .2$)

Idle = .2

Station 2 →

C ($4.2 - 3.25 = .95$)

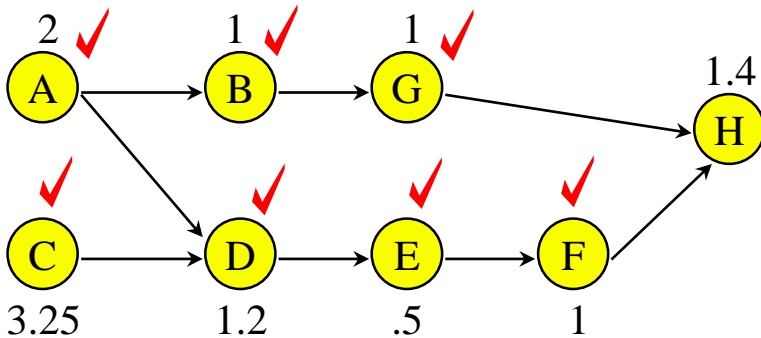
Idle = .95

Station 3 →

D ($4.2 - 1.2 = 3$)
 E ($3 - .5 = 2.5$)
 F ($2.5 - 1 = 1.5$)

- Which station is the bottleneck? What is the effective cycle time?

Ejemplo de Balanceo de Línea: Reglas a Seguir para cargar trabajo a una estación



Task	Followers	Time (Mins)
A ✓	6	2
C ✓	4	3.25
D ✓	3	1.2
B ✓	2	1
E ✓	2	0.5
F ✓	1	1
G ✓	1	1
H ✓	0	1.4

Station 1

A $(4.2 - 2 = 2.2)$

B $(2.2 - 1 = 1.2)$

G $(1.2 - 1 = .2)$

Idle = .2

Station 2

C $(4.2 - 3.25) = .95$

Idle = .95

Station 3

D $(4.2 - 1.2) = 3$

E $(3 - .5) = 2.5$

F $(2.5 - 1) = 1.5$

H $(1.5 - 1.4) = .1$

Idle = .1

Ejemplo de Balanceo de Línea: Determinar la Eficiencia de la Línea de Ensamblaje

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Sum of task times (T)}}{\text{Actual number of workstations (Na) x Cycle time (C)}}$$

$$\text{Efficiency} = \frac{11.35 \text{ mins / unit}}{(3)(4.2 \text{ mins / unit})} = .901$$

Tecnología de Grupo: Beneficios

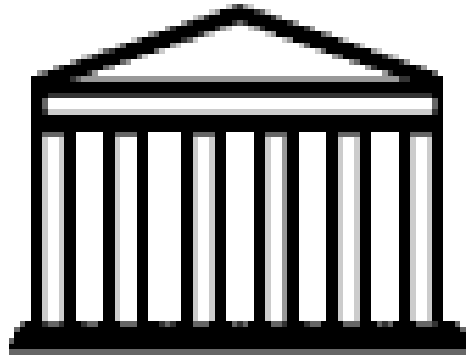
- **1. Mejores Relaciones Humanas**
- **2. Mejora en la experticia del operador**
- **3. Menos inventario en proceso y manejo de materiales**
- **4. Tiempo de preparación mas corto**

Tecnología de Grupo: Trancisión desde Layout de Procesos

- 1. Agrupar partes en familias que siguen una secuencia común de pasos**
- 2. Identificar patrones dominantes de familias de partes como las bases para una reubicación de los procesos**
- 3. Agrupar máquinas y procesos físicamente en celdas (células) de producción**

Layout de Posición Fija

- **Pregunta: Cuales son nuestras principales consideraciones para un layout de posición fija?**



- **Respuesta: Arreglar materiales y equipos alrededor del punto de producción, de manera concentrica en el orden de su uso.**

Layout de Servicio Detallista

- **Meta es maximizar la utilidad neta por metro cuadrado de piso de ventas**
- **Servicios**
 - **Condiciones Ambientales**
 - **Layout espacial y funcional**
 - **Señalización, símbolos y artefactos**