



## Dirección Operaciones y Calidad

2011-2012

**PROFESOR**  
Emilio Gómez



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, No comercial, Compartir igual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

# **MÓDULO DIRECCIÓN OPERACIONES Y CALIDAD**

## **Nota Técnica: Operaciones. Conceptos, Terminología y Herramientas**

Profesor: Emilio-Álvaro Gómez García

## Índice

1. Objetivos Nota Técnica
2. ¿Qué son y para qué sirven las Operaciones?
3. Modelo de las Operaciones en la empresa: Estrategia, Operaciones y Procesos
4. Requerimientos de los Procesos para apoyar la Estrategia
5. Terminología de Operaciones
6. Diagrama de Flujo del Proceso: Actividades y Recursos
7. Influencia del tamaño del Lote en la Capacidad del Proceso
8. Productividad y Flexibilidad del Proceso
9. Tiempos de flujo y Stocks medios en un Proceso
10. Programación y Control de Procesos
11. Particularidades según Tipo de Procesos en la empresa
12. Conclusiones

## 1. Objetivos Nota Técnica

La presente nota técnica tiene como objetivo describir los conceptos básicos del módulo de Operaciones para los diferentes cursos o programas de formación en la Escuela. En la nota tratamos algunos conceptos y herramientas aplicables al análisis de las Operaciones en las empresas, y en concreto, al análisis de los Procesos que tienen lugar en ella. Definimos Proceso como un conjunto de tareas conectadas mediante un flujo de bienes e información que transforma distintos inputs en outputs útiles

La mayoría de los conceptos se desarrollan ampliamente en otras notas técnicas que también se encuentran a disposición del alumno y que se entregan en el presente curso.

De cualquier forma, no se pretende describir una metodología detallada sobre análisis de Procesos Operativos, sino de definir y analizar unos conceptos que puedan servir de guía para el análisis de los mismos y diagnosticar su congruencia con la estrategia elegida para competir.

## 2. ¿Qué son y para qué sirven las Operaciones?

Las Operaciones son la “forma de hacer las cosas dentro de la empresa”, tal que sus actividades permitan prestar el servicio o producir el producto que se da o entrega a los clientes para cumplir sus expectativas.

Por tanto, las Operaciones tienen como objetivos:

1. Ser **competitivo**, esto es, diferenciarte de los demás y que el cliente compre a la empresa. Nótese que las Operaciones se convierten en la principal herramienta para apoyar la competitividad de la empresa, ofreciendo un producto o servicio excelente y aportando valor al cliente
2. Ser **rentable** (ganar dinero)

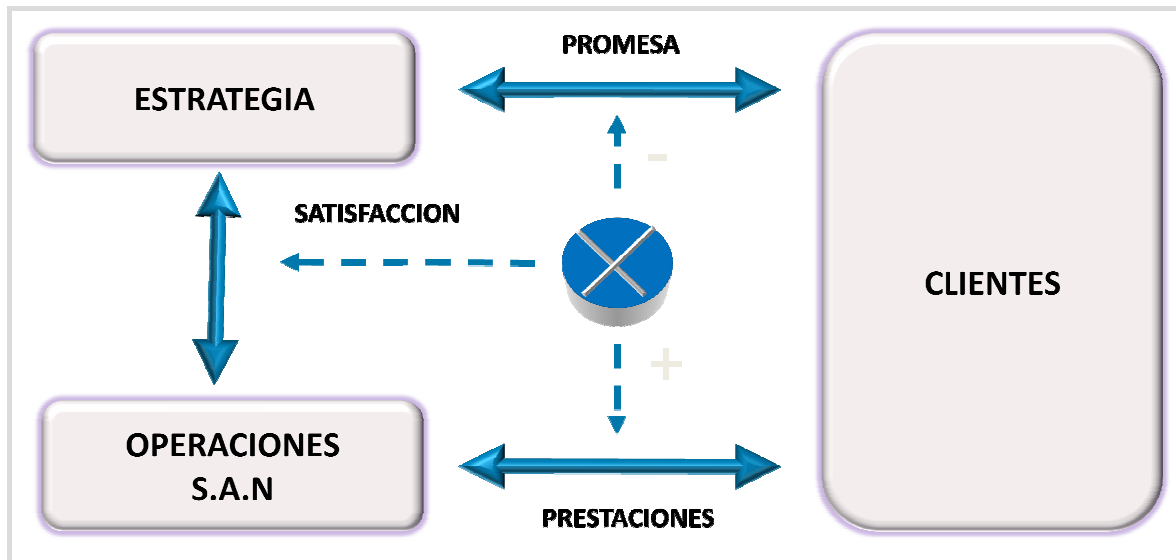
A fin de cumplir con esos objetivos, se hace necesario que los directivos sepan realizar un análisis de procesos, como base para tomar decisiones sobre la forma de gestionar las Operaciones y responder a cuestiones tan importantes como:

- ¿Mis Operaciones son adecuadas para cumplir mi **estrategia** y la **promesa** hecha a los clientes?
- ¿El **tiempo de respuesta** de mi proceso me permitirá cumplir los plazos de entrega prometidos?
- ¿Son eficientes mis Operaciones para tener **costes** ajustados y **precios competitivos**?
- ¿La fiabilidad de mi proceso me permitirá generar la **Calidad** requerida?
- ¿Tengo **capacidad** para atender la demanda esperada y ganar dinero?
- ¿Mis Operaciones son **flexibles** para atender los cambios de producto y la demanda de mis clientes?

### 3. Modelo de las Operaciones en la empresa: Estrategia, Operaciones y Procesos

Una vez definidos de forma directa los objetivos a cumplir, debemos cerciorarnos si las Operaciones de la empresa están debidamente diseñadas y gestionadas para apoyar su estrategia competitiva.

Esto se describe de forma gráfica según el siguiente modelo:

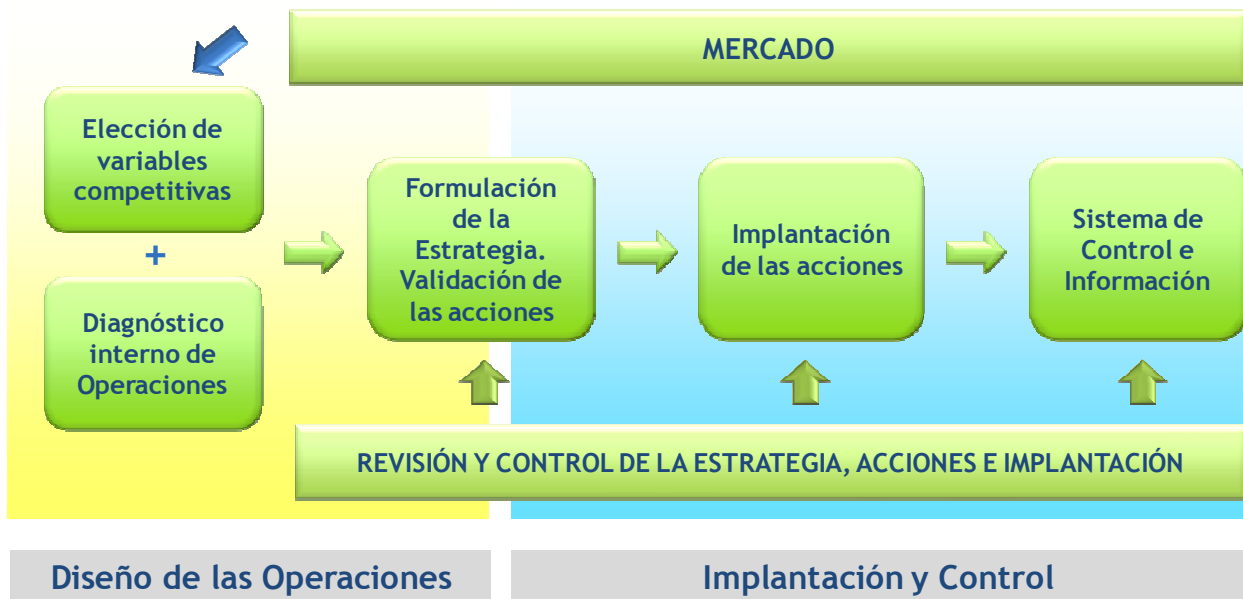


Para diagnosticar si el proceso de producción o prestación del servicio cumple estos requerimientos, se realiza un análisis de los **procesos operativos** con el fin de identificar el nivel de productividad y gestión actual y posteriormente establecer planes de acción y así conseguir la mejora buscada. Estos planes de acción permiten conseguir mejoras importantes en la gestión, rediseñando los procesos, adaptando la organización y los recursos e implementando los sistemas operativos necesarios para conseguir la consolidación a largo plazo de las mejoras conseguidas.

De forma metodológica se deben realizar los siguientes pasos:

1. Definir la Estrategia de la empresa:
  - Políticas y Objetivos: Promesas
  - Elegir Factores competitivos que ofrecemos a los Clientes
2. Realizar Mapa de Procesos y definir para cada Proceso Operativos
  - Actividades
  - Recursos
  - Tiempos
3. Comprobar que los resultados de los Procesos son acordes a la Estrategia definida. Analizar aspectos clave.
4. Mejorar la Productividad y Competitividad

De forma gráfica, podemos expresarlo:



Debemos aclarar que al elegir la forma de competir es necesario definir algunos aspectos básicos de nuestra oferta hacia el mercado de clientes objetivo. Básicamente serán los siguientes:

- Producto: incluye aspectos como variedad (gama), calidad (prestaciones), personalización (adaptación al cliente), innovación (nuevos productos y mejoras en actuales).
- Precio: significa tanto el coste de adquisición, como los costes de uso y mantenimiento, los costes de relación y los costes psicológicos para el cliente.
- Servicio: abarca aspectos como plaza de entrega, cumplimiento de fechas, lotes de entrega, atención de quejas y reclamaciones, garantías.

#### 4. Requerimientos de los Procesos para apoyar la Estrategia

En esta nota se expondrán los conceptos y técnicas aplicables al análisis de los procesos operativos que tienen como finalidad la prestación de un servicio o a la producción de un producto. No es objeto analizar otros conceptos y técnicas aplicables en mayor profundidad a los procesos de diseño, producción, logística o servicio al cliente, que aunque forman parte de las Operaciones de una empresa, se alejarían del objetivo de esta nota.

Queremos por tanto insistir en que la forma de competir definida por la empresa requiere que los procesos que integran las Operaciones tengan unas determinadas características en términos de:

- Capacidad: máxima cantidad de unidades que podemos procesar en un periodo determinado de tiempo.
- Productividad: producción realizada por unidad de recurso utilizado (horas-persona, horas-maquina)

- Flexibilidad: facilidad de adaptación a cambios de volumen y de producto en las Operaciones y recursos del proceso.
- Rapidez: tiempo que tarda el proceso en responder a una orden de producción o a la demanda de un servicio.
- Coste: unidades monetarias consumidas por unidad de producto o servicio producida.

## 5. Terminología de Operaciones

A continuación se describen una serie de conceptos que nos ayudarán a conocer los requerimientos buscados en todo proceso operativo:

- **Tiempo Ciclo o Ciclo de Producción**
  - Tiempo entre la finalización de unidades sucesivas.
  - Tiempo que tarda en “caer” una unidad terminada al final de la cadena.
  - Se puede definir para un Proceso, un Puesto, o una Máquina.
  - No existe relación directa entre el Ciclo de Producción de los recursos y del proceso; depende de la disposición relativa de los mismos.
  - Para calcular el **tiempo de ciclo del recurso** es necesario dividir el tiempo total de ocupación de cada recurso por el n° de recursos disponibles, es decir el número de máquinas o de personas a disposición del proceso. Este tiempo significa la cadencia máxima de unidades que puedo obtener del proceso atendiendo a cada recurso en particular.
  - El **tiempo de ciclo del proceso** es el tiempo de ciclo más largo de todos los recursos que intervienen en el proceso. Significa la cadencia máxima de salida de unidades del proceso teniendo en cuenta a todos los recursos que intervienen en el mismo. Está claro que el proceso en su conjunto no podrá tener un tiempo de ciclo menor que el tiempo de ciclo más largo de los recursos que intervienen en el mismo.
- **Tiempo de Producción**
  - Es el tiempo que se emplea durante una determinada actividad o proceso completo para producir el lote elegido.
  - Para un solo recurso, el Ciclo y Tiempo de Producción son iguales si las unidades se procesan de una en una.
  - El Tiempo de Producción de un proceso puede ser mucho mayor que la suma de los Tiempos de Producción de las etapas individuales si las unidades han de esperar entre los distintos pasos del proceso.
  - El Tiempo de Producción está influido por la forma en que se gestiona el proceso; es decir, según tamaños de lote, existencias entre pasos del proceso, etc.
  - Hay varias formas de determinar este tiempo. Cuando son actividades manuales, el

procedimiento más habitual es el cronometraje, que consiste en calcular el llamado "tiempo normal" a partir de los tiempos cronometrados durante una serie de observaciones, ajustando estos por la llamada "actividad" del trabajador, que indica su rapidez en relación con la de un "trabajador normal". Se considera que la actividad de un trabajador normal se corresponde con la actividad que se necesita para recorrer andando 4 millas (6,4 kilómetros) en una hora.

- También se puede estimar el tiempo de una operación descomponiéndola en movimientos elementales para los cuales existen unas tablas con estimaciones fiables de tiempo. Este procedimiento se conoce como Tiempos Predeterminados (Métodos MTM).
- Cuando son Operaciones realizadas por máquinas, la duración viene condicionada por la velocidad normal de trabajo de las mismas.

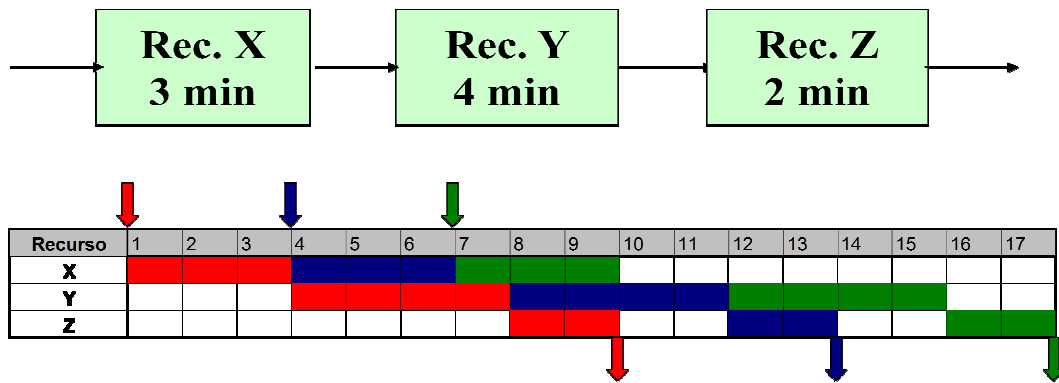
#### ▪ **Cuello de Botella**

- Es el factor que limita la producción del proceso.
- Se denomina **cuello de botella** al recurso que tiene el tiempo de ciclo más largo, de todos los que intervienen en el proceso. Este recurso, también conocido como recurso crítico, limitación o restricción del proceso, limita la capacidad de producción del proceso, que no puede ser mayor que la capacidad del recurso cuello de botella o recurso crítico del proceso.
- El Cuello de Botella determina el Ciclo de Producción de todo el proceso.

#### ▪ **Capacidad**

- Es la medida de lo que puede producirse en un período determinado de tiempo.
- La Capacidad de un proceso será determinada por el Cuello de Botella del proceso.
- Para calcular la capacidad de un proceso que produce un solo producto, en un periodo determinado de tiempo (una hora, un turno, un día,..), se divide el tiempo disponible en dicho periodo por el tiempo del recurso del proceso que es su cuello de botella. Se podría decir que se calcula como el inverso del Tiempo Ciclo (en las mismas unidades).
- La utilización de la Capacidad es una forma de medir la producción (output) en relación con la capacidad.
- La Capacidad es un valor de diseño o medida teórica, mientras que el output es la medida real de la producción durante un período determinado.
- La Capacidad dependerá del tamaño y del mix de los pedidos.
- En un proceso global, la Capacidad se ve afectada por el mix de productos, la dotación de personal, las relaciones laborales, el tiempo de mantenimiento, etc. Es decir, dependerá de la forma en que se gestione el proceso.





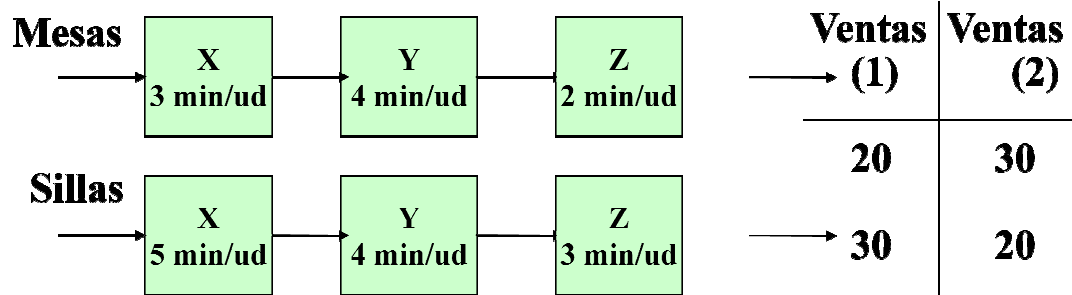
**Tiempo de Ciclo = 4 minutos**

**Tpo. Prod. mínimo = 9 minutos**

**Cuello de Botella = Recurso Y**

**Capacidad horaria = 15 unidades**

- En el caso de varios productos, el Cuello de Botella depende de la demanda. ¡Haz los cálculos en los dos casos! Recuerda que es el recurso más ocupado



(1) →

$$\begin{aligned} X: 3 \cdot 20 + 5 \cdot 30 &= 210 \text{ min. (C.B.)} \\ Y: 4 \cdot 20 + 4 \cdot 30 &= 200 \text{ min.} \\ Z: 2 \cdot 20 + 3 \cdot 30 &= 130 \text{ min.} \end{aligned}$$

(2) →

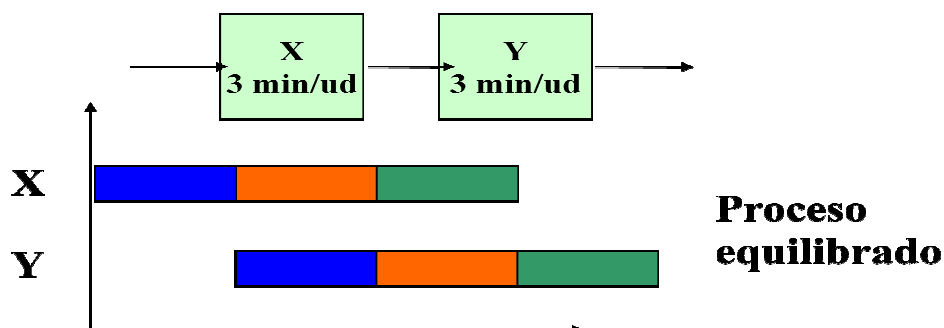
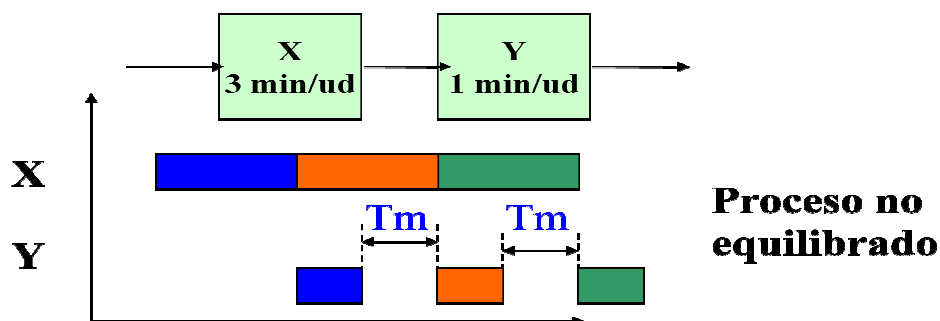
$$\begin{aligned} X: 3 \cdot 30 + 5 \cdot 20 &= 190 \text{ min.} \\ Y: 4 \cdot 30 + 4 \cdot 20 &= 200 \text{ min. (C.B.)} \\ Z: 2 \cdot 30 + 3 \cdot 20 &= 120 \text{ min.} \end{aligned}$$

▪ **Tiempo muerto**

- Es el tiempo en que no se está realizando un trabajo útil.
- Puede ser de trabajadores o de máquinas.

▪ **Equilibrio / Desequilibrio**

- Si cada paso de un proceso tuviera el mismo Ciclo de Producción entonces el proceso está equilibrado.
- Si el sistema no está equilibrado, existe la posibilidad de que se produzcan Tiempos Muertos y Cuello de Botella



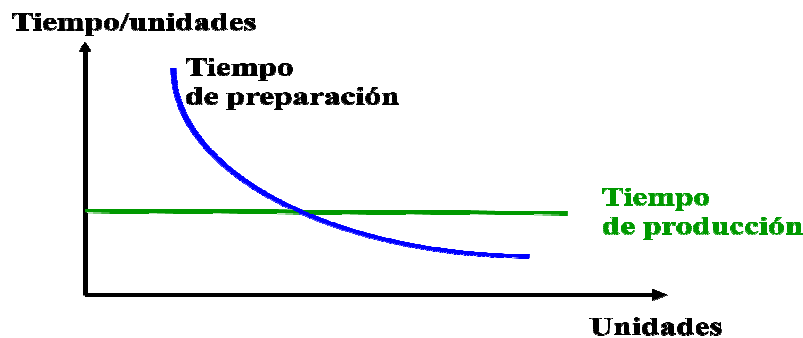
▪ **Tamaño de Lote**

- Es el número de unidades de un producto determinado que se fabricará antes de empezar la producción de otro.
- Distintos productos pueden tener distintos Tamaño de Lote.

▪ **Tiempo de preparación / Tiempo de ejecución**

- El Tiempo de Preparación es el tiempo necesario para adaptar la maquinaria a la fabricación de un nuevo producto.
- Es independiente del número de unidades a fabricar.

- El Tiempo de Preparación para la fabricación de un lote determinado es fijo, y el tiempo de proceso es variable.
- El tiempo de proceso por unidad es el tiempo real dedicado a fabricar el artículo, independientemente del tiempo necesario para preparar la maquinaria.
- El tiempo de proceso por lote es el tiempo de proceso por unidad por el número de unidades del lote, es decir, el tiempo durante el cual las unidades se están procesando en la máquina.



## 6. Diagrama de Flujo del Proceso: Actividades y Recursos

Un proceso se puede definir como la secuencia de actividades que hay que realizar para elaborar un producto o prestar un servicio.

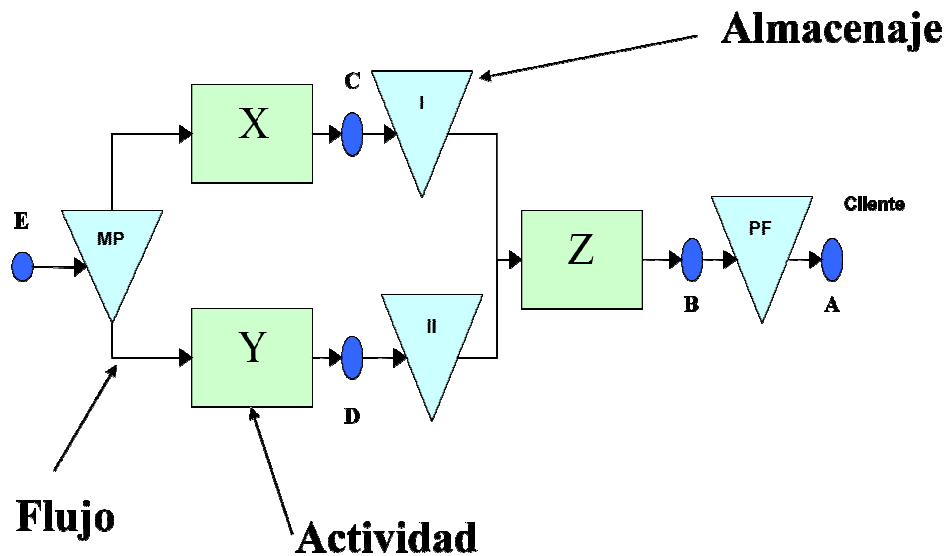
Entendemos por **actividad** cualquier acción que transforme el estado de la unidad procesada. Las unidades objeto de proceso pueden ser materiales, clientes o información. Después de realizar todas las actividades del proceso, tendremos un producto terminado o un servicio prestado.

Para analizar un proceso, lo primero es entender cómo funciona y para esto lo mejor es dibujar el **diagrama de flujo** del proceso, identificando sobre el mismo las actividades y los recursos que intervienen en su realización.

Los **recursos** que intervienen en las actividades del proceso pueden ser personas, máquinas y equipos (útiles). Las personas son los recursos fundamentales en procesos de servicio, mientras que las máquinas e instalaciones son determinantes en procesos industriales que fabrican productos.

Cuando uno o varios recursos intervienen en varias actividades es bueno agrupar dichas actividades y recursos en una unidad o **estación de trabajo**.

Para describir el diagrama de flujo se utilizan unos símbolos aceptados internacionalmente que representan los diferentes tipos de actividades que se pueden presentar en un proceso. Estas son las siguientes:



## 7. Influencia del tamaño del Lote en la Capacidad del Proceso

Cuando en un proceso estamos procesando varios productos diferentes y tenemos tiempos de preparación de los recursos (también llamados tiempos de cambio) para pasar de procesar un producto a otro, es evidente que hay que considerar el efecto del tamaño del lote y el número de cambios que hay que realizar en el periodo de tiempo que estamos usando para calcular la capacidad. Estos tiempos de preparación originan una pérdida de capacidad durante el tiempo improductivo que se requiere para hacer los cambios.

Esta situación, muy frecuente en la industria, lleva a los responsables de producción a querer procesar lotes grandes, lo que va en detrimento del servicio a clientes, ya que si fabricamos lotes grandes, no podremos fabricar todos los productos que me pidan en un periodo corto de tiempo (por ejemplo cada día a cada semana) y por tanto tardaré más en servirlos si trabajamos sobre pedido, o nos obligará a tener más inventario en almacén, si trabajamos contra stocks.

Esta es una cuestión que hay que tratar de resolver disminuyendo al máximo los tiempos de preparación, aplicando técnicas de cambio rápido y en algunos casos, si comercialmente es factible, reduciendo la variedad de productos (esto se suele llamar racionalización del catálogo y es conveniente realizarla cada cierto tiempo).

Por tanto, si el proceso objeto de análisis produce varios productos, hay que tener en cuenta la mezcla de productos, el tamaño de los lotes de producción y los tiempos de preparación y de producción en cada actividad. El tiempo de preparación es independiente del número de unidades del lote. El tiempo de producción depende de la cantidad de unidades que tenga el lote y del tiempo de producción por unidad.

El cuello de botella del proceso puede variar con el mix de producto. Por tanto hay que calcular la capacidad del proceso para cada mezcla de producto diferente que tengamos que procesar.

En el proceso por lotes, el aumento del tamaño de los lotes tiene varios efectos: aumenta la capacidad, aumenta el inventario medio, aumenta el tiempo de flujo o de respuesta y disminuye el coste unitario de proceso.

Se puede calcular el tamaño de lote mínimo para alcanzar una determinada capacidad de producción. Veamos un ejemplo sencillo a continuación:

Este proceso elabora tres productos diferentes y cada cambio de producto requiere un tiempo de preparación de 2,5 horas. Cada turno se pueden procesar 13.500 kilos de cualquiera de los tres productos. Se quiere calcular el lote mínimo para poder alcanzar una producción mínima de 54.000 kilos por semana, produciendo cada día 7,5 horas.

**Datos:**

Productos	3	
Capacidad (para los 3)	13.500	Kg/turno
Turno	7,5	Horas
Semana	5	Turnos
Cambio formato	2,5	Horas
Producción requerida	54.000	Kg/semana

**Cálculo Lote mínimo:**

Capacidad máxima sin cambios	67.500	Kg/semana
Producción máxima perdida	13.500	Kg/semana
Producción perdida en cada cambio	4.500	Kg/cambio
Nº máximo cambios	3	cambios/semana
Lote mínimo	18.000	Kg/lote

Como para conseguir la producción requerida de 54.000 kilos, no podemos perder más de 13.500 kilos respecto a la capacidad máxima de 67.500 kilos por semana, y en cada cambio perdemos 2,5 horas equivalentes a 4.500 kilos, el máximo número de cambios que podemos hacer es de 3 por semana. Esto nos lleva a producir 3 lotes por semana de 18.000 kilos cada uno (esta cantidad se calcula dividiendo 54.000 kilos/semana entre 3 lotes/semana). Estos lotes requieren 10 horas de proceso que vendrán seguidos de un cambio de 2,5 horas para preparar los recursos para el siguiente lote.

En este programa estamos suponiendo que se puede interrumpir un lote cuando se acaba el turno y continuarlo al día siguiente, cosa que en algunos procesos industriales no es posible. En estos casos habría que recurrir a horas extras para acabar el lote, o hacer lotes de turnos completos haciendo los cambios fuera de turno. Las cosas se complican en los procesos reales, ya que los tiempos de cambio de un producto a otro son diferentes según los productos de que se trate, los procesos tienen capacidades distintas de producción según los productos que estén procesando, y las demandas de los diferentes productos suelen ser distintas.

## 8. Productividad y Flexibilidad del Proceso

Llegados a este punto del análisis de procesos, podemos sacar algunas conclusiones respecto a una característica tan importante en la forma de competir de muchas empresas, como es la **productividad** del proceso, en especial en las que compitan fundamentalmente por precio o costes para el cliente.

Definimos productividad como la relación entre el output y el input del proceso. El output lo vamos a definir como la producción en unidades de producto en un intervalo de tiempo y el input como el número de unidades de recurso consumido en dicho intervalo para lograr la producción.

Como la máxima producción es la capacidad del proceso y esta viene determinada por el recurso crítico o cuello de botella, es fundamental que hagamos una buena gestión del cuello de botella y evitemos todo tipo de tiempos improductivos por cualquier causa: falta de material, falta de personal, averías, reproceso de productos defectuosos, etc. De esta forma aprovecharemos al máximo la capacidad del cuello de botella y lograremos la mayor producción posible y en consecuencia maximizar el output del proceso.

Como hemos visto anteriormente es también muy importante que tengamos bien repartidas las tareas para minimizar los tiempos de ciclo y aumentar al máxima la capacidad de todos los recursos, y por tanto, del proceso.

Respecto al input, podemos considerar el número de horas de operario o el número de horas máquina, lo que sea más crítico en el proceso analizado.

Una breve metodología para aumentar la productividad de un Proceso será:

1. Identificar para cada Proceso:
  - Actividades
  - Recursos
  - Tiempos
2. Identificar el Recurso Cuello de Botella
3. Tiempo Ciclo del Proceso = Tiempo empleado por el Recurso Cuello de Botella
4. Capacidad del Proceso =  $1 / \text{Tiempo Ciclo}$

Otra característica muy importante de un proceso en la forma de competir de algunas empresas, es la **flexibilidad** del proceso para adaptarse a los cambios de producto o de volumen en los pedidos de los clientes. Esta flexibilidad depende de varios factores:

- Del tiempo que se tarda en preparar los recursos del proceso (las máquinas, instalaciones, o personas) para hacer un nuevo producto. Este tiempo depende del método empleado en la preparación o cambio (hay técnicas de cambio rápido conocidas como técnicas SMED: Single Minute Exchange Die), de la formación de las personas que lo realizan, y del propio diseño y tecnología de las instalaciones, que facilitan o dificultan los cambios. Por ejemplo es más flexible un proceso que requiera 1 hora que otro que requiera 2,5 horas cada vez que tiene que cambiar de producto, como ocurría en el ejemplo que vimos anteriormente. En la práctica real, algunos procesos de envasado de productos alimentarios necesitan posiblemente 4 horas para hacer un cambio de formato, y por tanto los lotes de producción suelen ser de varios turnos para compensar el tiempo perdido en el cambio y mejorar el rendimiento por hora y por tanto el coste. El problema es que de esta forma solo podrá producir a la semana unos pocos productos diferentes y aumentará el plazo de entrega de los pedidos de clientes, salvo que trabaje con altos niveles de stocks de productos terminados con los consiguientes costes asociados a los mismos.
- De la polivalencia de las personas para pasar de procesar de un producto o servicio a otro.
- De la flexibilidad de la empresa para aumentar a disminuir el número de recursos necesarios según el volumen de actividad en cada periodo.

## 9. Tiempos de flujo y Stocks medios en un Proceso

Ante una determinada demanda real o prevista, las unidades fluirán a lo largo del proceso generando unos stocks y unos tiempos de estancia (también llamados tiempos de flujo) que dependerán del ritmo de llegada de la demanda y de las velocidades de proceso en las distintas fases del mismo.

Para analizar los stocks y los tiempos de flujo que se producen a lo largo de un proceso, podemos usar las **tablas y gráficas de entradas y salidas acumuladas**. A estas graficas se les suele llamar en la literatura de Operaciones, **Curvas Input-Output**.

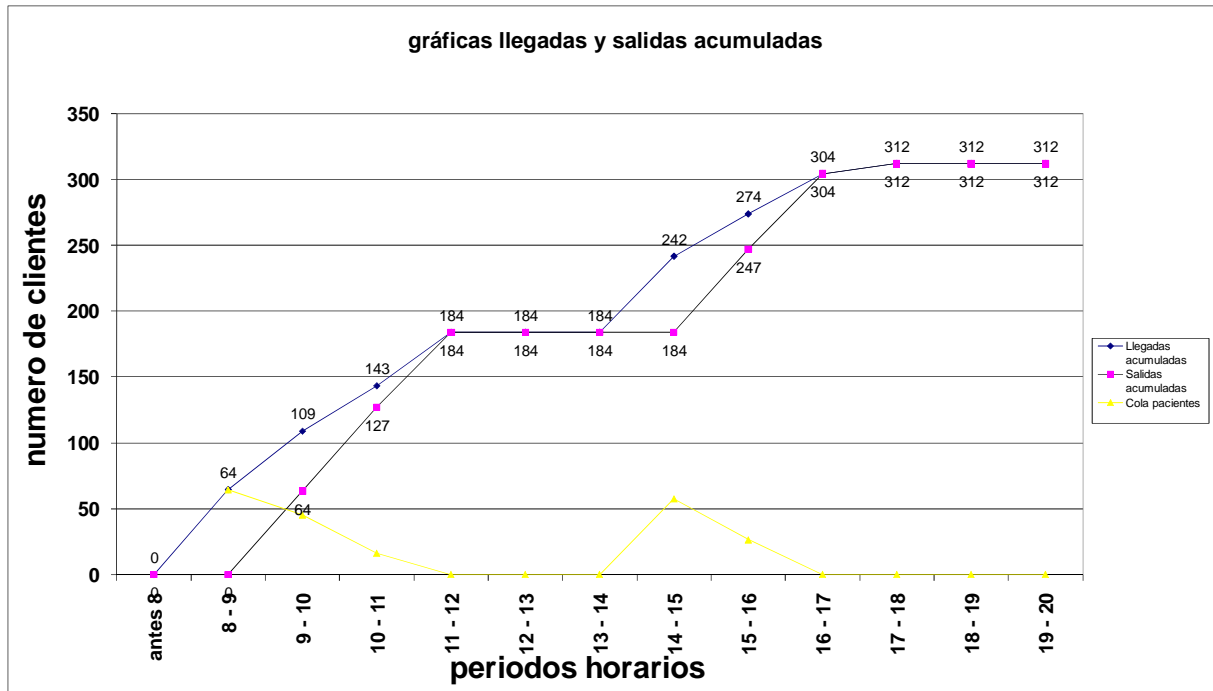
Para hacer este análisis, nos será de gran ayuda tener dibujado el diagrama de flujo y haber analizado las capacidades de las diferentes actividades del proceso. Al tener identificadas las capacidades a lo largo del proceso y el cuello de botella, podremos prever dónde se van a producir las acumulaciones (retenciones) de unidades en el proceso. Esto sucederá entre dos puntos del proceso con velocidades de proceso diferentes.

Por tanto, para analizar los stocks y los tiempos de flujo del proceso, lo primero es elegir los puntos del proceso donde nos interesa observar las entradas y salidas de los productos o clientes que están siendo procesados.

A continuación suponemos que colocamos observadores en estos puntos y que estos toman nota de las unidades que ven entrar o salir en cada intervalo de tiempo y calculan la cantidad

acumulada de unidades que han pasado por cada punto de observación.

Con estos datos construimos la tabla de entradas y salidas acumuladas al final de cada intervalo de tiempo. A continuación se adjunta una tabla ejemplo de entradas y salidas en un establecimiento a lo largo de un día.



Conociendo la capacidad de un proceso y la demanda de unidades que tendría que procesar en un periodo de tiempo, podemos construir la tabla de entrada y salidas acumuladas, siguiendo el procedimiento que se explica a continuación.

Primero, tenemos que estimar la distribución de la demanda en el periodo de tiempo analizado. Esto se hace estudiando el comportamiento de la demanda en periodos anteriores y estimando los cambios que pueden darse en el futuro. En última instancia, son previsiones que nos sirven para analizar qué ocurriría si nuestro proceso se tuviera que enfrentar a dicha demanda.

Para calcular las salidas acumuladas, tendremos que ver la producción o servicio que somos capaces de hacer. Esta dependerá por supuesto de nuestra capacidad del proceso.

Con los valores de demanda y producción acumulada se pueden calcular las unidades dentro del proceso.

La distancia vertical entre las líneas de entradas y salidas acumuladas a final de cada periodo son las unidades que están siendo procesadas o esperando a ser procesadas. La máxima diferencia es el **stock máximo** (cuando se habla de materiales) o la **cola máxima** (si se trata de clientes) que están dentro del proceso, esperando o siendo procesados. Este valor nos puede servir entre otras cosas, para dimensionar el espacio necesario para los materiales o personas en espera.



Para calcular el **stock medio en proceso**, deberíamos calcular cuánto tiempo esperan entre todos y dividido por el intervalo de tiempo total que estamos analizando. Este intervalo puede ser desde que entra la primera unidad hasta que sale la última, o bien la parte de este tiempo durante la cual se producen las colas, o cualquier otro que resulte interesante para hacer el diagnóstico y proponer la solución de los problemas. Este valor del stock medio se obtiene calculando el área entre las líneas de entrada y salida (que representa el tiempo total de estancia de todas las unidades procesadas) y dividiendo este valor por el tiempo del periodo elegido.

Para calcular el **tiempo de estancia** medio o máximo, el razonamiento es similar al realizado con los stocks o las colas. La distancia horizontal entre las líneas de entradas y salidas acumuladas indica el tiempo de estancia de las unidades en el proceso. La distancia mayor indica el máximo tiempo de estancia de las unidades en el proceso.

Para calcular el tiempo de estancia medio hay que dividir el área, que representa como hemos dicho el tiempo total de estancia de todos los productos o personas procesadas, por el número de unidades totales, o solo por las unidades que esperan.

De la definición de stock medio y tiempo medio de estancia en un proceso, se puede deducir la **Ley de Little** de la forma siguiente:

- El stock medio de unidades en el proceso ( $N$  medio), es igual al área ( $A$ ), dividido por el tiempo total de duración del proceso ( $T$ ). Es decir,  $N \text{ medio} = A/T$ .
- El tiempo medio de estancia de las unidades en el proceso ( $T$  medio), es igual al área ( $A$ ), dividido por el número total de unidades procesadas en el tiempo total considerado ( $N$ ). Es decir,  $T \text{ medio} = A/N$ .
- De estas dos expresiones, se puede deducir que ( $T$  medio), es igual a ( $N$  medio) dividido por la velocidad media del proceso ( $NIT$ ).

Por tanto, la Ley de Little nos indica que el tiempo medio de estancia de las unidades en un proceso es directamente proporcional al número medio de unidades dentro del proceso e inversamente proporcional a la velocidad medio de proceso, lo que quiere decir que aumenta cuando lo hace el número medio de unidades, y disminuye cuando aumenta con la velocidad media del proceso.

Es decir cuantas más unidades haya en el sistema más tiempo tarda en pasar una unidad por el proceso y por tanto más tardaremos en responder a un nuevo pedido que queramos atender, También depende de la velocidad media de proceso del sistema; cuanto mayor sea ésta menor será el tiempo medio de respuesta del proceso a un nuevo pedido.

Esta velocidad media del proceso depende del tiempo de ciclo del cuello de botella del proceso, que marca la velocidad máxima del proceso, y del aprovechamiento que consigamos de esta capacidad del cuello de botella, evitando tiempos improductivos por falta de pedidos, de materiales, de personas, averías, reproceso de productos defectuosos, fallos en programación, etc.

## 10. Programación y Control de Procesos

Para programar y controlar el flujo de materiales, clientes o información, a lo largo del proceso se utilizan unos sistemas de gestión que básicamente nos ayudan a decidir cuándo y cuánto tengo que procesar, y a tomar las decisiones para aprovisionar materiales y disponer de los recursos para poder realizar lo programado, de forma que se asegure un buen servicio al cliente (interno o externo), se consigan unos costes ajustados, a través de la mejor productividad de los recursos, y se mantengan unos niveles de inversión en stocks e instalaciones adecuados.

Hay muchos sistemas de planificación y programación de los procesos de producción y de prestación de servicios. Sólo vamos a enunciarlos en esta nota, ya que serán objeto de desarrollo en otras notas.

- Punto de pedido y lote económico (EOQ)
- Planificación de necesidades de materiales (MRP-I)
- Planificación de necesidades de recursos (MRP-II)
- Programación según la demanda de la operación siguiente (JIT, Kanban)
- Programación del cuello de botella del proceso (TOC)

## 11. Particularidades según Tipo de Procesos en la empresa

Según las características de los productos o servicios y el flujo que siguen los materiales o clientes dentro del proceso, se pueden definir varios tipos de procesos.

- Proyectos
- Proceso artesanal
- Proceso tipo taller o de producción por lotes
- Proceso en línea o en cadena de producción
- Proceso continuo

De esta tipología de procesos, los conceptos y las herramientas de esta nota pueden ser de utilidad para todos los tipos excepto los proyectos, que son unos procesos especiales donde las actividades y los tiempos son diferentes en cada proyecto, y tienen sus propios conceptos y herramientas de análisis específicas.

También los procesos de prestación de servicio tienen algunas características específicas, aunque son de aplicación bastantes de los conceptos y herramientas de análisis expuestas en esta nota. Algunas de estas características son las siguientes:

- Interacción del personal de servicio con el cliente, lo que hace que el personal sea determinante en la calidad percibida por el cliente.
- La producción del servicio y el consumo se realiza al mismo tiempo, y por tanto, no es posible el almacenamiento de servicios. Esto dificulta el uso de capacidad cuando no

hay demanda ya que no se puede producir para stock y se pierde la capacidad no utilizada.

- En servicios, los tiempos de operación son generalmente variables para cada cliente; y por tanto hay que utilizar tiempos medios y alguna medida de la variación de los tiempos como podría ser la desviación estándar, que es una medida estadística de la dispersión de los tiempos de servicio para diferentes clientes.

En el esquema propuesto para el análisis de procesos nos hemos limitado a considerar a las personas como recursos que tienen determinados conocimientos para realizar una o varias actividades del proceso, y que las realizan a una velocidad mayor o menor, sin prestar atención a aspectos tan importantes como las actitudes y la motivación de las personas en la realización de su trabajo. Tampoco se ha tenido en cuenta la forma de organización de las personas, en grupos o en puestos individuales. Todos estos temas, importantísimos en el funcionamiento de un proceso, escapan del enfoque técnico del análisis de procesos expuesto en esta nota.

Otra variable importante, no incluida en esta nota, es la calidad del proceso, que como es sabido depende de muchos factores: la idoneidad de los materiales procesados, la adecuación de las máquinas o instalaciones utilizadas, la formación y motivación de las personas, los sistemas de gestión de la calidad, etc. El tratamiento de estos temas excede igualmente de los objetivos de esta nota y por eso no se han incluido.

## 12. Conclusiones

Un resumen de las ideas que se han intentado transmitir en esta nota técnica, se recoge a continuación.

- La forma de competir de la empresa requiere unos procesos con determinadas características de **capacidad, productividad, coste, flexibilidad, rapidez y calidad**.
- El **análisis de procesos** sirve de ayuda para **diagnosticar** si las Operaciones de la empresa están organizadas de forma adecuada a nuestra forma de competir.
- El primer paso en el análisis de procesos es dibujar el **diagrama de flujo** del proceso y analizar las **actividades** del mismo y los **recursos** que intervienen en su realización.
- El segundo paso es el análisis de los **tiempos de producción**.
- El tercer paso es analizar el **tiempo de ciclo del proceso**.
- Para el segundo y tercer paso del análisis, resulta de utilidad realizar el diagrama de flujo de **actividades, recursos y tiempos**
- El cuarto paso es calcular la **capacidad del proceso**, teniendo en cuenta el **tamaño del lote** y el **tiempo de preparación** de los recursos, si se fabrican varios productos diferentes.

- La **productividad del proceso** está directamente relacionada con la capacidad y el aprovechamiento del tiempo disponible en el cuello de botella (output), y con los recursos consumidos en la producción (input). De esta eficiencia o productividad del proceso se derivan directamente los **costes de producción o prestación del servicio**.
- La **flexibilidad del proceso** a cambios de producto depende de los tiempos de preparación y de los tamaños de lote, mientras que la flexibilidad a los cambios de volumen depende de la facilidad de la empresa para aumentar o disminuir los recursos productivos necesarios para cada nivel de producción.
- **Las unidades en stock (o en cola) y los tiempos de estancia en un proceso** se pueden calcular usando las **tablas y las gráficas de entradas y salidas acumuladas (Curvas Input-Output)**.
- El **tiempo medio de estancia** de las unidades en un proceso aumenta con el **número medio de unidades en el proceso** y disminuye con la **velocidad media del proceso (Ley de Little)**. Esta velocidad media depende del tiempo de ciclo (velocidad máxima) y del aprovechamiento del recurso cuello de botella, evitando que tenga tiempos improductivos por cualquier causa.
- En consecuencia con lo anterior, la **rapidez de respuesta** de un proceso ante un pedido o cliente, y sobre todo el cumplimiento del plazo de entrega prometido, depende de gestionar los procesos de manera que consigamos un tiempo de ciclo lo menor posible, un buen aprovechamiento del recurso cuello de botella, y de mantener el menor número medio de unidades dentro del proceso. Esto último se consigue trabajando sobre pedido, en la medida de lo posible, o trabajando para stocks pero con lotes unitarios o pequeños.
- **Los flujos y los stocks en un proceso** están determinados por la forma en que gestionemos el proceso de producción o prestación del servicio:
  - Los tiempos de las Operaciones del proceso
  - Los lotes de proceso y los tiempos de cambio de un producto a otro
  - La forma de gestionar capacidad y demanda para evitar interferencias
  - La forma de gestionar las incertidumbres en la demanda y en los tiempos de proceso, para evitar tiempos y stocks de seguridad
  - La forma de planificar la producción para atender demandas estacionales
  - Y, por último, los fallos organizativos que originan tiempos y stocks no previstos.