



# FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES PARA EL DISEÑO

de procesos de elaboración de  
bienes materiales y servicios

**AUTOR**

**Óscar Benjamín Bendeck Ortiz**



# **Fundamentos teóricos generales para el diseño de procesos de elaboración de bienes materiales y servicios**

---

Óscar Benjamín Bendeck Ortiz

2024



## Fundamentos teóricos generales para el diseño de procesos de elaboración de bienes materiales y servicios

**Primera Edición**

Universidad Pedagógica de El Salvador  
"Dr. Luis Alonso Aparicio"

Ing. Luis Mario Aparicio, Rector  
Ing. Manuel Aparicio, Vicerrector de Investigación e Internacionalización  
Dr. Heriberto Erquicia, Director Centro de Investigación  
Arq. Cecilia María Aparicio, Secretaria Ejecutiva  
Licdo. Luis Eduardo Rivera Cuellar, Vicerrector Académico  
Lcda. Ligia Corpeño, Vicerrectora Administrativa

670 B458f slv	Bendeck Ortiz, Óscar Benjamín, 1988- Fundamentos teóricos generales para el diseño de procesos de elaboración de bienes materiales y servicios [recurso electrónico]/ Óscar Benjamín Bendeck Ortiz. -- 1ª ed.-- San Salvador, El Salv.: Universidad Pedagógica de El Salvador Dr. Luis Alonso Aparicio, 2024. 1 recurso electrónico (66 p. : il. ; 20 cm.)  Datos electrónico : (1 archivo, formato pdf, 2.7 mb).-- <a href="http://www.sistemas.pedagogica.edu.sv/repositorio/principal">http://www.sistemas.pedagogica.edu.sv/repositorio/principal</a> .  ISBN: 978-99983-65-23-0 (E-Book, pdf)  1. Planificación de la producción. 2. Administración de la producción. 3. Control de la producción. I. Título
---------------------	--

BINA/jmh

Corrección de estilo: Nohemy Navas  
Diseño de portada: Galerna Estudio  
Diagramación: Galerna Estudio

El contenido de esta obra, y los conceptos vertidos en cada capítulo y su originalidad, son responsabilidad del autor que los presenta, por lo que no representa un posicionamiento institucional determinado para la Facultad o la Universidad.



Universidad Pedagógica de El Salvador "Dr. Luis Alonso Aparicio"  
25 avenida Norte y Diagonal Dr. Arturo Romero  
(503) 2205-8100  
[www.pedagogica.edu.sv](http://www.pedagogica.edu.sv)  
[info@pedagogica.edu.sv](mailto:info@pedagogica.edu.sv)  
Hecho el depósito que exige la ley



# ÍNDICE

<b>Resumen</b>	<b>7</b>
<b>Abstract</b>	<b>8</b>
<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>I. Planteamiento del problema</b>	<b>10</b>
1.1. Formulación del problema	10
1.2. Pregunta de investigación	11
1.3. Antecedentes	10
1.4. Justificación	11
1.5. Objetivos	12
1.6. Alcances	12
1.7. Delimitaciones	12
<b>II. Marco Referencial</b>	<b>13</b>
2.1. Selección del Proceso Adecuado	13
2.2. Importancia del Enfoque Sistemático	14
2.3. Sistemas de producción	19
2.4. Comparación entre los distintos tipos de sistemas de producción	27
2.5. Relación entre los sistemas de producción y los tipos de producto o servicio	28
2.6. Formulación del problema de diseño de los procesos	29
2.7. Fuentes de información necesarias para realizar la selección del proceso	31

2.8. Ciclos de vida del proceso, el producto y el servicio	32
2.9. Herramientas para el Diseño de Procesos	41
<b>III. Metodología</b>	<b>61</b>
3.1. Tipo de estudio	61
3.2. Técnicas, instrumentos, recolección y procedimientos de formación	61
<b>IV. Resultados de la Investigación</b>	<b>62</b>
4.1. Conclusiones	62
4.2. Recomendaciones	63
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>64</b>

## RESUMEN

El siguiente trabajo muestra la teoría fundamental que debe manejarse para el diseño de procesos de producción, empezando con los fundamentos necesarios para la selección del proceso adecuado a través de la identificación del tipo producto a elaborar. Para una mayor perspectiva y mejores herramientas conceptuales al momento de diseñar procesos, se presenta el enfoque sistemático, donde desglosamos todos los elementos de un sistema para el análisis de un proceso de fabricación; a partir de este enfoque, introducimos los sistemas de producción comunes en la industria manufacturera y de servicios los cuales son: sistemas de producción por encargo, sistemas de producción tipo taller, sistemas de producción en masa, sistemas de producción de flujo continuo y sistemas de manufactura flexibles; el objetivo es identificar el sistema de producción ideal para cada tipo de producto y servicio.

Otro de los conceptos fundamentales que deben manejarse al momento de diseñar procesos de producción es el ciclo de vida del producto o servicio y saberlo comparar con el ciclo de vida del proceso a través de la matriz producto-proceso; por el lado de los servicios, la herramienta necesaria para la comparación es la matriz de servicio-posicionamiento.

Para finalizar, se exponen distintas herramientas gráficas, útiles para la visualización de los componentes y actividades, así como la asignación de responsabilidades y la distribución del espacio de trabajo en planta y oficina; para ello, se presentan la simbología ASME y ASNI, útiles para el diseño de procesos de manufactura y administrativos respectivamente.

**Palabras clave:** Diseño de procesos de producción, Enfoque sistemático, Sistemas de producción, Ciclo de vida producto-proceso, Herramientas gráficas de visualización.

## **ABSTRACT**

The following work shows the fundamental theory that must be handled for the design of production processes, beginning with the necessary foundations for the selection of the appropriate process through the identification of the type of product to be elaborated. To obtain a greater perspective and better conceptual tools when designing processes, the systematic approach is presented, where we break down all the elements of a system in order to incorporate it when analyzing a manufacturing process; through this approach, we introduce the common production systems in the manufacturing and service industry, which are: custom production systems, job-shop production systems, flow-shop production systems, continuous flow production systems, and flexible manufacturing systems; the objective is to identify the ideal production system for each type of product and service.

Another of the fundamental concepts that must be handled when designing production processes is the life cycle of the product or service and knowing how to compare it with the life cycle of the process through the product-process matrix, on the services side the necessary tool for comparison is the service-positioning matrix.

Finally, different graphic tools are exposed, useful for the visualization of the components and activities, as well as the assignment of responsibilities and the distribution of the work space in the plant and office; For this, the ASME and ASNI symbols are presented, useful for the design of manufacturing and administrative processes, respectively.

**Keywords:** Production process design, Systematic approach, Production systems, Product-process life cycle, Graphic visualization tools.

## INTRODUCCIÓN

Una de las actividades de mayor importancia en cualquier organización, sea privada, pública, autónoma o sin fines de lucros, es el diseño de los procesos de elaboración de bienes materiales o servicios que se ofrecen al público objetivo. Un proceso como tal es la interacción de varios elementos como los materiales necesarios para la fabricación, los métodos o técnicas empleados por las personas encargadas de las tareas de transformación, los procedimientos utilizados por un equipo de trabajo, la totalidad de los recursos humanos, maquinaria y equipos utilizados en toda la cadena de valor, y el entorno que rodea a la empresa.

El objetivo primordial de todo proceso de elaboración es agregar valor a un conjunto de insumos (físicos o no) que deben transformarse en productos o servicios finales. En el contexto de la elaboración de bienes o servicios, agregar valor incluye dos cuestiones en particular: la primera es la transformación que le hacemos a los insumos, el cual es la alteración de las cualidades físico químicas en el caso de los bienes materiales y el procesamiento de información o el cumplimiento de los requerimientos del cliente en el caso de los servicios; la segunda cuestión es que desde el punto de vista del cliente dicha transformación sirvió para cumplir y sobrepasar sus expectativas.

Una de las formas más simples de describir un proceso de producción es a través de la jerarquización de sus elementos en los siguientes niveles: tarea, actividad, procedimiento y procesos. La unidad más simple es la tarea, la cual es el conjunto de acciones y movimientos para un lograr una parte específica del proceso de transformación; algunos ejemplos pueden ser: ajustar la máquina de coser para poder pegar el cuello de una camiseta, o digitar la dirección de residencia en un formulario, por mencionar algunos. Luego tenemos la actividad, la cual es la unión de distintas tareas que deben realizarse para proporcionar un producto intermedio, como, por ejemplo, llenar el formulario de solicitud de una tarjeta de crédito. El procedimiento es el conjunto de actividades ordenadas para alcanzar un objetivo específico dentro del proceso de producción; ejemplos de procedimientos pueden ser el ensamblado de una bicicleta, o la colocación de una tarjeta de crédito. Y, por último, tenemos al proceso, que no es nada más que el conjunto de procedimientos necesarios para entregar un bien y un servicio final, satisfaciendo los requerimientos del cliente.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Al momento de diseñar un proceso de elaboración de bienes materiales y servicios, no existe una claridad sobre cuáles deberían ser los fundamentos teóricos necesarios para implementar un proyecto de diseño ordenado y holístico que vaya más allá de las particularidades técnicas en la elaboración de un producto en específico.

### 1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los fundamentos teóricos necesarios para tener una perspectiva holística al momento de diseñar un proceso de producción de bienes materiales o servicios, que permita integrar los aspectos técnicos, comerciales, económicos y organizacionales?

### 1.3. ANTECEDENTES

El estudio de las relaciones entre las etapas de los ciclos de vida de los productos (bienes materiales o servicios) y los procesos que los elaboran, fue realizado por Hayes y Wheelwright (1979), cuando introdujeron la matriz de producto-proceso en su artículo *Enlazando el proceso de fabricación y los ciclos de vida del producto* publicado en la revista Harvard Business Review; a partir de ahí, dicha matriz ha sido utilizada por especialistas en las actividades de diseño y mejora de procesos de las distintas industrias manufactureras. Collier y Meyer (1998), establecieron la misma relación entre los ciclos de vida de los productos y el ciclo de vida de los procesos, pero en esta ocasión el análisis fue hecho exclusivamente para los servicios a través de la matriz servicio-posicionamiento.

Otro de los aspectos más importantes para el diseño de procesos es el enfoque sistemático, fue en 1950, cuando el biólogo austriaco Ludwig Von Bertalanffy planteó la teoría general de sistemas propiamente dicha, exponiendo sus fundamentos, su desarrollo y sus aplicaciones. Si bien la Teoría General de Sistema nació bajo el estudio de las ciencias biológicas, con los años, su enfoque ha sido adaptado a distintas disciplinas, incluidas la de la administración de operaciones.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

Al momento de diseñar un proceso de elaboración de un bien material o servicio, existe una tendencia a solo considerar los aspectos técnicos del procedimiento de manufactura, necesarios para la transformación del insumo en un producto final; usualmente, existe una tendencia por obviar los siguientes aspectos o parámetros: la utilización eficiente del espacio disponible en la planta o la oficina; no tomar en cuenta los procedimientos de carga o descarga de las máquinas o por lo menos considerar su impacto en la eficiencia y el tiempo total del ciclo de fabricación; no considerar la eficiencia del uso de espacio en los almacenes para acumular inventario; no considerar la flexibilidad como una ventaja competitiva que puede ser explotada para un obtener una mayor participación en el mercado; el sistema de producción más conveniente para la etapa que atraviesa el producto o el servicio en su ciclo de vida, entre otros.

Todas estas consideraciones no suelen tomarse en cuenta al momento de evaluar y comparar las alternativas de diseño del proceso; esto se debe, mayoritariamente, a que no suele aplicarse un enfoque sistemático al proceso de diseño, lo cual limita la visión del equipo encargado en esta primordial tarea. Un diseño ineficiente o inadecuado del proceso que nos permitirá obtener el producto o servicio que la organización desea brindar a sus clientes, no solo perjudicará el alcance de los objetivos planteados en el plan de producción a largo plazo, si no también, las metas planteadas en la planeación estratégica de la empresa, debido a que procesos de producción ineficientes se traducen en costos elevados, aumento de desperdicio, aumento en los tiempos de entrega, disminución de la calidad y de la satisfacción del cliente, lo que con el tiempo se traducirá en una disminución de las ventas.

La teoría necesaria para el levantamiento de procesos de producción está dividida en distintas disciplinas de la administración de operaciones y la ingeniería industrial; así mismo, existe desde un enfoque comercial, económico, técnico y organizacional. Por ello es necesario la identificación de un cuerpo general de fundamentos teóricos que permita ver el diseño de procesos desde una perspectiva global, tanto para organizaciones de la industria manufacturera como la de servicios.

## 1.5. OBJETIVOS

### *Objetivo general*

Exponer la teoría general y los conceptos fundamentales necesarios para el diseño de procesos de elaboración de bienes materiales y servicio.

### *Objetivos específicos*

- Identificar los sistemas de producción adecuados para el tipo de producto o servicio a elaborar, acorde a su etapa en el ciclo de vida.
- Sintetizar el enfoque sistemático como herramienta cognitiva necesaria para el estudio detallado de los elementos de un proceso de producción.
- Describir los elementos necesarios para poder formular el problema de diseño y examinar la viabilidad de las alternativas de diseño.
- Exponer las fuentes de información necesarias para realizar la selección del proceso de producción adecuado.
- Conocer las distintas herramientas de diagramación para visualizar las secuencias de actividades, el movimiento de materiales y la relación de los tiempos de operación de las máquinas y el personal en un proceso de producción.

## 1.6. ALCANCE

La investigación abarca los fundamentos teóricos más generales para el diseño de procesos de fabricación de bienes materiales o implementación de servicios, enfocándose en las perspectivas de la administración de operaciones, la ingeniería industrial, la teoría general de sistemas y la organización y métodos.

## 1.7. DELIMITACIONES

- No se investigarán aspectos técnicos de procesos de manufactura y la fabricación de productos o servicios particulares, solo se estudiarán los elementos conceptuales más generales en el diseño de procesos de elaboración.

- La investigación se realizó entre los meses de febrero a junio del año 2023.

## II. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. SELECCIÓN DEL PROCESO ADECUADO

El diseño del proceso adecuado para un producto engloba una serie de decisiones que van desde el diseño de la instalación, la configuración de las máquinas, el uso eficiente de las áreas de almacenaje, las estrategias de producción adecuadas, el proceso de ensamblaje adecuado, el nivel de servicio deseado, la disponibilidad de los insumos, el diseño de la cadena de suministro, entre muchas otras decisiones. Cada una conlleva muchas variables a tomar en cuenta, y es muy fácil perderse en el océano de parámetros y requisitos de diseño que cada contexto antes mencionado, requiere. Sin embargo, el esfuerzo por diseñar el proceso de producción adecuado para el bien material o servicio que deseamos proveer, es de vital importancia para la sostenibilidad de la organización. Si se logra realizar la elección del proceso adecuado para el producto adecuado, se obtendrán los siguientes beneficios (Coyle, Langley, Novack, y Gibson, 2013, p. 572):

- Reducción de los “cuellos de botellas” al mover a la gente o los materiales.
- Minimización de los costos de manejo de materiales.
- Reducción de los riesgos para el personal.
- Utilización eficiente de la mano de obra.
- Incremento en la moral y facilidad para la supervisión.
- Utilización efectiva y eficiente el espacio disponible.
- Aumento de la flexibilidad.
- Mejora de la coordinación y la comunicación frontal.

En un inicio, debemos elegir el proceso adecuado para elaborar el bien material o entregar el servicio que ha sido demandado por nuestros clientes, para ello es útil diferenciar los tres tipos de productos y servicios que existen, acorde a Collier y Evans (2019):

### *Productos o servicios personalizados*

Estos se diseñan para cumplir las especificaciones particulares de los clientes. Exigen un mayor acompañamiento por parte del cliente en el desarrollo del producto o servicio, y, debido a que se producen bajo demanda, el tiempo de espera es mayor porque deben diseñarse, crearse y entregarse. Ejemplo de este tipo de productos y servicios son los empaques personalizados, el desarrollo de sitios web, los trajes hechos a la medida, la construcción de inmuebles, las cirugías, los eventos sociales como cumpleaños o bodas, etc.

### *Orientados hacia opciones*

Los productos o servicios existen en un menú de alternativas, sobre los cuales el cliente puede demandar una configuración específica; tal es el caso de los restaurantes de comida rápida, donde el cliente puede ordenar distintos combos ya preestablecidos o armar su propia orden, siempre dentro de las componentes que el comercio ya estableció. Por el lado de los productos, podemos incluir ejemplos como empresas que se dedican a la fabricación de componentes o herramientas para distinta maquinaria.

### *Bienes y servicios estándar*

En este tipo de producto y servicio, el cliente no posee la forma de decidir sobre alguna configuración específica, por ello mismo, la demanda es estimada a través de pronósticos y usualmente se produce para inventario, con el objetivo de tener disponible siempre que el cliente lo requiera. Ejemplos para este tipo de productos o servicios, son: la producción de granos básicos, producción del café; elaboración de bebidas carbonatadas, ropa deportiva, tarjetas de crédito, cuentas de ahorro, etc.

## **2.2. IMPORTANCIA DEL ENFOQUE SISTEMÁTICO**

El enfoque de sistemas puede verse como la herramienta cognitiva más útil para todas las carreras de ingeniería o de administración, debido a que entender a las empresas, las estrategias, los procesos y las operaciones como un sistema, nos permitirá descomponer

estas estructuras en sus elementos más importantes y al mismo tiempo definir sus distintas funciones y objetivos.

Para entender bien qué es un sistema, recurrimos a la definición que Velázquez (2006, p. 19) propone:

Un sistema es un conjunto de objetos y/o seres vivientes relacionados de antemano, para procesar algo que denominaremos insumo, y convertirlo en el producto definido por el objetivo del sistema y que puede o no tener un dispositivo de control que permita mantener su funcionamiento dentro de los límites preestablecidos. (p. 19)

Lo importante de esta definición es la relación de las partes, esto diferencia a los sistemas de un “montón de objetos”. Para entender mejor este punto, O’Connor y McDermot (1998) elaboran una comparativa entre las diferencias de un sistema y un conjunto de objetos cualquiera (Tabla 1).

**Tabla 1**  
*Comparación entre sistema y montón.*

<b>Sistema</b>	<b>Montón</b>
Partes interconectadas que funcionan como un todo	Serie de partes
Cambia si se quitan o añaden piezas	Sus propiedades esenciales no se alteran al quitar o añadir piezas
La disposición de los elementos es fundamental	La disposición de las piezas no es importante
Las partes están conectadas y funcionan todas juntas	Las partes no están conectadas y funcionan por separado
Su comportamiento depende de la estructura global. Al cambiar la estructura cambia el comportamiento	Su comportamiento depende de su tamaño o número de piezas (si se puede decir que tiene comportamiento)

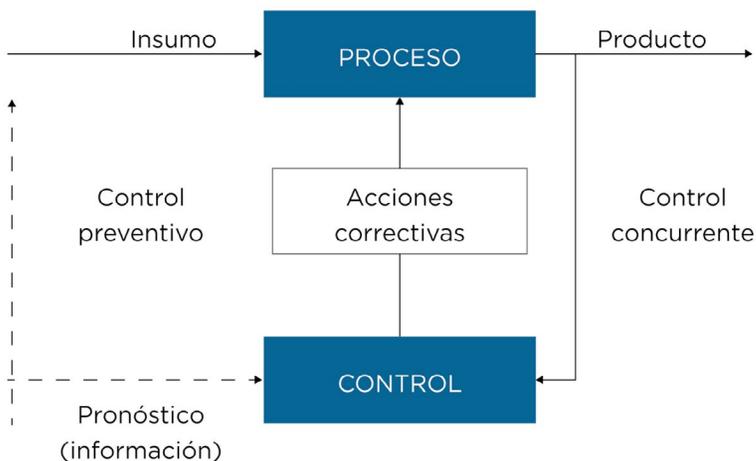
*Nota.* Realizado bajo la información de O’Connor y McDermott, 1998.

Ahora que se tiene claro que es un sistema, se realizará un estudio de sus componentes y cómo se interrelacionan entre sí:

- Insumo: son los recursos necesarios de entrada para que el sistema inicie su funcionamiento. Estos recursos pueden ser información, energía, materiales, etc.

- Proceso: conjunto de actividades elaboradas por personas y máquinas que transforman los insumos en productos.
- Producto: son las salidas del sistema y lo que permite que este cumpla sus objetivos, los productos pueden ser bienes materiales o algún servicio destinado a la solución de una problemática.
- Dispositivo de control: permiten el buen funcionamiento del sistema a través del establecimiento de parámetros de calidad y alarmas que informan sobre el estado de las entradas y las salidas.
- Ambiente: es el entorno externo que rodea al sistema y que puede llegar a tener influencia en este.

**Figura 1**  
*Esquema general de un sistema.*



*Nota.* Obtenido de administración de los sistemas de producción (Velázquez, 2006).

Para una mejor interpretación de los elementos de un sistema utilizaremos un ejemplo una lavadora:

- Insumos: energía eléctrica, agua, detergente, ropa sucia.
- Procesos: proceso de aplicación de detergente y suavizante, proceso de establecimiento de parámetros

para el lavado, proceso de lavado, proceso de desecho del agua sucia.

- Productos: ropa limpia.
- Dispositivo de control: tecnología *autosense* para controlar el consumo de agua, medición de la ropa e indicadores que advierten el peso, sensores que avisan el tiempo de los procesos, compartimientos con medición para saber cuánto detergente y suavizante utilizar.
- Flujo de información: peso de la ropa, indicadores de tiempo de finalización de proceso, sensores que indican si la lavadora tiene o no detergente, sensores que miden el uso del agua, sistema de información de las conexiones eléctricas necesarias.
- Ambiente: el espacio donde se pone con todas las adecuaciones necesarias para su buen funcionamiento, habitación seca con temperatura ambiente y la estructura adecuada para instalar la lavadora (toma corriente, lavabo o bañera en el que apoyar el tubo de descarga de agua, chorro, protección para la lluvia, etc.).

**Figura 2**  
*Esquema del sistema lavadora.*



*Nota.* Realizado utilizando esquema propuesto por Velásquez (2006, p. 19).

Como podemos observar en la Figura 2, con el enfoque sistemático logramos diferenciar los elementos más importantes de una lavadora, y no solo eso, también se obtiene una mayor

comprensión la relación que existe entre cada parte del sistema, cómo se comunican y qué función cumplen hacia la obtención del objetivo del sistema.

Bajo el concepto que manejamos de sistema, podemos inferir que, no solo estructuras como una lavadora caben en este enfoque, de hecho, los organismos vivos y las organizaciones mismas caben dentro de la concepción de sistema. El ser humano, por ejemplo, es uno de los sistemas más complejos que existe, tanto así que podemos definirlo por un *suprasistema*, que no es nada más que un sistema formado por distintos sistemas, o en este caso *subsistemas*.

En la Tabla 2 se elabora un breve resumen de ciertos suprasistemas con los subsistemas que lo conforman. Recordemos que para que cada uno logre la categoría de sistema deben tener un objetivo; en el caso de los subsistemas, el objetivo es más fácil de determinar, ya que debe ir con base en la función que cumplen para el suprasistema, como es el caso del sistema respiratorio, cuyo principal objetivo es obtener oxígeno a partir del ambiente externo, y proporcionarlo a las células, y de esta manera el suprasistema ser humano pueda mantener estable muchas de sus otras funciones biológicas.

**Tabla 2**  
*Ejemplos de suprasistemas y subsistemas.*

<b>Suprasistema</b>	<b>Subsistemas</b>
Ser humano	Sistema de órganos Sistema musculoesquelético Sistema respiratorio Sistema nervioso Sistema digestivo Sistema endocrino Sistema linfático Sistema reproductor, etc.
Órgano Judicial de la República de El Salvador	Corte Suprema de Justicia Cámaras de Segunda Instancias Tribunales que establecen leyes secundarias
Empresa manufacturera	Producción Finanzas Compras Mercadeo y Ventas Recursos Humanos Innovación y Desarrollo Gestión de la Información, etc.

Otras cualidades importantes que no debemos olvidar respecto a los sistemas son:

- Estabilidad: todo sistema debe cumplir un objetivo, de lo contrario solo sería un cúmulo de cosas; la estabilidad es la que permite que los objetivos del sistema se cumplan, más allá de las distintas interrupciones o fallas que puedan existir en el funcionamiento del sistema.
- Pronóstico: es toda información relevante respecto a las entradas o salidas del sistema, con el objetivo de adelantar lo que podría llegar a suceder bajo ciertos escenarios posibles y establecer acciones preventivas.
- Retroalimentación: considerando los parámetros de calidad establecidos y comparándolos con los productos obtenidos, se obtiene información importante sobre el estado del sistema y su eficacia para cumplir con los objetivos. Esta información nos ayudará a tomar acciones correctivas que permitan volver al sistema a la estabilidad requerida.

## 2.3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Para la industria manufacturera y los servicios, podemos destacar los siguientes tipos de sistemas de producción que guardan relación con el tipo de servicio o producto (personalizados, orientados hacia opciones y estándar).

### *Sistema de Producción por encargo o por proyecto*

“Un proyecto es una iniciativa singular, no repetitiva, normalmente dirigida a alcanzar unos objetivos prefijados en un lapso de tiempo determinado y con un presupuesto también determinado” (Bataller, 2016, p. 13).

Bajo la definición que se propone, la producción por pedido o por proyecto se basa en el encargo o pedido de uno o más productos o servicios. La empresa que lo utiliza sólo produce después de haber recibido el contrato o encargo de un determinado producto o servicio. Cuando una empresa se ve enfrentada a proyectos grandes y complejos en los cuales están implicadas muchas tareas, deben tenerse en cuenta las relaciones entre ellas. Son ejemplo de esos proyectos el desarrollo de un software a la medida, el diseño de un equipo o herramienta especial, la construcción de un edificio, la preparación de un evento, etc.

Rodríguez y Reverté (2017, p. 3) resumen las fases de un proyecto de la siguiente manera:

- **Planificación:** consiste en determinar el problema que realmente hay que resolver, identificar las partes interesadas, definir los objetivos del proyecto, determinar el alcance, los recursos y las tareas principales y prepararse para soluciones intermedias.
- **Desarrollo:** consiste en la creación del equipo, planificar la asignación de tareas, crear el calendario de actividades, celebrar la reunión de lanzamiento y elaborar un presupuesto.
- **Ejecución:** consiste en monitorizar y controlar el proceso y el presupuesto, informar del progreso, celebrar reuniones periódicas con el equipo, gestionar problemas.
- **Finalización:** Evaluar la ejecución del proyecto, cerrar el proyecto, recibir informes del equipo y realizar un informe de evaluación posterior.

Visto desde el ámbito de un sistema de producción, el producto final es personalizado y único para cada cliente, esto significa que la planificación es muy compleja y requiere el acompañamiento del cliente durante todo el proceso. Esto engloba grandes retos como:

- Cumplir en la mejor manera de lo posible con el presupuesto.
- Cumplir con los tiempos acorde a lo planificado.
- Buscar la manera de optimizar los procesos para minimizar los costos.
- Gestionar de manera adecuada los equipos de trabajo, ya que este sistema es intensivo en mano de obra.

### *Sistema de producción tipo taller (Job Shop)*

Según Chase, Jacobs, y Aquilano (2009):

Un centro de trabajo es un lugar donde se agrupan equipos o funciones similares, como todas las perforadoras en un área y todas las troqueladoras en otra. Así, la pieza que se está produciendo pasa, siguiendo una secuencia establecida de operaciones, de un centro

de trabajo a otro, donde se encuentran las máquinas necesarias para cada operación. En ocasiones, este tipo de distribución se conoce como taller. (p. 206)

Una característica importante de los talleres es que producen diversos bienes y servicios, por lo general en cantidades pequeñas; esto vuelve muy complejo el diseño y la programación de este tipo de sistemas. En términos generales podemos destacar los siguientes supuestos de partida para la resolución del problema del Job Shop (Rojo, S/F, p. 182):

- Cada máquina está disponible para ser utilizada, independientemente de turnos, vacaciones, mantenimiento, etc.
- Los procesos siguen una ruta estrictamente ordenada en serie.
- Solo hay un tipo de cada máquina en el taller.
- Cada operación debe realizarse en una sola máquina.
- Una operación iniciada en una máquina debe continuarse hasta el final.
- No se permiten suposiciones de operaciones.
- Cuando está funcionando sólo procesa una operación.
- Hay un solo recurso limitado: la máquina.

Al momento de diseñar procesos para un taller o *Job Shop*, existen diversas técnicas de programación que son muy útiles dependiendo de la situación a la cual nos encontramos:

1. Job Shop de una sola máquina: el objetivo es encontrar el secuenciamiento de los trabajos a través de las siguientes reglas de prioridad sugeridas por Chase, Jacobs y Aquilano (2009):
  - PEPS (Primero en entrar, primero en salir). Los trabajos se ordenan con base en el orden en que llegan; se da prioridad a los trabajos que llegan primero.
  - TPC (Tiempo de procesamiento más corto). Los trabajos se ordenan acorde al tiempo de operación

necesarios para su producción; se da prioridad a los trabajos con el menor tiempo de procesamiento.

- EDD (primero el plazo más corto). Los trabajos se ordenan con base en la fecha de vencimiento; se da prioridad a aquellos trabajos que vencen primero.
- STR (Tiempo ocioso restante). Se calcula el tiempo ocioso con base en la siguiente fórmula:

Tiempo ocioso = Plazo de entrega - Tiempo de procesamiento

Los trabajos se ordenan dando prioridad a los trabajos con el menor tiempo ocioso.

- STR/OP (Tiempo ocioso restante por operación). Se obtiene dividiendo el tiempo ocioso entre el número de trabajos restantes:

$$\text{STR/OP} = \frac{\text{Tiempo ocioso}}{\text{Número de operaciones restantes}}$$

La prioridad se otorga a los trabajos con el menor STR/OP.

- CR (proporción crítica). Este es un parámetro que se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$\text{CR} = \frac{\text{Fecha de vencimiento} - \text{Fecha actual}}{\text{Número de días hábiles que quedan}}$$

La prioridad se otorga a los trabajos con el menor CR.

- UEPS (último en entrar, primero en salir). Es un secuenciamiento contrario al PEPS; aquí la prioridad se da los trabajos que llegan de último.

*Job Shop* de máquinas en paralelo: puede verse como una variación al Job Shop de una máquina; las órdenes de trabajo siguen

necesitando una sola operación, pero se tiene la disponibilidad y la ventaja de trabajar distintos órdenes en paralelo. Usualmente, las técnicas más utilizadas para el secuenciamiento de los trabajos son (Rojo, S/F):

- TPC (Tiempo de procesamiento más corto).
- TPM (Tiempo de procesamiento mayor): es contrario al TPC, aquí las prioridades se dan a los trabajos con el mayor tiempo de procesamiento, el objetivo es minimizar el intervalo de fabricación.
- Método Multifit: se define una fecha de vencimiento única para todos los trabajos, luego se va ajustando a través de un método iterativo.

### *Sistemas de producción en masa (Flow Shop)*

Según Collier y Evans (2019, p. 138) “se organizan alrededor de una secuencia fija de actividades y pasos de procesos, como una línea de ensamblaje, para producir una variedad limitada de bienes o servicios similares”.

Este tipo de sistemas guarda mucha relación con los sistemas por taller o *Job Shop*; la diferencia más fundamental es que un *Flow Shop* es un taller con “m” máquinas dispuestas en serie. Los órdenes de trabajo se procesan a través de una secuencia lógica de operaciones y siguen una ruta ya establecida. En una instalación, al disponer de distintas máquinas, el supuesto más común es que cada orden de trabajo tiene exactamente “m” operaciones y utiliza cada máquina una sola vez. El flujo de trabajo es unidireccional; por consiguiente, cada pedido debe visitar cada máquina en el orden establecido.

Existen dos tipos de *Flow Shop*, dependiendo de si la producción es continua o discontinua, cuando las líneas son discontinuas la línea de producción es por lotes o *batch*; cuando la línea es continua se suele llamar línea de ensamblaje.

Los métodos o técnicas para diseñar los procesos de producción en un sistema tipo *Flow Shop*, dependen del número de máquinas en serie; a continuación, describimos los métodos:

*Flow Shop* de dos máquinas en serie: para este caso, dos o más trabajos deben procesarse en dos máquinas según un orden

común. Para este caso la técnica más utilizada es la Regla de Johnson donde se nos garantiza obtener el tiempo mínimo de flujo total, y la minimización del tiempo ocioso.

Para la Regla de Johnson resumiremos los siguientes pasos acorde a Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008):

1. Compare los tiempos de procesamiento de todos los trabajos en las 2 máquinas donde serán procesados y seleccione el más corto; si existe empate, elija arbitrariamente.
2. Para el trabajo seleccionado, si el tiempo de procesamiento más corto se encuentra en la máquina 1 (acorde a la secuencia establecida por el proceso de producción), este trabajo será el primero en realizarse; si el tiempo más corto corresponde a la máquina 2, este trabajo será el último en realizarse.
3. Repita los pasos 1 y 2, excluyendo el primer trabajo que ya fue seleccionado, hasta que haya programado todos los trabajos.

*Flow Shop* de “n” trabajos en “m” máquinas: para los talleres más complejos, donde existen más de una máquina en configuraciones en serie, paralelo o una mezcla de ambas, existen  $(n!)^m$  programas alternativos para este grupo de trabajos (Chase, Jacobs, y Aquilano, 2009). Para estas situaciones, debido a su complejidad, el método más adecuado es la simulación de procesos.

### *Sistemas de producción de flujo continuo*

“Lo utilizan las empresas que producen un determinado producto sin modificaciones por un largo período, el ritmo de producción es rápido y las operaciones se ejecutan sin interrupciones” (Quijano Ponce de León, 2009, p. 22).

Los Sistemas *Flow Shop*, son considerados sistemas de producción discontinuos, porque suelen configurarse para la producción de un estilo en específico, al momento de finalizar el lote de producción requerido, las líneas de producción se detienen y comienzan el proceso de seteo del nuevo estilo, donde se vuelven a reconfigurar. Los sistemas de producción de flujo continuo no poseen esta etapa de reconfiguración en su ciclo de trabajo normal.

Este tipo de sistemas se utiliza para productos y bienes de alto consumo, como la producción de azúcar, producción de papel, servicios de autorización de tarjetas de crédito, servicios de seguridad informática, refinación de petróleo, etc. Las características más importantes de este sistema de producción son:

- Los productos son altamente estandarizados, no existe personalización de ningún tipo.
- Se produce para inventario, de esta manera siempre se tendrá disponibilidad para el cliente.
- Se utilizan pronósticos para la estimación de la demanda, lo que hace que la planificación de la producción sea a través de estrategias de empuje.
- Debido a la alta estandarización de los productos o servicios, los procesos de fabricación son muy rígidos, solo se actualizan si se invierte en una nueva tecnología para el proceso.
- Los procesos son automatizados y el equipo que se utiliza es altamente especializado, la intervención humana es mínima, usualmente solo para el mantenimiento de máquinas.
- Para este tipo de producción se sugiere utilizar un plan de mantenimiento predictivo, ya que este tipo de planificación utiliza data histórica del uso de la maquinaria y de esta manera poder realizar una predicción de cuando se desgastaría una parte (SICK, 2023).

Lo más importante al momento de diseñar procesos de flujo continuo es garantizar la fluidez del trabajo y el ritmo productivo. Medina (2022) expone que esto se logra desde el diseño coherente de la cadena de suministro, los procesos logísticos y el diseño mismo de las plantas, para lograr que los materiales y el trabajo fluyan directamente de un proceso a otro.

A manera más detallada, también es importante el diseño de líneas de producción, usualmente esto se realiza de la siguiente manera:

- Determinar las capacidades y el ritmo de producción.
- Determinar la secuencia de operaciones necesarias para implementar la línea balanceada.

- Determinar los recursos necesarios (equipos, máquinas y herramientas), para desarrollar las operaciones.
- Implementar la línea.

Otra de las ventajas que posee el sistema de producción de flujo continuo por sobre los demás, es que la cantidad de cambios de estilo o *seteos* es mínima o no existe, debido a que la mayoría de productos y servicios son de norma y esto permite procesos estandarizados que no requieren cambios. Básicamente, los tiempos muertos o de espera ocurren por algún mantenimiento hecho a la maquinaria.

### *Sistemas de manufactura flexibles (FMS)*

Son un “conjunto de máquinas e instalaciones productivas, interconectadas mediante un sistema automatizado de transporte, que funcionan de forma integrada bajo el control de un computador y están en capacidad de producir una gama de familias o de tipos de piezas, así como su posterior montaje” (Capuz, 2001, p. 63).

Los sistemas de manufactura flexible nacieron gracias a los avances tecnológicos en los campos de la robótica, el manejo de materiales y los sistemas de gestión de información; combinan muchas de las bondades de los sistemas anteriores *Job Shop*, *Flow Shop* y continuos, lo que les permite una amplia adaptabilidad a distintos escenarios del sector productivo. Flores (2006) describe los objetivos que la manufactura flexible posee:

- Busca la minimización de costos de fabricación, reduciendo los desperdicios, los traslados y las operaciones innecesarias.
- Aumento de los indicadores de productividad a través del aumento de los volúmenes de producción.
- Mejoramiento del cumplimiento de la calidad del producto terminado.
- Aumento de la satisfacción del cliente a través de la entrega a tiempo y el cumplimiento de la calidad.
- Búsqueda de la eficiencia en la distribución de la planta, reduciendo los espacios necesarios para el trabajo y las máquinas.

- Puede integrarse con el sistema JIT (*Just in Time*) lo que impactaría de manera positiva en disminución de los inventarios de materia prima y producto terminado.

Es importante destacar que los sistemas flexibles de manufactura no hubieran sido posible sin el desarrollo de las herramientas CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), SMED (Single, Minute, Exchange Die), CNC (Control Numérico Computarizado) y el brazo robótico.

En resumidas cuentas, un sistema de manufactura flexible integra la tecnología con el esfuerzo humano, para poder responder de manera eficiente y rápida a cualquier necesidad que la función productiva tenga, esto ofrece muchas más alternativas al momento de diseñar los procesos de producción; pero es importante mencionar que debe ir acompañado de una estructura organizacional comprometida con los volares de adaptación e innovación; esto quiere decir que para muchas organizaciones que deseen adaptar este tipo de sistema productivo, no solo deben preocuparse por el nivel de inversión que trae consigo la evolución tecnológica, si no que al mismo tiempo, deben pasar por una transformación radical en su cultura organizacional.

## 2.4. COMPARACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Con el objetivo de evidenciar las diferencias entre los distintos tipos de sistemas de producción existentes, en la Tabla 3 se presenta la comparación entre ellos, tomando en cuenta el uso intensivo de mano de obra, el nivel de automatización requerido y la personalización del producto.

**Tabla 3**  
*Comparación de los sistemas de producción.*

Sistemas de Producción	Uso de Intensivo de Mano de Obra	Automatización	Personalización del producto
Por pedido o proyecto	Alto	Baja	Alta
Job shop	Alto	Baja	Media
Flow shop	Medio	De media a alta	Baja

Sistemas de Producción	Uso de Intensivo de Mano de Obra	Automatización	Personalización del producto
Flujo continuo	Baja	Alta	Baja
FMS	Baja	Alta	De media a baja

En la Tabla 3 se puede apreciar las ventajas de un sistema FMS por sobre un sistema *Flow Shop* o de Flujo continuo, ya que, si bien la inversión inicial es alta por el grado de automatización que posee, el hecho que permita corridas más cortas y optimice los tiempos de *seteo* en los cambios de estilo, permite un mejor grado de personalización en los productos finales que un sistema *Flow Shop* o de Flujo continuo, pudiendo alcanzar los niveles de un sistema *Job Shop*.

## 2.5. RELACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y LOS TIPOS DE PRODUCTO O SERVICIO

Con la comprensión de los distintos sistemas de producción que existen, podemos ahora definir con mayor propiedad que tipo de sistema de producción se acopla más al tipo de producto o servicio que hemos diseñado.

Es importante aclarar que siempre existirán productos o servicios en un área gris respecto a este tipo de decisiones, y muchas veces el sistema de producción ideal para determinado producto o servicio estará al alcance de la empresa dependiendo del nivel tecnológico de la región en la que se encuentra, o el nivel de inversión que pueda llegar a realizar.

**Tabla 4**

*Sistema de producción ideal para cada tipo de producto o servicio.*

Sistema de Producción	Tipo de Producto
Por pedido o proyecto	Productos o servicios personalizados
Job Shop	Productos o servicios personalizados, orientados hacia opciones
Flow Shop	Orientados hacia opciones, bienes y servicios estándar
Flujo Continuo	Bienes y servicios estándar
FMS	Orientados hacia opciones, bienes y servicios estándar

Las decisiones tomadas al momento de diseñar o rediseñar los procesos adecuados para el producto o servicio, impactarán enormemente el costo de las operaciones, la competitividad y sustentabilidad de la empresa, y el nivel de servicio al cliente. A inicios del siglo XXI, la empresa Ford Motor Company inició el megaproyecto de recuperación de mercado perdido contra los fabricantes japoneses como Toyota y Honda, empresas que instauraron procesos de manufactura flexible y eso les permitió crear hasta seis modelos diferentes en una sola fábrica (Collier y Evans, 2019). Las fábricas de Ford eran muy rígidas y solo podían producir un modelo, por ello mismo decidieron implementar procesos de manufactura flexible en las plantas de Virginia, Kansas y Michigan, donde se podrían fabricar hasta nueve modelos diferentes sobre tres plataformas (Europapress, 2002). Tan solo en la planta de Michigan, Ford tuvo que rediseñar y programar la mayoría de los 696 robots que sueldan una extensa variedad de piezas, lo que le permitió a la planta fabricar vehículos de gasolina, eléctricos, híbridos e híbridos de conexión, en la misma línea de producción (Collier y Evans, 2019). Estas decisiones, enfocadas al rediseño de sus procesos de producción, le permitieron a Ford competir mano a mano contra la industria japonesa durante toda la década del 2000 y la preparó para ser la única empresa automotriz que sobrevivió al colapso de la industria norteamericana en 2009, donde gigantes como la General Motors quebró y Chrysler tuvo que ser vendida (Dopeso, 2009).

## **2.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE DISEÑO DE LOS PROCESOS**

Es importante formular los objetivos o el problema que pretende resolver el diseño; para ello es necesario la especificación del producto o el servicio. El equipo de diseño debe proponer más de una alternativa viable de diseño; cada alternativa debe definirse sobre la base de parámetros como los costos de materia prima o el precio de venta del producto o servicio; el objetivo es poder aplicar métodos de ingeniería y fundamentos de economía en el análisis (Robin, 2005).

Miranda (2020), propone lo siguiente para examinar la viabilidad de una opción de diseño:

- Examinar el problema desde el más alto nivel; por ejemplo, analizar el potencial económico, que es la diferencia entre el valor del producto y el coste de las materias primas.

- No olvidar que pueden existir bienes o servicios derivados del producto final a lo largo del proceso de fabricación; estos subproductos también pueden generar un beneficio económico si logran comercializarse, como es el caso de las harinas o aceites, que pueden obtenerse de productos cárneos (subproductos elaborados) o las plumas o la cáscara de huevo que se obtienen de los procesos de industria avícola (subproductos no elaborados). La venta de los subproductos al mercado puede aportar a la economía del proceso global de producción.
- Luego de haber realizado las consideraciones económicas previas, se puede considerar un nivel de detalle adicional; en este caso, la elaboración de los balances de materia y energía.
- No todos los elementos del diseño de procesos deben llevarse al máximo detalle, solo aquellos que sean críticos obtendrán un nivel de análisis minucioso. Siempre existirá algún grado de certidumbre sobre factores de distinta índole que afecten al proceso de producción (*lead time* de los proveedores, variabilidad de los procesos, pronósticos de venta, etc.). Es por ello que en muchas ocasiones se recurre al sobredimensionamiento de las alternativas de diseño, a través del establecimiento de factores de seguridad en los cálculos realizados. Con respecto a este punto, Smith (2005) menciona que la utilización de factores de seguridad debe ser balanceada; si estos son muy pequeños, la planta podría no funcionar, pero si son muy elevados caeríamos en el error de diseñar una planta innecesariamente costosa, difícil de operar y muy ineficiente.

En resumen, el planteamiento del problema original de diseñar un proceso adecuado para un producto o servicio es un camino lleno de muchas incertidumbres sobre lo cual se sugiere el esfuerzo de crear distintas alternativas basadas en los conocimientos de la ingeniería y la economía; los esfuerzos de análisis detallistas no podrán realizarse en todas las etapas del diseño, por lo mismo se tendrá que discernir entre aquellos elementos críticos de los no críticos, y saber trabajar de manera balanceada con factores de seguridad en los distintos parámetros y cálculos que se obtendrán al momento de procesar toda la información que se tiene a la mano.

## **2.7. FUENTES DE INFORMACIÓN NECESARIAS PARA REALIZAR LA SELECCIÓN DEL PROCESO**

En términos generales, es importante recolectar cierta información antes de la etapa de diseño del proceso. Para Miranda (2020) estas fuentes de información son:

- Recopilación bibliográfica (libros, revistas de ingeniería, revistas economía, revistas de administración, artículos científicos, informes industriales, etc.)
- Capacidad de producción deseada.
- Nivel de servicio deseado.
- Conjeturas respecto al nivel de flexibilidad necesario.
- Parámetros de calidad del producto y su precio.
- Restricciones en el proceso.
- Si es un bien material, las propiedades físicas de todos los componentes.
- La toxicidad, seguridad e impacto ambiental de todos los materiales involucrados.
- El potencial económico del producto (diferencia entre el valor del producto y el coste de las materias primas).
- Datos sobre la localización de la planta y su distribución.
- Datos del precio de los subproductos.
- Datos de los servicios que acompañen a los bienes materiales.

## **2.8. CICLOS DE VIDA DEL PROCESO, EL PRODUCTO Y EL SERVICIO**

Es de suma importancia poder entender el comportamiento de la demanda de los productos y servicios y cómo estos afectan las decisiones respecto al diseño del proceso; para ellos se describirá que es el ciclo de vida del producto o servicio, el ciclo

de vida del proceso, la matriz producto proceso y la matriz de servicio-posicionamiento.

### Ciclo de vida del producto o servicio

Teóricamente, este esquema del comportamiento de la demanda de un producto o servicio a través del tiempo, suele acoplarse a la mayoría de casos, pero es de suma importancia no asumir que esto aplicará siempre, debe verse más como una herramienta útil de planificación al momento de realizar suposiciones generalizadas respecto a los patrones de consumo esperados, desde el lanzamiento hasta la etapa de declive (Nahmías, 2007).

En la Figura 3 podemos observar el ciclo de vida del producto o servicio acorde a distintas etapas en el tiempo.

**Figura 3**  
Ciclo de vida del producto o servicio.



*Nota.* Información obtenida de Análisis de la Producción y Operaciones (Nahmías, 2007).

*Inicio.* Al momento del lanzamiento, los productos o servicios experimentarán un muy leve crecimiento, si es un producto o servicio novedoso y original; esto se debe porque el mercado aún no existía y debe aún desarrollarse; en el caso de productos o servicios cuyos conceptos ya existían con anterioridad, el leve crecimiento es debido a que ingresa a un mercado ya desarrollado y probablemente muy competitivo, donde debe

ganar su lugar entre otros productos o servicios similares. Nahmías (2007) aconseja que esta es la etapa idónea para corregir deficiencias graves en el diseño, tanto del producto como del proceso. En esta etapa tampoco debe esperarse una rentabilidad positiva, debido a que en su lanzamiento la estrategia más importante es la colocación del producto, que usualmente debe ir acompañado de grandes inversiones en publicidad y logística, acompañado de muy pocas ventas.

*Crecimiento.* Alrededor del 50 % o 70 % de los productos o servicios fracasan en la etapa de crecimiento (Godás, 2006); si el producto logra sobrevivir, entonces entrará en la etapa de crecimiento; aquí las ventas aumentan, así como beneficio esperado, pero también suele aumentar la competencia. En esta etapa el diseño de los productos y los procesos deben ser más estables y es muy arriesgado introducir cambios drásticos, es aquí donde también debe establecerse una política de precios competitivos, acorde a un estudio minucioso del cliente y lo que este percibe como valor agregado; sin embargo, las inversiones en publicidad aún pueden ser muy elevadas, esto con el objetivo de poder afianzarse fuertemente en el mercado. En esta etapa pueden empezar a aprovecharse las ventajas que ofrece la economía de escala.

*Madurez.* En esta etapa aún se puede esperar un crecimiento de las ventas, pero mucho más moderado que la etapa anterior. Los procesos de producción y el diseño del producto pueden recibir actualizaciones con base en las señales que el mercado mismo arroje, es una etapa muy sensible al análisis minucioso, debido a que un error común que se suele cometer es que esta etapa durará por mucho tiempo y las empresas suelen acomodarse. La presión de los competidores es mayor, y las diferencias con los productos o servicios similares es poca, por lo que competir a través de precios suele ser la estrategia más recurrente, aunque no siempre la más aconsejable. Durante esta etapa puede verse el aprovechamiento de los subproductos como alternativas de mercado viable.

*Declive, estabilización o relanzamiento.* En esta etapa pueden suceder tres cosas: el producto o servicio desaparece del mercado, se consolida con cierta cantidad de ventas y lograrse mantener durante mucho tiempo o, a través de un relanzamiento con nuevas actualizaciones, encuentra cierto grado de aumento de ventas. Mucho de lo que sucederá

en esta etapa dependerá de distintos factores, ya sea por cambios en la estrategia de ventas, obsolescencia, cualidades propias del producto, etc. Retirar un producto, sustituirlo o relanzarlo dependerá, en gran medida, cuál será la alternativa más rentable y qué tan eficiente podría resultar el diseño y la producción de un producto sustituto.

Las escalas de tiempo utilizadas en este esquema son variadas, pueden ser meses, años o décadas, inclusive; esto es así porque la duración de este ciclo variará según el producto o servicio que se esté analizando. Algunos productos tendrán ciclos muy cortos, donde este esquema puede durar solo un par de años o tan solo unos meses, fenómenos como la obsolescencia son causas de estos ciclos prematuros; en cambio, hay productos donde este esquema puede representar décadas o muchísimo más tiempo.

Una de las funciones primordiales que suele darse al análisis del ciclo de vida del producto es la planeación de los relanzamientos o innovaciones, ya que no deben hacerse de manera improvisada; este tipo de decisiones deben fundamentarse bajo una evaluación cuidadosa de la etapa en la que podría encontrarse el producto o servicio que estamos ofreciendo.

Ignorar el esquema en cuestión nos puede poner en situaciones donde no obtendremos los procesos adecuados acorde a la etapa en la que se encuentra el producto, ya que los procesos deben adaptarse a cada etapa del ciclo. Un error muy común que suele cometerse es cuando la demanda se ha estabilizado; usualmente, se considera que esta permanecerá así durante mucho tiempo o para siempre, y la organización no hace mayores esfuerzos por innovar el diseño del producto, los procesos de elaboración y la cadena de suministro que lo sostiene.

Respecto al propósito de alargar el ciclo de vida del producto, Godás (2006) propone las siguientes estrategias:

*Estrategias de producto:*

- Mejoras en el diseño o aspecto del producto para que resulte más atractivo.
- Mejoras en la calidad del producto para incrementar su duración.
- Mejoras en las características del producto para aumentar su utilidad.

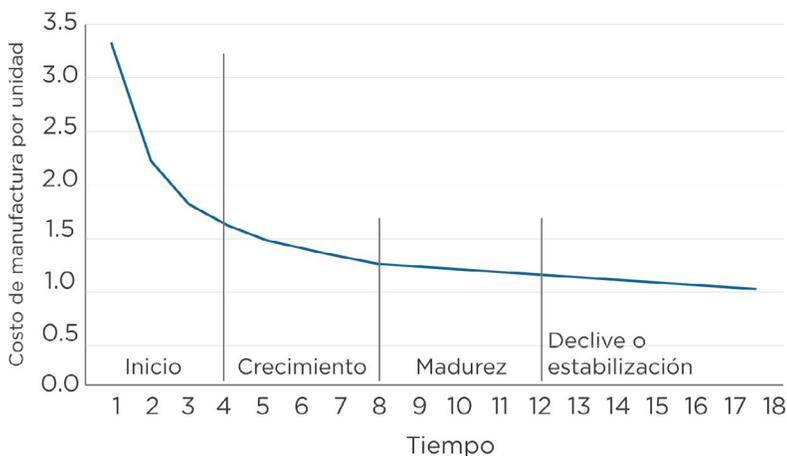
### Estrategias de mercado:

- Introducir nuevos usos para el producto.
- Fomentar un mayor uso del producto.
- Hacer posible un uso más extenso del producto.
- Incorporar nuevos usuarios del producto.

### Ciclo de vida del proceso

A medida que un proceso de producción se desarrolla a través del tiempo, se logra evidenciar cierto patrón en la mayoría de estos: el flujo del proceso se vuelve más racional, las tareas más específicas, aumenta el capital intensivo en maquinaria, el diseño de los productos se vuelve más estandarizado, etc. (Abernathy y Townsend, 1975). En consideración con lo anteriormente expuesto podemos establecer distintas etapas en el ciclo de vida de un proceso, mostradas en la Figura 4.

**Figura 4**  
Ciclo de vida del proceso.



*Nota.* Información obtenida de Análisis de la Producción y Operaciones (Nahmías, 2007).

Nahmías (2007), resume las etapas de la siguiente manera:

*Inicio:* los cambios del diseño del producto pueden ser variados y marcados, es por ello que la función productiva debe ser lo suficientemente flexible para poder responder a todos esos cambios. El sistema más ideal en esta etapa es el de una *Job Shop*; existe poco control sobre los proveedores y la calidad de los insumos puede variar, esto corresponde a elevados costes unitarios de producción.

*Crecimiento y madurez:* en las etapas medias del ciclo, el diseño del producto es cada vez más estandarizado, eso permite que aumente la automatización de los procesos de producción, debido a que los volúmenes suelen ir en aumento, la compañía puede llegar a mejores acuerdos con los proveedores, lo que le permite mayor control sobre la cantidad y la calidad de los insumos. Los costos unitarios disminuyen porque se aprovechan las economías de escala; en esta etapa los sistemas de producción deberían hacer la transición de un *Job Shop* a un *Flow Shop*.

*Declive o estabilización:* en esta última etapa la automatización es la principal metodología de producción, se aprovechan mejor las economías de escala y las relaciones con los proveedores pasan a ser alianzas comerciales estratégicas, el diseño del producto es el más estandarizado y se introducen pocas innovaciones a la manufactura. El sistema de producción puede pasar a ser de Flujo continuo.

Al igual que con el ciclo de vida del producto, no debemos suponer ciegamente que este esquema aplica para todos los procesos de manufactura; por ejemplo, una empresa que encuentra su cuota estable de mercado en un contexto de pedidos pequeños, deberá conservar un sistema de producción *Job Shop*.

Cabe mencionar que la tendencia negativa de los costos unitarios no solo se debe al aprovechamiento de las economías de escala, otro factor importante que influye en este comportamiento es el de la curva de aprendizaje; diversos estudios de la industria aeronáutica a principios del siglo XX mostraron que las horas de mano de obra directa que se requerían para producir una unidad disminuía con el incremento en el número acumulado de unidades de producción.

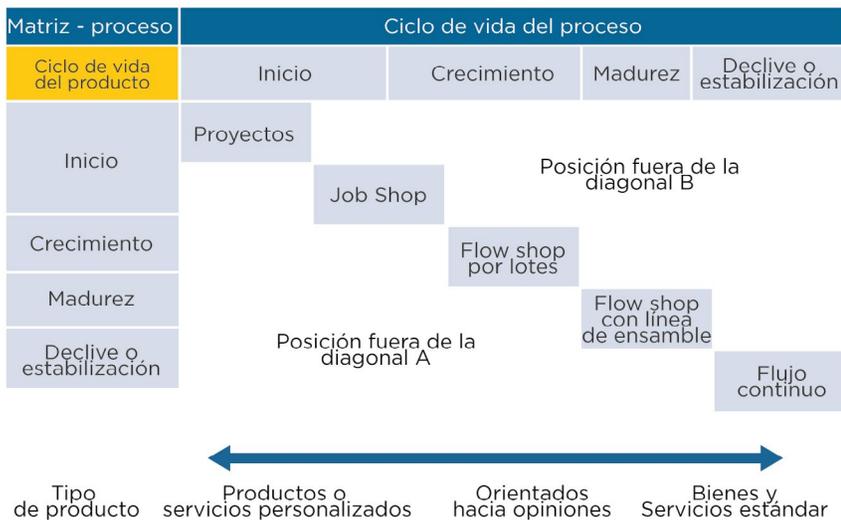
Al conocer las herramientas conceptuales que son el ciclo de vida del producto y el ciclo de vida del proceso, existen dos enfoques que nos ayudarán a entender las relaciones entre las cualidades del producto para los bienes y servicios, y las decisiones respecto al proceso adecuado, son la matriz de producto-proceso y la matriz de servicio-posicionamiento.

### Matriz de producto-proceso

Se introdujo en dos artículos publicados en Harvard Business Review en 1979. Desarrollada por Hayes y Wheelwright (1979), la matriz evalúa la relación entre las etapas del ciclo de vida del producto (desde el lanzamiento, pasando por el crecimiento y madurez, hasta el declive) y las etapas del ciclo de vida del proceso.

En la Figura 5, podremos observar la matriz de producto-proceso.

**Figura 5**  
Ciclo de vida del proceso.



*Nota.* Información obtenida de Enlazando el proceso de fabricación y los ciclos de vida del producto (Hayes y Wheelwright, 1979).

En este esquema planteado en la Figura 5, las filas representan las etapas del ciclo de vida del producto, las columnas representan las etapas del ciclo de vida del proceso, abajo se manifiestan los tres tipos de productos expuestos y la diagonal de en medio relaciona

todo con el tipo de sistema de producción adecuado para cada combinación. Por ejemplo, un producto que pasa por su etapa de madurez, suele ser un producto que se encuentra en la transición de uno orientado hacia opciones por un bien estandarizado; es aquí donde se sugiere que el sistema de producción adecuado debe ser un *Flow Shop* con líneas de ensambles. De poder realizar esta transición, se podría aprovechar la ventaja de avanzar en el ciclo de vida del proceso y alcanzar la madurez también en ese esquema, lo que implica una disminución de los costos unitarios de producción.

¿Qué sucede si las decisiones respecto a los diseños de los procesos no se acoplan a las sugerencias de la matriz? En este punto se entiende que la organización se encuentra “afuera de la diagonal”, lo cual puede ser aprovechado si la decisión se ha ejecutado de manera consciente, lo que usualmente se conoce como “estrategia de posicionamiento”; como por ejemplo, la compañía de automóviles Rolls-Royce produce una pequeña línea de automóviles, usando un sistema de producción *Job Shop* en lugar del tradicional *Flow Shop* por baches o *Flow Shop* por línea de ensamble, que es lo que usualmente realizan otras empresa de automóviles y lo que sugiere la matriz producto-proceso para este tipo de productos en su etapa de madurez. Debido a esto, cada vehículo requiere 900 horas de trabajo; sin embargo, mantenerse “afuera de la diagonal” le ha funcionado, debido a que su mercado objetivo está dispuesto a pagar precios elevados por la calidad y exclusividad que supone adquirir uno de sus automóviles (Collier y Evans, 2019).

Los avances tecnológicos en los procesos manufactureros y los sistemas de manufactura flexible, son un punto de irrupción a la teoría de la matriz producto-proceso, debido a que en estos sistemas el objetivo, como se mencionó anteriormente, es producir volúmenes altos de productos con diversas características, minimizando los tiempos de *seteo* entre cada cambio de estilo; los teóricos de la administración de operaciones llaman a esto la “personalización masiva”, lo que ha permitido a las empresas que aplican estos sistemas buscar estrategias de posicionamiento afuera de la diagonal. Esto no significa que esta herramienta de consulta al momento de elegir los procesos adecuados para nuestros productos ha quedado obsoleta, hay que recordar que para realizar la transición hacia un FMS aún se requieren enormes inversiones de capital, algo que muchas organizaciones aún no pueden realizar; por otro lado, recordemos que los sistemas FMS también dependen de las viabilidades tecnológicas que ofrece la región donde se ubica la fábrica.

### La matriz de servicio-posicionamiento

Una diferencia muy marcada en los procesos de servicios con respecto a los procesos de producción de bienes, es como los primeros manejan los problemas de capacidad. Usualmente en las empresas manufactureras la capacidad suele ampliarse a través de cambios en las configuraciones de las máquinas y el personal, a través de un estudio muy detallado del método de trabajo y el proceso de fabricación, donde suelen utilizarse técnicas como la de la teoría de las limitaciones para encontrar cuellos de botella, subordinar la producción a las restricciones y luego ampliar la capacidad de las estas limitaciones. Básicamente, la relación entre el proceso y el volumen de producción es estrecha para la producción de bienes. En los procesos de servicio esta relación entre volumen y proceso no es tan estrecha y en la mayoría de las ocasiones no existe correlación entre ambos; es por ello que cuando se habla de aumentar la capacidad en las organizaciones de servicio, se tiende a aumentar la cantidad de canales de servicio, como, por ejemplo, aumentar el número de clínicas, el número de agencias, la cantidad de hoteles, o la cantidad de agentes de servicio.

Para comprender mejor como se relacionan el diseño de los procesos con la capacidad de servicio Collier y Evans (2019) sugieren comenzar con la comprensión de los siguientes conceptos:

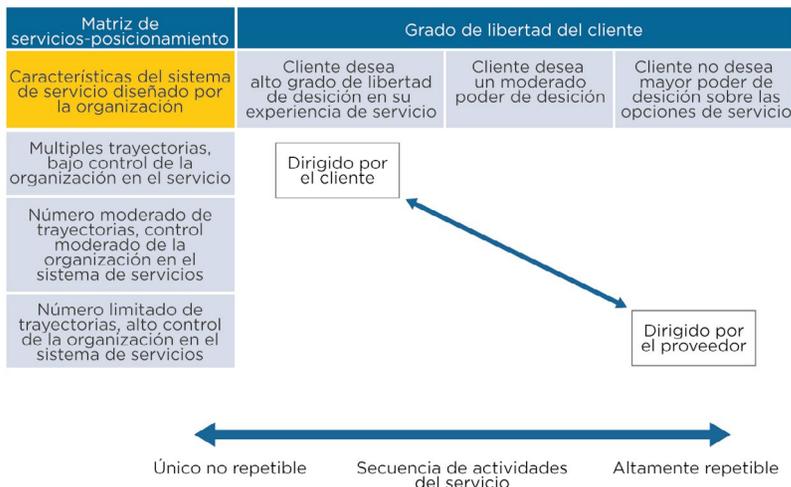
*Trayectoria de servicio:* también conocido como la ruta de los clientes, son los pasos o caminos que el cliente debe seguir para adquirir y disfrutar los servicios de la organización. También puede concebirse como todas aquellas actividades y procedimientos secuenciales que se generan al momento que el cliente se vuelve usuario del servicio (Vargas y Aldana de Vega, 2007). La importancia de tener bien identificadas las trayectorias de servicio, es porque al momento de que un cliente lo adquiere, la transacción de comprar es solo la última de las actividades de una larga cadena de procesos que involucran buena parte de la cadena de suministros, y, como toda cadena, es igual de fuerte que su eslabón más débil. alguna de las actividades de la trayectoria del servicio podría no involucrar a la organización propiamente; en algunos casos es el proveedor el que se encarga del contacto con los clientes para determinados servicios.

Las trayectorias suelen dividirse en dos tipos: trayectorias determinadas por el cliente y trayectorias determinadas por el proveedor.

*Trayectorias determinadas por el cliente:* “son aquellas que ofrecen a los clientes amplia libertad para seleccionar las trayectorias que son más acordes con sus necesidades y deseos inmediatos entre muchas trayectorias posibles en el sistema de prestación de servicios” (Collier y Evans, 2019). Son aquellas en las que el cliente tiene la total libertad de decidir cómo será su ruta; puede optar por un variado menú de opciones que se acoplen a su propia comodidad. Un ejemplo de este tipo de servicio es una visita a un parque nacional o a un parque de diversiones, debido a que el cliente puede elegir cómo vivir su experiencia con total libertad, sin una guía predeterminada de cómo debe disfrutar su visita.

*Trayectorias determinadas por el proveedor:* “obligan a los clientes a seguir un número muy pequeño de trayectorias posibles y predefinidas en el sistema de servicios” (Collier y Evans, 2019). En este caso existen pocas opciones de servicio a los cuales el cliente puede optar, o existe una guía detallada de cómo debe proceder en su experiencia con el servicio. Un ejemplo serían los cajeros automáticos, ya que estos proveen un menú de operaciones limitadas sobre lo que se puede realizar como el retiro de efectivo, la consulta de cuentas o el traslado de cuenta a cuenta entre otras.

**Figura 6**  
 Matriz de servicio-posicionamiento.



**Nota.** Información obtenida de Administración de Operaciones (Collier y Evans, 2019).

Con estas definiciones no se pretende afirmar que todos los servicios caen en una de estas dos categorías de trayectoria; estos son extremos. La mayoría de los servicios se acercan más a una o a otra en particular y muchos están en medio de estas categorías. Esto se observará mejor con la matriz de servicio - posicionamiento (Figura 6).

Las columnas representan el grado de libertad que puede llegar a tener el cliente en cuanto a la secuencia de actividades que experimentará al momento de recibir el servicio; esto último, también va acompañado con el nivel de repetibilidad que tendrá esta secuencia de actividades. Por ejemplo, un servicio dirigido por el cliente, como se mencionó con anterioridad, ofrece un alto grado de libertad al cliente respecto a cómo desea experimentar el servicio ofrecido, lo que hace irrepetible muchas de las secuencias de actividades que este puede llegar a elegir, ofreciendo una gran flexibilidad; pero, por ello mismo, un mayor costo relativo por transacción y una menor eficiencia (Collier y Evans, 2019).

Las filas representan el nivel de control que llegará a tener la organización al momento de ofrecer el servicio al cliente; como podemos observar, este control es mínimo en los dirigidos por el cliente y máximo en los dirigidos por el proveedor. Al mismo tiempo, un menor control significa que el cliente también tendrá muchas opciones de trayectorias para el servicio, y un mayor control por parte de la empresa recae en menores opciones de trayectorias para el cliente. Análogamente con la matriz producto-proceso, los servicios dirigidos por el proveedor representan productos altamente estandarizados, donde lo que se busca es un menor costo y una mayor eficiencia (Collier y Evans, 2019).

Al igual que con la matriz producto-proceso, esta forma de entender los negocios de servicio ofrece una guía generalizada para el diseño de los procesos de servicio. De la misma manera, este esquema podría no aplicar a todos los tipos de servicios y muchas organizaciones podrían optar inclusive por salirse de la diagonal, lo que significaría, por ejemplo, ofrecer un número limitado de trayectorias aumentando el grado de control de la organización en la secuencia de las actividades de servicio, a clientes que, por otra parte, deseen un alto grado de libertad y poder de decisión en su experiencia de servicio. A simple vista esto no sería muy recomendable, ya que se actúa en contra de los deseos del cliente, pero este enfoque suele ser utilizado a menudo por instituciones de Educación Superior, donde muchas veces

se deben diseñar procesos de servicio en contra de los deseos del cliente, e ir a favor de lo que el contexto socio-cultural del momento considere como calidad académica.

## 2.9. HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO DE PROCESOS

Al momento de diseñar un proceso salen a la luz las siguientes preguntas (Render y Heizer, 2014):

- ¿El proceso está diseñado para lograr una ventaja competitiva en términos de diferenciación, respuesta o bajo costo?
- ¿El proceso elimina pasos que no agregan valor?
- ¿El proceso incrementa al máximo el valor según lo percibe el cliente?
- ¿El proceso permitirá obtener pedidos?

A continuación, se detallan distintas herramientas que nos ayudarán a diseñar procesos de manera efectiva y nos ayuden a navegar en la complejidad de este tipo de proyectos. Pero antes, es de vital importancia entender el lenguaje que utilizan este tipo de herramientas; para ello, comenzaremos explicando la simbología ASME.

### *Técnica de Diagramación. Simbología ASME y ASNI.*

Para simplificar la labor del diseño de procesos de fabricación se utilizan símbolos estandarizados, a partir de los cuales es posible comunicar de manera más rápida, universal y efectiva las actividades y tareas necesarias para la producción del bien o servicio.

Dicho lenguaje fue propuesto y publicado por ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), el 21 de mayo de 1947 y son hoy ampliamente utilizados por su facilidad de comprensión.

**Tabla 5**  
*Simbología ASME.*

Símbolo	Nombre
	Operación

Símbolo	Nombre
	Inspección
	Transporte
	Almacenaje
	Demora o espera

*Nota.* Información tomada de Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (Niebel y Freivalds, 2009).

*Operación:* comunica las transformaciones fisicoquímicas de un objeto en el caso de los bienes materiales o el procesamiento de la información; en el caso de los servicios, también puede utilizarse cuando a un material se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje (García, 2005). Algunos ejemplos son: mezclar asfalto, tornear pieza, coser mangas, digitalizar solicitud de crédito, preparar reportes de ventas, actualizar expediente clínico.

*Inspección:* verificación de los materiales o productos ya sea en calidad o cantidad, incluye lectura de indicadores. No añade valor al producto a diferencia de la operación, por lo que su necesidad en el proceso debe estar bien justificada (Baca C., y otros, 2014). Algunos ejemplos son: lecturas de manómetros, contar paquete de camisas, pesar rollos de papel, comparar firmas con documento de identidad, verificar atestados adjuntos en proceso de selección, etc.

*Transporte:* indica el desplazamiento de los materiales, el equipo, los trabajadores de un lugar a otro, salvo cuando el traslado forma parte de una operación o sea realizado por un trabajador en su lugar de trabajo al realizar una operación o inspección (Kanawaty, 1996). Algunos ejemplos son: elevar objetos con poleas, mover material en banda transportadora, mensajero moviendo material a mano, llevar documentos impresos de una oficina a otra.

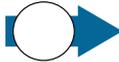
*Almacenaje:* Se refiere al resguardo físico de un material en un almacén o bodega, bajo vigilancia (Escalante y González, 2016). Algunos ejemplos son: productos en proceso guardados

en el almacén correspondiente, granos almacenados en silos, productos químicos guardados en cilindros o tanques, productos finales almacenados en anaqueles, documentación guardada en archiveros. Cabe mencionar que, si el material se encuentra almacenado para sufrir alguna modificación necesaria para el proceso, no se considera almacenaje sino operación; como por ejemplo curar tabaco, madurar cerveza, etc. (García, 2005).

*Demora o espera:* el trabajador debe esperar determinado tiempo antes de realizar la siguiente operación, usualmente a causa de un ciclo de máquina (Cruelles, 2013). Algunos ejemplos son: trabajador en espera de ascensor, material en espera a ser procesado, trabajo amontonado en el suelo del taller entre dos operaciones, personas esperando a ser atendidas en la recepción del hotel, agente de servicio al cliente esperando a documentos de solicitud impresos.

Niebel y Freibalds (2009) proporcionan otros símbolos no estandarizados por ASME, pero que también pueden ser útiles al momento de diagramar procesos.

**Tabla 6**  
*Simbología no Estandarizada.*

Símbolo	Nombre
	Se generó un registro
	Se tomó una decisión
	Se agregó información a un registro
	Se llevó a cabo una inspección en conjunto con una operación
	Una operación y un transporte se llevaron a cabo de manera simultánea

*Nota.* Datos elaborados con información de Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo (Niebel y Freivalds, 2009).

Por su parte, el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, más conocido como ANSI (por sus siglas en inglés), elaboró una simbología para ser utilizada en los procedimientos informativos y administrativos, donde se muestra el flujo de la documentación, junto con algunas acciones realizadas por las personas en cada unidad administrativa. Dicha simbología aparece en la Tabla 7.

**Tabla 7**  
 Simbología ASNI para procedimientos administrativos.

Símbolo	Nombre
	<i>Terminal:</i> indica el principio o el fin del flujo. Puede ser acción o lugar; además, se usa para indicar una oportunidad administrativa o persona que recibe o proporciona información.
	<i>Actividad:</i> describe las funciones que desempeñan las personas involucradas en el procedimiento.
	<i>Documento:</i> representa cualquier documento que entre, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	<i>Multidocumento:</i> hace referencia a un conjunto de documentos.
	<i>Decisión o alternativa:</i> indica un punto dentro del flujo en donde se debe tomar una decisión entre dos o más opciones.
	<i>Archivo:</i> indica que se guarde un documento en forma temporal o permanente.
	<i>Conector de página:</i> representa una conexión o enlace con otra hoja diferente, en la que continúa el diagrama de flujo.
	<i>Conector:</i> representa una conexión o enlace de una parte del diagrama de flujo con otra parte del mismo.
	<i>Conector de un proceso:</i> Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.

Símbolo	Nombre
	<i>Base de datos:</i> empleado para representar la grabación de datos.
	<i>Dirección de flujo o línea de unión:</i> Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.

*Nota.* Datos elaborados con información obtenida de Organización de Empresas (Franklin, 2009).

Aparte de que nos será al momento de diseñar los procesos de producción de bienes materiales y servicios, la técnica de diagramación a través de símbolos ofrece las siguientes ventajas (Franklin, 2009):

- Facilita el llenado y lectura del formato en cualquier nivel jerárquico.
- Permite al personal que interviene en los procedimientos, identificar y realizar correctamente sus actividades.
- Por la sencillez de su representación hace accesible la puesta en práctica de las operaciones.
- Puede comprenderla todo el personal de la organización o de otras organizaciones.
- Permite más acercamiento y mayor coordinación entre diferentes unidades, áreas u organizaciones.
- Disminuye la complejidad gráfica por lo que los mismos empleados pueden proponer ajustes o simplificación de procedimientos, utilizando los símbolos correspondientes.
- Se elabora en el menor tiempo posible y no se requieren técnicas, ni plantillas o recursos especiales de dibujo.

Franklin (2009) también propone las siguientes recomendaciones para el uso y la aplicación del lenguaje de símbolos en las técnicas de diagramación de procesos:

- Es conveniente no mezclar varias líneas de entrada y salida en un mismo lado del símbolo.

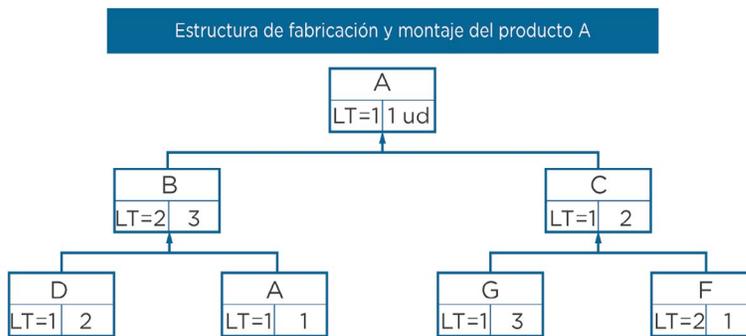
- Por claridad, no debe haber más de una línea de unión entre dos símbolos.
- El símbolo de decisión es el único que puede tener hasta tres líneas de salida.
- Las líneas de unión deben representarse mediante líneas rectas; en caso necesario se pueden utilizar ángulos rectos.
- Para efectos de presentación es recomendable que el tamaño de los símbolos sea uniforme, salvo en caso de que se requiera hacer resaltar alguna situación especial.
- Para facilitar su comprensión, el contenido del símbolo de operación debe redactarse mediante frases breves y sencillas.
- Cuando el símbolo terminal identifique una unidad administrativa debe incluir el nombre completo de ella; en caso de utilizar iniciales para identificarla hay que anotar su significado al pie de la hoja del diagrama.
- El símbolo de documento debe contener el nombre original de la forma o reporte de que se trate.
- Si existen varios ejemplares de un documento, el original tiene que identificarse con la letra “o” y las copias mediante los dígitos “1”, “2”, “3”, etc. Se recomienda hacer esta anotación en el extremo inferior derecho del símbolo.
- El contenido del símbolo conector puede ser alfabético o numérico, pero debe ser igual en los conectores de entrada y salida.
- Cuando haya una gran cantidad de conectores, conviene adicionar un color al símbolo o a su contenido para facilitar su localización. Otra opción es colocar antes o después del conector el símbolo terminal cuya identificación sea el nombre de la unidad administrativa, el nombre de una operación, etc., en donde se encuentre el conector destino.
- Es aconsejable que el contenido del conector de página sea numérico, y que el símbolo que indica el destino incluya el número de página donde continúa el diagrama y, a su vez, que el símbolo que indica la procedencia contenga el número de página de donde proviene el diagrama.

## Estructura del producto

El primer paso a la hora de construir un proceso es determinar la estructura de materiales del producto a fabricar. La estructura del producto es una ficha que muestra el orden o secuencia en la que se fabrican y ensamblan las componentes que forman parte del producto (materias primas, partes que se compran, subensambles). Cada componente tiene asociado un número, el cual corresponde a la cantidad de unidades necesarias para la siguiente fase (Cruelles, 2013).

**Figura 7**

*Estructura de Fabricación y montaje de un producto.*



*Nota.* Obtenido de Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua (Cruelles, 2013).

Para la elaboración de la estructura del producto es necesario determinar de qué está compuesto el producto y en qué orden se ensamblarán las piezas; cabe recordar que un proceso de producción es el conjunto de pasos que sigue un material o materiales para la elaboración de un producto o servicio, desde que se genera la orden de trabajo hasta su total finalización.

En la estructura del proceso, todo es valor añadido, ya que representa los pasos mínimos por los que pasan los materiales para completar el producto; a partir de aquí comenzaremos añadiendo las operaciones que consideramos “necesarias” para ir obteniendo cada componente y subensamble, hasta llegar al producto final; pero, por distintas razones se introducen operaciones que no añaden valor, hasta conseguir que parezca que en la línea todo funciona correctamente, que no existe ningún recurso ocioso, pero incurriendo en más despilfarros que ahorros (Cruelles, 2013).

A partir de este desglose de las componentes de un producto final, utilizaremos los diagramas planteados en la Figura 8.

**Figura 8**  
Diagramas para el diseño de Procesos.

Técnicas de registro		
Sucesión	Movimiento	Tiempo
Cursograma sinóptico	Diagrama de hilos	Diagrama de actividades múltiples
Cursograma analítico	Diagrama de recorrido	Diagrama hombre- máquina
Diagrama Bimanual	Gráfico de trayectoria	Simograma

*Nota.* Obtenido de Ingeniería Industrial: Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil (Escalante y González, 2016).

### *Diagramas de Operaciones o Diagrama Sinóptico*

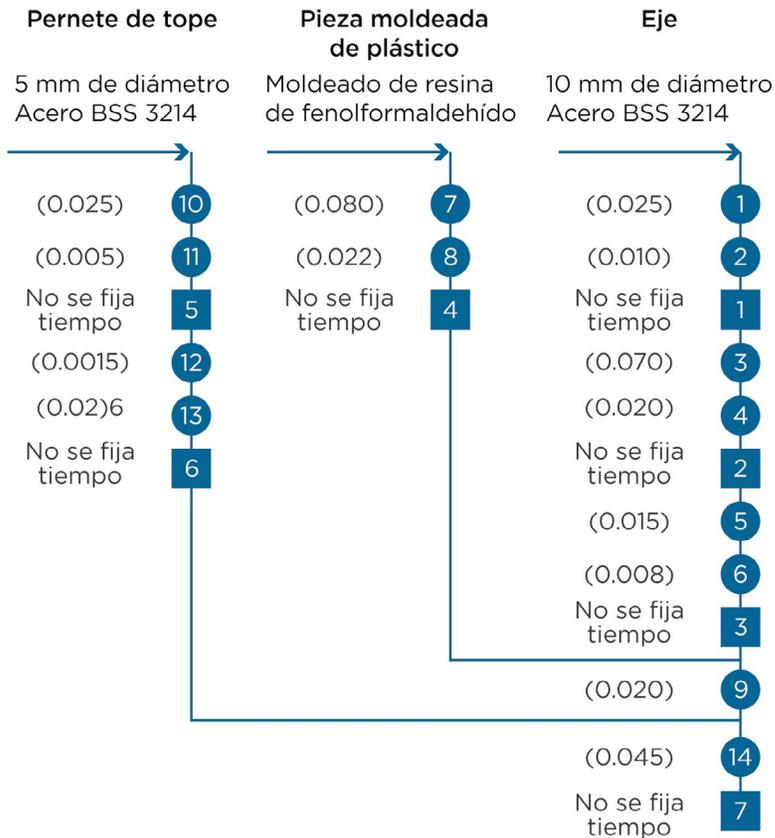
Según Baca et al. (2014):

Es una representación muy general y resumida de la secuencia de las operaciones e inspecciones principales, los materiales y los componentes de un proceso. En el extremo derecho del diagrama se anota la pieza o el elemento principal, motivo del análisis, y, a la izquierda, se registran todos los elementos, ensambles, subensambles, componentes y/o insumos necesarios para realizar dicho producto. Cada proceso e inspección debe detallarse de modo que el ingeniero industrial tenga, de forma rápida, una idea clara del proceso.

Tan solo se utilizan dos símbolos del estándar ASME para construir el diagrama sinóptico: el círculo de operación y el cuadro de inspección. Las líneas verticales indican la secuencia general de las actividades del proceso a medida que se realiza el trabajo, mientras que las líneas horizontales indican la alimentación de materiales al flujo del proceso, ya sea comprados o elaborados durante el proceso.

A la información que brindan los símbolos y su sucesión, se añade, paralelamente, una breve nota sobre la naturaleza de cada operación o inspección y, cuando se conoce, los valores del tiempo, basados en estimaciones o en mediciones reales. En la Figura 9, podemos observar un ejemplo de un diagrama sinóptico.

**Figura 9**  
 Ejemplo de diagrama sinóptico.



*Nota.* Obtenido de Organización de Empresas (Franklin, 2009).

### Diagrama del flujo del proceso o analítico

De acuerdo con García (2005):

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis: por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida.

Este diagrama utiliza toda la simbología ASME. El analista debe describir todas las actividades del proceso, encerrar en un círculo el símbolo adecuado e indicar los tiempos asignados para cada

actividad, así como las distancias de transporte. En la Figura 10 podemos observar un diagrama analítico.

**Figura 10**  
 Diagrama analítico.

Diagrama de flujo del proceso		Resumen			
Ubicación: Dorben Ad Agency		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Operación	4		
Fecha 1-26-98		Transporte	4		
Operador: J.S.      Analista: A. F.		Retrasos	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Inspección	0		
Método: (Presente) Propuesto		Almacenamiento	2		
Tipo: (Trabajador) Material Máquina		Tiempo (min)			
Comentarios:		Distancia (pies)	340		
		Costo			

Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método
Cuarto con la existencia de materiales	○ ◇ D □ ●			
Hacia el cuarto de recopilación	○ ● D □ ▽		100	
Ordenar los estantes por tipo	○ ◇ ● □ ▽			
Ordenar cuatro hojas	● ◇ D □ ▽			
Apilar	○ ◇ ● □ ▽			
Hacia el cuarto de doblado	○ ● D □ ▽		20	
Empujar, doblar, rayar	● ◇ D □ ▽			
Apilar	○ ◇ ● □ ▽			
Colocar la engrapadora	○ ● D □ ▽		20	
Poner la grapa	● ◇ D □ ▽			
Apilar	○ ◇ ● □ ▽			
Hacia el cuarto del correo	○ ● D □ ▽		200	
Colocar la dirección	● ◇ D □ ▽			
A la bolsa del correo	○ ◇ D □ ▽			
	○ ◇ D □ ▽			
	○ ◇ D □ ▽			
	○ ◇ D □ ▽			
	○ ◇ D □ ▽			
	○ ◇ D □ ▽			

*Nota.* Obtenido de Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo (Niebel y Freivalds, 2009).

### Diagrama bimanual

Según lo describe Escalante y González (2016):

Es un diagrama donde se registran las actividades de las manos o extremidades del operario indicando la relación entre ellas. Este diagrama sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas y, en ese caso, se registra un sólo ciclo completo de trabajo, pero con más detalles que lo habitual en los diagramas de la misma serie.

Se recomienda cuando las tareas se realicen en un área de trabajo relativamente pequeña (mesa de trabajo) y cuando se elaboren operaciones de ensamble. El diagrama consta de un encabezado, un croquis que representará el área de trabajo, la ubicación del empleado y la posición de las piezas, componentes y materiales utilizados, una escala de tiempo adecuada para que el analista calcule de manera rápida el tiempo de duración de cada actividad, descripciones de las actividades ejecutadas por cada extremidad y su símbolo respectivo, los tiempos de ejecución calculados, etcétera. En la Figura 11 se observa un ejemplo de un diagrama bimanual.

**Figura 11**  
 Ejemplo de diagrama bimanual.

Diagrama bimanual				Diagrama del área de trabajo		
Diagrama número:		Hoja número:				
Operación analizada:						
Actividad:						
Método actual / propuesto						
Lugar:						
Operario:						
Hecho por:						
Descripción mano izquierda	Símbolo	Tiempo	Escala de tiempo	Tiempo	Símbolo	Descripción mano derecha
Toma pieza	○		5 s		○	Toma tornillo
Sujeta pieza	D		10 s		○	Posiciona tornillo
			15 s		○	Toma desarmador
			20 s		○	Posiciona desarmador
			25 s		○	Gira desarmador
			30 s		○	
			35 s		○	Toma tornillo
			40 s		○	Posiciona tornillo
			45 s		○	Toma desarmador
			50 s		○	Posiciona desarmador
			55 s		○	Gira desarmador
TOTALES						

*Nota.* Obtenido de Introducción a la Ingeniería Industrial (Baca et al., 2014).



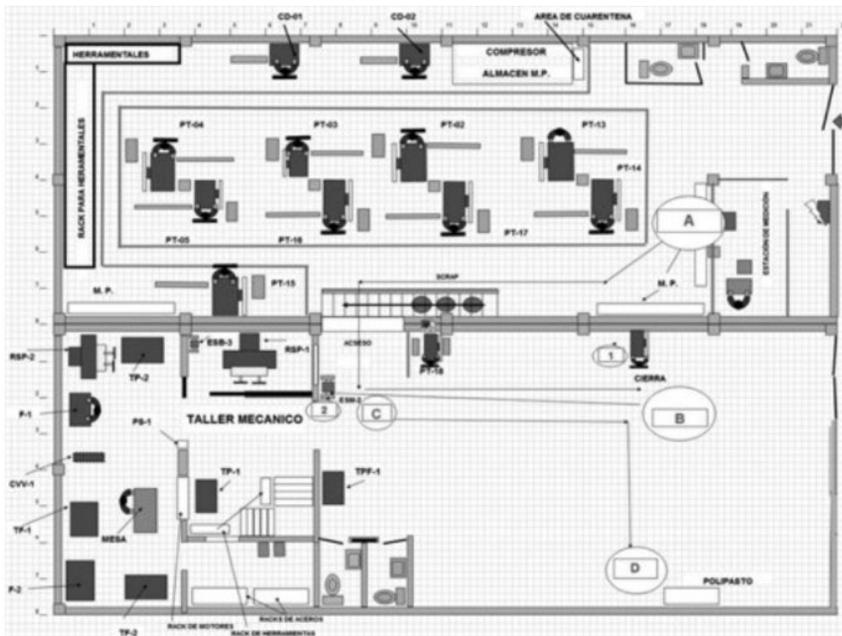
### Diagrama de recorrido

De acuerdo con Niebel y Freivalds (2009):

Es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas, periódicamente, a lo largo de las líneas de flujo. Se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte.

Este diagrama es un complemento del diagrama analítico, debido a que es necesario una visualización del espacio recorrido y la ubicación de los lugares de almacenamiento en referencia con las áreas de trabajo. Para este diagrama es necesario un plano a escala de la planta, localizar las tareas y actividades en los lugares donde serán realizadas, indicar el flujo y la trayectoria de los materiales, y medir, de manera aproximada, las distancias recorridas.

**Figura 13**  
*Ejemplo de diagrama de recorrido.*

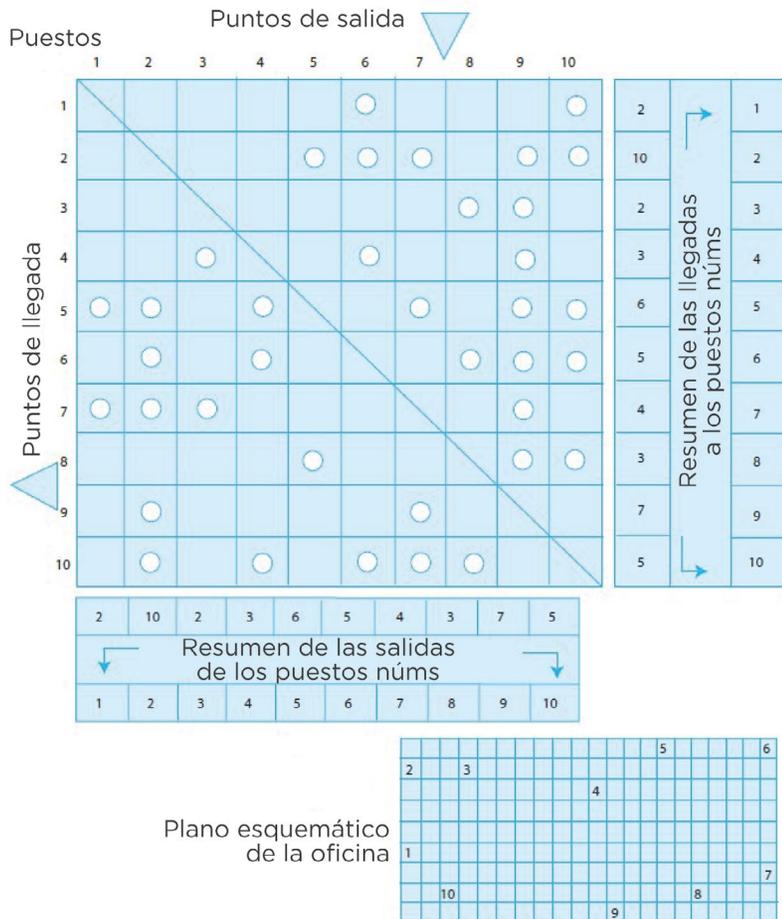


*Nota.* Obtenido de Ingeniería Industrial: Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil (Escalante y González, 2016).

### Gráfico de trayectoria

“El gráfico de trayectoria es un cuadro donde se consignan datos cuantitativos sobre los movimientos de trabajadores, materiales o equipo entre cualquier número de lugares durante cualquier periodo dado de tiempo” (Kanawaty, 1996).

**Figura 14**  
 Ejemplo de Gráfico de Trayectoria.



Nota. Obtenido de Organización de Empresas (Franklin, 2009)

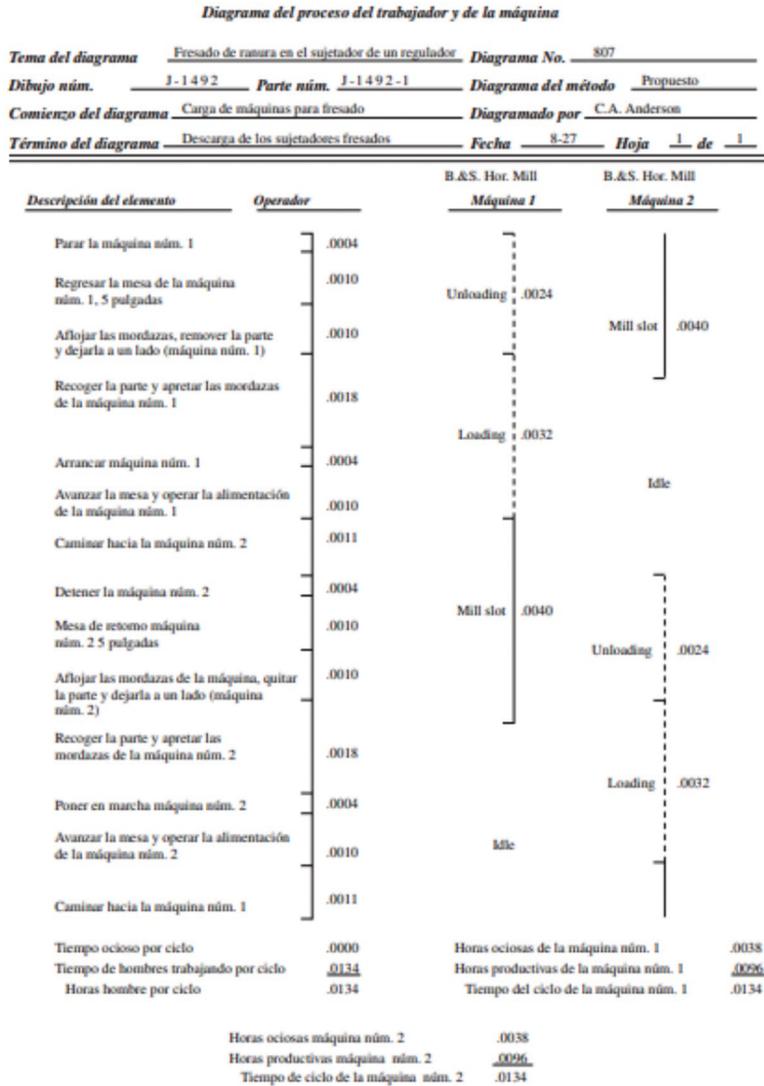
Este diagrama surgió con la idea de simplificar el análisis del diagrama de hilos, debido a que, en un proceso muy complejo, se puede generar demasiada confusión. Para su elaboración se traza una cuadrícula según la cantidad de puestos de trabajo; los cuadros de la parte superior representan los lugares de salida de la trayectoria, los de la parte izquierda representan los lugares de llegada. Se registran los recorridos, empezando en la primera hilera por el cuadrado de partida, bajando siempre verticalmente y acabando siempre en el cuadrado que tenga en el margen izquierdo el mismo número que el lugar de destino. Al final se elabora un resumen, a la derecha del diagrama se anotan el total de llegadas a cada puesto, abajo se colocan el total de salidas.

En la Figura 14, podemos ver el ejemplo de un gráfico de trayectoria, donde se observan los movimientos de un mensajero encargado de llevar la documentación o recados a distintos escritorios y despachos de una oficina. La distribución de los escritorios se puede apreciar en la esquina inferior derecha del esquema. Como hay diez puestos (escritorios), se dibujaron diez cuadrillos horizontales y diez cuadrillos verticales, todos ellos numerados del 1 al 10. Luego se traza una línea diagonal que divide en dos partes iguales el esquema.

Los cuadrillos de arriba representan los lugares de salida de la trayectoria; los de la izquierda representan los lugares de llegada. Supongamos que el mensajero realiza un traslado del puesto 5 al puesto 8: el analista deberá marcar una señal en la intersección de la columna 5 con la fila 8 (en este caso se ha marcado con un círculo pequeño); esto se realiza para todos los recorridos que el mensajero efectúa. Al finalizar todas las marcaciones correspondientes a las trayectorias que el mensajero realiza, se debe anotar el total de llegadas y el total de salidas a cada puesto; en este ejemplo, se obtuvieron dos llegadas al puesto 1; 10 llegadas al puesto 2; 2 llegadas al puesto 3, etc. Mirando los totales del gráfico, podemos apreciar que los puestos 2, 5 y 9 son los de mayor movimiento, por lo que suele ser el trayecto más común; entonces, una recomendación sería acumular todos los recados o documentos de esos tres puestos en una sola ubicación, de esta manera el mensajero se ahorraría gran parte de su recorrido actual.

Diagrama hombre-máquina

Figura 15  
 Ejemplo de diagrama hombre máquina.



Nota. Obtenido de Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo (Niebel y Freivalds, 2009).

Según lo plantean López, Alarcón, y Rocha (2014):

Este diagrama indica la relación exacta en tiempo, entre el ciclo de trabajo de una persona y el ciclo de operación de su máquina. Con estos hechos claramente expuestos, existen posibilidades de utilizar más eficientemente la disponibilidad de tiempo tanto del hombre como de la máquina, lo que proporcionará un mejor equilibrio del ciclo de trabajo.

Este diagrama debe utilizarse para diseñar o mejorar una estación de trabajo a la vez; el objetivo es maximizar la utilización tanto del hombre como de la máquina. En la actualidad, muchas máquinas pueden trabajar de manera automática, lo cual deja al operador en tiempo ocioso, y esto puede aprovecharse para asignarle otras actividades como la preparación de otra máquina. Este diagrama puede utilizarse para ver la relación de trabajo entre un operario y varias máquinas, tal como se observa en la Figura 15.

Las técnicas utilizadas para el cálculo ideal de las máquinas que debe asignarse a un operario son el servicio sincrónico y el servicio aleatorio.

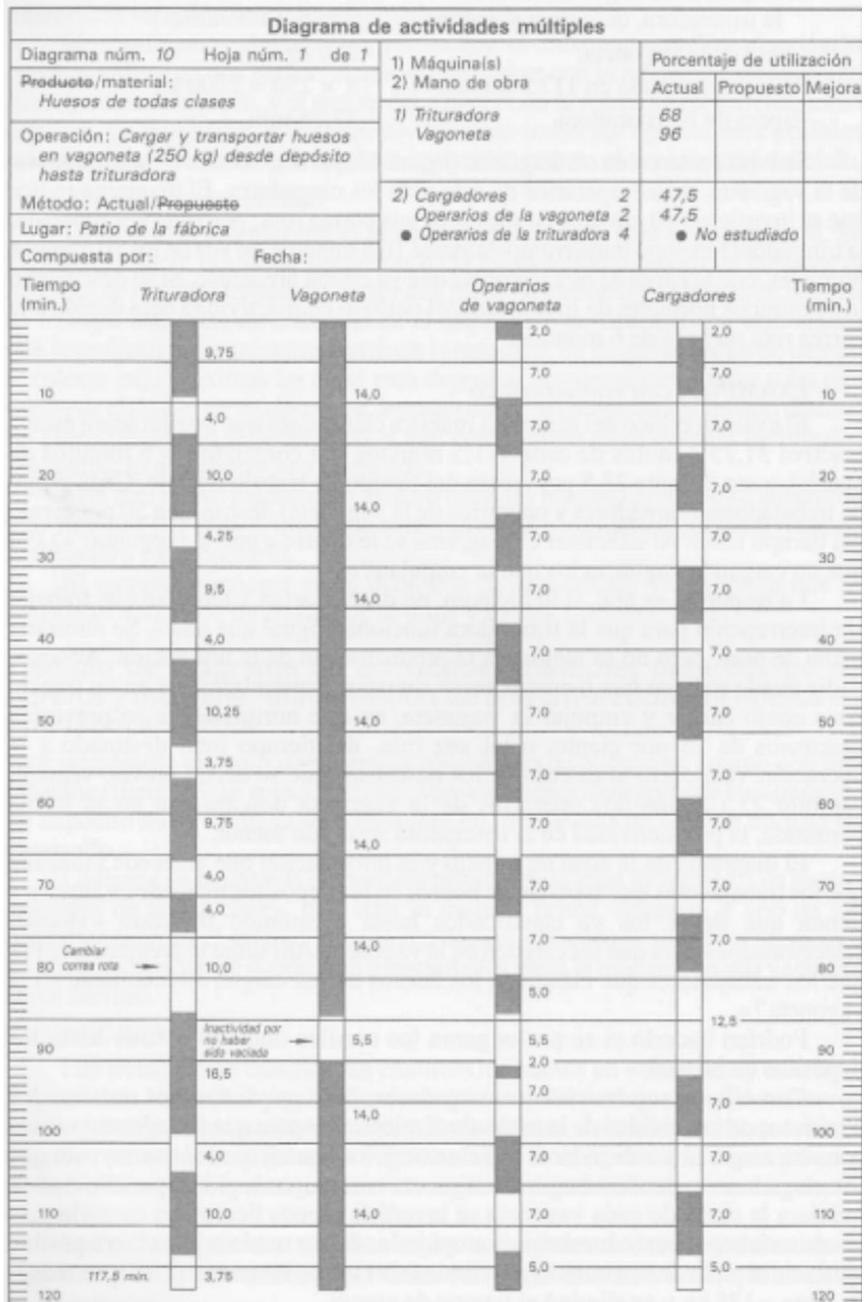
### *Diagrama de actividades múltiples*

Palacios (2009), indica que este diagrama:

Describe gráficamente las relaciones de dos o más secuencias simultáneas de actividades para la misma escala de tiempo. Cobra importancia especial en el análisis de tareas ejecutadas por una serie de personas trabajando en grupo y en operaciones donde el trabajo está desequilibrado, existiendo por consiguiente tiempo inactivo.

También conocido como el diagrama de proceso de cuadrilla o el diagrama de procesos de grupo, es una adaptación del diagrama hombre máquina; muchas veces, existen procesos e instalaciones donde se necesitan varios trabajadores operando distintas máquinas; este diagrama nos ayudará a encontrar la relación entre los tiempos ociosos de las máquinas y los trabajadores en el ciclo de trabajo, con el objetivo de establecer distintas alternativas para reducir dichos tiempos ociosos.

**Figura 16**  
 Ejemplo de Diagrama de actividades múltiples.



Nota. Obtenido de Introducción al Estudio del Trabajo (Kanawaty, 1996).

### Simograma o diagrama de movimientos simultáneos

Según Franklin (2009):

Se basa en un análisis cinematográfico que se utiliza para registrar, simultáneamente, con una escala común, los *therbligs* o grupos de *therbligs* de diferentes partes del cuerpo de uno o varios trabajadores. Los *therbligs*, inventados por Frank y Lilian Gilbreth, expresan, primordialmente, los movimientos del cuerpo humano en el lugar del trabajo y las razones de actividad mental relacionadas con ellos. Son 18 y cada uno tiene un símbolo, una letra y un color distintivos.

Es una variación del diagrama bimanual, efectuado a través de un análisis cinematográfico que graba todos los movimientos, o grupos de movimientos, que un ser humano realiza al momento de elaborar una actividad.

**Figura 17**  
 Ejemplo de simograma.

DIAGRAMA SIMO																			
OPERARIO: O . Ramírez Fecha: 21 de mayo OPERACIÓN: Ensamble PIEZA: Empalpador MÉTODO: Propuesto ELABORADO POR: José Ruiz																			
ESCALA DE TIEMPO (PARPADEOS)	TIEMPO ELEMENTO	DESCRIPCION DE MANO IZQUIERDA	SÍMBOLO	CLASE DE MOVIMIENTO										SÍMBOLO	DESCRIPCION DE MANO DERECHA	TIEMPO ELEMENTO	ESCALA DE TIEMPO (PARPADEOS)		
				1	2	3	4	5	6	5	4	3	2					1	
-4548	12	Alcanzar empalpador	AL													AL	Alcanzar empalpador	12	4548-
-4560	19	Asir empalpador	T													T	Asir empalpador	19	4560-
-4579	31	Mover empalpador	M													M	Mover empalpador	31	4579
-4610	75	Colocar y soltar empalpador	P SL													P SL	Colocar y soltar empalpador	75	4610-
-4685	15	Alcanzar abrazadera	AL													AL	Alcanzar abrazadera	15	4700-
-4700	15	Asir abrazadera	T													T	Asir abrazadera	15	4715-
-4715																			
-7541	12	Asir el ensamble	T													T	Asir el ensamble	12	
-7559	18	Mover y soltar el ensamble	M SL													M SL	Mover y soltar el ensamble	18	7541-7559-

**Nota.** Obtenido de Ingeniería Industrial: Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil (Escalante y González, 2016).

## III. METODOLOGÍA

### 3.1. TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación corresponde al ámbito de la ingeniería industrial. El diseño de la investigación es bibliográfico, por lo cual se han utilizado técnicas para localizar, identificar y acceder a documentos que contengan información referente a la administración de operaciones, ingeniería de métodos, estudio del trabajo y la teoría general de sistemas. Para ello, se realizó la consulta a 32 fuentes bibliográficas, dentro de las cuales se incluyen libros y artículos de revistas.

### 3.2. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, RECOLECCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE FORMACIÓN

Las fuentes de información físicas consultadas se obtuvieron a través de la biblioteca “Lcda. Etelvina Trejo de Palencia”, de la Universidad Pedagógica de El Salvador. Las fuentes de información digitales se obtuvieron a través de:

- Las Bibliotecas Digitales Alfaomega,
- la Biblioteca Virtual elibro.net,
- el repositorio digital de la revista *Harvard Business Review*,
- el repositorio digital de la revista *Technological Forecasting and Social Change*
- el contenido editorial digital del periódico La Voz de Galicia,
- el contenido digital editorial de EuropaPress,
- el boletín electrónico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar,
- página Web del conglomerado de revistas de ciencias elsevier.es,
- blog digital toyota-forklifts,
- blog digital SICKUSA,
- sitio web de publicaciones de la Organización Internacional del Trabajo.

## IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 CONCLUSIONES

- Los ciclos de vida de un bien material y un servicio, guardan estrecha relación con el ciclo de vida del proceso que los elaborará. Ignorar estas etapas conducirá al diseño ineficiente de procesos que perjudicará el desempeño de la organización a largo plazo. Conocer estas relaciones es importante aún si desea planificar procesos afuera de las diagonales de la matriz producto-proceso o servicio-posicionamiento, para buscar una ventaja competitiva de manera consciente.
- Para poder obtener una visión amplia de todos elementos internos y externos que influyen en el desempeño de un proceso, es importante comenzar con el estudio del enfoque sistemático. Una vez comprendidas las cualidades de un sistema, se tendrá la capacidad para deconstruir cualquier proceso de producción.
- Una de las características más ventajosas que se deben considerar cada vez que se está diseñando un proceso es la flexibilidad, el cual es la capacidad de cambiar de estilos de manera eficiente y efectiva, con los mínimos tiempos de seteo posibles. Antes de los Sistemas de manufactura flexible se pensaba que, para obtener flexibilidad, se debía sacrificar la capacidad de producir altos volúmenes de producto final; pero ahora, el concepto de “personalización masiva” ha cambiado el panorama de muchas decisiones en la planificación de la producción.
- Las técnicas de diagramación pueden ser utilizadas tanto para diseñar los procesos de producción como para mejorarlos. Nos pueden ayudar a obtener detalles importantes a distintos niveles de análisis (técnicos, espacial, económicos, temporales) a través de una visualización de las relaciones que existen en todas las variables y parámetros del diseño.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Complementar la teoría del diseño de procesos con el estudio de la administración de la cadena de suministros para mejorar la gestión de los procesos de adquisición de insumos, la gestión de transporte, el manejo de materiales en el proceso de fabricación, el plan de distribución para producto en proceso o producto terminado y los procesos de atención al cliente.
- Antes invertir en una nueva tecnología para mejorar la productividad de un proceso de producción y buscar como consecuencia la reducción de costos, es recomendable siempre realizar un estudio minucioso de todas las tareas, actividades y procedimientos que conforman al proceso; el enfoque primordial de este estudio es evaluar, de manera objetiva, si estos elementos del proceso, en realidad, están agregando valor. La reducción de actividades que no generan valor puede tener un mayor impacto que una inversión importante en una nueva tecnología.
- Estos conceptos no solo ayudan para el diseño de procesos; de nuevo, es importante tomarlos en cuenta para la reingeniería de procesos, esto se refiere a la aplicación de cambios elementales en el proceso para mejorar su desempeño en los parámetros de calidad, costos, servicio y flexibilidad.
- La utilización es uno de los parámetros más importantes que debe medirse en la mayoría de los recursos que la organización posee (personal, maquinaria, transporte, espacio en planta, etc.). Con el cálculo de la utilización, podremos comparar distintas alternativas de diseño y, una vez implementada, seguir evaluando el desempeño del diseño seleccionado.
- Otro parámetro importante para evaluar el desempeño de un proceso de producción es a través de la Ley de Little, el cual relaciona las variables de rendimiento, trabajo en proceso y tiempo de flujo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{trabajo en proceso} = \text{rendimiento} \times \text{tiempo de flujo}$$

El objetivo es conocer dos de las tres variables involucradas para poder encontrar la tercera, a través de la relación, con el fin de evaluar el desempeño promedio del proceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abernathy, W., y Townsend, P. (1975). Technology, productivity and process change. *Technological Forecasting and Social Change*, 379-396.
- Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Gabreil, B. U., Gutierrez, J., Pacheco, A., Obregón, M. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Grupo Editorial Patria.
- Bataller, A. (2016). *La Gestión de Proyectos*. Editorial UOC.
- Capuz, S. (2001). *Introducción al proyecto de producción. Ingeniería concurrente para el diseño*. Alfaomega.
- Chase, R., Jacobs, R., y Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*. McGraw-Hill.
- Collier, D. A., y Evans, J. R. (2019). *Administración de Operaciones*. Cengage Learning Editores.
- Collier, D. A., Meyer, S. M. (1998). A service positioning matrix. *International Journal of Operations & Production Management*, vol 18, No. 12, pp. 1223-1244. MCB University Press.
- Coyle, J., Langley, C. J., Novack, R., y Gibson, B. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro: una perspectiva logística*. Cengage Learning Editores
- Cruelles, J. (2013). *Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. Alfaomega Grupo Editor.
- Doposo, M. S. (2 de junio de 2009). Solo Ford sobrevive al declive de los tres gigantes de Detroit. *La Voz de Galicia*, p. 1.
- Escalante, A., y González, J. (2016). *Ingeniería Industrial: Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil*. Alfaomega Grupo Editor.
- Europapress. (5 de diciembre de 2002). *Ford prevé implantar un esquema flexible de producción en tres plantas de Estados Unidos*. <https://www.europapress.es/economia/noticia-ford-preve-implantar-esquema-flexible-produccion-tres-plantas-estados-unidos-20021205111608.html>
- Flores, C. (2006). *Sistema de Fabricación Flexible: FMS*. Boletín electrónico Ingeniería Primero No. 3: [https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL\\_03\\_MEC02.pdf](https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL_03_MEC02.pdf)
- Franklin, E. (2009). *Organización de Empresas*. McGraw-Hill / Interamericana Editores.

- García, R. (2005). *Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. McGraw-Hill/ Interamericana Editores.
- Godás, L. (2006). El ciclo de vida del producto. *Ámbito Farmacéutico*, p. 1.
- Harvard Business Review. (2017). *Guías HBR: Gestión de Proyectos*. Editorial Reverté.
- Hayes, R., y Wheelwright, S. (1979). Enlazando el proceso de fabricación y los ciclos de vida del producto. *Harvard Business Review*.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Oficina Internacional del Trabajo.
- Krajewski, L., Ritzman, L., y Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y Cadenas de Valor*. Pearson Educación.
- López, J., Alarcón, E., y Rocha, M. (2014). *Estudio del Trabajo: una nueva visión*. Grupo Editorial Patria.
- Medina, J. (2 de noviembre de 2022). *Flujo continuo: qué es, dónde se aplica y qué permite*. Toyota Material Handling: <https://blog.toyota-forklifts.es/flujo-continuo-que-es>
- Miranda, R. (2020). *Ingeniería de Procesos: Diseño e Integración de Procesos Químicos*. Dextra Editorial.
- Nahmías, S. (2007). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. McGraw-Hill/ Interamericana Editores
- Niebel, B., y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. McGraw-Hill/Interamericana Editores
- O'Connor, J., y McDermott, I. (1998). *Introducción al Pensamiento Sistemático. Recursos Esenciales para la Creatividad y la Resolución de Problemas*. Ediciones Urano.
- Palacios, L. (2009). *Ingeniería de Métodos: movimientos y tiempos*. ECOE Ediciones.
- Quijano Ponce de León, A. (2009). *Sistema de Producción*. El Cid Editor.
- Render, B., y Heizer, J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. Pearson Educación.
- Robin, S. (2005). *Chemical Process Design and Integration*. John Wiley y Sons, Ltd.
- Rojo, M. (S/F). Programación de una Job Shop. *Gestión y Dirección de Operaciones*. pp. 182-188. Fundación Universitaria Iberoamericana.

SICK. (15 de febrero de 2023). *What are the Differences  
Between Preventive and Predictive Maintenance?*  
SICK USA BLOG: [https://sickusablog.com/  
differences-predictive-preventive-maintenance/](https://sickusablog.com/differences-predictive-preventive-maintenance/)  
Vargas, M., y Aldan



