

Administración de la Producción

Tema 4

Análisis del flujo de procesos

Profesor:

Ricardo Caballero, M.Sc.

✉ ricardo.caballero@utp.ac.pa



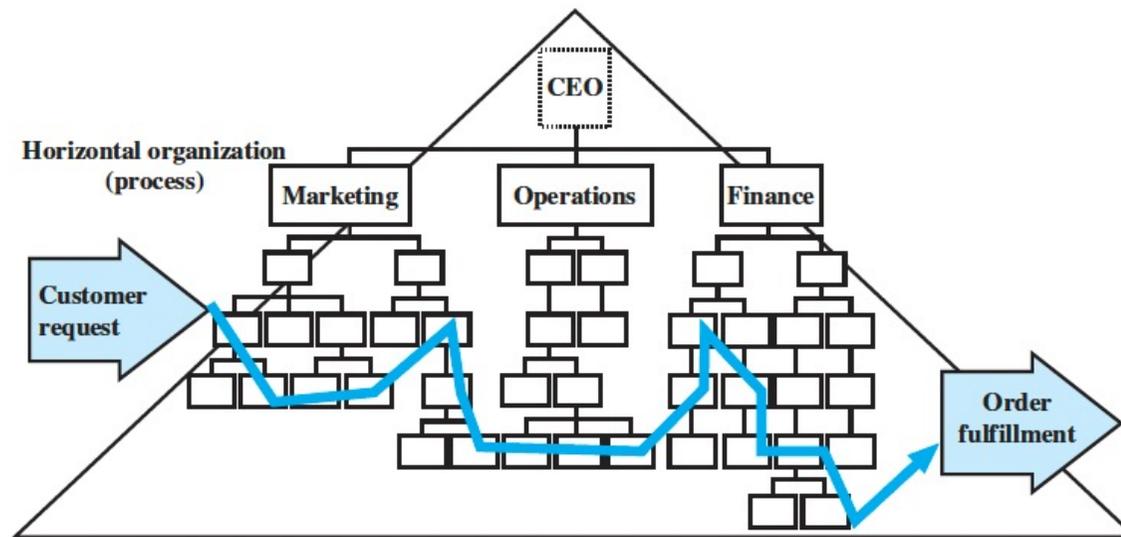
Visión de procesos

Operaciones

- Es toda actividad que transforma un insumo
- Se componen de una colección de actividades que tienen un propósito, planificadas y coordinadas.
- Para realizar actividades, las operaciones necesitan recursos

Procesos

- Un sistema de actividades estructuradas que utilizan recursos para convertir entradas en salidas valiosas.
- El **pensamiento de procesos** es una forma de ver las actividades en una organización como una colección de procesos (en oposición a departamentos o áreas funcionales).



Unidades de flujo de procesos



Principios del desempeño del proceso: la teoría de las restricciones

La **Teoría de las Restricciones (TOC)** es una filosofía que sugiere que cualquier sistema siempre tiene *al menos una restricción*; de lo contrario, generaría una cantidad infinita de resultados, y que las restricciones generalmente determinan el ritmo de la capacidad de una organización para lograr su objetivo, que es la ganancia. .

Hay cinco principios básicos en el corazón de TOC:

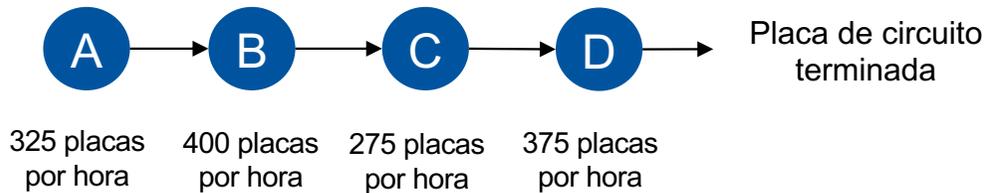
1. Todo proceso tiene una restricción.
2. Cada proceso tiene una varianza que consume capacidad.
3. Todo proceso debe gestionarse como un sistema.
4. Las medidas de desempeño son cruciales para el éxito del proceso.
5. Todo proceso debe mejorar continuamente.

... una restricción restringirá la capacidad de la operación. Si esta restricción se reduce, o incluso se elimina, la capacidad aumentará. Una restricción se puede reducir aumentando el recurso en el cuello de botella.

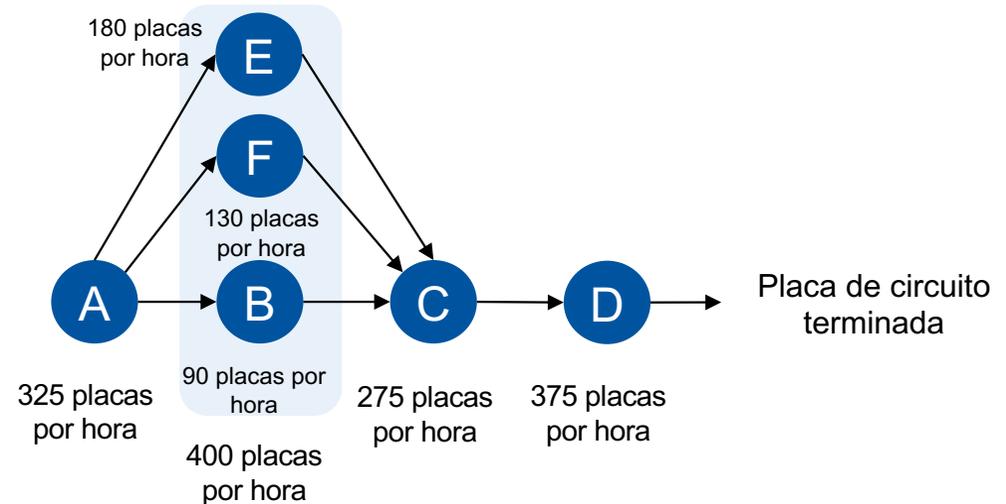
Teoría de Restricciones: Principio 1 – Todo proceso tiene una restricción

- **Cuello de botella:** cualquier lugar donde la **demanda \geq capacidad**; esto limita la capacidad del proceso para generar resultados
- Una restricción o “recurso escaso”
 - Una instalación, departamento, máquina, habilidad, etc.
- Define la capacidad máxima de un sistema
- **Estructura serial/secuencial:** los procesos ocurren uno tras otro
- **Estructura paralela:** dos o más procesos ocurren simultáneamente

Un proceso para la fabricación de placas de circuito.
(todas las capacidades enumeradas son máximas)



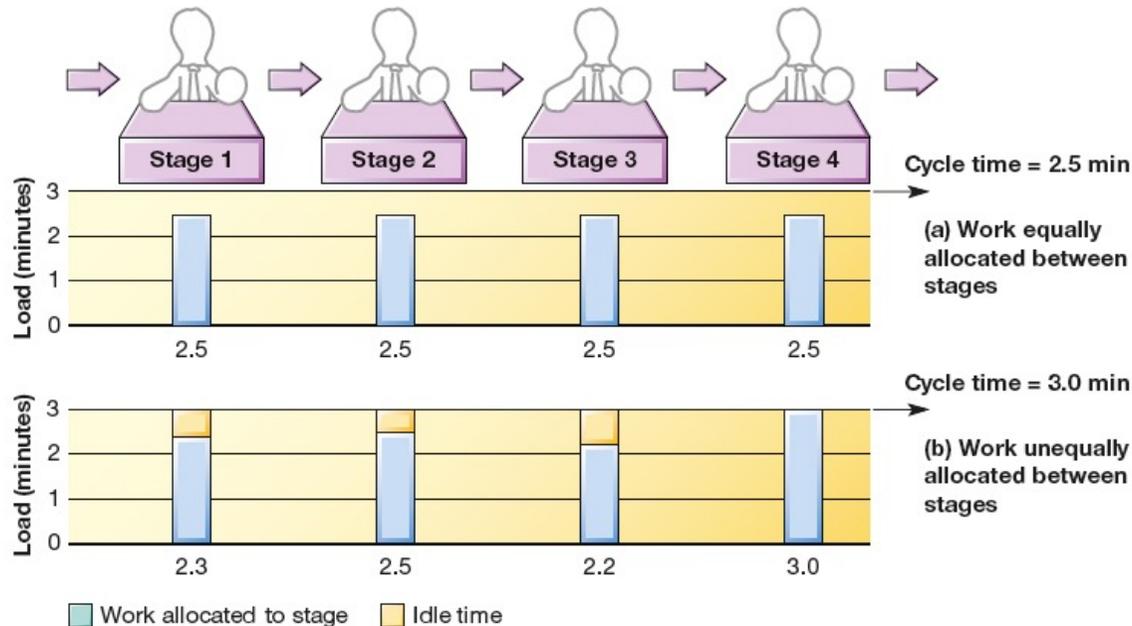
Capacidad máxima en un proceso en serie



Capacidad máxima en un proceso en paralelo

Operación cuello de botella

- Cada actividad tiene un flujo asociado y un tiempo de ciclo
- La actividad con la tasa de flujo más pequeña se denomina actividad de cuello de botella.
- Alternativamente, el cuello de botella es la actividad con el tiempo de ciclo más largo. Si hay múltiples actividades de este tipo, entonces todas son actividades de cuello de botella.
- Una operación en una secuencia de operaciones cuya capacidad es menor que la de las otras operaciones



El cuello de botella es la parte del proceso que está más sobrecargada en relación con su capacidad.

Preguntas para hacer en el análisis de flujo de proceso

- **Flujo:** ¿Está equilibrado? ¿Dónde está el cuello de botella? ¿Todos los pasos son necesarios? ¿Qué tan confuso es el flujo?
- **Tiempo:** ¿Cuánto tiempo para producir una unidad? ¿Se puede reducir? ¿Es excesivo el tiempo de preparación? ¿Es excesivo el tiempo de espera?
- **Cantidad:** ¿Cantidad de producción teórica? ¿Qué tan fácil de cambiar? ¿Cuántas unidades se produjeron realmente?
- **Calidad:** ¿Tasa histórica de defectos? ¿Qué pasos contribuyen a los defectos? ¿Dónde ocurren los errores?
- **Costo:** ¿Cuánto cuesta producir una unidad? ¿Qué son los segmentos de costos para una unidad? ¿Se pueden reducir o eliminar algunos segmentos de costos?

Métricas de rendimiento del flujo de procesos

Tiempo de ciclo

- Es el recíproco de la tasa de rendimiento; tiempo entre los elementos que emergen del proceso.
- Tiempo entre dos unidades consecutivas que salen del proceso
- Tiempo que lleva procesar una unidad en una operación en el proceso general

Takt Time

- Se puede definir como el tiempo asignado a cada unidad para fabricar un producto o prestar un servicio con el fin de satisfacer la demanda del cliente.
- Esta es la tasa a la que el cliente requiere el product
- Se calcula basado en la demanda real del cliente mientras que el tiempo de ciclo es el tiempo real en producción (en la planta)

Tasa de rendimiento (tasa de flujo)

- Es la velocidad a la que emergen los elementos del proceso, es decir, el número de elementos que pasan por el proceso por unidad de tiempo.
- Tasa a la que las unidades salen del Sistema
- Tasa de rendimiento = $1/(\text{Tiempo de Ciclo})$

Tiempo de rendimiento (tiempo de flujo)

- Es el tiempo promedio transcurrido para que las entradas pasen por el proceso y se conviertan en salidas
- El tiempo que tarda una unidad de flujo en pasar por todo el proceso, desde el momento en que ingresa hasta el momento en que sale del proceso.
- Tiempo para que una unidad pase por un proceso

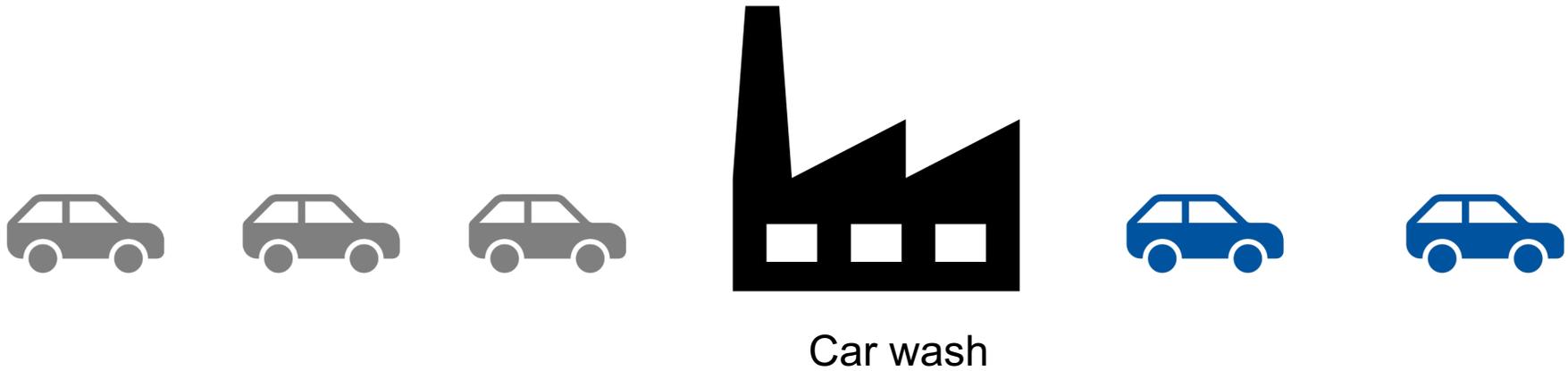
Número de artículos en el proceso

- (también llamado "trabajo en progreso" o inventario en proceso) como un promedio durante un período de tiempo.

Utilización

- Es la proporción del tiempo disponible en que los recursos dentro del proceso están realizando un trabajo útil.

Ejemplo 1: Car-wash



Tiempo de ciclo: salen cada 10 minutos

Tasa de flujo: 6 autos / hora

Ejemplo 1: Car-wash – múltiples estaciones

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

Supongamos que decidimos tener dos estaciones de limpieza interior en Carwash para que se pueda 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 automóviles cada 10 minutos.
- Entonces, el tiempo de ciclo para la actividad es: $(10 \text{ minutos} / 2 \text{ personas}) = 5 \text{ minutos}$
- Tasa de flujo = $1/CT = 1/5 = 0,2 \text{ autos/minutos}$

Tiempo de ciclo de una actividad = Tiempo de procesamiento / Número de estaciones

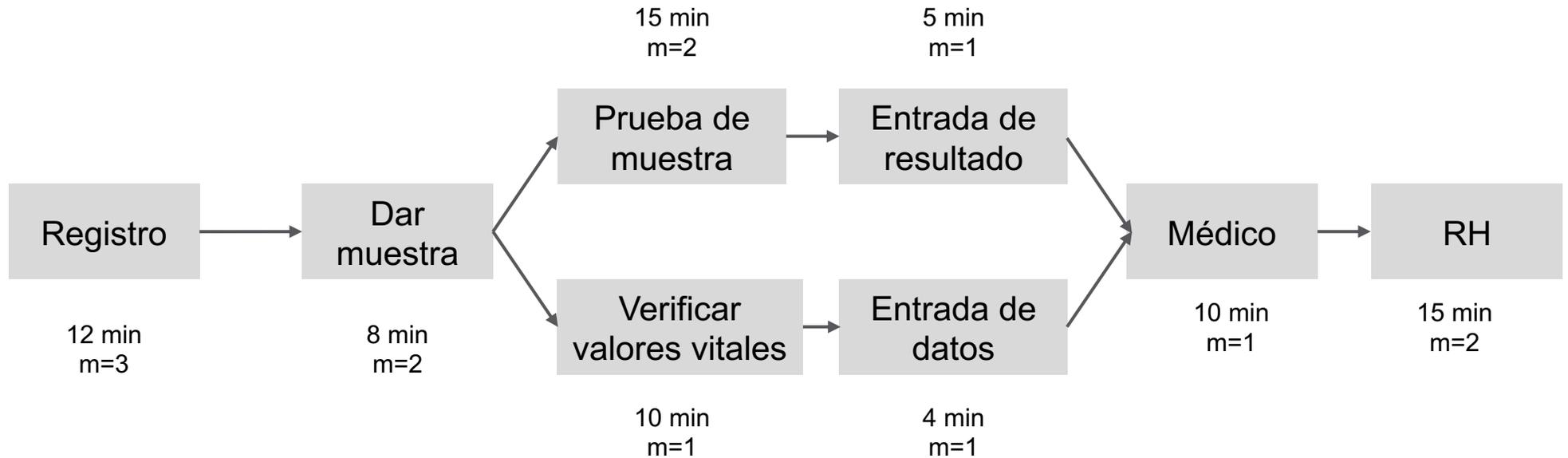
Ejemplo 2: Solicitud de empleo para un puesto de almacén

Los solicitantes de empleo para un puesto de almacén deben someterse a un examen médico como se muestra a continuación. Los tiempos de proceso de actividad (PT) y el número de estaciones paralelas (m) se muestran al lado de 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 son los siguientes

1. Entrada, 12 minutos, $m = 3$
2. Dar muestra, 8 minutos, $m = 2$
3. Prueba de muestra, 15 minutos, $m = 2$
4. Ingreso de resultados, 5 minutos, $m = 1$
5. Comprobar signos vitales, 10 minutos, $m = 1$
6. Entrada de datos, 4 minutos, $m = 1$
7. Médico, 10 minutos, $m = 1$
8. Especialista en RRHH, 15 minutos, $m = 2$

A la actividad 1 le sigue la actividad 2, momento en el que hay dos conjuntos paralelos de actividades: la actividad 3 y 4 en un camino, y las actividades 5 y 6 en el segundo camino. Los dos caminos se fusionan en la actividad 7, a la que sigue la actividad 8.

Ejemplo 2: Solicitud de empleo para un puesto de almacén



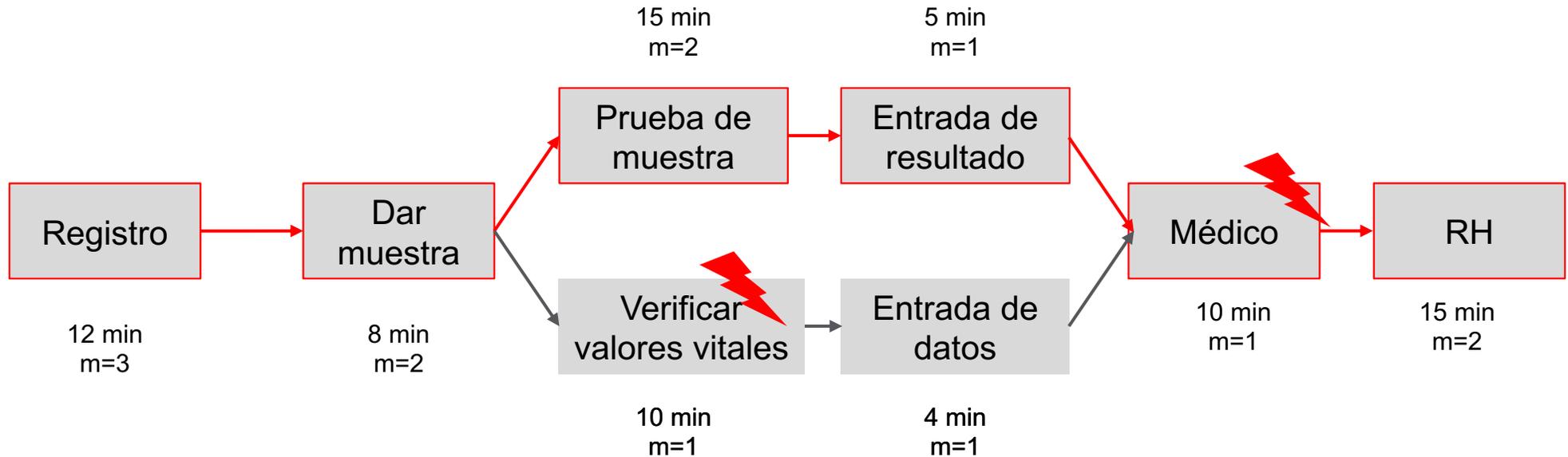
Ejemplo 2: Solicitud de empleo para un puesto de almacén

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 2: Solicitud de empleo para un puesto de almacén

Actividad	Tiempo de proceso (PT)	Estaciones (m)	Tasa de flujo m/PT	Tiempo de ciclo
1	12	3	$3/12 = 0.25$	4
2	8	2	$2/8 = 0.25$	4
3	15	2	$2/15 = 0.133$	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

Ejemplo 2: Solicitud de empleo para un puesto de almacén



- Según los tiempos del ciclo de actividad, las actividades 5 y 7 son actividades de cuello de botella. El tiempo de ciclo del proceso es por lo tanto 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 las 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

- La capacidad determina la velocidad a la que la operación puede transformar los insumos en productos y la *cantidad* de un producto o servicio que se puede entregar en un *período de tiempo determinado*.
- **Capacidad** → el "rendimiento" o número de unidades que una instalación puede contener, recibir, almacenar o producir en un período de tiempo.
- **Utilización** → Producción real como porcentaje de la capacidad de diseño.
- **Eficiencia** → Producción real como porcentaje de la capacidad efectiva.

Piense en las consecuencias de los errores de planificación de la capacidad:

Capacidad > Demanda

- Ineficiencia
- Baja rentabilidad

Demanda > Capacidad

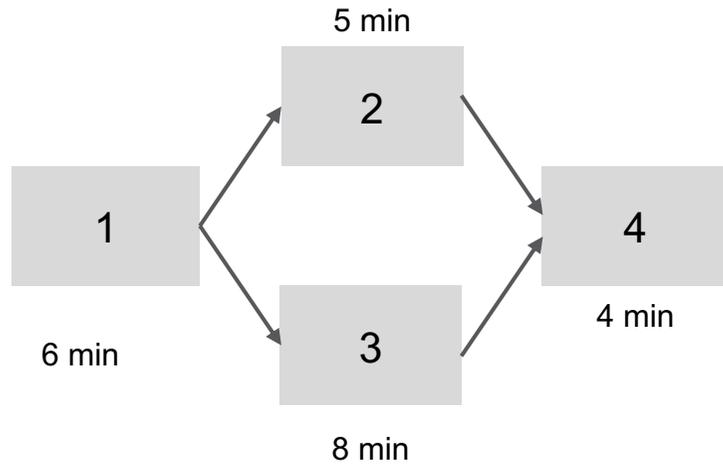
- Oportunidades perdidas
- Problemas de calidad
- Retrasos en el suministro

Capacidad y utilización: otras definiciones

- **Utilización:** la producción real que se muestra como un porcentaje de la capacidad de diseño de la operación. Esto muestra el porcentaje de tiempo que la instalación está en uso real y, por lo tanto, demuestra qué tan bien están funcionando los recursos.
- **Eficiencia:** es la producción real que se muestra como un porcentaje de la capacidad efectiva de la operación. Demuestra qué tan bien está funcionando la operación según las expectativas.
- **Capacidad de diseño:** es el resultado esperado de una operación cuando no hay paradas.
- **Capacidad efectiva:** es el resultado esperado de una operación teniendo en cuenta las paradas planificadas para mantenimiento, cambio de turno, etc.
- **Capacidad real:** es el resultado esperado de una operación considerando tanto las paradas planificadas como las no planificadas.
- **Efectividad general del equipo (OEE):** es la capacidad real cuando se aplica a máquinas individuales que le dice a la operación qué tan bien se está utilizando el equipo.
- **Eficacia profesional general (OPE):** es la capacidad real cuando se aplica a los trabajadores que le dice a la operación qué tan bien se está desempeñando el empleado.

Ejemplo 3: Capacidad del proceso

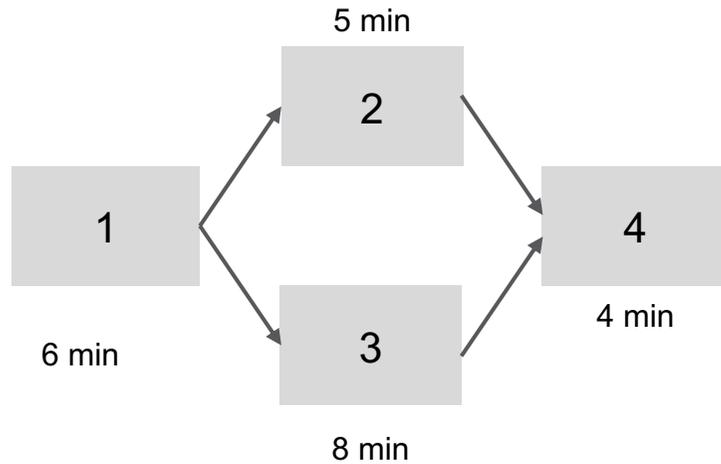
Considere las siguientes cuatro operaciones



Actividad	1	2	3	4
Tasa de rendimiento				

Ejemplo 3: Capacidad del proceso

Considere las siguientes cuatro operaciones



Actividad	1	2	3	4
Tasa de rendimiento	10/h	12/h	7.5/h	15/h

La actividad 3 es el cuello de botella
La capacidad del proceso es 7.5/hr

Capacidad de uso

- 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?

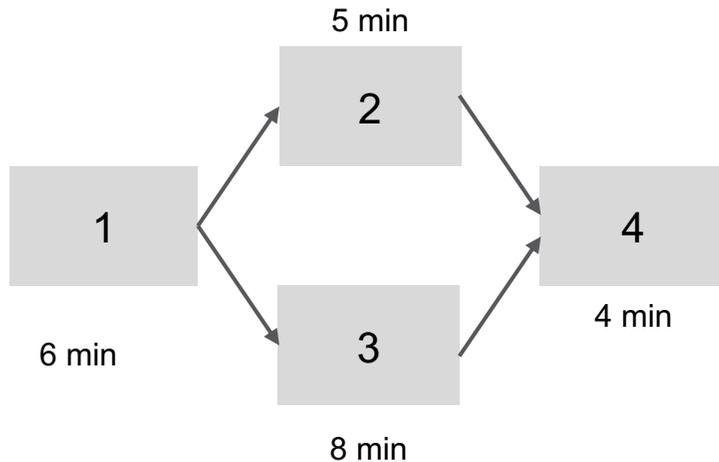
$$\textit{Utilización} = \frac{\textit{Tasa de producción real}}{\textit{Capacidad disponible}}$$

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

Ejemplo 3: Capacidad de uso

Considere las siguientes cuatro operaciones

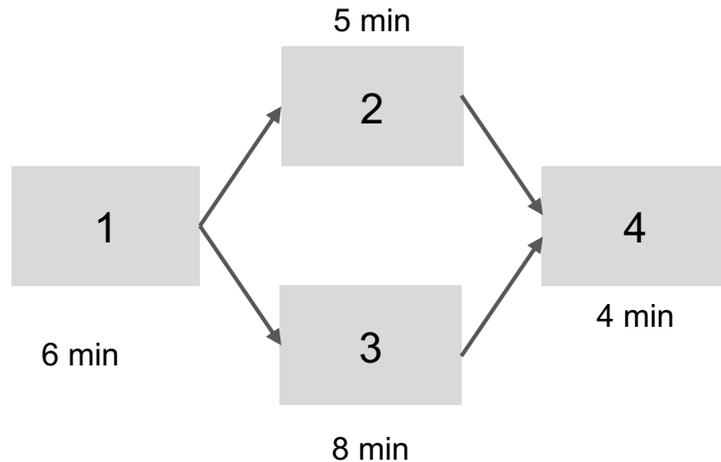
$$Utilization = \frac{Tasa\ de\ producción\ real}{Capacidad\ disponible}$$



Actividad	1	2	3	4
Tasa de rendimiento	10/h	12/h	7.5/h	15/h
% Utilización				

Ejemplo 3: Capacidad de uso

Considere las siguientes cuatro operaciones



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

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

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

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

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

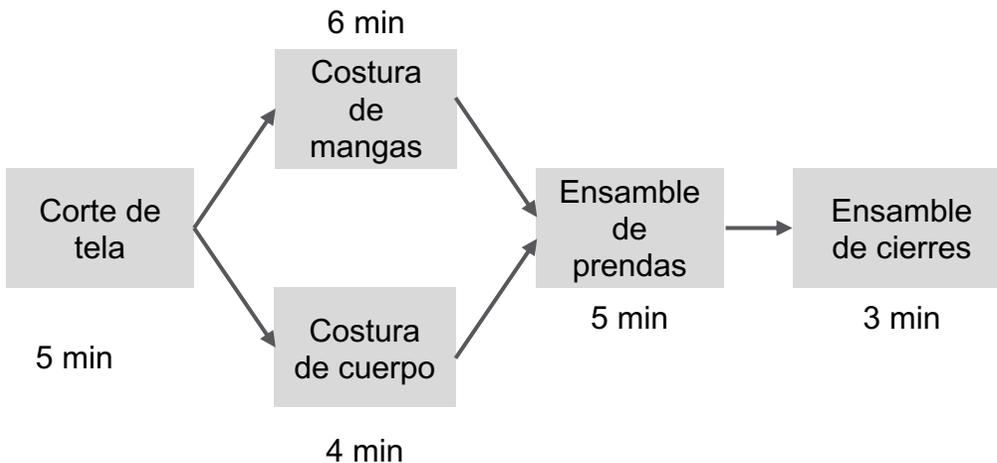
La actividad 3 es el cuello de botella
La capacidad del proceso es 7.5/hr

Actividad	1	2	3	4
Tasa de rendimiento	10/h	12/h	7.5/h	15/h
% Utilización	75	62.5	100	50

Ejemplo 4: Fabricación de prendas de vestir

La fabricación de prendas de vestir es un proceso de varios pasos, como se muestra en el siguiente diagrama de flujo del proceso. 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:montaje de prendas, 5:montaje de cierres

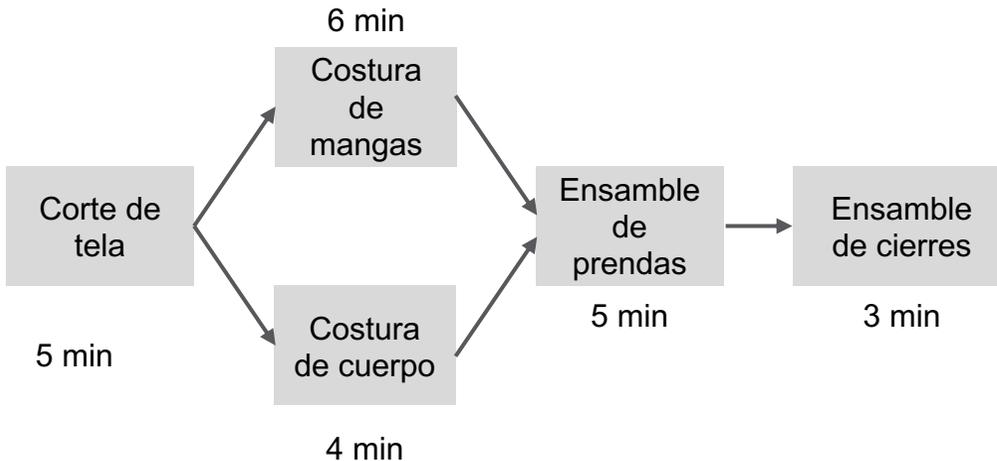


Actividad	Tiempo de proceso	Tamaño del lote	Tasa de producción	% Utilización
1	5 min	24		
2	6 min	1		
3	4 min	1		
4	5 min	1		
5	3 min	1		

Ejemplo 4: Fabricación de prendas de vestir

La fabricación de prendas de vestir es un proceso de varios pasos, como se muestra en el siguiente diagrama de flujo del proceso. 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: montaje de prendas, 5: montaje de cierres



Actividad	Tiempo de proceso	Tamaño del lote	Tasa de producción	% 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 la tasa de flujo del del proceso?

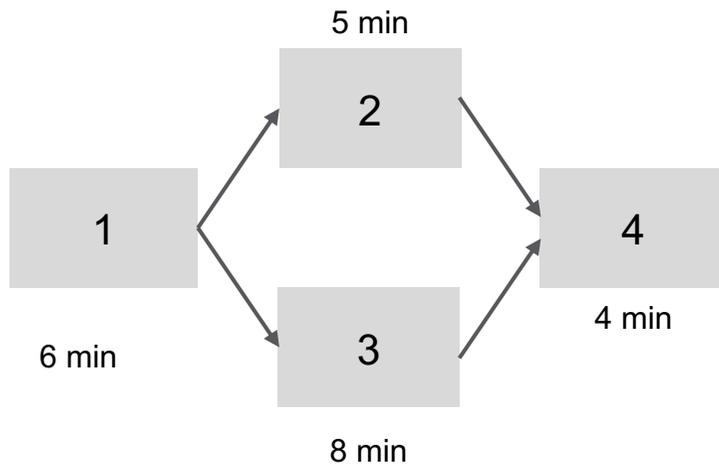
Si la tasa de demanda es superior a la capacidad disponible, la utilización implícita será superior al 100 %

$$\textit{Utilización Implícit} = \frac{\textit{Tasa de Demanda}}{\textit{Capacidad disponible}}$$

Ejemplo 5: Utilización implícita

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

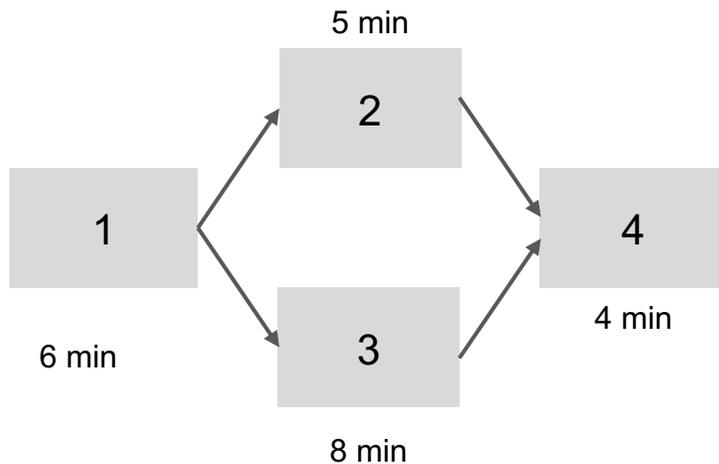
$$\text{Utilización implícita} = \frac{\text{Tasa de demanda}}{\text{Capacidad disponible}}$$



Actividad	1	2	3	4
Capacidad	10/h	12/h	7.5/h	15/h
% utilización implícita				

Ejemplo 5: Utilización Implícita

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



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

$$\text{Implied Utilization} = \frac{8}{10} = 80\%$$

$$\text{Implied Utilization} = \frac{8}{12} = 66.67\%$$

$$\text{Implied Utilization} = \frac{8}{7.5} = 106.67\%$$

$$\text{Implied Utilization} = \frac{8}{15} = 53.33\%$$

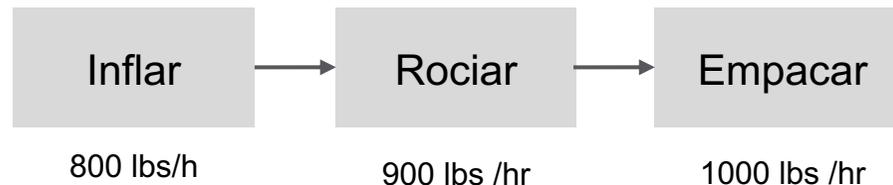
Actividad	1	2	3	4
Capacidad	10/h	12/h	7.5/h	15/h
% utilización implícita	80	66.67	106.67	53.33

Tenga en cuenta que la utilización implícita es superior a 100, sabe que el proceso que tiene no es capaz de producir o mantenerse al día con la demanda de esos artículos.

Ejemplo 6 : Capacidad en un proceso de flujo continuo

Una planta de fabricación de cereales que tiene tres actividades. Hay una máquina de inflado, un rociador y un empacador. La máquina de inflado toma el grano de trigo y lo infla hasta crujiente. Luego, pasa al rociador en donde se rocía un poco de jarabe de miel sobre ellos. Hay boquillas en el rociador que hacen esto. Finalmente, se transporta al empacador. Ahora, todo este proceso se produce como un flujo continuo para que el producto no espere en ningún punto intermedio.

La máquina de inflado es capaz de producir a 800 libras por hora, el rociador es capaz de producir a 900 libras por hora y el empacador es capaz de producir a 1,000 libras por hora. Desafortunadamente, el rociador tiene un problema. Después de funcionar durante un tiempo, la boquilla comienza a obstruirse. Por lo tanto, el proceso debe ejecutarse durante tres horas, y luego durante 30 minutos, debe detenerse para que las boquillas se puedan limpiar antes de comenzar el proceso nuevamente.



Considere cada ciclo de rociado y limpieza de boquillas. Cada ciclo es de 3,5 horas (3 horas de pulverización y 0,5 horas de limpieza).

Ejemplo 6 : Capacidad en un proceso de flujo continuo

	Inflador	Rociador	Empacadora
Cantidad producida (lbs)	3×800 $= 2400$	3×900 $= 2700$	3×1000 $= 3000$
Tasa de producción efectiva	$2400/3.5$ $= 685.71$	$2700/3.5$ $= 771.43$	$3000/3.5$ $= 857.14$

El inflador es la actividad cuello de botella y controla toda la tasa de flujo, por consiguiente la línea solo puede producir 685.71 lbs/hr

Ley de Little

La **Ley de Little** muestra que el número promedio de artículos en un sistema (I) es el producto de la tasa promedio de llegada al sistema (R) y el tiempo promedio que un artículo permanece en el sistema (T). Este tiempo promedio en el sistema es el tiempo de procesamiento, el tiempo desde que comienza el procesamiento hasta que el producto o servicio está completamente terminado.

Incluye tanto el tiempo de procesamiento activo como cualquier tiempo de espera que ocurra durante el procesamiento. En términos matemáticos, la Ley de Little se expresa de la siguiente manera:

$$I = T \times R$$

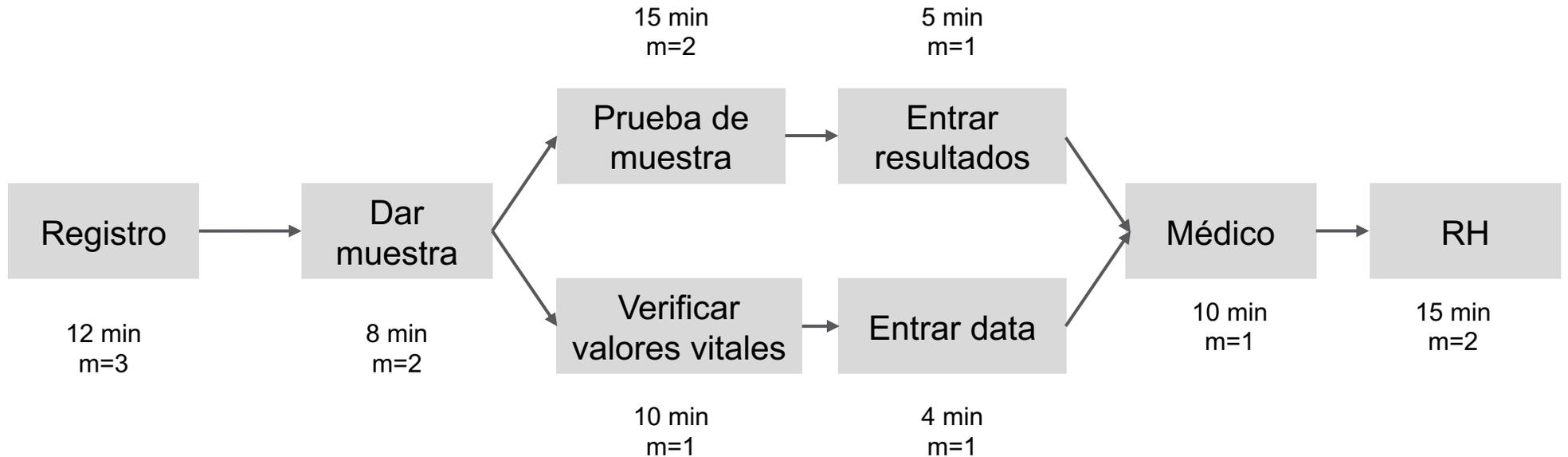
I = número promedio de cosas en el sistema (o "inventario")

T = tiempo promedio de producción (tiempo de procesamiento + tiempo de espera)

R = tasa de flujo promedio en el proceso

La ley de Little relaciona el inventario o el número de unidades de flujo en el sistema, con la tasa de producción y el tiempo de flujo.

Ejemplo 2: Solicitud de empleo para un puesto de almacén (Ley de Little)



Considere el ejemplo del proceso de examen

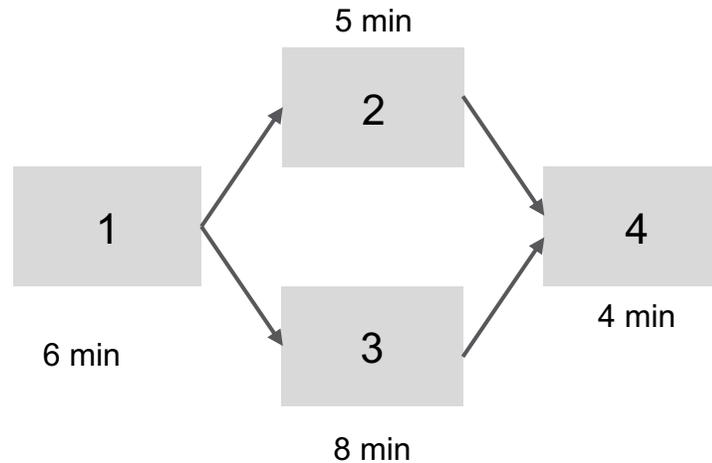
Calculamos el tiempo de flujo para el proceso en 65 minutos y la tasa de flujo en 1/10 de solicitantes/minuto

De la Ley de Little el número promedio de solicitantes en el sistema

$$I = R * T = 65 * 0.1 = 6.5 \text{ aplicantes}$$

Ejemplo 3: Ley de Little

Basado en el ejemplo anterior 3



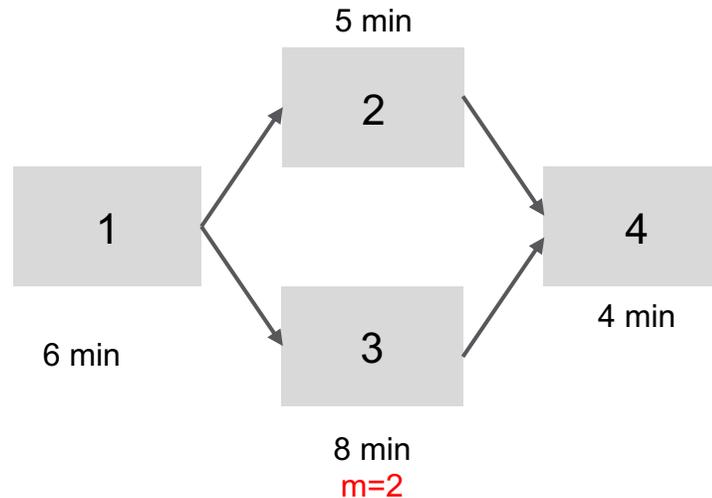
Con base en los datos, el proceso tiene una **tasa de producción de 7.5 units/hr** y tiene un **tiempo producción de $(6 + 8 + 4) = 18$ minutos = $18/60$ horas = 0.3 horas**

Luego, de la Ley de Little, el inventario, (es decir, el número promedio de unidades en el sistema)

$$I = R * T = 7.5 * 0.3 = 2.25 \text{ units}$$

Ejemplo 3: Ley de Little (agregando una estación más)

Considere agregar una estación más en la actividad 3



Considere agregar un recurso adicional a la Actividad 3 como se muestra. Esto cambiará el rendimiento de la Actividad 3 y, por lo tanto, el nuevo cuello de botella será la Actividad 1. La tasa de flujo del proceso será de 10/h.

El tiempo de flujo seguirá siendo de 18 minutos o 0,3 horas.

De la Ley de Little : $I = R * T = 10 * 0.3 = 3 \text{ units}$

Observe que al aumentar los recursos en la Actividad 3 aumentó la tasa de flujo, por lo que también aumentó la cantidad de unidades en el sistema.

Ejemplo 7: Little's Law – Preparar un sandwich

En un nuevo proceso de ensamblaje y venta de sándwiches, el número promedio de clientes en el proceso debe limitarse a alrededor de 10 y el tiempo máximo que un cliente está en el proceso debe ser en promedio cuatro minutos. Si el tiempo para armar y vender un sándwich (desde que el cliente solicita hasta que el cliente sale del proceso) en el nuevo proceso se ha reducido a 1.2 minutos, ¿cuánto personal debería estar atendiendo?

Poniendo esto en la Ley de Little:

$$\text{Tiempo de procesamiento} = 4 \text{ minutos}$$

y:

$$\text{Work – in – progress (WIP)} = 10$$

entonces, desde:

$$\text{Tiempo de procesamiento} = \text{WIP} \times \text{Tiempo de Ciclo}$$

$$\text{Tiempo de Ciclo} = \frac{\text{Tiempo de procesamiento}}{\text{WIP}} = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ minutes}$$

Es decir, un cliente debe salir del proceso cada 0,4 minutos, en promedio.

Dado que un individuo puede ser atendido en 1,2 minutos:

$$\text{Número de servidores requeridos} = \frac{1.2}{0.4} = 3$$

En otras palabras, tres servidores atenderán a tres clientes en 1.2 minutos, eso es, un cliente en 0.4 minutos

Ejemplo 8: Medición de flujos de proceso en PIZZA PTY

Suponga que una de las pizzerías produce pizza fresca con siete opciones diferentes de aderezo, incluida la pizza más popular de "todo ingrediente". La tienda cuenta con dos empleados: un chef de pizza y un asistente. Tiene un horno que puede hornear hasta cuatro pizzas a la vez. El proceso de transformación (secuencia de pasos) seguido en la tienda es el siguiente:

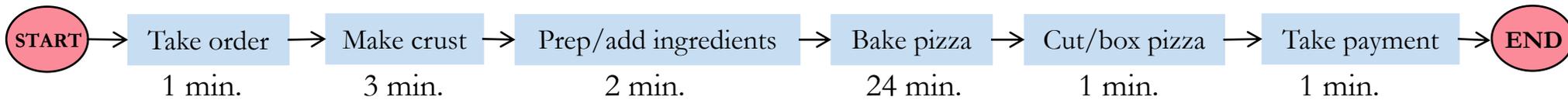
	Minutes	Who
Take the order	1	Assistant
Make the crust	3	Chef
Prepare and add ingredients	2	Chef
Bake the pizza	24	Oven
Cut pizza and box the order	1	Assistant
Take payment	1	Assistant

Detalles: Suponga que se agregaron todos los ingredientes a cada pizza.
Dos empleados trabajando a la vez.
El horno puede hornear hasta 4 pizzas a la vez.
Suponga que al chef se le paga \$15 por hora, al asistente se le paga \$11 por hora y el costo general es el 50 % del costo de la mano de obra directa.
Suponga que el costo de los ingredientes es de \$2.00 por pizza.

- ¿Cuál es la capacidad de este proceso?
- ¿Cuál es el cuello de botella en este proceso?
- ¿Cuál es el tiempo de producción?
- ¿Cuál es la tasa de flujo?
- ¿Cuánto cuesta hacer una pizza si la demanda promedio es del 60% de la capacidad?
- ¿Cómo se puede reducir el costo unitario de las pizzas?



Ejemplo 8: Medición de flujos de proceso en PIZZA PTY



a. ¿Cuál es la capacidad de este proceso?

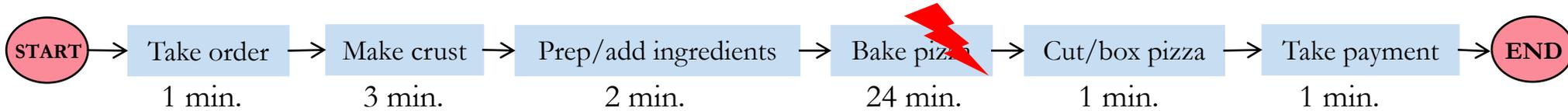
Mirando los tres recursos, tenemos:

- El **asistente** tarda 3 minutos por pedido ($1 + 1 + 1$) y así puede procesar **20 pedidos por hora**.
- El **chef** tarda 5 minutos por pedido ($3 + 2$) y puede procesar **12 pedidos por hora**.
- El **horno** trada un promedio de 6 minutos por pedido ($24 \div 4$, porque el horno tiene capacidad para 4 pizzas a la vez), or **10 pedidos por hora**.

Por lo tanto...

Capacidad del proceso (tasa de rendimiento) = 10 pizzas/hr

Ejemplo 8: Medición de flujos de proceso en PIZZA PTY



b. ¿Cuál es el cuello de botella en este proceso?

A un tiempo de proceso promedio de 6 min. por pizza...

el **HORNO** es la **actividad más lenta**.....

y eso determina la capacidad del proceso....

y es, por tanto, el cuello de botella.

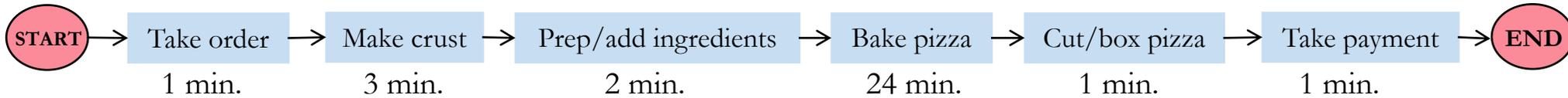
El proceso no puede producir más que la actividad más lenta.. (Tasa de producción = 10 pizzas/hr)

c. ¿Cuál es el tiempo de producción?

Tiempo de producción = tiempo para **completar un** producto o servicio

Tiempo de producción de pizza = 1 + 3 + 2 + 24 + 1 + 1 = 32 min

Ejemplo 8: Medición de flujos de proceso en PIZZA PTY



d.Cuál es la tasa de producción?

Suponiendo que la oferta y la demanda exceden la capacidad, la tasa de flujo está determinada por la capacidad de cuello de botella de **10 pedidos por hora**.

Sin embargo, este es la tasa de flujo máximo; la tasa de flujo real podría ser mucho menor.

Si la demanda o la oferta es menor que la capacidad, el menor de los dos determinará la tasa de flujo

e. ¿Cuánto cuesta hacer una pizza si la demanda promedio es del 60% de la capacidad?

Al 60 % de capacidad, **la tasa de producción promedio es de seis pizzas por hora**.

El **costo por hora de operación** es $\$15 + \$11 = \$26$ para mano de obra más 50 % agregado para gastos generales = **$\$39$ por hora, o $\$39 \div 6 = \6.50 por pizza**.

Por lo tanto, el **costo total** es $\$6.50 + \$2.00 = \mathbf{\$8.50}$ por pizza

f. Cómo se puede reducir el costo unitario de las pizzas?

- Aumentar la demanda a través de precios, publicidad u otros medios.
- Si la demanda aumenta hasta superar la capacidad, aumentar el flujo de todo el proceso de transformación mediante la automatización o mejoras del proceso.
- Reducir el costo unitario de mano de obra, materiales o gastos generales.

Ejemplo 9: Eficiencia de rendimiento del proceso

Un centro de licencias de vehículos recibe los documentos de la solicitud, ingresa los detalles, verifica la información proporcionada en la solicitud, clasifica la solicitud según el tipo de licencia requerida, confirma el pago y luego emite y envía la licencia por correo. Actualmente procesa una media de 5.000 licencias durante ocho horas diarias. Una verificación al azar reciente encontró 15,000 solicitudes que estaban "en progreso" o esperando ser procesadas. La suma de todas las actividades que se requieren para procesar una solicitud es de 25 minutos.

¿Cuál es la eficiencia de rendimiento del proceso?

Ejemplo 9: Eficiencia de rendimiento del proceso

Work in Progress = 15000 applications

Cycle Time = Time producing

$$\frac{\text{Time producing}}{\text{Number produced}} = \frac{8 \text{ hours}}{5000} = \frac{480 \text{ minutes}}{5000} = 0.96 \text{ minutes}$$

From Little's Law:

$$\begin{aligned} \text{Throughput Time} &= \text{WIP} \times \text{Cycle Time} \\ &= 15000 \times 0.096 \\ &= 1440 \text{ minutes} = 24 \text{ hours} = 3 \text{ días de trabajo} \end{aligned}$$

Aunque el proceso está logrando un tiempo de procesamiento de 3 días (lo que parece razonable para este tipo de proceso), las aplicaciones solo se están trabajando durante el 1,7 por ciento del tiempo que están en el proceso.

Ejemplo 10: Ley de Little

Todos los años era lo mismo. Todas las estaciones de trabajo del edificio tuvieron que ser renovadas (probadas, software nuevo instalado, etc.) y solo hubo una semana para hacerlo. La semana cayó en medio del período de vacaciones de agosto cuando el proceso de renovación causaría una interrupción mínima del trabajo normal. El año pasado, las 500 estaciones de trabajo de la empresa se renovaron en una semana laboral (40 horas). El año pasado, cada renovación tomó un promedio de 2 horas y 25 técnicos completaron el proceso en una semana. Este año habría 530 estaciones de trabajo para renovar, pero la unidad de soporte de TI de la empresa había ideado una rutina de prueba y renovación más rápida que tomaría en promedio solo 1 hora y media en lugar de 2 horas.

¿Cuántos técnicos se necesitarán este año para completar los procesos de renovación en una semana?

Ejemplo 10: Ley de Little

Año pasado:

Work – in – progress (WIP) = 500 estacionesde trabajo

Tiempo disponible (T_t) = 40 hs

Tiempo promedio para renovar = 2 hrs

Entonces

Tasa de producción (T_r) = $\frac{1}{2}$ hrs por técnico = $0.5N$

donde N = Número de técnicos

Ley de Little

$$WIP = T_t \times T_r$$

$$500 = 40 \times 0.5N$$

$$= 25 \text{ técnicos}$$

Ejemplo 10: Ley de Little

Año pasado:

$$\textit{Work – in – progress (WIP)} = 530 \textit{ estacionesde trabajo}$$

$$\textit{Tiempo disponible (T}_t\textit{)} = 40 \textit{ hrs}$$

$$\textit{Tiempo promedio para renovar} = 1.5 \textit{ hrs}$$

Entonces

$$\textit{Tasa de producción (T}_r\textit{)} = \frac{1}{1.5} \textit{ hr por técnico} = 0.67N$$

donde N = Número técnicos

Ley de Little

$$WIP = T_t \times T_r$$

$$530 = 40 \times 0.67N$$

$$= 19.88 \rightarrow 20 \textit{ tecnicos}$$

Libros de referencia

- Slack, N., et al. (2016) . *Operations Management*. Pearson
- Stevenson, W. (2015). *Operations Management*. McGraw-Hill
- Schroeder et al. (2018). *Operations Management in Supply Chain*. McGraw-Hill
- Render, B. & Heizer, J. (2014). *Principios de administración de operaciones*. Pearson
- Render, B. & Heizer, J. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson
- Krajewski et al.(2013). *Administración de operaciones, procesos y cadena de suministro*. Pearson
- Chase, R. & Jacobs, F. (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministro*. McGraw – Hill
- Slack & Lewis (2016). *Operations Strategy*. Pearson
- Collier & Evans (2016). *Administración de operaciones*. Cengage
- Ulrich, K. & Eppinger S. (2013) . *Diseño y Desarrollo de productos*. McGraw-Hill
- Schuh, G. (2012). *Innovationsmanagement - Handbuch Produktion und Management*. Springer Verlag
- Meyers, F. & Stephens, M.. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Pearson.
- Christopher (2016). *Logistics and Supply Chain Management*. Pearson
- Dumas, M. et al. (2018). *Fundamentals of Process Management*. Springer
- Peña & Rivera. (2016). *Administración de procesos*. Pearson
- Lovelock, C. et al. *Administración de servicios*. Pearson
- Johnston et al. *Service Operations Management*. Pearson
- Kumar, S. & Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management*. New Age International Limited Publishers
- Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Gupta, S & Star, M. (2014). *Production and operations – management systems*. Taylor and Francis Group
- Fritzsimmmons, J. & Fritzsimmmons, M. *Service Management*. McGraw-Hill
- Swink et al. (2014). *Managing operations across the supply chain*. McGraw-Hill

Libros de referencia

- Freivalds, A. & Niebel, B. *Ingeniería Industrial – métodos estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill
- Kalpakjian, S. & Schmid, S. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson
- Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*. McGraw-Hill
- Render, B. (2016). *Métodos cuantitativos para los Negocios*. Editorial Pearson.
- Anderson, D. & Sweeny, D. (2019). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. Cengage
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. McGraw-Hill
- Schlick, C. *Arbeitswissenschaft*. Springer Verlag
- Rees, M. (2015). *Business Risk and Simulation Modeling in Practice*. John Wiley & Sons Ltd
- Winston, W. (2017) *Microsoft Excel 2016 – Data Analysis and Business Modeling*. Microsoft press



Ricardo Caballero, M.Sc.

Docente Tiempo Completo

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad Tecnológica de Panamá | Centro Regional de Chiriquí

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

Social: [LinkedIn](#) | [ResearchGate](#)

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



Project Manager

Giii | Grupo de Investigación
en Ingeniería Industrial

Website: www.giii.utp.ac.pa

