

LA ESTANDARIZACIÓN, UN BUEN CAMINO A LA AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: CARLOS ORTIZ



San Marcos

Introducción	3
La estandarización, un buen camino a la automatización	4
Estándar	5
Productividad	6
Productividad total	9
Productividad del Trabajo	9
Productividad técnica	11
SLP - Systematic Layout Planning	12
Tipos básicos de distribución en planta	12
Fases de implementación	13
Líneas de producción	16
Balanceo de línea	18
Automatización programable	23
Sistemas flexibles de manufactura	26

Retomando de manera textual la introducción del Profesor Emérito de Ingeniería Industrial de la Universidad del Estado de Pennsylvania Benjamín W. Niebel, en su libro Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos: **el único camino para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su productividad**. Lo que remite inmediatamente que una vez realizada la conceptualización básica de los procesos industriales, el conocimiento esencial de los elementos necesarios en la cadena de valor de los sistemas productivos, desde su entrada, sus diferentes transformaciones y salidas, hacia la obtención de productos tangibles o intangibles enfocados a las diferentes necesidades del cliente teniendo en cuenta a este, como el centro de la toma de decisiones en los diferentes diseños de productos y procesos; las Industrias se ven en la necesidad de realizar enfoques en el aumento de las cantidades producidas por unidad de tiempo, transformándose el tiempo en uno de los recursos más importantes y una de las herramientas y diferenciales de carta de presentación de la oferta de valor.

En las industrias hoy se maneja el concepto de **estrategia de producción y operaciones** como el diferencial en la oferta de valor con respecto a la competencia, a través del valor agregado al producto terminado, el cumplimiento en el nivel de servicio, y los servicios post venta haciendo de la calidad una característica natural y obligatoria del producto, lo que lleva a los sistemas a planear, diseñar, mejorar e implementar nuevas estructuras de procesamiento de productos, nuevas formas de programar los pedidos, innovar en el desarrollo de las actividades diarias de producción, los mantenimientos preventivos a tiempo, la disminución de costos de fabricación, las mejores prácticas en la disposición y utilización de los insumos, el mejor aprovechamiento de las materias primas, el cambio de paradigmas de los diferentes modelos de trabajo, el balanceo de las líneas de fabricación, y la implementación de nuevas metodologías de trabajo esbelto, de manejo de acuerdo con las restricciones del sistema y el entorno, respetando los impactos ambientales, y las regulaciones legales minimizando los riesgos y aumentando los ingresos de la compañía basado en un modelo focalizado al cliente. Por ende, en el presente Eje se enfocará al conocimiento de las diferentes líneas de fabricación, los diferentes modelos de automatización programable y la planeación, el diseño, el estudio y la elaboración de sistemas flexibles de manufactura aplicados en los sistemas de producción, pensando en la generación de pensamiento crítico, creatividad e innovación en la administración del conocimiento y el desarrollo sostenible de las mejoras en las organizaciones, siempre orientado en el servicio al cliente interno y externo.

La estandarización,
un buen camino a la
automatización



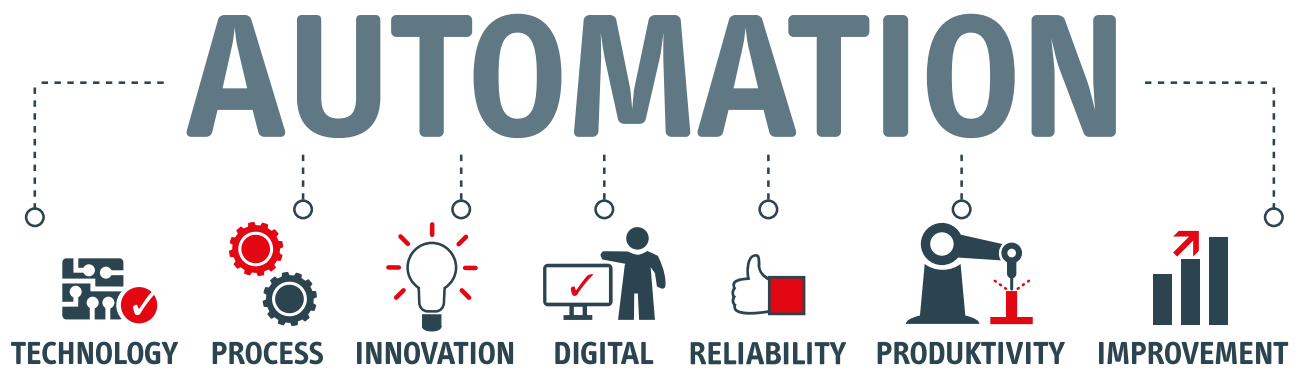


Figura 1. Automatización
Fuente: Adobe/192314597

Estándar

En el principio de la administración científica a fines del siglo XIX, las propuestas de Frederick W. Taylor optimizaron y dieron uniformidad a los procesos industriales, creando el concepto de especialización de las tareas, el trabajo en pequeñas celdas de manufactura, logrando que los colaboradores adquirieran mayor destreza y ganarán más tiempo realizando una función iterativa en su labor diaria, por lo cual se introdujo el término de estándar, de acuerdo con la Real Academia Española como el patrón, modelo, norma que en los sistemas productivos hace referencia a la forma como se realizan los procesos, los procedimientos y las actividades de transformación o servicio estableciendo los lineamientos del cómo se realiza un trabajo, el tiempo consumido, el uso de materiales e insumos, los consumos de materias primas, y en general toda la utilización de planta y equipos, tomando el estándar de proceso u operación como el valor numérico de evaluación propio del proceso y del producto y para la organización todas las variables sobre las cuales se generan todos los planes de venta, planes financieros y despliegue gerencial de la estrategia de producción y operaciones al cliente.

Es entonces el estándar en los sistemas productivos, el modelo mínimo de ejecución de una labor, y sobre el cual se deben realizar todos los estudios, análisis y mejoramientos para optimizarlo, darle un mejor uso y generar ahorros representativos en la organización con miras al impacto positivo en el cumplimiento al cliente.

Una de las mejores prácticas para establecer los estándares se basa en la documentación de los procesos, a través de la generación de memoria y registros claros de cómo se realizan las diferentes actividades, cuáles son las variables que lo afectan, y así como en la historia, el registro de las lecciones aprendidas en el pasado para en el presente saberlas resolver. Cuando se habla de productividad se hace alusión a cómo se puede mejorar el estándar y todas las variables que lo afectan dando como resultado un ahorro, una mejora, o el aumento de unidades producidas en unidad de tiempo.

Productividad



Figura 2. Productividad
Fuente: Adobe/86342881

Los primeros conceptos en la evolución de la administración de operaciones, se dan aproximadamente entre los años 1.776 y 1.880 con las investigaciones realizadas por el Economista escocés, Adam Smith (1.723 –1.790) y el Investigador Charles Babbage (1.791–1.871) hacia la especialización de la mano de obra, la productividad, la relación de productos basados en las necesidades de los clientes, y el inventor y fabricante estadounidense Eli Whitney Ruzg (1.765 –1.825) introduciendo el concepto de la estandarización de partes en la industria automotriz.

La productividad es relacionada con el aumento de cantidades producidas, realizadas, horas servidas entre otros con respecto al tiempo y puede establecerse como la relación entre la eficiencia y la eficacia; la Real Academia Española considera a la eficiencia como “la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.”, en otras palabras hace referencia al manejo de los recursos y como estos son empleados con respecto a los resultados obtenidos, es decir, la eficiencia es considera como la relación entre las acciones realizadas con respecto a los recursos empleados; así mismo, la Real Academia Española considera a la eficacia como “la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.”, es decir, como todos los resultados obtenidos con respecto a las acciones realizadas. De forma tal que se podría construir lo siguiente:

Ecuación 1

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

Ecuación 2

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Acciones Realizadas}}{\text{Recursos Empleados}}$$

Ecuación 3

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Resultados Obtenidos}}{\text{Acciones Realizadas}}$$

•••

Reemplazando la ecuación 2 y 3 en la 1 se obtiene:

$$\text{Productividad} = \frac{\cancel{\text{Acciones Realizadas}}}{\text{Recursos Empleados}} \times \frac{\text{Resultados Obtenidos}}{\cancel{\text{Acciones Realizadas}}}$$

Ecuación 4

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados Obtenidos}}{\text{Recursos Empleados}}$$

- **Resultados obtenidos.** Hace referencia a las salidas u outputs del proceso de transformación visto en el eje anterior, como son: cantidad de productos terminados, cantidad de productos semiterminados, cantidad de sub ensambles, número de órdenes servidas, cantidad de pacientes atendidos, toneladas de producto, unidades de producto, litros de producto entre otros.
- **Recursos empleados.** Hace referencia al tiempo empleado, gastos realizados, costos ocasionados, dinero usado o invertido, cantidad de materia prima usada, insumos utilizados entre otros.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), a nivel global, la productividad puede considerarse como una medida general de la forma como las organizaciones satisfacen sus objetivos y la medida en que se alcanzan. Su eficiencia es el grado en que se da la utilización de los recursos para crear un producto útil, su eficacia, expresada en el resultado logrado con respecto al resultado obtenible, y su comparabilidad como la forma de registro del desempeño de la productividad a lo largo del tiempo.

La productividad de las empresas impacta en las cifras de crecimiento económico de los países, estableciendo los aumentos directos de los niveles de vida, el gasto de bienes de capital y el desarrollo de diferentes productos de consumo reflejados en el Producto Interno Bruto (PIB), y los diferentes grados de empleabilidad. Por tal razón, **es importante hablar de los factores del mejoramiento de la productividad en dos vías: uno de factores internos (controlables) y otro de factores externos (no controlables)** (Prokopenko, 1989).

La productividad de las empresas a nivel mundial es la que alimenta los datos de manera económica de las cifras del Producto Interno Bruto (PIB) estableciendo los aumentos directos de los niveles de vida siempre y cuando la distribución de los beneficios sea contemplada en la contribución de las empresas. Por tal razón, es importante hablar de los factores del mejoramiento de la productividad en dos vías: uno de factores internos (controlables) y otro de factores externos (no controlables) (Prokopenko, 1989).

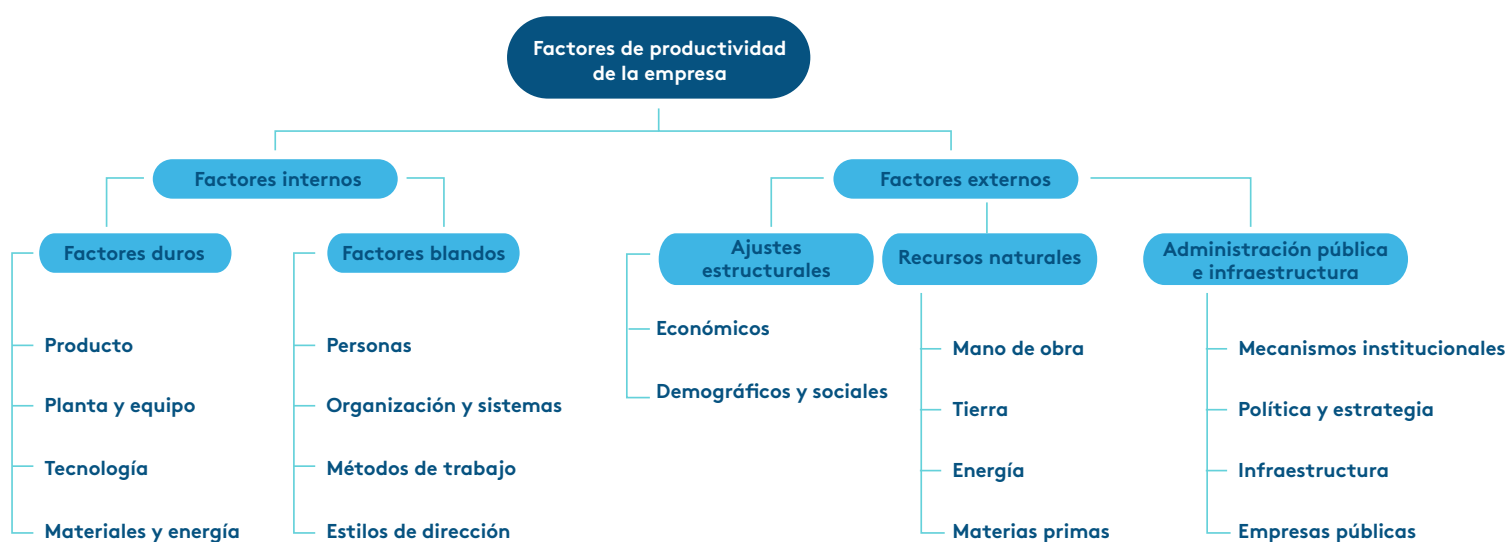


Figura 3. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa
Fuente: propia basada en Prokopenko (1989)

Normalmente las compañías tienen oportunidades de mejora en el control de sus factores internos de productividad y vuelcan todos sus esfuerzos e inversiones al mejoramiento de la productividad en dichos factores, y se sugiere medir con indicadores bajo la siguiente clasificación:

Productividad total

La cual indica el grado de utilización de todos los factores que intervienen en el proceso de producción y operaciones. Puede ser calculado y/o expresado de la siguiente manera:

Ecuación 5

$$\text{Productividad Total} = \frac{\text{Producción Total}}{\text{Recursos Empleados}}$$

$$\text{Productividad Total} = \frac{\text{Producción total a precio de productor}}{\text{Insumos totales a costo de producción}}$$

$$\text{Productividad Total} = \frac{\text{Producción Total}}{\text{gastos laborales+materias primas+gastos industriales+otros insumos}}$$

Productividad del Trabajo

Equivale a la generación de mayores cantidades de producción con el mismo nivel de consumo de recursos, o producir lo mismo, pero con menos recursos. Se sugiere por tal razón expresar de las siguientes formas.

Ecuación 6



$$\text{Productividad Laboral} = \frac{\text{Cantidad de unidades producidas}}{\text{Número de horas-hombre}}$$

$$\text{Productividad Laboral} = \frac{\text{Valor de la producción a precios constantes}}{\text{Número de horas-hombre}}$$

$$\text{Productividad Laboral} = \frac{\text{Producción a precios constantes}}{\text{Número de personal ocupado}}$$

Ecuación 7

$$\text{Productividad por costos laborales} = \frac{\text{Producción a precios constantes}}{\text{Gastos laborales a precios constantes}}$$

Ecuación 8

$$\text{Productividad Laboral por valor agregado} = \frac{\text{valor agregado a precios constantes}}{\text{horas hombre laboradas}}$$



Productividad técnica

Hace relación a los niveles de producción realizados y logrados con la maquinaria y equipos utilizados. Puede ser representada la relación de la siguiente manera:

Ecuación 9

$$\text{Utilización de la capacidad instalada} = \frac{\text{Horas utilizadas a las semana}}{\text{Horas programadas a la semana}}$$

La productividad técnica puede ser también medida por su eficiencia técnica, rendimiento real por hora, o la eficiencia total de planta, vista como la relación entre el total de unidades producidas con respecto a una unidad de tiempo estimado y/o real.



Instrucción

Les invitamos a ingresar a la página principal del eje para revisar las siguientes actividades:

Actividad de aprendizaje
Simulación



Lectura recomendada

La medición de la eficiencia y la productividad (Cap. 1 – pp. 19-38)

Antonio Álvarez Pinilla

https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/49047?as_all=Productividad&as_all_op=unaccent_icontains&prev=as

SLP - Systematic Layout Planning

Sin duda alguna uno de los factores que influyen en la productividad y hace parte de los factores internos y controlables por las organizaciones es todo lo referente a la ubicación de la planta, la distribución de cada una de las estaciones de trabajo conocida como *Systematic Layout Planning (SLP)* por sus siglas en inglés conocido como la planeación sistemática de la distribución en planta, que tiene como objetivo.

- La integración de todos los factores que afectan la distribución, para esto se puede realizar los ejercicios basados en los enfoques por proceso vistos en el eje anterior, y los elementos básicos de un proceso propuestos por Kaoru Ishikawa, donde clasifica los procesos en 8 elementos principales como son: mano de obra, maquinaria, materiales, método, mercado, medida, medio ambiente, moneda (dinero).
- Movimiento de material según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.
- Utilización "efectiva" de todo el espacio (factores de utilización y eficiencia).
- Mínimo esfuerzo y seguridad en los trabajadores.
- Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

Tipos básicos de distribución en planta

Los tipos básicos de distribución en planta son:

- **Distribución por posición fija**, hace referencia a que permanece el material en situación invariable y todas las herramientas, maquinaria, colaboradores y otras piezas de material concurren a la estación de trabajo, y el mismo se realiza con el componente principal estacionado en una posición.



Ejemplo

Montajes de calderas en edificios, barcos, torres de tendido eléctrico, y en general cualquier tipo de montaje a pie de obra.

- **Distribución por proceso**, en este tipo de distribución, todas las operaciones del mismo proceso se encuentran agrupadas, y las operaciones similares y el equipo correspondiente están juntos de acuerdo con el proceso que llevan a cabo.



Ejemplo

Taller de Metalmecánica, en el que se agrupan por secciones: tornos, fresadoras, taladradoras.

- **Producción en cadena**, también denominada en línea o por producto, donde un producto se realiza en un área, pero al contrario de la distribución fija, el material está en movimiento. Las operaciones están dispuestas inmediatamente a un lado de la siguiente y los equipos están ordenados de acuerdo con la secuencia de las operaciones.



Ejemplo

Ensamble de automóviles.

Fases de implementación

El SLP o *Planeación Sistemática de la Distribución* tiene una metodología basada en un conjunto de fases que permiten abordar de forma técnica y sistemática un proceso de distribución en planta, como es:

- **Análisis de productos y cantidades**, se debe tener conocimiento de cuáles van a ser las materias primas que se van a procesar, los productos y subproductos a fabricar, sus cantidades y volúmenes.
- **Definición del proceso productivo**, en esta fase se debe realizar la diagramación del proceso apoyado en alguna de las herramientas que se verán en los siguientes capítulos de este curso, donde se definen las actividades del proceso productivo y se ordenan de manera secuencial.
- **Tabla de relaciones**, en esta fase se establecen las razones de la cercanía entre áreas.

Código	Razón
1	Tipo de cliente
2	Facilidad de su supervisión
3	Personal común
4	Contacto necesario
5	Mismo precio
6	Psicología

Tabla 1. Tabla de relaciones
Fuente: propia

Luego se diseña la matriz diagonal en la que se especifican todas las actividades del proceso, incluyendo los servicios anexos (que no aparecen en los diagramas de proceso), como se vio en el enunciado anterior. En dicha matriz se especifican las relaciones de proximidad entre una actividad o área y el resto, utilizando las siguientes valoraciones de proximidad:

Valor	Cercanía	Código de línea	Razón
A	Absolutamente necesario	=====	16
E	Muy importante	===== ===== =====	8
I	Importante	===== =====	4
O	Cercanía ordinaria OK	=====	2
U	Poco importante		0
X	Indeseable	∩∩∩	80

Tabla 2. Matriz de calificación
Fuente: propia

- **Diagrama relacional de áreas funcionales.** En esta fase se visualizan las posiciones relativas de unas áreas frente a otras utilizando los datos de la tabla de relaciones y trazando los valores de proximidad.

De	Para				Área (pies ²)
	2	3	4	5	
1. Departamento de crédito	I	U	A	U	100
	6	--	4	--	
2. Departamento de juguetes		U	I	A	400
		--	1	1,6	
3. Departamento de vinos			U	X	300
			--	1	
4. Departamento de cámaras				X	100
				1	
5. Departamento de dulces 7					100

Carta Clasificación de la cercanía
Número Razón de la clasificación

Tabla 3. Matriz relacional de áreas funcionales
Fuente: propia

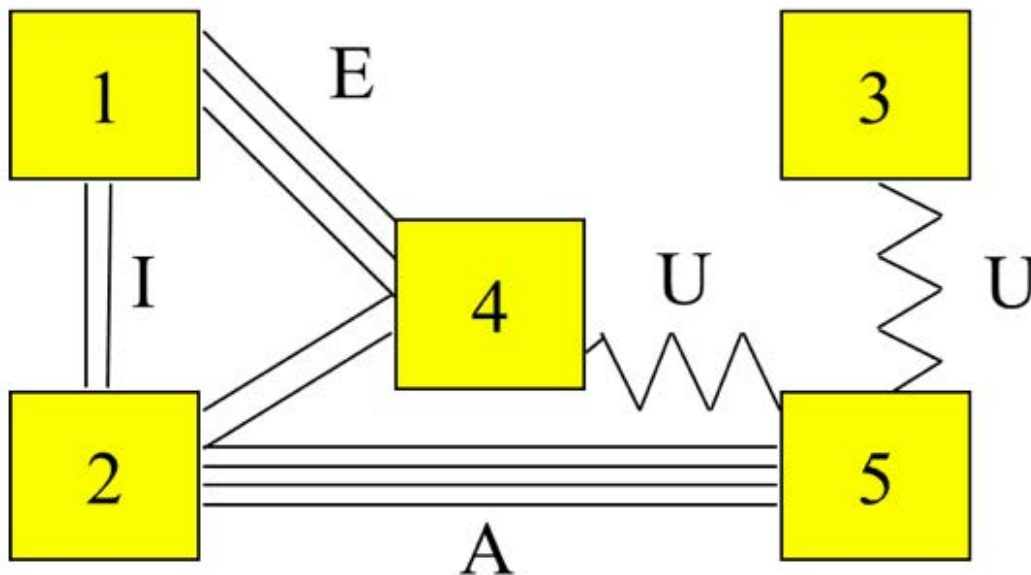


Figura 4. Diagrama de relación inicial de áreas
Fuente: propia

- **Cálculo de superficies y definición de necesidades de máquinas e instalaciones.** Para abordar el cálculo de superficies en esta fase es necesario tener conocimiento o realizar el inventario de planta, equipos, maquinaria e instalaciones que se van a instalar, mover o reubicar, definir el proceso, así como todos los servicios anexos, departamentos y oficinas.
- **Diagrama relacional de superficies y generación de diseños alternativos.** Se obtiene a partir del diagrama relacional de áreas funcionales y de la definición de superficies de la anterior fase, obteniendo una aproximación real al diseño definitivo. Luego, se sustituye en el diagrama de áreas los símbolos de cada área por superficie que se haya calculado con su forma correspondiente. Se sugiere redefinir de manera práctica las superficies utilizando módulos con el fin de obtener superficies proporcionales que encajen entre ellas más fácilmente.

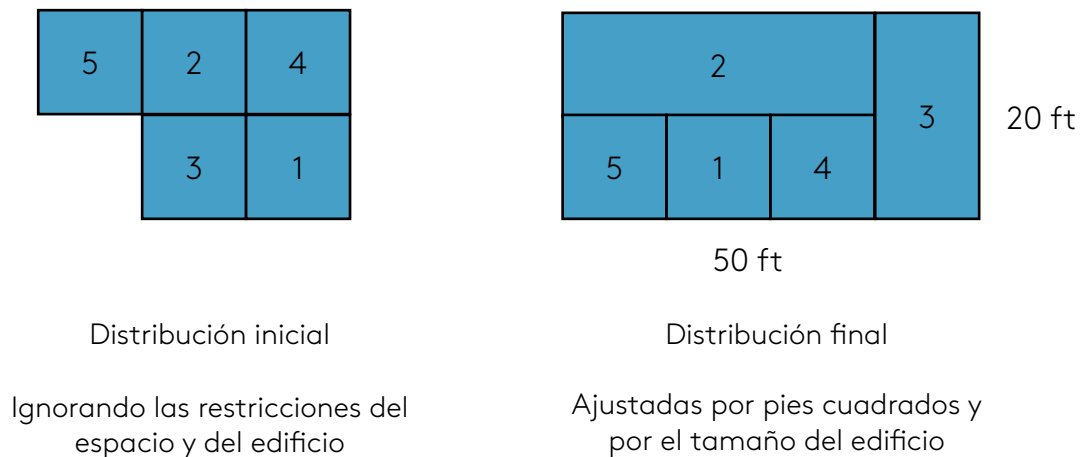


Figura 5. Diagrama de comparación inicial-final
Fuente: propia

Líneas de producción

Una vez entendida la metodología de planeación sistemática de distribución, es necesario hablar de las líneas de producción, vista en el capítulo anterior como línea de ensamble, que son un tipo de característica propia de la distribución de planta por producto. Entonces concluimos que una línea de producción es todo el conjunto de operaciones ubicadas de forma secuencial en las que se organiza un proceso para la fabricación de un producto o un servicio, como ejemplo de productos tangibles en una línea de producción automotriz, y como ejemplo de productos intangibles una línea de atención al usuario en una entidad promotora de salud.

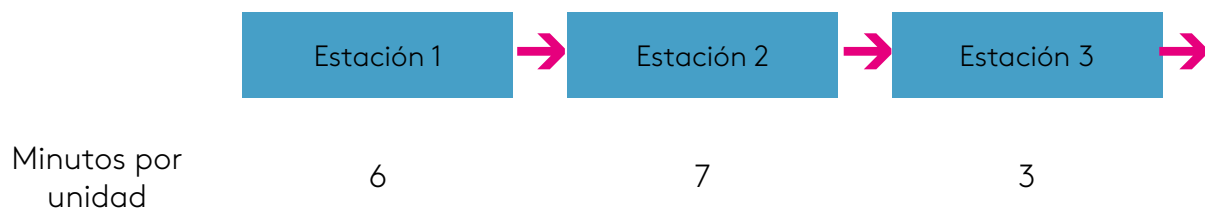


Figura 6. Ejemplo de estaciones de trabajo con tiempo
Fuente: propia

En algunos contextos literarios las líneas de producción se asocian con un tipo de producción llamado continuo, y para su implementación requiere un producto final, una rutina de fabricación de ensamblajes estandarizados, normalmente manejado para altos volúmenes de fabricación, poco inventario en proceso, bajo nivel de especialización de los colaboradores y flexibilidad limitada del proceso.

De otra manera, como se vio en el capítulo anterior, existen diferentes tipos de líneas de ensamblajes, de acuerdo con su comunicación entre procesos definidos y se adaptan dependiendo de las necesidades del proceso al producto. Pueden ser líneas de ensamblaje con despliegue lineal, con estaciones en U (U completa o en L depende del área construida) y con estaciones en paralelo.

Así mismo, se introduce el término de cargas de trabajo, representadas como todas las tareas, actividades, procedimientos, cantidad de productos, cantidad de horas máquina, cantidad de horas hombre para poder fabricar los productos terminados, los sub ensamblajes entre otros, y son asignados a cada colaborador de la línea (operario) de manera específica para ser cumplida en un tiempo determinado y de manera repetitiva.

En este tipo de procesos, todas las operaciones se organizan y ubican para formar una secuencia perfecta, en la que estas mismas operaciones se combinan con el transporte de tal manera que los materiales son procesados mientras se mueven. En pocas palabras, la producción en gran escala de artículos estándar es característica de este tipo de procesos, por tal razón hace que los costos de producción sean relativamente bajos, el cual en algunas organizaciones es una ventaja competitiva en los resultados finales de sus ejercicios financieros.

Las líneas de producción se caracterizan por tener componentes artesanales o procesos donde es importante la interacción de la mano de obra humana, o la interacción entre hombre y máquina a través de la manipulación humana de los equipos, lo que lleva a que las organizaciones lleven las líneas de manufactura a la automatización parcial o total, beneficiando no solo el aumento considerable de la producción, sino también los ingresos de la misma; en las líneas de producción las personas (Colaboradores) son el centro del proceso y es vital hablar de la seguridad del colaborador y su salud ocupacional términos que no son núcleos del presente curso, pero hacen parte de la responsabilidad del profesional que analiza y conoce los procesos, entender que existen normas dedicadas a la vigilancia y el cumplimiento de la Seguridad y la Salud en el trabajo y existe una norma vigente de la **ISO 45001** dedicada a su estudio a parte de los decretos implementados por el Ministerio del Trabajo en Colombia en los diferentes países del mundo que responsabilizan a las organizaciones de los colaboradores.



ISO 45001

Norma enfocada en la Seguridad y la Salud en el trabajo.



Instrucción

Les invitamos a ingresar a la página principal del eje para revisar el recurso de aprendizaje:

Nube de palabras

Luego que las cargas de trabajo y la seguridad y salud en el trabajo son asignadas, vigiladas y reguladas para los colaboradores, se deben realizar análisis de las cargas de trabajo y estimar las velocidades de las líneas evaluadas en su productividad, donde la misma es una de las mejores formas de aumentar los niveles de utilidad en dos vías, una a través de los balanceos de líneas o de cargas de trabajo, y dos a través de la automatización.

Balanceo de línea

Una de las metas de la administración de la producción para los profesionales dedicados al análisis o direccionamiento de las mismas es generar el flujo continuo de la producción, entendiéndose el flujo como el balance y el manejo de la estabilidad de los sistemas a través de la minimización de los riesgos que puedan alterar el ritmo en las líneas de producción, es decir, mantener la producción nivelada en la línea garantizando los niveles óptimos necesarios del negocio para generar ingresos y el nivel de carga de

trabajo adecuado para no generar cuellos de botella, paradas no programadas o pérdidas de tiempo en la ejecución del trabajo por parte de los colaboradores.

El balanceo de línea se realiza por lo general para minimizar el desequilibrio de las cargas de trabajo entre las máquinas y los colaboradores a la vez que se da cumplimiento al programa de producción requerido en la línea. Para realizar el balanceo de la línea es necesario primero tener conocimiento completo de los elementos necesarios del proceso y del producto, segundo, conocer las herramientas, los equipos y los métodos de trabajo necesarios para realizar el trabajo, tercero conocer y tener claros los tiempos estándar de cada operación, cuarto conocer toda la secuencia de operación del proceso o el producto con su relación de precedencia, es decir todos los pasos necesarios para lograr la tarea en el orden lógico y necesario del mismo. Quinto, se debe agrupar las tareas en estaciones de trabajo para lograr la tasa de producción requerida, bajo los siguientes tres pasos:

- Dividir las unidades requeridas (demanda o tasa de producción requerida) diaria entre el tiempo productivo disponible diario (en minutos o en segundos, cómo facilite al profesional la interpretación de la cifra obtenida) para obtener el **Tiempo de ciclo**, de ahora en adelante se manejará como el tiempo máximo permitido en cada estación de trabajo para lograr cumplir con la tasa de producción.

Ecuación 10

$$\text{Tiempo de Ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible diaria}}{\text{Unidades requeridas por día}}$$

- Hallar el número teórico mínimo de estaciones de trabajo que debería tener el sistema dividiendo el tiempo total que duran las tareas, es decir el tiempo que lleva realizar el producto, entre el tiempo de ciclo antes hallado.

Ecuación 11

$$\# \text{ M\u00ednimo de estaciones de trabajo} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{ tiempo para la tarea } i}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

n es el n\u00famero de tareas de la l\u00ednea de ensamble.

- Balancear la línea designando tareas de ensamble específicas a cada estación de trabajo.

A continuación, se realiza un ejemplo para dar claridad sobre la técnica de balanceo de línea en una compañía dedicada a la fabricación de ventiladores eléctricos, y la compañía desea mantener su línea en 100 ventiladores diarios, ya que los estudios del área de planeación en la compañía han planteado que es lo necesario para poder cumplir con la demanda hoy. La compañía trabaja 8 horas diaria, pero brinda a sus colaboradores 15 minutos de refrigerio en el intermedio de cada turno, 2 paradas de 15 minutos para pausas activas, y basado en el ambiente de las áreas contempla 15 minutos adicionales para las necesidades de los colaboradores, hidratación y puesta en marcha de cada puesto de trabajo distribuidos en todo el día. A continuación, se relaciona su esquema de actividades.

Tarea	Tiempo	Descripción	Predecesores
A	2	Ensamblar el marco	Ninguna
B	1	Montar el interruptor	A
C	3.25	Ensamblar la cubierta del motor	Ninguna
D	1.2	Montarla en el marco	A, C
E	0.5	Unir las aspas	D
F	1	Ensamblar y unir reja de seguridad	E
G	1	Unir el cable	B
H	1.4	Probar	F, G

Tabla 4. Esquema de actividades fábrica de ventiladores
Fuente: propia

Solución

- Elaboración del diagrama de precedencia

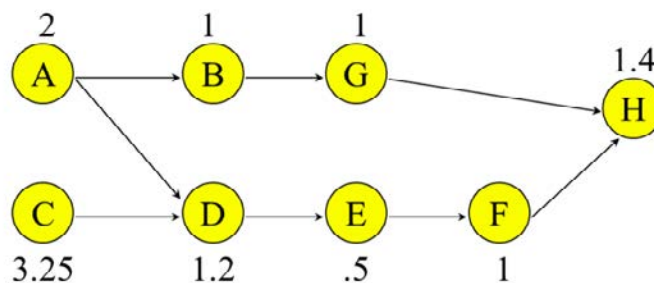


Figura 7. Diagrama de precedencia
Fuente: propia

- Tiempo de Ciclo, aplicar ecuación 10

$$\text{Tiempo de Ciclo} = \frac{420 \text{ minutos/día}}{100 \text{ unidades/día}}$$

$$\text{Tiempo de Ciclo} = 4,2 \text{ minutos/unidad}$$

- Cantidad mínima de estaciones de trabajo, aplicar Ecuación 11.

$$\# \text{ M\u00ednimo de estaciones de trabajo} = \frac{11,35 \text{ minutos/unidad}}{4,2 \text{ minutos/unidad}}$$

$$\# \text{ M\u00ednimo de estaciones de trabajo} = 2.7023.. \text{Aprox.} 3$$

- Balanceo de l\u00ednea y asignaci\u00f3n de estaciones de trabajo.

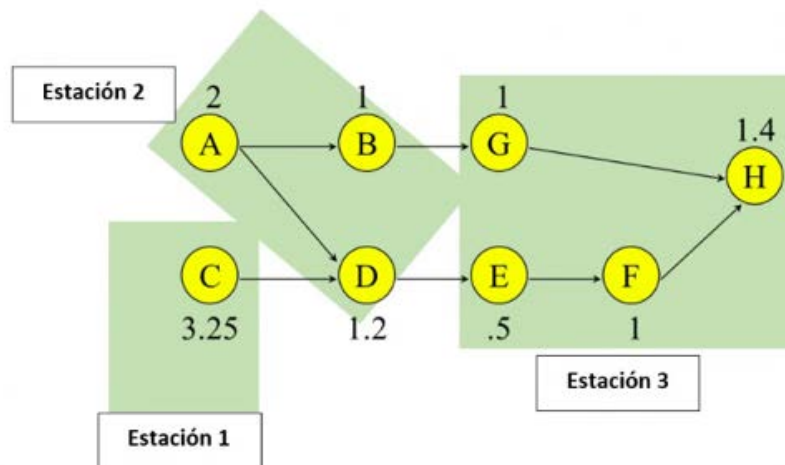


Figura 8. Balanceo de l\u00ednea
Fuente: propia

La conclusión del ejercicio es que la estación de trabajo No. 1 tendrá un tiempo ocioso de un poco menos de 1 minuto con respecto a su tiempo de ciclo, al igual que la estación No. 3, dando una línea de ensamble bien balanceada. Luego de esto se verifica si la planta basada en su cuello de botella puede cumplir con el requerimiento de la tasa de producción, analizando la operación que consume más tiempo relacionándolo a su tiempo disponible y su eficiencia total del sistema, como se relaciona a continuación.

Ecuación 12

$$\text{Producción Máxima del Sistema} = \frac{\text{Tiempo disponible de producción diario}}{\text{Tiempo del cuello de botella}}$$

$$\text{Producción Máxima del Sistema} = \frac{420 \text{ minutos}}{3,25 \text{ minutos/unidad}}$$

$$\text{Producción Máxima del Sistema} = 129,2... \text{aprox}...129 \text{ Unidades}$$

- El sistema cuenta con la capacidad suficiente para cumplir la demanda de 100 unidades/día.

Ecuación 13

$$\text{Eficiencia Total del Sistema} = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (i)}}{\text{Número real de estaciones de trabajo} \times \text{Tiempo de Ciclo}}$$

$$\text{Eficiencia Total del Sistema} = \frac{11,35 \text{ minutos/unidad}}{3 \times 4,2 \text{ minutos/unidad}}$$

$$\text{Eficiencia Total del Sistema} = 0.901... \text{aprox.} 90\% \text{ es eficiente.}$$

Automatización programable

La tecnología a través del tiempo ha generado una ventaja competitiva potente que impacta la estrategia de las compañías, al punto de lograr ser **diferenciador** con respecto a la competencia, al punto de referenciar que “la comparativa es lo mismo que las otras empresas tienen, pero nosotros lo hacemos mejor”. La gestión de la tecnología se ha basado en la aplicación eficiente de la misma, de acuerdo con las necesidades existentes es necesario tener claro que la tecnología en general debe considerarse como una inversión que debe producir rendimientos como cualquier otra inversión, y que tiene caducidad por lo que se sugiere sea amortizada en ciertos plazos cortos que puedan ser recuperados en el tiempo de manera más eficaz.

Luego de establecer las medidas de productividad, eficiencia, los planes de distribución sistemática y el balanceo de línea, se sugiere hablar de los mecanismos de control basados en la tecnología y sus ventajas competitivas a través del tiempo. Es entonces donde el concepto de automatización eleva su peso, de manera implícita que lleva a la minimización total o parcial de la intervención humana en la ejecución de las diferentes tareas, buscando maximizar la eficiencia de las operaciones, reduciendo los costos energéticos y los desperdicios, dando una **máxima utilización del sistema**, reduciendo los tiempos muertos o tiempos ociosos de baja productividad, manteniendo los parámetros operativos óptimos y seguros produciendo información de control y gestión. Para tal fin existen diferentes tipos de automatización que dependen del ciclo de vida del producto, la naturaleza del proceso y sus diferentes niveles de **producción**.



Los cuellos de Botella

Son restricciones que limitan la salida de un producto semiterminado o terminado de un proceso, estación de trabajo o línea de producción frenando la velocidad y/o secuenciación del mismo.



Tiempo estándar

Es una unidad de medida o patrón de medida con el cual se mide cada una de las estaciones de trabajo de una línea de producción contemplada como el tiempo que debe durar la ejecución de una tarea promedio.

Diagrama de Precedencia

Es una técnica usada en los grafos para la construcción de un modelo de programación en el cual las actividades se representan por nodos y se vinculan gráficamente mediante relaciones lógicas para indicar la secuencia en que deben ser ejecutadas las tareas.

La automatización fija es utilizada cuando los volúmenes de producción son muy altos lo que causa que las inversiones sean altas y justificadas en la especialidad del diseño, el volumen de producción, el rendimiento y la infraestructura; este tipo de automatización tiene desventajas en su ciclo de vida de producto ya que está sujeto a la vigencia del mismo en el mercado, y las actualizaciones generadas en el tiempo y por lo específico de la actividad pueden llegar a sufrir de obsolescencia rápida ya que solo tiene un posible uso, siempre es necesario justificar su inversión en los altos volúmenes de producción.



Figura 9. Automatización
Fuente: Adobe/334004717

La automatización programable se usa en sistemas de producción y operaciones donde los volúmenes de fabricación son relativamente bajos y la diversificación de SKU's es amplia, por ende el software es diseñado para adaptarse a las diferentes variaciones de configuración y componentes de los productos, la inversión sigue siendo alta en cuanto al control de equipos, es de fácil adaptación a las actualizaciones lo que hace que su obsolescencia sea menor que un sistema de automatización fijo, sin embargo su uso es en sistemas de producción baja y por batches o lotes de productos puntuales.

La automatización flexible es focalizada en sistemas de producción media y variación de SKU's media – alta. En este tipo de sistemas flexibles se contemplan características de los modelos de automatización fija y programable, interconectando las estaciones o celdas de manufactura por sistemas independientes de almacenamiento y manipulación de materiales controlados en su gran totalidad por acción de un equipo de cómputo. La flexibilidad hace que haya un equipo robusto de ingeniería detrás de los desarrollos y soporte de equipo y planta, lo que encarece la inversión y se adapta fácil a los diferentes cambios de producto o cambios de especificación de componentes del mismo, y lo que genera una ventaja de capacidad ya que no detiene los procesos productivos debido a ningún cambio o actualización.

Código SKU

Stock Keeping Unit, es un identificador alfa numérico usado para identificar de manera individual los productos de un portafolio de productos o catálogo.

Finalmente, las ciencias de la información son las conductoras de la tecnología, tanto en la producción como en los servicios. Entre las herramientas que proporciona están:

- Diseño Asistido por Ordenador * (CAD)
- Fabricación Asistida por Ordenador * (CAM – procesos químicos, manufacturas) (Software CAE).
- Sistemas automatizados de almacenaje y extracción * (ASRS almacén automatizado)
- Vehículos Autoguiados * (AGV Vehículos guiados automáticamente)
- Sistemas Flexibles de Fabricación * FMS (integración, almacenamiento, manufactura y transporte) Robots industriales KUKA, ABB y MIT
- Fabricación Integrada por Ordenador * (CIM Computer Integrated Manufacturing FMS + ERP).

Estas herramientas permiten reemplazar operaciones manuales por operaciones automáticas y afectan a todo el espectro de la fabricación y sus implicaciones en la mejora de ingresos y rentabilidad para las compañías.



Instrucción

Para ampliar la información se invita al estudiante a ingresar a la página principal del eje para revisar las siguientes actividades:



Lectura recomendada

Autómatas Programables, (pp. 9-27)

Albert Mayol i Badía

https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/45838?as_all=Automatizaci%C3%B3n_programable&as_all_op=unacent_icontains&prev=as

Actividad de aprendizaje

Control de Lectura

Sistemas flexibles de manufactura

La industria a nivel general a través del tiempo ha desarrollado diferentes cambios estructurales, estratégicos y de alto impacto, aproximadamente en los últimos 20 años, del año 2000 a la fecha con la revolución tecnológica y todo el boom mundial del internet y las redes de comercialización, e-commerce, entre otros; todos los modelos de compra de los consumidores sufrieron un cambio representativo en los gastos y así mismo la posibilidad de adquirirlos.

En el siglo pasado los almacenes de grandes superficies ofrecían un sin número de productos al mercado en grandes lotes de inventario y en una serie de precios de venta competitivos y algunos con alto valor, pero a través de los canales de venta tradicional, basado en los modelos iniciales de la administración de operaciones que las organizaciones empujaban el producto al mercado y los consumidores compraban lo que había, pensando en el beneficio de sus diferentes usos. Llegar a pensar en comprar un producto en el exterior e importarlo al país daba la noción de un producto extremadamente costoso debido al transporte, la nacionalización y todos los **taxes** o impuestos de ingreso al país, por tal razón solo traer los grandes volúmenes de producto en un contenedor hacían una oportunidad clara de poder obtener algo diferenciador del exterior. Es entonces donde la tecnología de la información brinda la oportunidad de comunicar de manera más sencilla y rápida la innovación de productos en el exterior, y aumenta la oportunidad de generar compras basadas en los gustos directos de los consumidores, modificando el comportamiento de compra y volcando las tendencias a flexibilizar los sistemas productivos y de operaciones al cliente para realmente lograr cumplir sus expectativas en el desarrollo de nuevos productos con alto valor percibido.

Todas las industrias en todos los sectores basadas en modelos de productividad entendiéndolo como la producción en masa, lotes de producto, altos inventarios de producto terminado y producto en proceso, a pesar de las diferentes automatizaciones realizadas se han visto obligados a establecer estrategias de cambios de paradigmas en los modelos de manufactura y empezar a enfocarse en lo que realmente el cliente demanda, no solo en especificaciones de producto, sino en la cantidad de productos necesarios, la prospectiva del consumo y el entendimiento de las necesidades reales de los clientes, y su servicio post venta como gancho de recompra en el futuro.

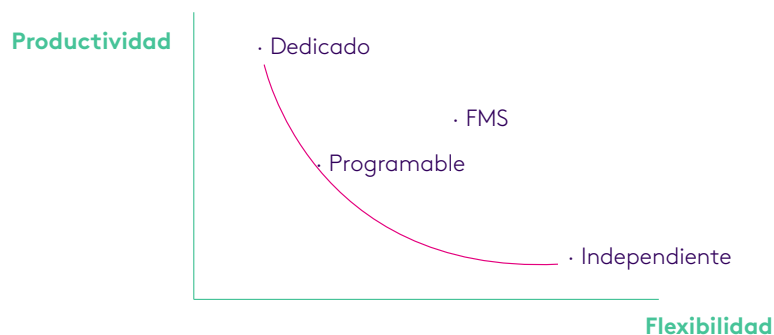


Figura 10. Relación entre productividad y flexibilidad
Fuente: propia

Las nuevas políticas de producción establecen una gran relación entre la productividad y la flexibilidad. Como se mencionó anteriormente, existen diferentes tipos de sistemas productivos, independientes, programables, dedicados y celdas de manufactura (FMS) y es entonces donde la flexibilización de los sistemas y la automatización programable generan estrategias corporativas en los diferentes modelos de trabajo en las organizaciones. A continuación, se relacionan algunas diferencias entre la fábrica tradicional y la fábrica moderna.

Fábrica tradicional	Fábrica moderna
<ul style="list-style-type: none"> • Variedad limitada de productos • Diseño de larga vida de productos • Planta grandes y centralizadas • Flujos regulares • Inventario de reserva 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran variedad de productos • Rápido cambio de diseño de los productos • Planta pequeña y descentralizada • Flujos irregulares • Cero inventario

Figura 11. Diferencias entre fábrica tradicional y moderna
Fuente: propia

Luego de observar las diferencias entre las dos fábricas, se habla de la manufactura de categoría mundial, donde las empresas a nivel general hoy deben ubicar sus compañías a la altura de la competitividad mundial. Basado en el enfoque al cliente y la flexibilización de las operaciones, se puede hablar de la evolución de las diferentes prácticas industriales, desde diferentes puntos de vista, primero el enfoque en el costo, luego un enfoque de calidad y finalmente un enfoque en la personalización masiva como se relaciona a continuación.

Enfoque en el costo

Primeros conceptos 1776 – 1880	Era de la administración científica 1880 - 1910
<ul style="list-style-type: none"> • Especialización de la mano de obra (Smith – Babbage) • Estandarización de partes (Whitney) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de Gantt (Gantt) • Estudios de tiempos y movimientos (Gilberth) • Análisis de procesos (Taylor) • Teoría de colas (Erlang)

Era de la producción masiva 1910 – 1980

- Línea de ensamble en movimiento (Ford/Sorensen)
- Muestreo Estadístico (Shewhart)
- Economic Order Quantity (Harris)
- Programación Lineal (Dantzig)
- PERT/CPM (DuPont)
- Material Requirements Planning

Enfoque en la calidad

Era de la producción ajustada 1980 - 1995

- Justo a Tiempo
- Computer Aided Design (CAD)
- Electronic Data Interchange (EDI)
- Total Quality Management (TQM)
- Empoderamiento
- Concepto de "kanbans"

Enfoque en la personalización masiva

Era de la personalización masiva 1995 - Hoy

- Globalización
- Internet
- Enterprise Resource Planning
- Organizaciones que aprenden
- Administración de la Cadena de Abastecimiento (SCM)
- Manufactura Ágil (Lean Manufacturing)

Figura 12. Evolución de las prácticas industriales
Fuente: propia



Instrucción

Les invitamos a ingresar a la página principal del eje para revisar el recurso de aprendizaje:

Línea de tiempo

Para competir a nivel mundial las empresas requieren implementar sistemas que permitan la mejora continua en sus procesos, satisfaciendo y creando valor agregado para el cliente. Una empresa de categoría mundial debe brindarles a sus clientes calidad en sus procesos, en los productos, en el servicio post venta, precios competitivos, cantidades completas, tiempo de entrega y confiabilidad. Las estrategias básicas de una organización de categoría mundial son:

- **Total Quality Management (TQM)**. Es una metodología focalizada en los cero defectos, donde se busca la calidad no específica del producto sino de todo el conjunto de actividades secuenciales e interrelacionadas para el cumplimiento del cliente con un enfoque eficiente, basado en el benchmarking como proceso continuo de comparación con productos estrellas de la competencia en pro de realizar mejoras e implementarlas. El TQM se caracteriza por el fuerte desarrollo de las competencias internas de los equipos de trabajo como ventaja competitiva hacia lo que espera el cliente basado en el análisis estadístico de los datos, el control estadístico de los procesos y la lectura de las tendencias de consumo de los diferentes clientes en el mercado y en una situación de tiempo determinado.

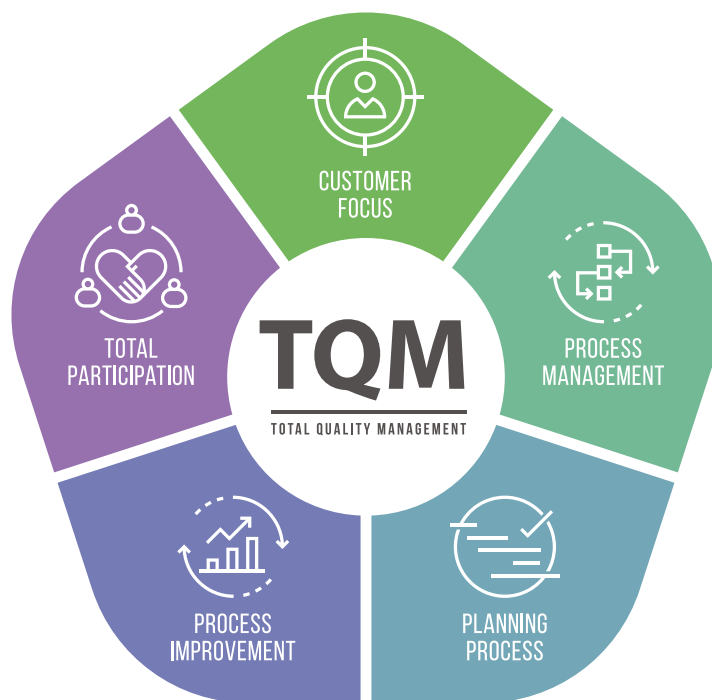


Figura 13. TQM

Fuente: Adobe/252210387

- **Just In Time (JIT – Justo a Tiempo)**. Es una filosofía japonesa creada por Taiichi Ohno, presidente de Toyota en el año 1.980, reconocido por su desarrollo en el cambio de paradigma de Ford, en cuanto a los sistemas productivos e introdujo los sistemas de jalar en la producción asignando la demanda al cliente donde se debe controlar la venta y dependiendo de la venta se programa la producción y la cadena cambia de sentido. Una vez el cliente jala el producto “pull System” vendido se genera la señal o piedra angular de la metodología llamada Kanban (tarjeta de información y descripción de unidades de producto para el siguiente proceso) para así programar desde la fecha de entrega. El JIT se caracteriza por la eliminación de mudas o desperdicios en la ejecución de las tareas en los procesos productivos, focalizándose en el manejo de cero inventarios, la mejora continua de la calidad y la productividad, un fuerte empuje en el control visual de las operaciones y el desarrollo de la metodología de mejoramiento continuo del SMED o cambios rápidos de proceso en la adecuación entre operaciones para la puesta a punto de inicio entre un producto y otro.



Figura 14. JIT
Fuente: Adobe/114367547

- **Total Productive Maintenance (TPM)**. Mantenimiento Productivo Total. Basado en el buen uso de los equipos de producción y la combinación de la administración total de la calidad con la perspectiva estratégica del mantenimiento desde el diseño del proceso, la naturaleza del producto y el equipo hasta el mantenimiento preventivo desarrollando en los colaboradores de la organización la capacitación exhaustiva en la operación de las máquinas y la puesta a punto de la misma a través de la realización de los mantenimientos preventivos a tiempo optimizando el funcionamiento de las máquinas, controlando el desgaste de sus partes. El TPM no solo se enfocó a las máquinas, la maximización del uso de los equipos y cero fallos, sino a nivel general de la organización en la minimización de la variabilidad de los procesos previniendo y aumentando el nivel de confiabilidad y el concepto de calidad inmerso en toda la empresa.



Figura 15. TPM
Fuente: Adobe/191917298

- **CIP (Continuous Improvement Process)**. Procesos de mejoramiento continuo es una metodología que introduce el concepto Kaizen de su traducción en japonés (mejoramiento continuo), a través de la implementación de reuniones de análisis de información para colocar cada vez metas más altas para la mejora de la operación y así lograr cumplir al cliente interno y externo, generando ahorros en el sistema productivo.



Figura 16. KAIZEN
Fuente: Adobe/355161244

Los procesos de mejora continua están fuertemente encaminados a la identificación de las causas a raíz de un problema de forma técnica y que genere alto impacto en los sistemas productivos y organizacionales por lo cual habla de la consecución de equipos multidisciplinarios en las empresas enfocados a la identificación de las barreras y problemas que afectan la variabilidad de los procesos y las mejoras pertinentes para la solución de los mismos con altos impactos en los resultados del mismo.

Paradoja de la mejora continua

No tengo tiempo porque no mejoro.
No mejoro porque no tengo tiempo



Figura 17. Diferencias entre fábrica tradicional y moderna
Fuente: propia

- **Enterprise Resource Planning (ERP)**. Planeación de recursos empresariales es una metodología de comunicación e interacción entre las diferentes áreas de las compañías para modelar y automatizar muchos de los procesos básicos con el fin de integrar la información de la empresa y disminuir las costosas y complejas relaciones entre los subsistemas, implementada en un software de imagen de los principales procesos de negocios de la empresa desde el proveedor hasta el cliente.

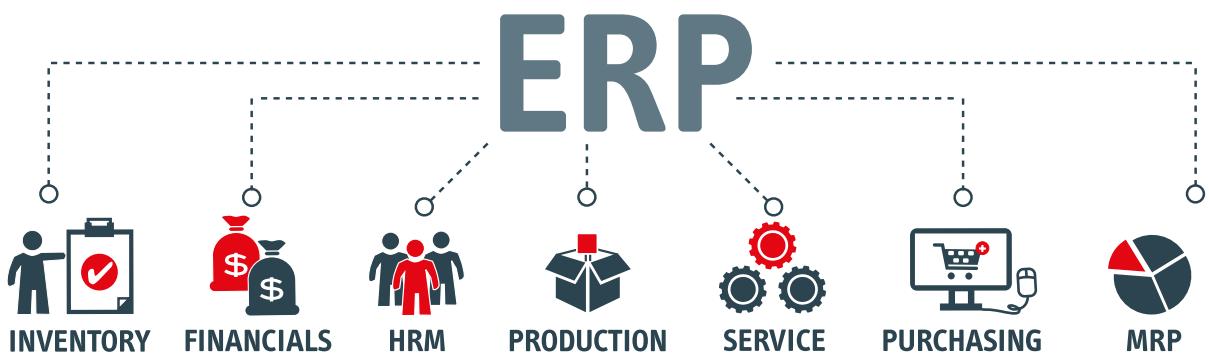


Figura 18. KAIZEN
Fuente: Adobe/168037014

- **Flexible Manufacturing Systems (FMS)**. Los sistemas de manufactura flexible como vimos en partes del texto anterior están encaminados a la integración de los procesos de manufactura o ensamble, flujo de materiales, control y comunicación por computador, que permite desarrollar un sistema de fabricación que responde de manera rápida y económica a los cambios en su ambiente operativo, como la relación entre la mezcla de producto y el volumen de producción. Los requerimientos de la FMS están en función de la automatización programable, el manejo de materiales automatizados, el control por computador y los sistemas de comunicación eficaces.

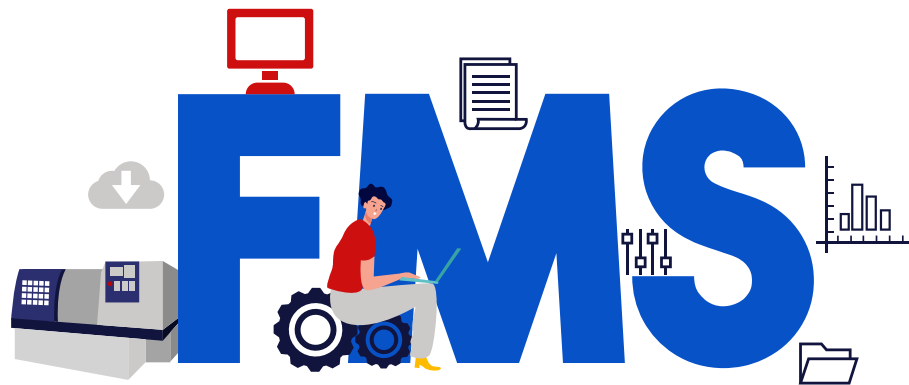


Figura 19. FMS
Fuente: Adobe/285378445



Lectura recomendada

Para ampliar este apartado se invita al estudiante desde la página principal del eje a realizar la lectura complementaria:

La nueva era de la manufactura, (pp. 1-27)

Kaj Grichnik, Conrad Winkler, Jeffrey Rothfedere

https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/73918?as_all=Sistemas_Flexibles_de_manufactura&as_all_op=unaccent_icon-tains&prev=as

- **Lean Manufacturing.** Conocido también como manufactura ajustada, es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar a los clientes el máximo valor agregado usando para tal fin, los mínimos recursos necesarios, es decir, ajustados. El Lean Manufacturing es una metodología de trabajo simple, interdisciplinar y efectivo que tiene origen en Japón, y está enfocada en el incremento de la eficiencia de todos los procesos de las organizaciones a partir de la implementación de la filosofía de gestión kaizen de mejora continua en tiempo, espacios, desperdicios, inventario y defectos involucrando a cada uno de los colaboradores desarrollando en el mismo un sentido de empoderamiento al participar en el proceso de innovar y proponer ideas de cómo hacer las cosas cada vez mejor.



Figura 20. Lean Manufacturing
Fuente: Adobe/134387168

El sistema metodológico Lean Manufacturing se enfoca en el control global de flujo del sistema productivo, proponiendo la reducción de los 7 grandes desperdicios y la propuesta de uno adicional como oportunidad de mejora, como son:

- **Sobreproducción.** Producir más de lo que es requerido, es uno de los desperdicios más dañinos de todos, conocido como la madre de los desperdicios, debido a que cuando se hace más de lo que se necesita se consumen más recursos, tiempos, costos, entre otros para transformarse en inventario a la espera de que el cliente quiera o no consumirlos; una de las causas de este desperdicio está relacionada con la producción basada en previsiones y una producción por tamaños de lote.

- Esperas o demoras. Son periodos de inactividad generados por que la actividad precedente no termina completamente, entre algunas de sus causas está la falta de componentes para empezar la actividad, inicio de la producción esperando aprobaciones de calidad o alguien, líneas o procesos no balanceados, alistamiento y puesta a punto poco eficientes y rápidos.
- Transporte. Hace referencia a todos los traslados de producto, recursos, servicios y material de un lado a otro sin agregar valor o ser transformado. El transporte no es una transformación a menos que se hable de una compañía de logística. Algunas de las causas de este desperdicio están asociada a la complejidad de los layouts, las distancias entre las estaciones de trabajo, las rutas o ciclos no organizados, y los cargues y descargues repetitivos.
- Excesos de procesamiento Es hacer más de lo que es necesario para satisfacer a los clientes, y cualquier paso del proceso no necesario desde el punto de vista del cliente, como las dobles inspecciones en proceso, reportes duplicados, la medida de la medida entre otros., este desperdicio puede ser causado por deficiencia en diseños de proceso y producto, herramientas deficientes, equipos con doble capacidad del nivel requerido, exceso de producción o defectos.
- Inventario. Todo stock que no es requerido para los pedidos de los clientes, bienes o documentos que son retenidos por alguna razón dentro o fuera del proceso, incluye Materias Primas, producto en proceso y producto terminado, normalmente el inventario consume recursos adicionales en espacio, flujo de caja y en algunos tipos de productos obsolescencia o vencimiento. Este desperdicio puede ser causado por desconocimiento de la demanda real del cliente, diferencias entre lo solicitado por el cliente y lo suministrado por el proceso, tamaños de lote muy altos, decisiones de no parar la producción en algún punto y el desarrollo de parámetros del proceso que no están en control.
- Movimiento innecesario. Hace referencia a los pasos adicionales realizados por los colaboradores en sus puestos de trabajo debido a mal estudio de ergonomía y layouts ineficientes, y todo movimiento de las herramientas, colaboradores en general que no agregan valor al producto y al proceso, pueden ser ocasionados por malas prácticas de aseo en forma de trabajo, mala técnica de estudio de movimientos, entre otros.
- No calidad – defectos. Cualquier cosa no realizada de manera correcta desde la primera vez y que debe ser reparada o corregida, ordenada, re-elaborada, en adición con los materiales que deben ser segregados debido al defecto, todos los reprocesos pueden llegar a ser defectos. Algunos son causados por la falta de instrucciones claras de manipulación, problemas de diseño de producto o proceso, ausencia de ayuda visual y reacciones tardías.

Por último se puede incluir un desperdicio adicional conocido como la subutilización del potencial humano, donde se relaciona que todo el colaborador que tiene que esperar el proceso anterior para poder realizar su actividad, el desconocimiento de las capacidades técnicas de los colaboradores, y la falta de desarrollo de competencias y destrezas en los mismos con miras a las mejoras continuas, una de sus causas está fuertemente enfocada en los errores de captación y desarrollo de personal, y la falta de la matriz de desarrollo de polivalencia de los colaboradores.

El Lean Manufacturing se enfoca en la eliminación del despilfarro, la mejora de la calidad, la reducción del tiempo de procesamiento, y la generación de ahorros en la administración del costo. El uso de las herramientas Lean involucran procesos continuos de análisis llamados kaizen, producción Pull o de halar, y elementos de procesos a prueba de fallos, todo basado en la agregación de valor desde la perspectiva del cliente, la flexibilidad en la administración del tiempo y el cumplimiento del mismo como parte de la oferta de valor trabajando con grandes mezclas en la diversificación de producto sin sacrificar la eficiencia del sistema, basado en la construcción y el mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.

Finalmente, Lean es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas, en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y siempre abierto al cambio basado en el valor agregado desde la perspectiva del cliente o todo por lo que Él realmente paga.



Instrucción

Les invitamos a ingresar a la página principal del eje para revisar el recurso de aprendizaje:

Organizador gráfico

Para cerrar, el profesional en el presente eje 2 ha recorrido y entendido los dos factores vitales de la estrategia de producción y operaciones, como son la eficiencia y la productividad como parte esencial del desarrollo y el control del costo en las organizaciones, así mismo se identificaron algunas características de las líneas de producción y una breve mirada por el balanceo básico de la línea dejando la salvedad de que en temas más avanzados el balanceo se debe analizar con modelos de optimización industrial, también se cerraron brechas con el modelo de Distribución Sistemática de planta o SLP por sus siglas en inglés, para la selección de la mejor distribución de planta minimizando y mejorando las distancias entre las áreas involucradas en un proceso. Luego, el Profesional analizó la importancia de la automatización de los procesos como beneficio en la oferta de valor al cliente, y la oportunidad de mejora que impactan en la respuesta al cliente y la

mejora de los costos, para finalizar comprendiendo la evolución de los sistemas flexibles de manufactura, los cuales hoy son el centro de la estrategia de cara a la oferta de valor al cliente.

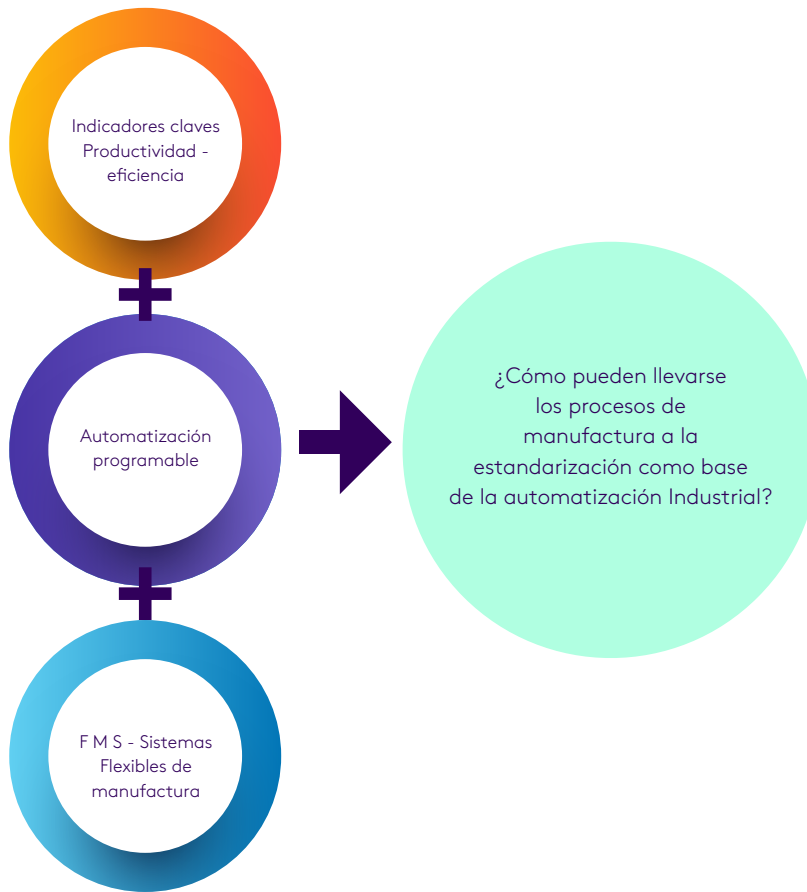


Figura 21. ¿Cómo pueden llevarse los procesos de manufactura a la estandarización como base de la automatización industrial?
Fuente: propia

Alvarez Pinilla , A. (2013). *La medición de la eficiencia y la productividad*. España: Pirámide. Obtenido de https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/49047?as_all=Productividad&as_all_op=unaccent__icontains&prev=as

Grichnik, K., Winkler, C., & Rothfederer, J. (2009). *La nueva era de la manufactura*. Bogotá: McGrawHill. Obtenido de https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/73918?as_all=Sistemas__Flexibles__de__manufactura&as_all_op=unaccent__icontains&prev=as

ISO. (2018). *ISO 45001:2018 (es). Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>

Leidinger, O. (1997). *Procesos Industriales*. Perú: Fondo Editorial.

Mayol i Badía, A. (1988). *Autómatas Programables*. Barcelona: Marcombo. Obtenido de https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/45838?as_all=Automatizaci%C3%B3n__programable&as_all_op=unaccent__icontains&prev=as



www.usanmarcos.ac.cr

San José, Costa Rica