

Estudio de Trabajo

Lectura 2

Productividad

Profesor:

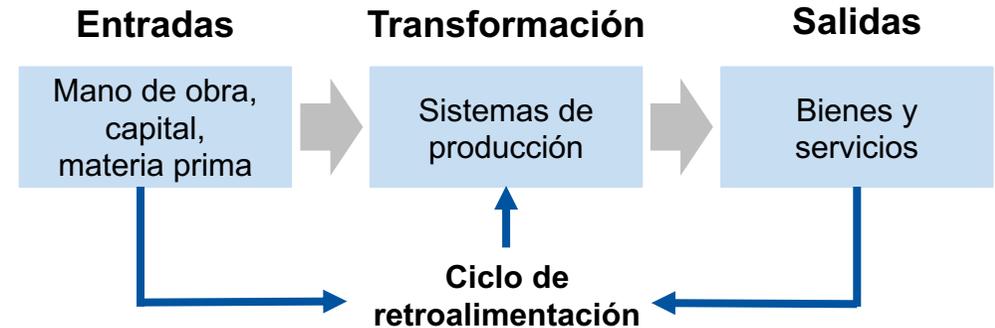
Ricardo Caballero, M.Sc.

✉ ricardo.caballero@utp.ac.pa



Definición: Productividad

- Es la razón que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital)
- Con la productividad se puede medir el rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos establecidos.
- Es relación entre producción e insumo



Principios

- Cuanto más eficiente sea la transformación de bienes y servicios, más productiva será la empresa y mayor valor agregado se proporcionará.
- Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia (mejorar la forma de hacer el trabajo).
- Formas de incrementar productividad:
 - Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
 - Reducir el insumo y mantener el mismo producto
 - Aumentar el producto y reducir el insumo simultáneamente y proporcionalmente

Mejora de la productividad en Starbucks



MEJORAS

Dejar de solicitar la firma a compras por menos \$25 hechas con tarjeta de crédito



Ahorró 8 segundos por transacción

Cambiar el tamaño de los cubos de hielo.

- Para servir la bebida fría más grande se necesitaba dos movimientos de flexión y llenado para obtener el hielo suficiente. Además la cuchara era demasiado pequeña.



Ahorro de 14 segundos por bebida

Máquinas nuevas para café expresso

- Con oprimir un botón, las máquinas muelen los granos de café y lo cuelan. Esto permitió a los baristas realizar otras cosas



Ahorro de 12 segundos por taza de café expresso

Las mejoras en las operaciones ayudaron a aumentar el volume promedio anual de \$250,000 a hasta \$1 millón en los últimos 7 años.

Una mejora del 27% en productividad (4.5% por año)

Medición de la productividad

Productividad de un solo factor:

Indica la razón que hay entre un recurso (entrada) y los bienes y servicios producidos (salidas).

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumo\ empleado}$$

Productividad multifactor:

Indica la razón que hay entre muchos o todos los recursos (entradas) y los bienes y servicios producidos (salidas)

$$Productividad = \frac{Salida}{Mano\ de\ obra + material + energía + capital + otros}$$

Cambio en productividad:

Es el aumento o disminución de la productividad de un periodo al siguiente en relación con la productividad del periodo anterior

$$Cambio\ en\ productividad = \frac{Productividad\ actual - Productividad\ anterior}{Productividad\ anterior} \times 100$$

Algunos ejemplos de medidas de productividad

Productividad laboral

- Unidades de producción por hora laboral
- Unidades de producción por turno
- Valor agregado por hora laboral
- Valor en dólares de la producción por hora laboral

Productividad de la máquina

- Unidades de producción por hora máquina
- Valor en dólares de producción por hora máquina

Productividad del capital

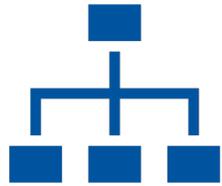
- Unidades de producción por entrada en dólares
- Valor en dólares de la producción por entrada en dólares

Productividad energética

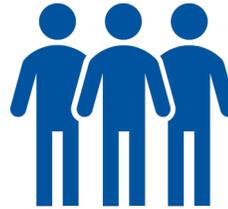
- Unidades de producción por kilovatio-hora
- Valor en dólares de producción por kilovatio-hora

Factores que afectan la productividad

Existen muchos factores que pueden afectar la productividad



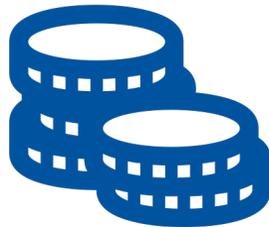
Administración



Mano de obra



Tecnología



Capital



Calidad

Ejemplo 1: Analisis de un solo factor

El gerente de una compañía productora de cajas de madera para manzanas que vende a los agricultores, ha sido capaz, con su equipo actual, de producir 240 cajas por cada 100 troncos utilizados. En la actualidad, compra 100 troncos al día y cada tronco requiere 3 horas de mano de obra para procesarse. El gerente cree que puede contratar a un comprador profesional que pueda adquirir troncos de mejor calidad por el mínimo costo. En ese caso, puede aumentar su producción a 260 cajas por cada 100 troncos. Sus horas-hombre aumentarían en 8 por día.

¿Cuál será el impacto en la productividad (medida en cajas por hora-hombre) si contrata al comprador?

Ejemplo 1: Analisis de un solo factor

Productividad laboral actual

$$= \frac{240 \text{ cajas}}{100 \text{ troncos} \times 3 \text{ horas por tronco}} = \mathbf{0.8 \text{ cajas por hora} - \text{hombre}}$$

Productividad laboral con el comprador

$$= \frac{260 \text{ cajas}}{(100 \text{ troncos} \times 3 \text{ horas por tronco}) + 8 \text{ horas}} = \mathbf{0.844 \text{ cajas por hora} - \text{hombre}}$$

Usando la productividad actual 0.80 como base, el incremento en productividad será de

$$\frac{0.844 - 0.8}{0.8} = \mathbf{5.5\%}$$

Ejemplo 2: Analisis multifactor

Un gerente ha decidido observar su productividad desde una perspectiva multifactor. Para ello, ha determinado el uso de su mano de obra, capital, energía y material, y decidió emplear dólares como el común denominador. Sus horas-hombres totales actuales son 300 por día y aumentaran a 308 diarias. Sus costos de capital y energía permanecerán constantes en \$350 y \$150 al día, respectivamente. El costo del material por los 100 troncos diarios es de \$1000 y permanecerá igual. Debido a que paga un promedio de \$10 por hora, el gerente le gustaría determinar si la productividad incrementa o decrementa.

Ejemplo 2: Analisis multifactor

| Sistema actual | |
|----------------|----------------------------|
| Mano de obra | 300 hrs x 10\$ = 3000 |
| Material | 100 troncos por día = 1000 |
| Capital | 350 |
| Energía | 150 |
| Costo total | \$4500 |

$$\textit{Productividad mutifactor actual} = \frac{240 \textit{ cajas}}{\$4500} = \mathbf{0.0533 \textit{ cajas por dolar}}$$

Ejemplo 2: Analisis multifactor

| Sistema con comprador profesional | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Mano de obra | 308 hrs x 10\$ = 3080 |
| Material | 100 troncos por día = 1000 |
| Capital | 350 |
| Energía | 150 |
| Costo total | \$4580 |

$$Productividad\ mutifactor\ sistema\ propuesto = \frac{260\ cajas}{\$4580} = 0.0568\ cajas\ por\ dolar$$

Ejemplo 2: Analisis multifactor

$$\textit{Productividad mutifactor actual} = \frac{240 \textit{ cajas}}{\$4500} = \mathbf{0.0533 \textit{ cajas por dolar}}$$

$$\textit{Productividad mutifactor sistema propuesto} = \frac{260 \textit{ cajas}}{\$4580} = \mathbf{0.0568 \textit{ cajas por dolar}}$$

Usando la productividad actual 0.0533 como base, el incremento en productividad será de

$$\frac{0.0568 - 0.0533}{0.0533} = \mathbf{6.6\%}$$

Ejemplo 3

Calentadores SA. producirá este año 57600 calentadores de agua en su planta de Hamburgo, con el fin de satisfacer la demanda nacional esperada. Para lograr esto, cada empleado de la planta trabajará 160 horas al mes. Si la productividad de la mano de obra en la planta es de 0.15 calentadores de agua por hora de trabajo, ¿cuántos trabajadores están empleados en la planta?

Ejemplo 3

$n =$ número de trabajadores empleados en la planta

$$\text{Productividad} = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{insumos}}$$

$$0.15 = \frac{57,600}{(160)(12)(n)}$$

$$n = \frac{57,600}{(160)(12)(0.15)} = 200 \text{ trabajadores empleados en la planta}$$

Visión de los procesos

Operaciones



- Se componen de una colección de actividades con propósito, planificadas y coordinadas
- Para realizar actividades, las operaciones necesitan recursos

Procesos



- Son actividades estructuradas que transforman las entradas en salidas (y generalmente son repetitivas) las salidas pueden ser productos o servicios



Medición del desempeño del flujo de procesos

Tiempo de ciclo

- Tiempo entre dos unidades consecutivas que salen del proceso
- El tiempo máximo permitido para trabajar en la elaboración de una unidad en cada estación
- Recíproco de la tasa de rendimiento

Tasa de producción (tasa de flujo o tasa de rendimiento)

- Tasa a la que las unidades salen del sistema.
- Tasa a la que los elementos emergen del proceso, es decir, el número de elementos que pasan por el proceso por unidad de tiempo.

Tiempo de flujo Tiempo de procesamiento

- El tiempo que tarda una unidad de flujo en recorrer todo el proceso, desde el momento en que ingresa hasta el momento en que sale del proceso.
- Tiempo promedio transcurrido para que las entradas se muevan a través del proceso y se conviertan en salidas.

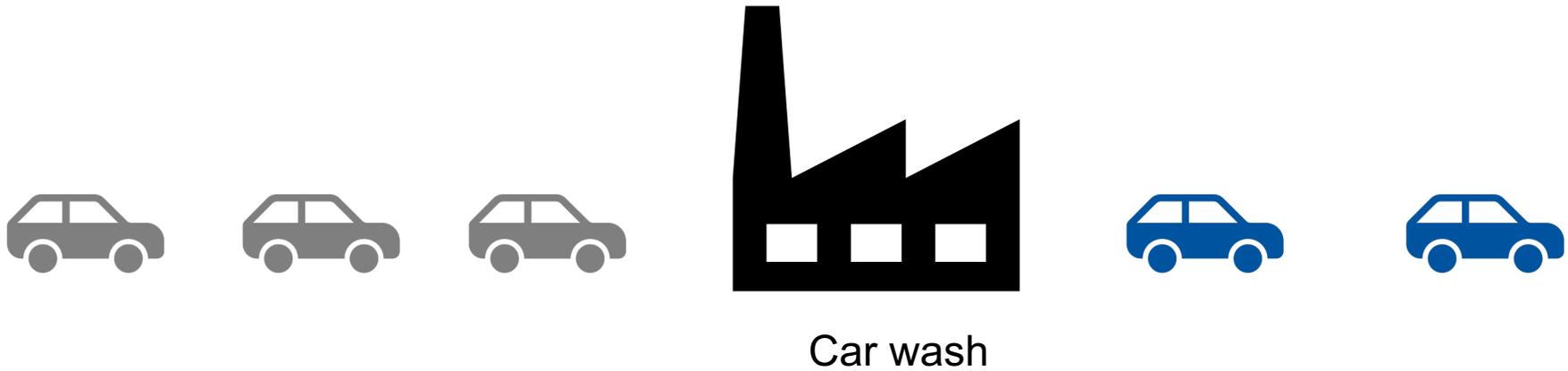
Cantidad de artículos en proceso

- Work-in-progress o inventario en proceso durante un periodo de tiempo

Utilización

- Proporción de tiempo disponible que los recursos dentro del proceso están realizando un trabajo útil.

Ejemplo 4: Car-wash



Tiempo de ciclo: 10 minutos
Tasa de producción: 6 autos / hora

Ejemplo 4: Car-wash - múltiples estaciones

¿Qué pasa si tenemos varias estaciones haciendo la misma actividad?

Supongamos que decidimos tener dos estaciones de limpieza interior en el Carwash para poder trabajar en dos autos al mismo tiempo

- El tiempo de procesamiento para la limpieza interior sigue siendo el mismo (10 minutos), pero ahora se completan dos autos cada 10 minutos.
- Entonces, el tiempo de ciclo de la actividad es: $(10 \text{ minutos} / 2 \text{ personas}) = 5 \text{ minutos}$
- La tasa de flujo o tasa de producción = $1 / CT = 1/5 = 0,2 \text{ autos} / \text{minutos}$

Tiempo de ciclo de una actividad = tiempo de procesamiento / número de estaciones

Ejemplo 5

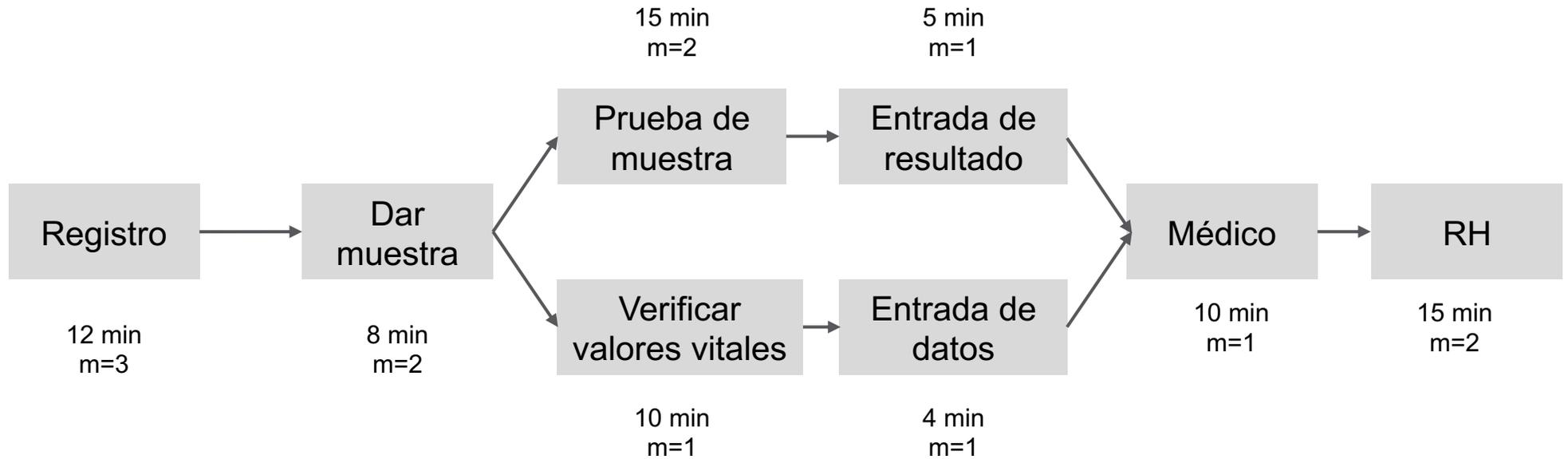
Los solicitantes de empleo para un puesto de almacén deben someterse a un examen médico como se muestra a continuación. Los tiempos del proceso de actividad (PT) y el número de estaciones paralelas (m) se muestran junto a cada actividad.

El proceso de solicitud de empleo se muestra como un diagrama de flujo que consta de 8 pasos. Estos 8 pasos con sus tiempos de procesamiento y estaciones paralelas (m) son los siguientes:

1. Registro, 12 minutos, $m = 3$
2. Dar muestra, 8 minutos, $m = 2$
3. Prueba de muestra, 15 minutos, $m = 2$
4. Entrada de resultado, 5 minutos, $m = 1$
5. Verifique los valores vitales, 10 minutos, $m = 1$
6. Entrada de datos, 4 minutos, $m = 1$
7. Médico, 10 minutos, $m = 1$
8. Especialista en recursos humanos, 15 minutos, $m = 2$

A la actividad 1 le sigue la actividad 2, en cuyo punto hay dos conjuntos de actividades paralelas: la actividad 3 y 4 en una ruta y la actividad 5 y 6 en la segunda ruta. Los dos caminos se fusionan en la actividad 7, seguida de la actividad 8.

Ejemplo 5



Ejemplo 5

| Actividad | Tiempo de proceso (PT) | Estaciones (m) | Tasa de flujo m/PT | Tiempo de ciclo |
|-----------|------------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 12 | 3 | | |
| 2 | 8 | 2 | | |
| 3 | 15 | 2 | | |
| 4 | 5 | 1 | | |
| 5 | 10 | 1 | | |
| 6 | 4 | 1 | | |
| 7 | 10 | 1 | | |
| 8 | 15 | 2 | | |

Ejemplo 5

| Actividad | Tiempo de proceso (PT) | Estaciones (m) | Tasa de flujo m/PT | Tiempo de ciclo |
|-----------|------------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 12 | 3 | $3/12 = 0.25$ | $1/0.25 = 4$ |
| 2 | 8 | 2 | $2/8 = 0.25$ | $1/0.25 = 4$ |
| 3 | 15 | 2 | $2/15 = 0.133$ | $1/0.133 = 7.5$ |
| 4 | 5 | 1 | $1/5 = 0.2$ | 5 |
| 5 | 10 | 1 | $1/10 = 0.1$ | 10 |
| 6 | 4 | 1 | $1/4 = 0.25$ | 4 |
| 7 | 10 | 1 | $1/10 = 0.1$ | 10 |
| 8 | 15 | 2 | $2/15 = 0.133$ | 7.5 |

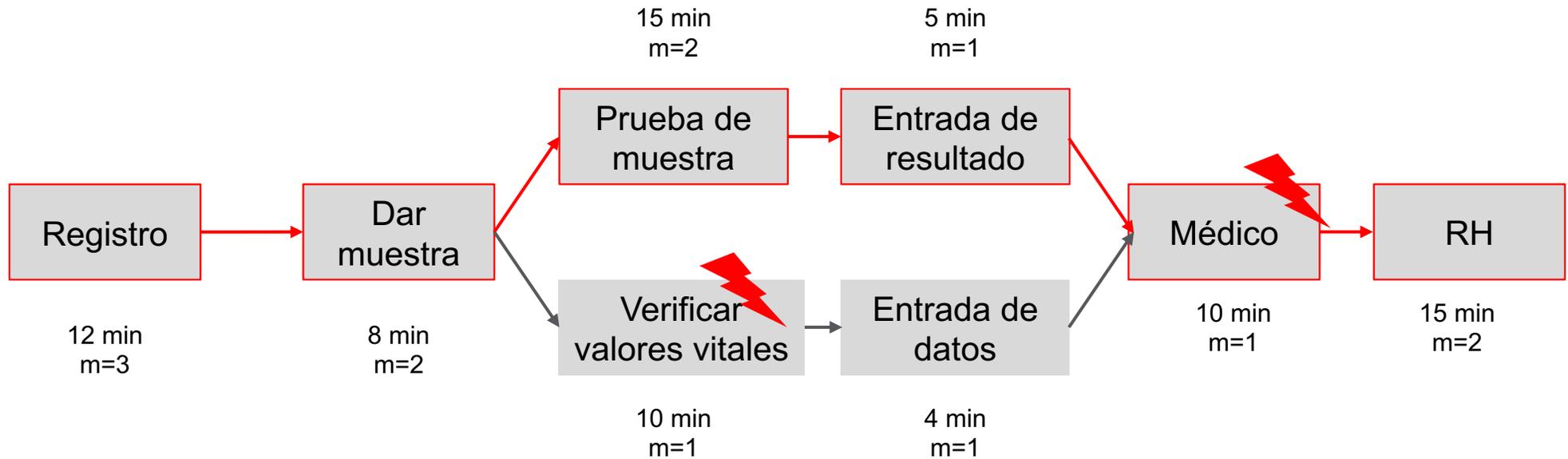
Actividades cuellos de botella

- Operación que limita la salida en la secuencia de producción
- El cuello de botella puede presentarse en la estación de trabajo con el mayor tiempo total por unidad procesada, o la estación de trabajo con la utilización promedio más alta y la mayor carga de trabajo total, o la estación de trabajo donde aun una de reducción de un solo minuto en el tiempo de procesamiento reduce la tasa promedio de producción del proceso entero.

Existen varias técnicas para enfrentar los cuellos de botella, e incluyen:

- Incrementar la capacidad de la restricción.
- Asegurar la disponibilidad de empleados calificados
- Desarrollar alternativas para las rutas
- Trasladar las inspecciones y pruebas a un lugar que esté justo antes del cuello de botella.
- Programar la producción para que se ajuste a la capacidad del cuello de botella. Lo anterior podría significar que se programe menos trabajo en los centros de trabajo que surten al cuello de botella.

Ejemplo 5



- Según los tiempos del ciclo de actividades, las Actividades 5 y 7 son actividades de cuello de botella. Por tanto, el tiempo del ciclo del proceso es de 10 minutos.
- El camino más largo se indica en rojo a continuación. La suma de los tiempos de procesamiento en la ruta más larga es el tiempo de flujo
- La ruta más larga es a través de actividades, 1, 2, 3, 4, 7 y 8. Después de sumar los tiempos de procesamiento de las actividades de la ruta más larga, obtenemos 65 minutos

Capacidad y utilización

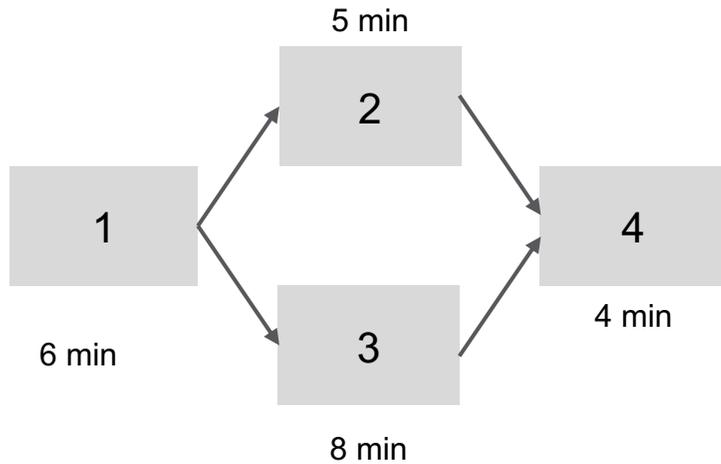
- Es el “volumen de producción” (throughput) o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un tiempo específico
- Una capacidad demasiado pequeña ocasiona la pérdida de clientes
- Una capacidad demasiado grande es muy costosa
- Determina los costos fijos

| | | |
|---|---|---|
| Planeación a largo plazo | Agregar instalaciones. Agregar equipo con tiempo de entrega largo. | * |
| Planeación a mediano plazo (planeación agregada) | Subcontratar. Agregar equipo. Agregar turnos. | Agregar personal. Construir o utilizar el inventario. |
| Planeación a corto plazo (programación) | * | Programar trabajos. Programar personal. Asignar maquinaria. |
| | Modificar la capacidad | Utilizar la capacidad |

* Existen posibilidades limitadas

Ejemplo 6: Capacidad del proceso

Considere las siguientes cuatro actividades.



| Actividad | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|------|------|-------|------|
| Tasa de producción | 10/h | 12/h | 7.5/h | 15/h |

Actividad 3 es el cuello de botella
Capacidad del proceso = 7.5/h

Utilización de la capacidad

- La presencia de una actividad de cuello de botella significa que otras actividades estarán inactivas durante parte del tiempo
- ¿Qué parte de la capacidad de una actividad se está utilizando?

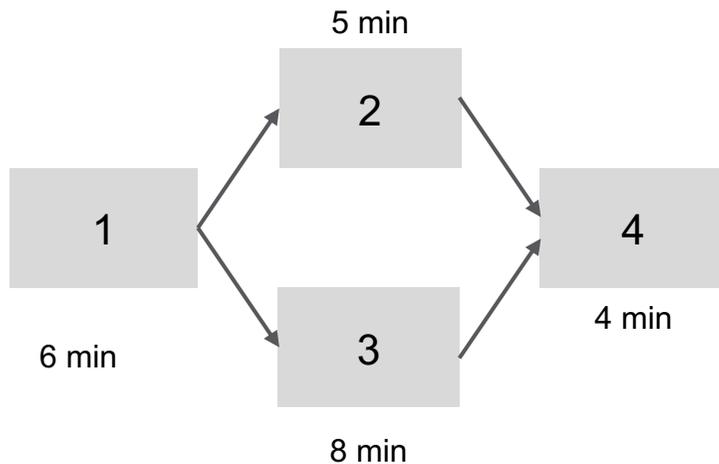
$$\textit{Utilización} = \frac{\textit{Tasa de producción real}}{\textit{Capacidad disponible}}$$

$$\textit{Utilización} = \frac{\textit{Tiempo utilizado para la producción}}{\textit{Tiempo disponible}}$$

Ejemplo 7: Utilización de la capacidad

Considere las siguientes cuatro actividades.

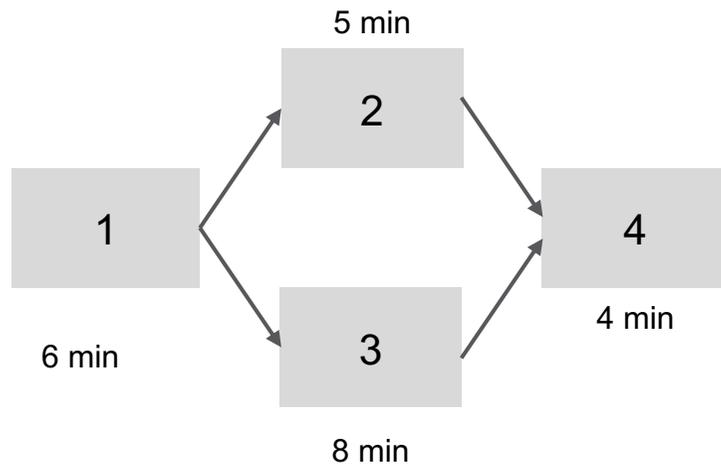
$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tasa de producción real}}{\text{Capacidad disponible}}$$



| Actividad | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|------|------|-------|------|
| Tasa de producción | 10/h | 12/h | 7.5/h | 15/h |
| % de utilización | | | | |

Ejemplo 7: Utilización de la capacidad

Considere las siguientes cuatro actividades.



$$Utilización = \frac{Tasa\ de\ producción\ real}{Capacidad\ disponible}$$

$$Utilización = \frac{7.5}{10} = 75\%$$

$$Utilización = \frac{7.5}{12} = 62.5\%$$

$$Utilización = \frac{7.5}{7.5} = 100\%$$

$$Utilización = \frac{7.5}{15} = 50\%$$

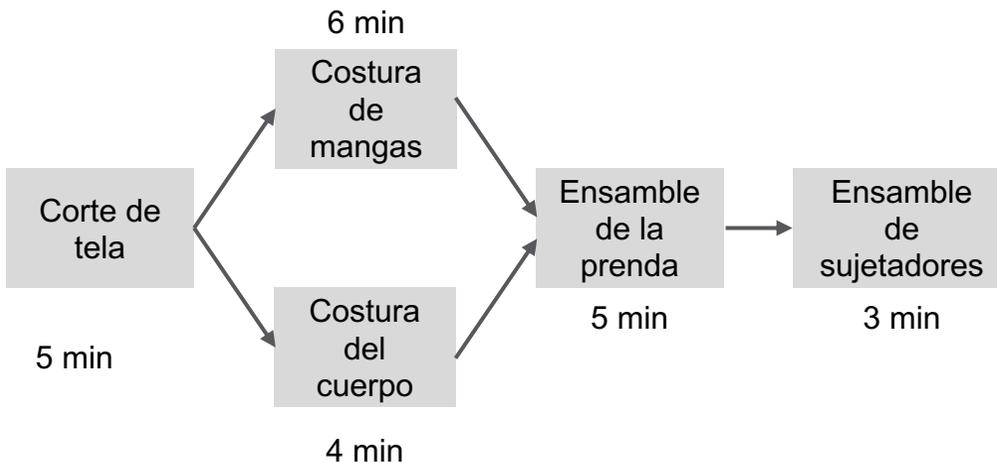
Actividad 3 es el cuello de botella
Capacidad del proceso = 7.5/h

| Actividad | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|------|------|-------|------|
| Tasa de producción | 10/h | 12/h | 7.5/h | 15/h |
| % de utilización | 75 | 62.5 | 100 | 50 |

Ejemplo 8: Fabricación de prendas

La fabricación de prendas es un proceso de varios pasos, como se muestra en el diagrama de flujo del proceso a continuación. La tabla indica el tamaño del lote y el tiempo de procesamiento del lote para cada paso.

1: corte de tela, 2: costura de mangas, 3: costura del cuerpo, 4: ensamblaje de la prenda, 5: ensamblaje de sujetadores

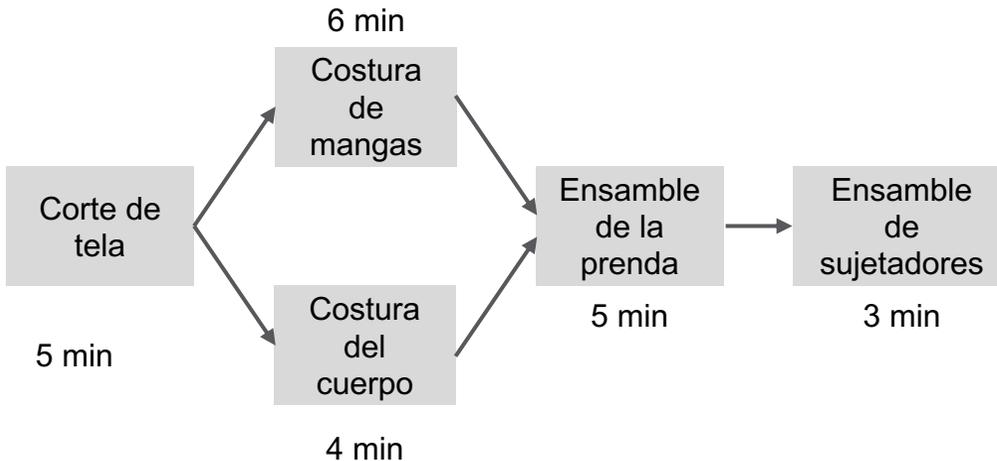


| Actividad | Tiempo de proceso | Tamaño de lote | Tasa de producción | % de utilización |
|-----------|-------------------|----------------|--------------------|------------------|
| 1 | 5 min | 24 | | |
| 2 | 6 min | 1 | | |
| 3 | 4 min | 1 | | |
| 4 | 5 min | 1 | | |
| 5 | 3 min | 1 | | |

Ejemplo 8: Fabricación de prendas

La fabricación de prendas es un proceso de varios pasos, como se muestra en el diagrama de flujo del proceso a continuación. La tabla indica el tamaño del lote y el tiempo de procesamiento del lote para cada paso.

1: corte de tela, 2: costura de mangas, 3: costura del cuerpo, 4: ensamblaje de la prenda, 5: ensamblaje de sujetadores



| Actividad | Tiempo de proceso | Tamaño de lote | Tasa de producción | % de utilización |
|-----------|-------------------|----------------|--------------------|------------------|
| 1 | 5 min | 24 | 4.8 | 3.47 |
| 2 | 6 min | 1 | 1/6 | 100 |
| 3 | 4 min | 1 | 1/4 | 66.67 |
| 4 | 5 min | 1 | 1/5 | 83.33 |
| 5 | 3 min | 1 | 1/3 | 50 |

Utilización implícita

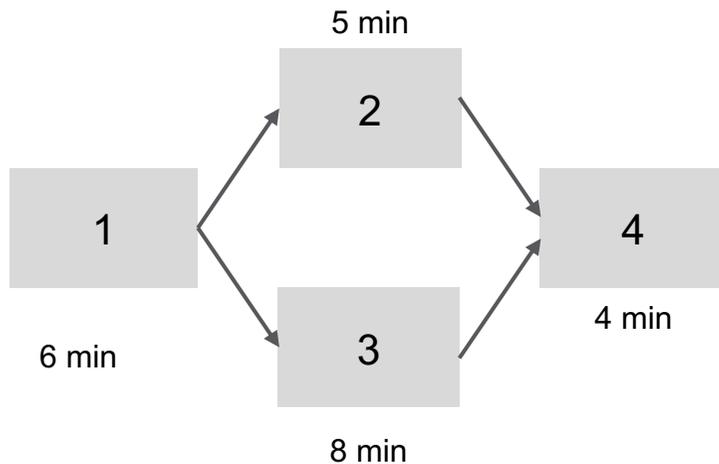
¿Qué pasa si la demanda es menor o mayor que el flujo del proceso?

Si la tasa de demanda es superior a la capacidad disponible, la utilización implícita será superior al 100%

$$\textit{Utilización implícita} = \frac{\textit{Tasa de demanda}}{\textit{Capacidad disponible}}$$

Ejemplo 9: Utilización implícita

Suponga que la demanda del cliente es de 8 unidades por hora

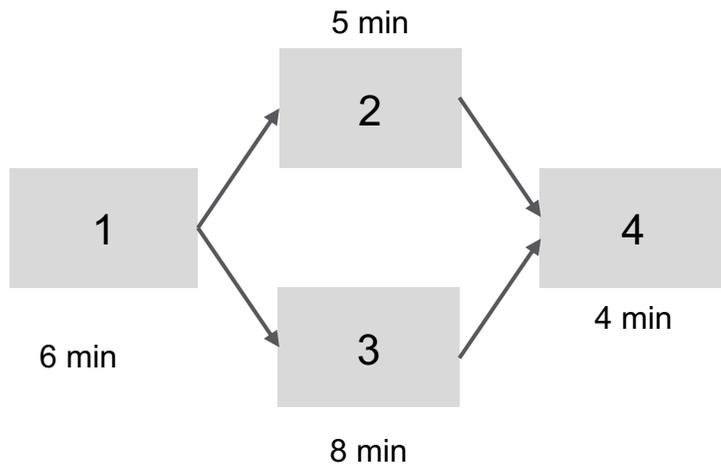


$$\text{Utilización implícita} = \frac{\text{Tasa de demanda}}{\text{Capacidad disponible}}$$

| Actividad | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------|------|------|-------|------|
| Tasa de producción | 10/h | 12/h | 7.5/h | 15/h |
| % de utilización implícita | | | | |

Ejemplo 9: Utilización implícita

Suponga que la demanda del cliente es de 8 unidades por hora



$$\text{Utilización implícita} = \frac{\text{Tasa de demanda}}{\text{Capacidad disponible}}$$

$$\text{Utilización} = \frac{8}{10} = 80\%$$

$$\text{Utilización} = \frac{8}{12} = 66.67\%$$

$$\text{Utilización} = \frac{8}{7.5} = 106.67\%$$

$$\text{Utilización} = \frac{8}{15} = 53.33\%$$

| Actividad | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------|------|-------|--------|-------|
| Tasa de producción | 10/h | 12/h | 7.5/h | 15/h |
| % de utilización implícita | 80 | 66.67 | 106.67 | 53.33 |

Libros de referencia

- Freivalds, A. & Niebel, B. *Ingeniería Industrial – métodos estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill
- García Criollo, R. *Estudio del trabajo*. McGraw-Hill
- Meyers, F. & Stephens, M.. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Pearson
- Render, B. & Heizer, J. *Principios de administración de operaciones*. Pearson
- Kanawaty, G. *Introducción al estudio de trabajo*. OIT
- Bedny, G. & Bedny, I. (2019) *Work Activity Studies Within the Framework of Ergonomics, Psychology, and Economics*. Taylor & Francis Group.
- Bridger, R. (2019). *Introduction to Human Factors and Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Lehto, M. & Buck, J. (2008). *Introduction to Human Factors and Ergonomics ofr Engineers*. Taylor & Francis Group.
- Stack, T. et al. (2016). *Occupational Ergonomics – A Practical Approach*. Wiley
- Kroemer, K. (2017). *Fitting the Human – Introduction to Ergonomics / Human Factors Engineering*. Taylor & Francis Group.
- Marras, W. & Karwowski, W. (2006) *Fundamentals And Assessment Tools For Ocupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Konz, S. & Johnson, S. (2016) *Work Design and Occupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Abraham, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos: Ingeniería de métodos*. Limusa
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2006). *Guía Técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa*. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Gobierno de España
- (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
- Palacios, L. (2009). *Inteniería de Métodos, Movimientos y Tiempos*. Ecoe Ediciones
- Krick (1994). *Ingeniería de Métodos*. Limusa
- Castellanos, J., et al. (2008). *Organización del Trabajo: Ingeniería de Métodos – Tomo I*. Editorial Felix Varela
- Castellanos, J., et al. (2008). *Organización del Trabajo: Estudio de Tiempos – Tomo II*. Editorial Felix Varela
- Mondelo, P. et al. (1999). *Ergonomía 3: Diseños de Puestos de Trabajo*. Mutua Universal
- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos*. Ecoe Ediciones
- Peralta, J. et al (2014) *Estudio del Trabajo*. Grupo Editorial Patria
- Caso Neira, A. *Técnicas de Medición del Trabajo*



Ricardo Caballero, M.Sc.

Docente Tiempo Completo
Facultad de Ingeniería Industrial
Centro Regional de Chiriquí
Universidad Tecnológica de Panamá

E-mail: ricardo.caballero@utp.ac.pa

<https://www.academia.utp.ac.pa/ricardo-caballero>