

Administración de Operaciones

Guía de Trabajo

Visión

Ser la mejor organización de educación superior posible para unir personas e ideas que buscan hacer realidad sueños y aspiraciones de prosperidad en un entorno incierto

Misión

Somos una organización de educación superior que conecta personas e ideas para impulsar la innovación y el bienestar integral a través de una cultura de pensamiento y acción emprendedora.

Universidad Continental

Material publicado con fines de estudio

Código: ASUC01127



Presentación

Actualmente podemos observar y encontrarnos con directivos con visiones parciales, con preferencias a las finanzas, marketing y recursos humanos, pero pocos se interesan por la producción y las operaciones, el origen de este pensamiento estrecho posiblemente radica en nuestro mercado laboral y reduccionista.

Producción es el eslabón perdido de la estrategia empresarial, lo ha sido, lo es, y probablemente lo seguirá siendo, y esta es la miopía más maligna en la gestión empresarial, al no darse cuenta la gerencia de la relevancia del área donde se producen los bienes y los servicios, que son la cara e imagen de la organización en los mercados.

Para poder aclarar la importancia y la utilidad de las operaciones, esta guía de trabajo nos lleva a la práctica las teorías que nos ofrece la numerosa bibliografía, aquí mostramos lo simple y digerible que son las operaciones.

Creemos que la guía de trabajo será útil en el proceso de enseñanza aprendizaje, agradecemos a nuestros colegas de temas relacionados a las operaciones por su ayuda, directa e indirecta, y su orientación mientras escribíamos la guía.

Los autores



Índice

VISIÓN	2	
MISIÓN		2
PRESENTACIÓN		3
ÍNDICE		4
Primera unidad		
Estrategia de la Administración de Operaciones		5
1.1 Sistema de operaciones		5
1.2 Productividad		22
1.3 Pronósticos y capacidad de planta		29
1.4 Diseño de bienes y servicios		48
Segunda unidad		
Calidad de operaciones		57
2.1 Gestión de la calidad		57
2.2 Lean manufacturing		60
2.3 Diseño de procesos		63
2.4 Localización de planta		66
Tercera unidad		
Distribución, recursos humanos y cadena de suministros		76
3.1 Distribución de planta		76
3.2 Factor recursos humano		92
3.3 Gestión de la cadena de suministros		97
3.4 Administración de materiales		100
Cuarta unidad		
Planeación, mantenimiento y confiabilidad de operaciones		116
4.1 Planeación agregada de la producción		116
4.2 Programa maestro de producción		125
4.3 Planeación de requerimiento de materiales		128
4.4 Mantenimiento y confiabilidad de operaciones		133
Referencias bibliográficas		

Primera unidad

ESTRATEGIA DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

1.1 SISTEMA DE OPERACIONES

La razón por la que se analizan los procesos, es que ofrecen una imagen mucho más precisa de cómo la empresa funciona en realidad. Es así que "Un proceso implica el uso de los recursos de una organización, para obtener algo de valor. Así, ningún producto puede fabricarse y ningún servicio puede suministrarse sin un proceso, y ningún proceso puede existir sin un producto o servicio" (Krajewski y Ritzman, 2006), por lo que podemos concluir que una organización es sólo tan eficaz como sus procesos.

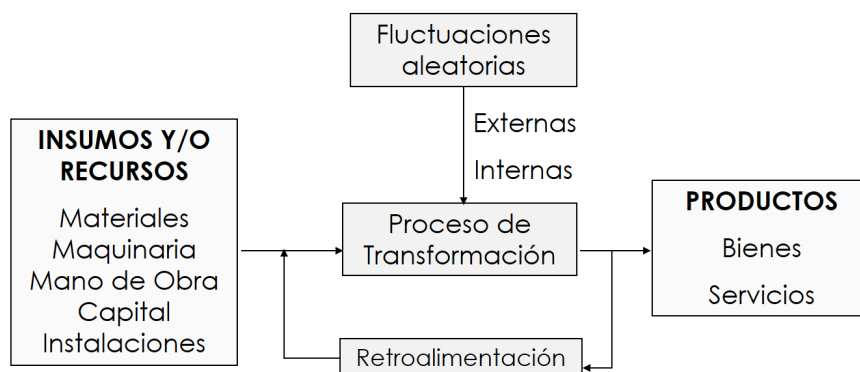


Figura 1. Sistema de operaciones.
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

1.1.1 OPERACIONES Y GESTIÓN DE OPERACIONES

Operaciones se refiere a la producción de bienes y servicios, el establecimiento de actividades de valor agregado que transforman insumos en productos. Los productos de una empresa son la combinación de varios tipos de insumos; materiales, trabajo, energía, información y tecnología. Cuando una empresa combina herramientas, máquinas, técnicas y capacidad humana, agrega valor a los insumos al transformarlos en productos que se venden a los clientes de la empresa. La administración de operaciones se refiere a la administración de los procesos de transformación de bienes y servicios.

1.1.2 ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

Se relaciona con la producción de bienes y servicios, junto con otras áreas funcionales (marketing, finanzas, I&D&i, personal), también tiene que ver con la administración de recursos (insumos) y la distribución de bienes y servicios terminados para los clientes (productos). El término operaciones es más amplio que el de producción, puesto que se refiere a todas las actividades de la cadena de valor agregado. Las responsabilidades específicas de las operaciones pueden variar de una empresa a otra, dependiendo de la naturaleza del proceso de transformación y la estructura organizacional seleccionada por la empresa.

El proceso de transformación puede ser tan sencillo como cortarse el cabello o tan prolongado y complicado como la fabricación de automóviles. La producción de automóviles involucra a millares de personas en varias industrias que elaboran cientos de



productos intermedios, los cuáles se convierten en insumos para el proceso final de ensamble.

Los productos del proceso de transformación van desde bienes puros hasta servicios puros. Un bien puro es un producto tangible que se puede almacenar, transportar y comprar para usar con posterioridad; mientras que un servicio puro es un producto intangible que no puede almacenarse puesto que debe consumirse tan pronto se elabora.

Una conferencia en una universidad es un servicio puro, en tanto que la hoja de papel y el lápiz con que el estudiante toma notas son bienes puros. En realidad, la mayor parte de los productos no son bienes o servicios puros, sino una combinación de ambos. El caso de un fabricante de televisores. El televisor constituye sólo una parte del producto que vende el fabricante. La garantía, el apoyo de posventa y las opciones de financiamiento forman parte del producto.

Son actividades que transforman recursos en bienes y servicios, estas actividades tienen lugar en todas las organizaciones. A nivel estratégico el objetivo de la Administración de Operaciones es participar en la búsqueda de una ventaja competitiva sustentable para la empresa.

BIENES	SERVICIOS
<ul style="list-style-type: none">• Tangibles.• Contacto mínimo con el cliente.• Participación mínima del cliente en la entrega.• Consumo retardado.• Producción con gran utilización de equipo.• Pueden ser revendidos.• Puede inventariarse.• Se pueden medir la calidad.	<ul style="list-style-type: none">• Intangibles.• Contacto amplio con el cliente.• Participación amplia del cliente en la entrega.• Consumo inmediato.• Producción con gran utilización de mano de obra.• No se suelen revender.• Son difíciles de inventariar.• Su calidad era difícil de medir.

Figura 2. Características de los productos y servicios

Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

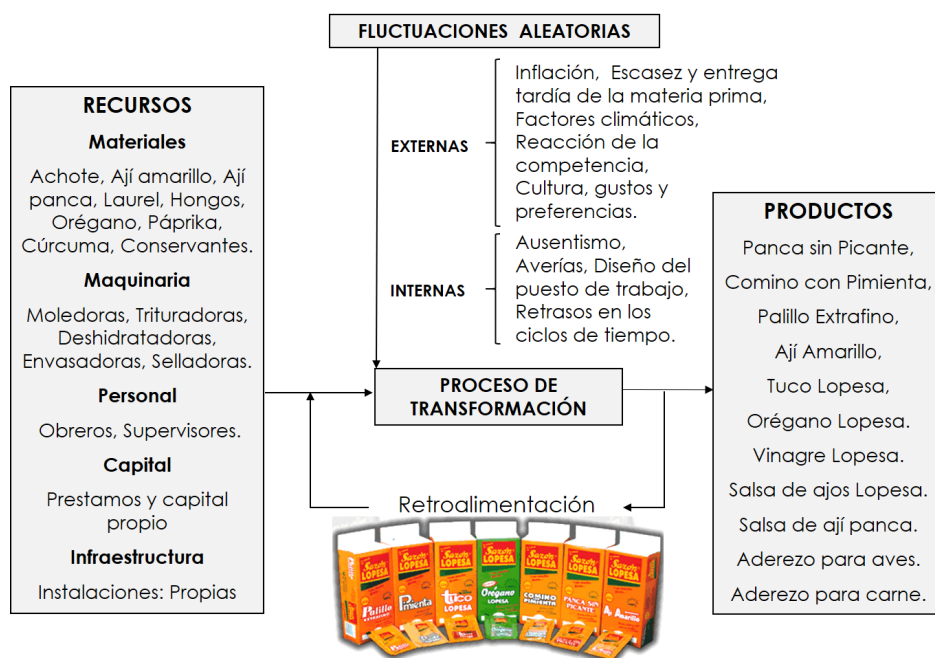


Figura 3. Sistema de operaciones de Lopesa Industrial S.A.
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

ORGANIZACIÓN	ENTRADAS	PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN	SALIDAS	MONITOREO CONTROL	AMBIENTE
Banco	Cheques Dinero Bóveda Cajeros automáticos	Custodia Inversión	Interés Almacenaje Seguridad Fideicomisos	Tasas de interés Tasas de salarios	SBS Economía
Cines	Películas Alimentos Personas Teatros	Proyección de películas Preparación / venta de alimentos	Entrenamiento Clientes alimentados	Popularidad de la película Ingresos después de deducciones	Economía Industria del entretenimiento
Fabricante	Materiales Equipo Mano de obra	Diseñar Cortar Unir Embalar	Máquinas Productos químicos Alimentos Desecho	Flujos Volúmenes Participación en el mercado	Economía Mercado de productos Mercado de consumo
Hospital	Medicinas Pacientes Equipo Camas	Cuidado Surtir recetas Operaciones	Análisis de laboratorio Curaciones Órganos extirpados	Reglamentación gubernamental Recetas Capacitación	Comunidad médica Leyes sobre el control de medicinas

Figura 4. Sistemas diversos de operaciones
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

1.1.3 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LAS OPERACIONES

Indudablemente la Gestión de la Producción y las Operaciones es reconocido como un factor importante en el sistema económico de los países en los últimos 200 años. Asimismo, se ha identificado con diversos nombres; administración industrial, administración de la producción, administración de operaciones, gestión de la producción y las operaciones; todos ellos describen lo mismo, solo que existe un orden de acuerdo a la evolución de esta disciplina.

La Administración Industrial, se inició con Adam Smith aproximadamente hasta 1930, donde prevaleció el enfoque tradicional. Luego se dio paso a la Administración de la Producción



que es conocida desde los treinta hasta los setenta, donde se aplicaron técnicas para la eficiencia económica. Esta Sociedad Industrial tuvo como características; el desarrollo de habilidades y destrezas por lo que hubo la necesidad de formar "mano de obra" y esta formación fue igual a entrenamiento, y las economías eran "cerradas" y el crecimiento industrial estuvo en su apogeo.

De los ochenta para adelante la denominación fue Administración de Operaciones, por los cambios ocurridos en el sector industrial y de servicios. Esta época estuvo marcada por la Sociedad de la Información, cuyas principales características fueron la diversificación sectorial, la creación de nuevos servicios donde la persona "pensaba y aprendía" la formación era igual a transferencia de informaciones y más que habilidades y destrezas, se necesitaban conocimientos; se incrementó el impacto tecnológico en la industria y la velocidad externa fue mayor a la reacción interna, la falta de información ya no era una excusa, y la rapidez en los cambios conduce al atraso de programas informáticos

Con la Globalización y la Sociedad del Conocimiento, nace la Gestión de la Producción y las Operaciones como un aspecto estratégico crucial en las industrias, aparecen nuevas modalidades de formación y esta es igual al desarrollo de competencias del conocimiento que ahora es factor de competitividad, la persona aprende a transferir y a desaprender, aparecen nuevos mecanismos de acercamiento al entorno y se acrecienta la movilización de conocimientos, habilidades, valores, conductas y responsabilidad social empresarial.

AÑO	INNOVADORES	PRINCIPAL CONTRIBUCIÓN
1764	James Watt	Primera máquina de vapor
1776	Adam Smith	División del trabajo
1800	Eli Whitney	Estandarización de partes. Contabilidad de costos.
1832	Charles Babbage	Asignación de puestos por habilidades.
1900	Frederick W. Taylor	Administración científica, estudio de tiempos.
1911	Frank y Lilian Gilbreth	Psicología Industrial, estudio de movimientos.
1913	Henry Ford	Línea de montaje móvil.
1916	Henry L. Gantt	Diagrama de programación de actividades.
1917	F. W. Harris	Primer modelo de lote económico en inventarios.
1927	Elton Mayo	Estudios de Hawthorne. Relaciones Humanas.
1931	Walter A. Shewart	Inferencia estadística en la calidad del producto
1934	L.H.C. Tippet	Muestreo del Trabajo.
1938	Atanasoff	Computadoras digitales.
1947	George B. Dantzig	Programación Lineal.
1950	W. Edwards Deming	Mejora de la calidad.
1950 a 1969	Thomas, Deemer, Jennings, Morse,	Desarrollo de herramientas de la Investigación de Operaciones;



	Kendall, Leontieff, Kantorovich	simulación, teoría de colas, teoría de decisiones, PERT CPM y otras técnicas.
1960	Joseph Orlicky	Planificación de Requerimiento de Materiales.
1980 a 1995	Juran, Deming, Taiichi Ohno.	Técnicas Japonesas de calidad, JIT, CAD, CAM, automatización de fábricas, robótica, calidad de servicio y productividad.
2000 a la actualidad	Alan Turing, Jackson, Ramón y Cajal y Golgi.	Inteligencia artificial, redes neuronales.

Figura 5. Evolución de la gestión de la producción y las operaciones

Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

1.1.4 ORGANIZARSE PARA CREAR BIENES Y SERVICIOS

Para crear bienes y servicios, todas las organizaciones realizan tres funciones. Estas funciones son necesarias no sólo para producir, sino también son necesarias para la supervivencia de toda organización. Las funciones son:

1. Marketing/Comercial: que genera a la demanda o, por lo menos, capta pedidos.
2. Producción/Operaciones: que crea efectivamente el producto.
3. Finanzas/Contabilidad: que controla el estado de la organización y gestiona los cobros y pagos.

ORGANIZACIÓN	FINANZAS	OPERACIONES	MÁRKETING
Fabricante de automóviles	Pagar proveedores y empleados. Preparar presupuestos. Promociones.	Diseñar automóviles. Fabricar partes. Montar automóviles. Tratar con proveedores. Vender acciones.	Publicidad en Tv, periódicos, etc. Esponsorización de carreras y equipos de competición .
Restaurante de comida rápida	Pagar proveedores. Cobrar efectivo. Pagar empleados. Pagar préstamos.	Hacer hamburguesas. Mantener las máquinas en condiciones de uso. Diseñar nuevas instalaciones.	Publicidad en Tv. Dar materiales de promoción. Esponsorización de clubes deportivos.
Universidad	Pagar profesores y personal. Cobrar matrículas y pensiones.	Prospecciones de alumnos en colegios. Investigar, buscar nuevas técnicas y conocimientos. Explicarlos a los alumnos.	Diseñar y enviar información sobre sus cursos y carreras.

Figura 6. Actividades en las organizaciones.

Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

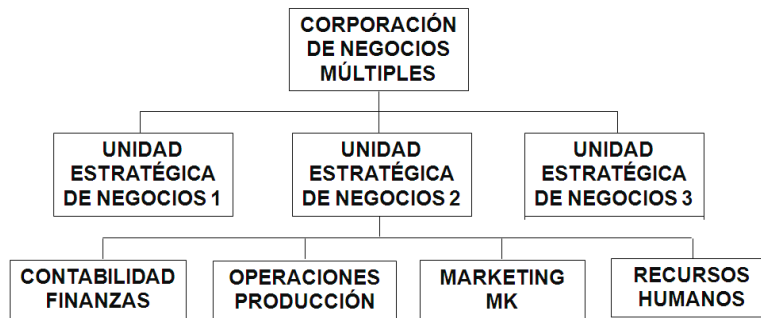


Figura 7. Áreas funcionales en las organizaciones.
Fuente: Zacañas & Zacañas (2012)

1.1.5 CAMBIOS EN LAS OPERACIONES

El cambio más importante en esta era es el refinamiento de los clientes. El cliente es más exigente y busca más variedad, menor costo y calidad ejemplar. La estructura económica cambió de economía de escala (producción en masa) a economía de alcance (variedad). La era del sistema controlado por la producción cambió a un sistema controlado por el mercado.

Y si hablamos de los factores de producción clásicos; tierra, trabajo y capital, ahora pierden importancia relativa cuando consideramos otros factores de producción que durante muchos años no han tenido la relevancia que tienen hoy en día. Nos estamos refiriendo al conocimiento y al talento, que gracias a ello se puede conseguir ventajas competitivas. Bueno nos presenta en su libro “Gestión del Conocimiento” la evolución de los factores de producción, donde se considera al conocimiento como un factor preponderante en esta nueva era.

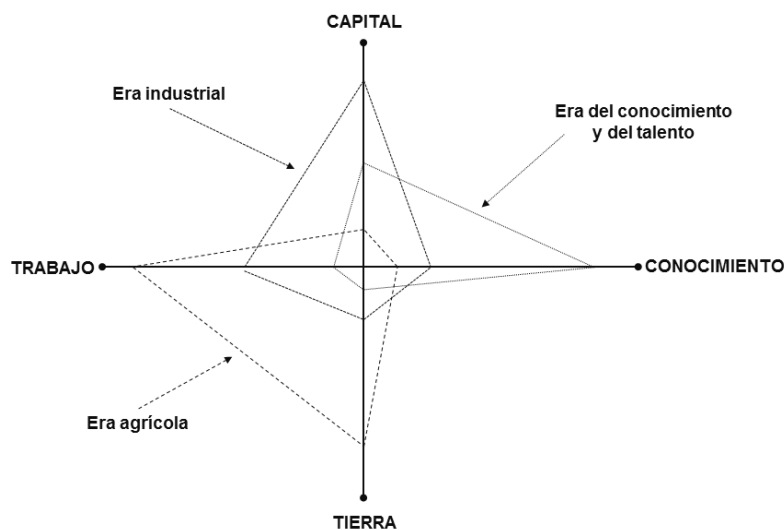


Figura 8. Evolución de los factores de producción
Fuente: “Managing in the Knowledge” de Gorey y Dobat (1996)
 “La gestión del conocimiento en la nueva economía” Bueno (1999)



A esto se suman los siguientes cambios a tenerse en cuenta:

- Aumento en las presiones para reducir costos: Alternativa el Outsourcing.
- Se está comprimiendo el tiempo: Ciclo del producto más corto.
- Los mercados son más segmentados: Diferenciación de necesidades.
- Ha crecido la importancia del conocimiento: Innovación.
- Ha crecido la importancia de los activos humanos: Competencias profesionales.
- Se ha ampliado el alcance geográfico: Aldea global.
- Se han reformado las barreras de la industria: Libre comercio
- Ha cambiado el rol de los proveedores: Socios estratégicos.

1.1.6 LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES Y SU CONTRIBUCION A LA ESTRATEGIA CORPORATIVA

La Estrategia de Operaciones debe encontrarse dentro de la Estrategia Empresarial. La Estrategia Empresarial se basa en la misión corporativa y, en esencia, refleja la manera en que la firma planea utilizar todos los recursos y funciones (marketing, finanzas, recursos humanos y operaciones) para obtener una ventaja competitiva. La Estrategia de Operaciones especifica la manera en que la empresa piensa utilizar sus capacidades de producción para brindar soporte a su estrategia empresarial. (De modo similar, la estrategia de marketing aborda la manera en que la empresa piensa vender y distribuir sus bienes y servicios, y la estrategia financiera identifica la mejor forma de emplear los recursos financieros de la empresa).

En las operaciones, las decisiones gerenciales se dividen:

- Decisiones estratégicas (a largo plazo)
- Decisiones tácticas (a mediano plazo)
- Decisiones operacionales de planeación y control (a corto plazo)

HORIZONTES DE PLANEACIÓN

Planeación Operativa				Planeación Táctica	Planeación Estratégica
Hora	Día	Semana	Mes	Año	Años

Figura 9. Horizontes de la planeación
Fuente: Zacañas & Zacañas (2012)

La planeación estratégica de operaciones, es un plan a largo plazo, en el que se recogen los objetivos a lograr y los cursos de acción, así como la asignación de recursos a los diferentes productos y funciones. Todo ello debe perseguir el logro de los objetivos globales de la empresa en el marco de su Estrategia Corporativa, constituyendo, además, un patrón consistente para el desarrollo de las decisiones tácticas y operativas del subsistema.

La estrategia debe describir la forma en que una empresa pretende crear y mantener un valor para sus accionistas. Por lo común, una estrategia se desglosa en tres componentes



principales: efectividad de las operaciones, administración del cliente e innovación del producto.

Es importante que la estrategia de una empresa esté alineada con su misión de servir al cliente. Algo que complica la situación es el hecho de que las necesidades de los clientes se modifican a lo largo del tiempo, lo que, por consiguiente, requiere cambios continuos en la estrategia.

Para satisfacer oportunidades en el sistema económico, los directivos identifican qué bienes y servicios que produce la empresa contribuirán a la sociedad. Esta contribución es la razón de ser de la organización (o del sistema), esto es, su misión. Establecer una visión y misión asegura un enfoque hacia un proyecto común, un concepto alrededor del cual la empresa puede caminar.

La misión expresa la razón fundamental de ser de la organización, es decir a que se dedica. Desarrollar un buen plan es difícil, pero es más fácil si se ha definido bien la misión, visión y los valores empresariales. Esta se puede entender como el objetivo del plan, objetivo que debe alcanzarse. Una vez que una organización ha decidido su misión, cada "área funcional" de la empresa, marketing finanzas y operaciones desarrolla su misión soporte. El siguiente cuadro presenta un ejemplo de la jerarquía de misiones para una empresa manufacturera.

MISIÓN DE LA ORGANIZACIÓN	
Somos una empresa dedicada a la fabricación de componentes electrónicos, equipos y sistemas, diversificada, creciente, productiva y de ámbito mundial; suministrando estos productos, a la industria, comercio, agricultura, gobierno y hogar.	
MISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES	
Producir productos consistentes con la misión de la compañía de ser fabricante de bajo costo.	
MISIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE OPERACIONES	
Dirección de calidad	Alcanzar la calidad excepcional que es consistente con la misión de nuestra compañía y los objetivos de marketing, mediante una rigurosa atención a las oportunidades de diseño, abastecimiento y servicio para realizar el diseño.
Diseño de producto	Ser líderes en investigación e ingeniería en todas las áreas de nuestro negocio principal, diseñando y produciendo productos y servicios de gran calidad y valor para el cliente.
Diseño de proceso	Definir y diseñar o producir los procesos y equipos productivos que serán compatibles con productos de bajo costo, alta calidad y buenas condiciones de trabajo para nuestros empleados con un costo económico.
Distribución de planta	Alcanzar, por medio de habilidad, imaginación e ingenio en distribución en planta y métodos de trabajo, eficacia y



	eficiencia en la producción, a la vez que una buena calidad del entorno de trabajo para nuestros empleados.
Localización	Localizar, diseñar y construir instalaciones eficientes y económicas, que producirán un alto rendimiento a la empresa, a sus empleados y a la comunidad.
Recursos Humanos	Proporcionar una buena calidad de vida laboral a nuestros empleados, con trabajos bien diseñados, seguros, gratificantes, empleo estable y salario equitativo, a cambio de una importante contribución individual a todos los niveles.
Compras	Cooperar con los proveedores y subcontratistas para conseguir fuentes de suministros estables, eficaces y eficientes, para aquellos componentes que deban obtenerse por fuentes exteriores a la empresa.
Planificación	Alcanzar una alta utilización de los equipos productivos por medio de una planificación eficaz.
Inventarios	Alcanzar un bajo nivel de inventarios, consistente con un alto nivel de servicio a los clientes y una alta utilización de las instalaciones.
Mantenimiento	Conseguir una alta utilización de las instalaciones y equipos, a través de un efectivo mantenimiento preventivo y una rápida reparación de los mismos.

Figura 10. Relación de la misión con el área de operaciones.

Fuente: Administración de Operaciones. Heizer, Render (2014)

Las cortas definiciones de las misiones proporcionan una razón de ser y un propósito para la existencia de cada empresa. Una vez definida la misión de la empresa, debe elaborarse un plan que permita alcanzarla. Estos planes se denominan estrategias.

La estrategia, es el plan diseñado para alcanzar la misión. Cada área funcional tiene una estrategia para alcanzar su misión y para ayudar a la organización a alcanzar la misión global. La estrategia debe establecerse a la luz de los riesgos y oportunidades del entorno y de los puntos fuertes y débiles de la organización.

1.1.7 DECISIONES ESTRATÉGICAS Y TÁCTICAS

Las diez estrategias y tácticas de operaciones que dan un soporte a las misiones e implementan estrategias son:



Figura 11. Decisiones estratégicas y tácticas
Fuente: Render y Heizer (2016)

Estrategia de Calidad.- Deben determinarse las expectativas de calidad de los clientes y establecer políticas y procedimientos para identificar y alcanzar esta calidad.

Estrategia de Producto.- Las estrategia de producto define lo fundamental del proceso de transformación. Las decisiones sobre costos de producción, calidad y recursos humanos interaccionan fuertemente con el diseño de los productos. Los diseños de los productos a menudo establecen los límites inferiores de costo y los limites superiores de calidad.

Estrategia de Proceso.- Opciones de proceso disponibles para producir el producto. Las decisiones de proceso establecen la aproximación básica a la tecnología, calidad, utilización de los recursos humanos y mantenimiento. Estos acuerdos en gastos y capital determinarán en gran medida la estructura de costos básicos de la empresa.

Estrategia de Localización.- Las decisiones de localización, tanto para empresas de fabricación como de servicios, pueden determinar el éxito final de las operaciones. Los errores cometidos en la toma de estas decisiones pueden acabar con eficiencias realizadas en otras áreas.

Estrategia Distribución de Planta.- Las necesidades de capacidad, niveles de personal, decisiones de compra y necesidades de inventarios influyen sobre la distribución en planta. Además, la localización de los procesos y de los materiales debe estar relacionada.

Estrategia de Recursos Humanos.- Los recursos humanos representan una parte integral y costosa del diseño del sistema total. Por lo tanto, debe determinarse la calidad de vida laboral prevista, las capacidades y habilidades requeridas, así como su costo.

Estrategia de Compras.- Estas decisiones determinan lo que debe producirse y lo que debe comprarse. También se toman decisiones referidas a la obtención de calidad, rapidez en entregas e innovación, a un precio satisfactorio. Para un efectivo proceso de compras es necesaria una atmósfera de respeto mutuo entre compradores y proveedores.

Decisiones Táctica sobre Inventarios.- Las decisiones sobre inventarios pueden optimizarse sólo si se tiene en cuenta la satisfacción de los clientes, los proveedores, los planes de producción y la planificación de los recursos humanos.

Decisiones Tácticas de Planificación.- Debe elaborarse planes de producción posibles y eficientes. También es necesario determinar y controlar las demandas en recursos humanos e instalaciones.

Decisiones Tácticas de Mantenimiento y Fiabilidad.- Las decisiones deben tomarse teniendo presentes los niveles deseados de fiabilidad y mantenimiento. Es necesario elaborar planes para la implementación y control de la fiabilidad y el mantenimiento.

1.1.8 FACTORES INTERNOS DE CREACIÓN DE VENTAJA COMPETITIVA

Para poder aplicar estas estrategias, la función de operaciones debe tener en cuenta la ventaja competitiva. Por ventaja competitiva entendemos una ventaja que los competidores no tienen. Esta ventaja competitiva en una fábrica, se encuentra en la velocidad de fabricación, a partir del conocimiento de las necesidades de los consumidores y de procedimientos eficientes de fabricación. La función de operaciones contribuye a una ventaja competitiva de muchas maneras.

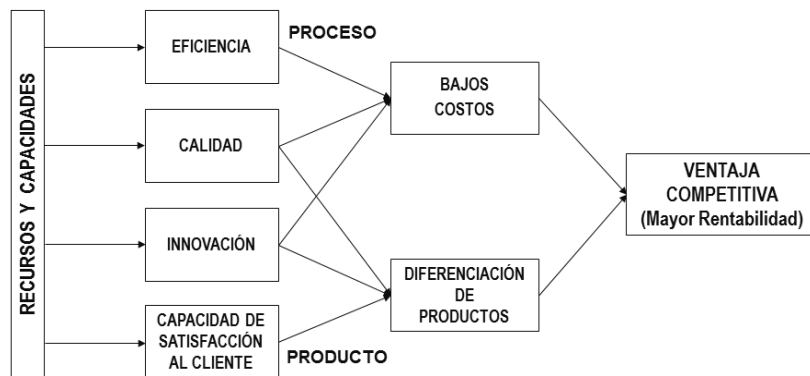


Figura 12. Factores internos para obtener ventaja competitiva.
Fuente: Michael Porter (1996)

1.1.9 EL LIDERAZGO EN COSTOS BUSCA LA EFICIENCIA

Normalmente se piensa que el liderazgo en costos es el efecto experiencia, basado en el aprendizaje de los empleados y en las economías de escala, que reducen los costos



unitarios al aumentar el nivel de producción, pero existen algunos más, relacionados a las operaciones:

- El uso o desarrollo de una nueva tecnología productiva (procesos de innovación)
- El rediseño de productos (para facilitar los procesos de automatización)
- El acceso favorable a las materias primas o suministros clave.
- La localización de la empresa (puede afectar a temas salariales, costos energéticos y otros)
- Las relaciones con clientes y proveedores (procesos de cooperación)
- Rígidos controles de costos.
- La capacidad de ajustar la capacidad productiva en tiempo real en función de la demanda.

El efecto experiencia juega un papel fundamental para el liderazgo en costos. Se fundamenta en que a medida que se aumenta la producción el costo unitario decrece, es decir, la empresa aprende a ser más eficiente y en definitiva a reducir costos.

1.1.10 LA DIFERENCIACIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO BUSCA EL VALOR

Esta estrategia busca crear singularidad en el producto o servicio que se ofrece al mercado, proporcionándole alguna característica de valor que el cliente percibe como única. Aquí el cliente está dispuesto a pagar más por un producto o servicio que por otro de precio inferior, siempre que sean comparables. La diferenciación se puede conseguir por las siguientes vías:

- La innovación tecnológica.
- La innovación en concepto empresarial (Océanos azules)
- La innovación en procesos empresariales.
- La innovación en diseño.
- La imagen de marca.
- La calidad.
- La creación de experiencias únicas.
- El servicio al cliente.
- El servicio a los distribuidores.
- La red de distribución.
- Valores de la empresa.

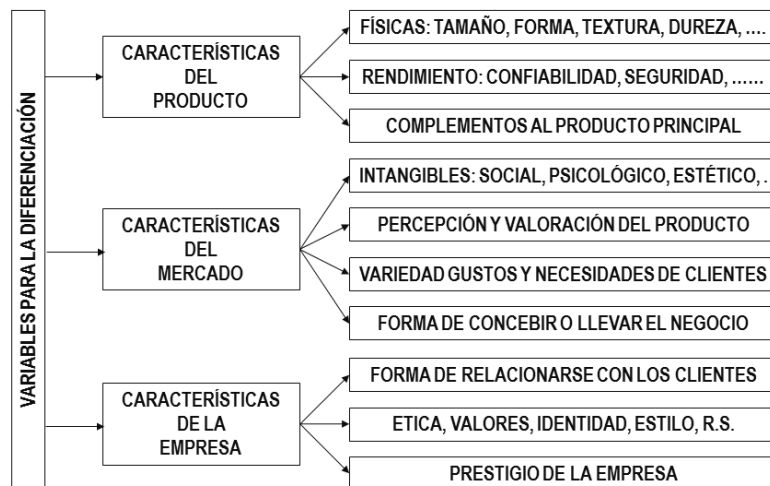


Figura 13. Variables para la diferenciación de productos.

Fuente: Michael Porter (1996)

1.1.11 ORGANIZACIONES DE CLASE MUNDIAL

También conocidas como Organizaciones de Respuesta Sensible Rápida (ORSR), éstas se constituyen en torno a las seis dimensiones de la competencia: costo, calidad, credibilidad, flexibilidad, tiempo y servicio. Además, están en la capacidad de utilizar diferentes combinaciones de estas dimensiones para dirigir las necesidades de sus clientes en diferentes mercados. Estas organizaciones saben que su capacidad para competir en el mercado depende de que desarrolle una estrategia de operaciones que se ajuste adecuadamente a su misión de servir al cliente.

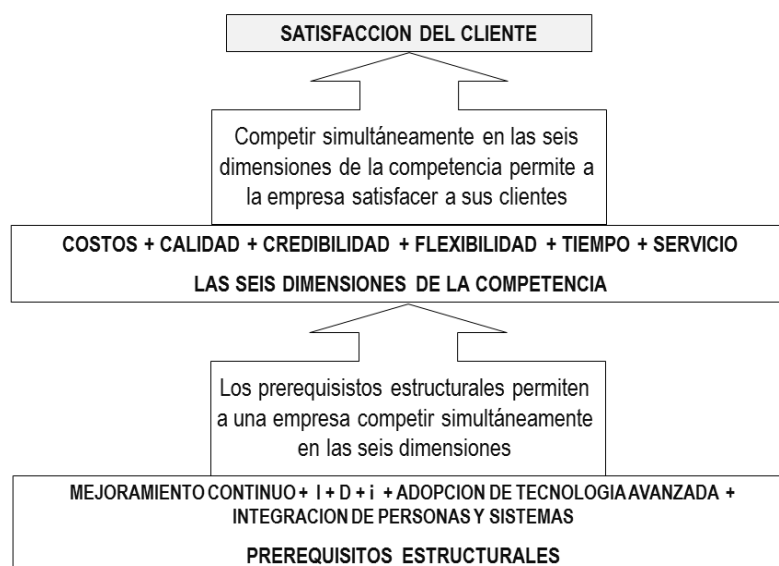


Figura 14. Organizaciones de respuesta sensible rápida.

Fuente: Hanna (2000)



1.1.12 MENSAJES DE LAS SEIS DIMENSIONES

Costos.- La mayor parte de los precios están dirigidos por el mercado y los clientes son sensibles al precio; por tanto, los costos deben controlarse con rigidez.

Calidad.- Los clientes esperan productos de alta calidad, buenos, bonitos y baratos.

Credibilidad.- Los clientes desean tranquilidad y son cautelosos con las compañías en las que no pueden confiar. Quieren productos confiables.

Flexibilidad.- Las necesidades y las preferencias de los clientes evolucionan continuamente. Por tanto la flexibilidad es importante si una empresa ha de responder con rapidez a los cambios en el mercado.

Tiempo.- Los clientes valoran el tiempo. Los administradores deben anticiparse y responder a los requerimientos del cliente y no que reaccionen ante ellos. Los productos deben diseñarse, producirse y entregarse con rapidez.

Servicio.- Los clientes aprecian la prestación de servicios tanto antes como después de la compra.

1.1.13 LOS PRERECISITOS ESTRUCTURALES

Es necesario mencionar que los cuatro prerrequisitos deben cumplirse, pero el énfasis en alguno de ellos varía de una empresa a otra y con el tiempo.

Mejoramiento continuo.- Conocido también como Kaizen, consiste en una serie de pequeños cambios, incrementales, que no necesita grandes desembolsos de capital, sino una gran dosis de esfuerzo continuo y el compromiso de todos en la empresa, pues constituye una ruptura radical con la actitud que prevalece en muchas empresas tradicionales: "si no está dañado, no se repara", esta actitud desconoce el enorme potencial del mejoramiento incremental. Para aumentar la calidad del producto con la rapidez que se desarrolla los bienes y servicios sin incrementar los precios; es necesario identificar y eliminar todas las actividades sin valor agregado.

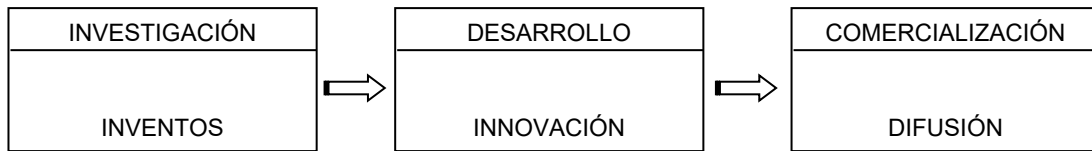
Estas actividades se pueden identificar en las empresas como; exceso de inventario, desperdicios, retrabajo, mala distribución de equipos y otros. La eliminación de estas actividades sin valor agregado disminuye los costos. Por tanto, la eliminación de estas actividades como parte de los esfuerzos de mejoramiento continuo, estimula posteriores mejoramientos.

Investigación, Desarrollo e Innovación (I&D&I).- Recortar los ciclos de vida del producto y fragmentar los mercados significa que una empresa debe mejorar continuamente su capacidad para introducir productos nuevos y modificados con éxito y rapidez. Las empresas deben anticipar la vida del producto, antes que los competidores, motivo por el cual debe innovarse constantemente.

La investigación puede clasificarse como básica y aplicada. La investigación básica, no se orienta a resolver un problema específico, sino a ampliar las fronteras del conocimiento, éstas se efectúan en los laboratorios del gobierno, en las universidades y empresas que persiguen una estrategia de liderazgo tecnológico. En cambio, la investigación aplicada se centra en resolver problemas y producir inventos que tengan alta probabilidad de utilidad en la empresa.



El desarrollo, es necesario para transformar los inventos en innovaciones de éxito comercial, pero también el desarrollo es crear nuevos procesos que reducen costos, para los productos ya existentes. El siguiente cuadro muestra el esquema tradicional de la I+D+i



Adopción de tecnología avanzada.- Tecnología es el conjunto de habilidades, técnicas, procedimientos, equipos y sistemas empleados para llevar a cabo un trabajo. Cuando las empresas diseñan o rediseñan sus subsistemas de operaciones han de tomar decisiones relacionadas con los métodos y equipos, esto es, con la tecnología a emplear en la producción de bienes y servicios.

El acierto o fracaso en la selección de la tecnología adecuada ejerce importantes repercusiones estratégicas sobre la empresa. Como señala Porter, la innovación tecnológica es quizás la más importante fuente de cambios fundamentales en la cuota de mercado entre firmas competidoras y, probablemente, el factor más frecuente en la desaparición de las posiciones consolidadas. Por ende, la tecnología, proporciona un camino para construir la ventaja competitiva de las empresas que puedan y sepan gestionarla adecuadamente.

Las empresas de clase mundial se encuentran constantemente adoptando nuevas tecnologías; pero hay que tener cuidado, la utilización de equipos sofisticados puede conducir a una situación de liderazgo de las empresas que introducen este tipo de innovaciones, pero esta ventaja es de carácter coyuntural, puesto que estos equipos estarán pronto disponibles para los competidores. Para lograr que la ventaja se mantenga, las empresas deben esforzarse no sólo por mantener un control exclusivo sobre la innovación, sino también por cambiar el propio modo de operar, de forma que su experiencia no pueda ser trasladable a otras.

Integración de personas y equipos.- Para fabricar productos de menor costo y de mayor calidad, las empresas deben integrar las personas y los sistemas en la cadena de valor.

Internamente, la integración puede ser de dos clases: jerárquica y horizontal. La integración jerárquica reúne las operaciones corporativas y las de planta, así estimula un mayor sentido de coordinación y un proceso de toma de decisiones más eficaz. La integración horizontal, derriba las barreras entre las áreas funcionales de la empresa, y da como resultado un equipo de trabajo mejor y eficaz para la toma de decisiones coordinadas de la cinco "P" de las operaciones.

Externamente, la integración se da en forma vertical hacia abajo y hacia arriba, de las actividades mejora la comunicación entre las operaciones y sus proveedores y entre las operaciones y sus clientes. La integración vertical hacia abajo permite a la empresa entender mejor las necesidades del cliente, fabricar el producto adecuado lo que posibilita que la empresa se anticipe a las preferencias y necesidades de los clientes. La integración vertical hacia arriba de materiales o productos se centra en las relaciones entre los



proveedores y la empresa. Las empresas de clase mundial procuran conservar sólo un pequeño número de proveedores confiables, esto mejora la calidad y la confiabilidad de la entrega de los materiales adquiridos.

Para lograr la integración total, depende de la organización y la estructura de la empresa, de los sistemas de información y de las personas. Esta última es la más importante, porque son las personas quienes hacen la integración. Eliminar los niveles administrativos significa delegar más responsabilidades y autoridad en la organización; esto capacita a los empleados a su potencial real, pero requiere que la empresa plantee un compromiso sincero y a largo plazo para mejorar la capacitación y el desarrollo de sus empleados.

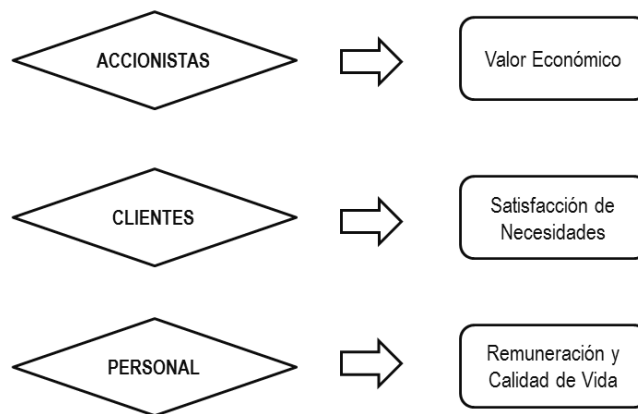


Figura 15. Intereses de los principales stakeholders en las organizaciones.
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

1.1.14 ¿PORQUE ESTUDIAR LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LAS OPERACIONES?

¿Cómo pueden las empresas superar los desafíos en el presente y el futuro? Una forma consiste en ver a los desafíos como oportunidades para mejorar los procesos y las cadenas de valor existentes o para crear otros nuevos e innovadores. Como se ha podido apreciar la función del director de operaciones está evolucionando y se hace necesario adaptarse a los cambios.



PASADO	CAUSAS	FUTURO
Enfoque nacional o local	Redes mundiales de comunicación y transporte baratas y fiables.	Enfoque Global.
Envío de remesas grandes	El costo de capital presiona para reducir la inversión en inventario.	Envíos Justo a Tiempo
Adquisición de la mejor oferta	La atención a la calidad exige que los proveedores se impliquen en la mejora del producto.	Socios del Plan de Aprovisionamiento
Lento desarrollo del producto	Ciclos vitales mas cortos, rápida comunicación internacional, CAD y colaboración internacional.	Rápido desarrollo del producto
Productos estandarizados	Grandes mercados mundiales, procesos de producción cada vez mas flexibles.	Personalización en masa.
Especialización de trabajos	Cambio de medio sociocultural, sociedad de la información y conocimientos en aumento.	Empleados y equipos con poderes.

Figura 16. Evolución de los desafíos del gerente de operaciones.

Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

Estudiamos a gestión de la producción y las operaciones por los siguientes motivos:

- Es una de las cuatro funciones principales (marketing, personal, finanzas y producción) de cualquier organización.
- Queremos y necesitamos conocer cómo se producen los bienes y servicios.
- Queremos saber qué funciones realizan los directores de operaciones.
- La Gestión de la producción y las operaciones es una de las actividades que genera más costos en cualquier organización.
- Es el área que más está innovando constantemente y es necesario tener en cuenta las tendencias futuras.

Vacaciones virtuales	Como el desafío total. Gracias a los avances de la realidad virtual.
Telemedicina	Instrumentos de diagnóstico casero conectados a centros médicos.
Nanotecnología y nanorobots	Diminutos ordenadores biológicos que podrán controlar las funciones del cuerpo humano.
Médicos virtuales	Consultas médicas por la red. Ya existen este tipo de servicios, pero seguramente se generalizarán.
Mayor preocupación por la intimidad	Debido al rápido avance de la información a través de internet. Las empresas que respeten la intimidad de los consumidores lograrán su confianza.
Conectados a la red en todo momento	La televisión, el coche, el sistema de seguridad doméstico, los electrodomésticos, etc.
Convergencia cultural y racial	La inmigración hacia los países ricos provocará importantes procesos de convergencia cultural y racial dentro de pocas décadas, sino antes.

Figura 17. Tendencias en las operaciones

Fuente: Gorey y Dobat (1996)



AÑO	AGRICULTURA Y OTRAS INDU. EXTRACT.	INDUSTRIA	SERVICIOS	TOTALES
1910	40 %	35 %	25 %	100 %
1920	38	34	28	100
1930	36	37	27	100
1940	35	39	26	100
1950	31	35	34	100
1960	30	34	36	100
1970	28	40	32	100
1980	27	39	34	100
1990	24	34	42	100
2000	18	28	54	100
2010	14	26	60	100
2020	?	?	?	100

Figura 18. Tendencias de la actividad económica.
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

¿Hace la gente el mismo tipo de trabajo ahora que el que realizaba en el pasado? ¿Qué cambios ocurrirán en la actividad económica?

1.2 PRODUCTIVIDAD

En algunos casos podemos observar, escuchar, leer que la productividad de Ajegroup creció en 13% respecto al año 2019, la productividad de Doe Run decreció en 12% durante el primer trimestre 2009 y muchos otros, por ejemplo en USA, se dijo que "la productividad tiene su mayor crecimiento en seis años" y explicaron de que el Departamento del Trabajo dijo que la productividad, la cantidad de bienes y servicios producidos por hora de trabajo, creció en el tercer trimestre a un ritmo anual del 9,5%, frente al 6,4% pronosticado por los economistas.

Pero estas apreciaciones tienen un sustento técnico para una persona que hace un seguimiento pormenorizado, pero para el común de las personas no se sabe cómo se obtuvo dicha información, en este capítulo analizaremos el cómo se obtiene dicha información y para que sirve.

Productividad es el perfeccionamiento del proceso de producción. Perfeccionar la producción significa conseguir un buen valor de la relación entre los bienes y servicios creados y los recursos empleados. La medición de la productividad es una manera excelente para evaluar el desarrollo de un país para ofrecer una mejora del nivel de vida de sus habitantes, así como para medir el desempeño de una empresa. Únicamente por medio de los incrementos en la productividad se puede mejorar el nivel de vida de un país. Más aún, únicamente a través de los incrementos en la productividad pueden la mano de obra, el capital y la administración recibir pagos adicionales. Si los rendimientos de la mano de obra, capital o administración aumentan sin incrementar la productividad, los precios crecen. Por otro lado, la presión hacia la baja en los precios se dará según se incremente la productividad, porque se produce más con los mismos recursos. Por lo que la productividad se define como.

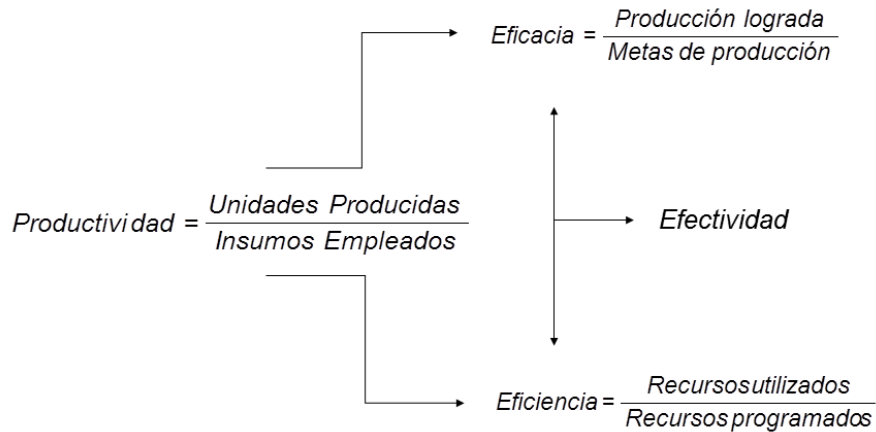


Figura 19. Indicadores de productividad
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

- 1.2.1 **EFICACIA:** Es la capacidad de escoger los objetivos apropiados y lograrlos. Tiene que ver con los fines. “Hacer las cosas correctas”
- 1.2.2 **EFICIENCIA:** Es la relación entre los recursos que se utilizan y el producto, procurando minimizar los costos. “Hacer correctamente las cosas”
- 1.2.3 **EFFECTIVIDAD:** Es alcanzar los objetivos de la empresa haciendo el mejor uso de los recursos para lograrlo. Es el producto de la eficacia y la eficiencia. “Hacer correctamente las cosas correctas”.



Figura 20. Indicadores de productividad
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

1.2.4 INSUMO



Llamamos insumo a todo componente tangible o intangible utilizado en la producción. Los insumos tangibles o medibles son los llamados recursos y se pueden medir de la forma siguiente:

- Recursos humanos, en horas hombre.
- Recursos mecánicos, en horas máquina.
- Recursos materiales, kilos, libras, metros, litros, etc.
- Recursos físicos, en tiempo uso, depreciación.
- Recursos económicos, en unidades monetarias.

Los insumos intangibles, pueden ser apreciados como causa de las variaciones en la producción las que pueden originarse en la seguridad en el trabajo, moral de los trabajadores, simpatía del supervisor, armonía de grupo, etc. gran parte estos insumos intangibles se estudian en la ergonomía, que trata del estudio de los problemas del hombre en su medio de trabajo.

1.2.5 TIPOS DE MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Medición Parcial (MP):

$$M.P. = \frac{\text{Producción}}{M. de O.} \text{ ó } \frac{\text{Producción}}{\text{Materiales}} \text{ ó } \frac{\text{Producción}}{\text{Capital}} \text{ ó } \dots\dots\dots$$

Medición Multifactorial (MM):

$$M.M. = \frac{\text{Producción}}{M. de O. + \text{Materiales}} \text{ ó } \frac{\text{Producción}}{M. de O. + \text{Capital}} \text{ ó } \frac{\text{Producción}}{\text{Energía} + \text{Capital}}$$

Medición Total (MT):

$$M.T. = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}} \text{ ó } \frac{\text{Bs. ó Ss. producidos}}{\text{Todos los recursos utilizados}}$$

Es necesario manifestar que la productividad no es estática, no es una simple proporción, es una medida dinámica que busca el incremento de esta proporción en función del tiempo. No es lo mismo conseguir un incremento en la productividad en una semana que obtener ese mismo incremento en un año. Para ilustrar las medidas, tenemos los siguientes datos:

Meta de producción	3,000 unidades anuales
Producción lograda	2.700 unidades anuales
Recursos programados	14,400 horas – hombre
Recursos utilizados	11,800 horas – hombre

$$P = \frac{2,700}{11,800} = 0.23$$



Se interpreta como la obtención de 0.23 de unidad de producto por cada hora hombre utilizada.

$$Eficacia = \frac{2,700}{3,000} \times 100\% = 90\%$$

Se interpreta como haber conseguido sólo el 90% de la meta fijada. (Logro de los efectos deseados)

$$Eficiencia = \frac{11800}{14400} \times 100\% = 82\%$$

Se interpreta como haber utilizado sólo el 82% de los recursos programados, o sea que hubo un desperdicio de 2600 hora ociosas. (Logro de fines con la menor cantidad de recursos)

$$Efectividad = (0.90)(0.82)(100\%) = 73.8\%$$

Se interpreta como; en el momento de medir los resultados, la empresa se encuentra en el 73.8% del camino para alcanzar la máxima productividad. También puede interpretarse el resultado como haber resultado efectivos los planes de productividad en el 73.8%.

1.2.6 PRODUCTIVIDAD EN UN PROCESO

En esta parte se analiza los porcentajes de productividad, de acuerdo a las siguientes variables, materiales principales, otros insumos complementarios, mermas o productos defectuosos y las salidas que pueden ser bienes o servicios.

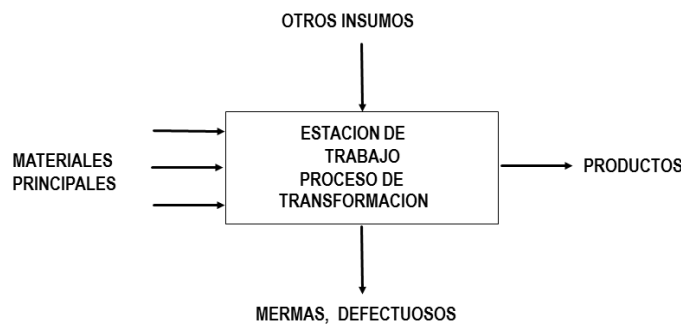
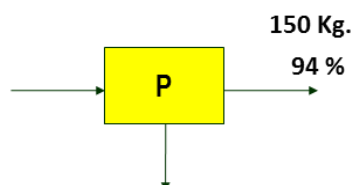


Figura 21. Proceso para calcular la productividad
Fuente: Herbert Vílchez Baca (2014)

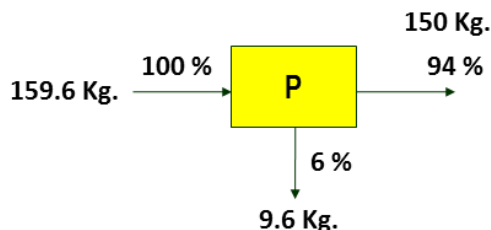
Ejemplo 1

Completar el diagrama y encontrar la cantidad necesario y la merma.





Aplicando la regla de tres simple, se tiene:



Ejemplo 2

Restaurante El Buen Amigo, en promedio, atendió 224 clientes por día durante el año anterior. El horario de servicio es de 6:00 a.m. a 2 p.m.; el personal está integrado por 3 empleados. La productividad promedio de la mano de obra del año anterior fue:

$$Prod. M. de O._{año anterior} = \frac{Producción}{M. de O.} = \frac{224 \text{ clientes/servidos}}{3 \text{ empleados} \times 8h/\text{empleado}} = 9.3 \text{ clientes servidos/hora}$$

El martes de esta semana 264 clientes fueron atendidos por todo el personal.

$$Prod. M. de O._{martes} = \frac{264}{3 \times 8} = 11 \text{ clientes servidos/hora}$$

El miércoles 232 clientes fueron atendidos por 2 empleados, trabajando toda la jornada, y por uno de ellos que sólo laboró durante dos horas.

$$Prod. M. de O._{miercoles} = \frac{232}{(2 \times 8) + 2} = 12,9 \text{ clientes servidos/hora}$$

Es importante analizar los resultados y no dejarnos llevar en este caso con un crecimiento y contentarnos. El problema debe analizarse desde el punto de vista de la toma de datos, es decir día por día y no combinar diferentes periodos que nos llevaría a una confusión ya que los comportamientos de los productos y servicios es diferente.

Ejemplo 3

Leopardo Restaurante, vende menú especial a S/. 9.00, en promedio los martes visitan 120 clientes, invierten en la preparación de sus menús cerca de S/. 800.00. Calcule la productividad.

$$P = \frac{S/. 9.00 \times 120 \text{ menús}}{S/. 800.00} =$$

$$P = \frac{S/. 1,080.00}{S/. 800.00} = 1.35$$

En este ejemplo podemos llegar a la siguiente conclusión:



Si la Productividad es > 1 hay utilidad

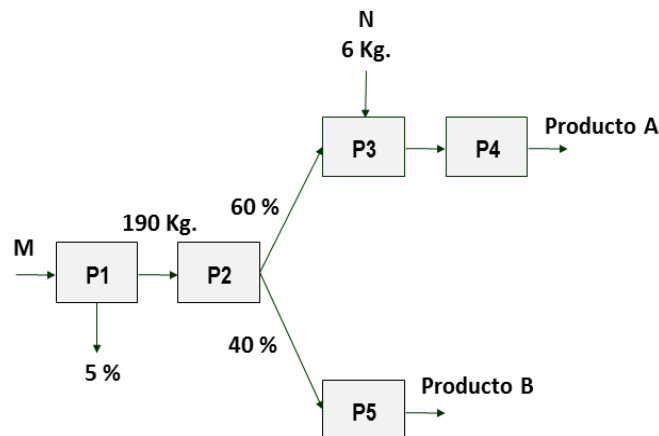
Si la Productividad es $= 1$ hay equilibrio

Si la Productividad es < 1 hay pérdida

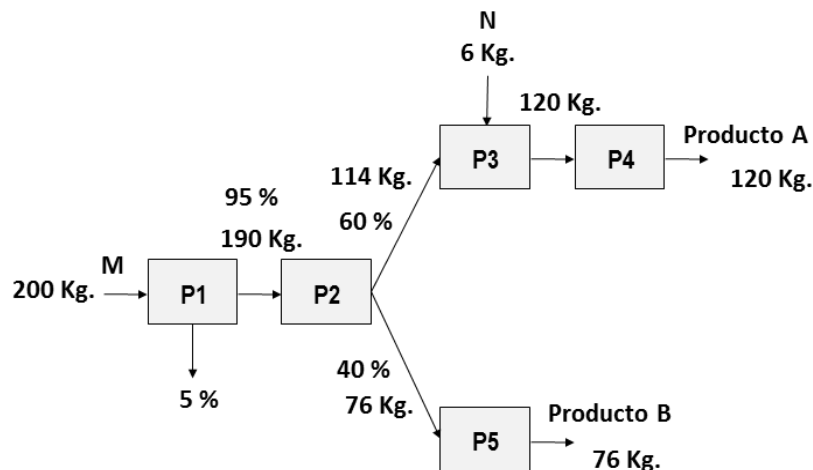
Por lo tanto, la productividad es 1.35 y la utilidad será 35%

Ejemplo 4

Completar el diagrama y encontrar la producción de A, de B y la cantidad de material M necesario:



Solución:

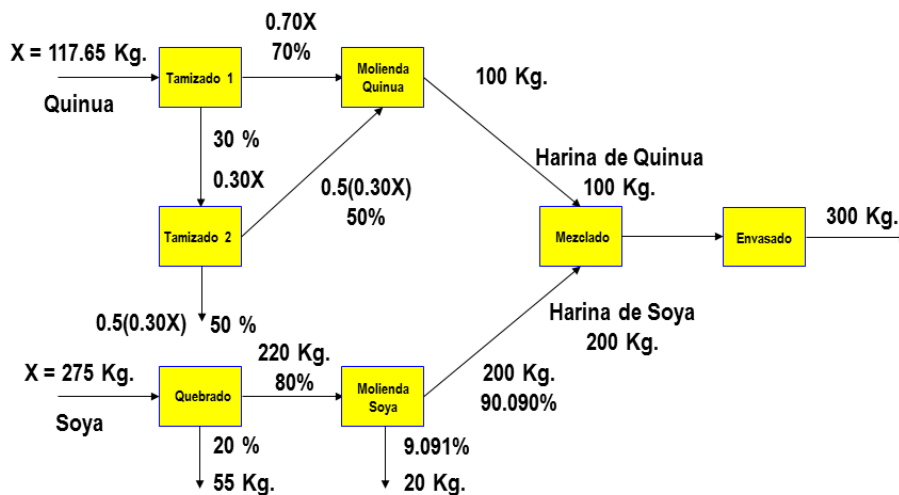


Ejemplo 5

Mantaro SAC. elabora un producto a base de una mezcla vegetal para la dieta infantil, rico en proteínas. Se considera que para la mezcla se requiere de harina de quinua y harina de soya en proporción de 1 a 2 en base seca. Para llevar a cabo el proceso, la quinua llega en sacos de 45 kg. La cual es tamizada obteniéndose un 30% de material que se vuelve a procesar, logrando aprovechar así un 50% del material que entra a ser procesado. El material tamizado entra a la molienda para obtener harina de quinua a una velocidad de

50 kg. por cada media hora. La soya por otro lado es quebrada y descascarada perdiéndose un 20% en peso de lo que ingreso. Posteriormente es molida a una velocidad de 55 kg. Cada 15 minutos, perdiéndose en esta operación un 9.9091 %. Estando lista la harina de soya, esta es mezclada y homogenizada con la harina de quinua, para posteriormente ser envasada en bolsas de policel con un peso de 500 gr. y 1 kg. respectivamente. Si la empresa tiene una capacidad de producción de 300 kg. de mezcla homogenizada por hora se pide:

- Una gráfica del flujo del proceso indicando cantidades de entrada y salida de materiales
- La cantidad de quinua a procesar.
- La cantidad de soya a procesar.
- La productividad de cada materia prima.



1.2.7 CICLO DE PRODUCTIVIDAD

Se comienza por medir la productividad, una vez que se han medido los niveles productivos, tiene que evaluarse y compararse con los valores planeados. Con base a esta evaluación se plantean metas para estos niveles de productividad tanto a corto como a largo plazo. Para lograr estas metas se llevan a cabo mejoras formales.

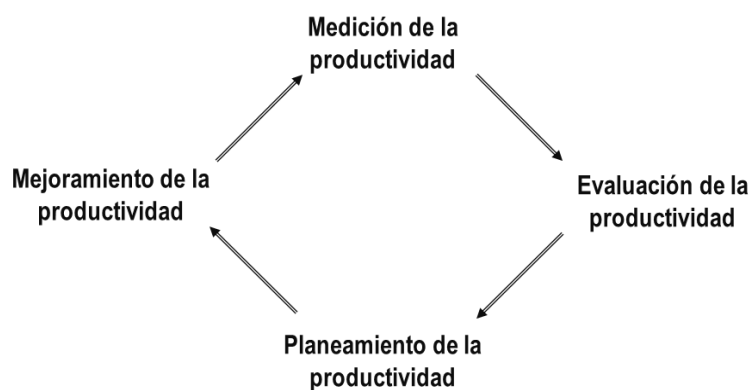


Figura 22. Ciclo de productividad
Fuente: Teresa Noriega (2004)



1.3 PRONÓSTICOS Y CAPACIDAD DE PLANTA

Muchas decisiones de operaciones dependen de algún tipo de pronóstico, tales como planear la capacidad, los niveles de inventario, niveles apropiados de personal, materias primas, capital, las actividades que se deben llevar a cabo en el taller, la demanda de productos y un gran número de otras variables, esto nos sugiere que todos los administradores necesitan algún tipo pronósticos. Si las operaciones se han planeado y organizado adecuadamente con un buen pronóstico, la demanda futura de bienes y servicios incrementará la eficiencia operacional.

Antes de abordar el tema es necesario aclarar la diferencia que existe entre pronóstico y predicción. El pronóstico, es un proceso de estimación de un acontecimiento proyectando hacia el futuro datos del pasado. La predicción, también es un proceso de estimación de un suceso futuro basándose en consideraciones subjetivas.

La administración de la demanda tiene como fin coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda, de manera que los sistemas de operaciones puedan utilizarse en forma eficiente. Además, a los clientes se les entregarán los productos con puntualidad, en la cantidad y con la calidad adecuadas y se satisfarán los requisitos de las filiales, el transporte entre plantas y las necesidades de refacciones de servicio. Una organización puede jugar un papel protagónico a fin de influir en la demanda. Por ejemplo, puede incrementar los incentivos dados a su fuerza de ventas, o bien, lanzar campañas de promoción con la intención de vender más productos. Por otro lado, es posible reducir la demanda con sólo incrementar precios a atenuar el esfuerzo que se hace para vender. Cualquier organización puede adoptar, asimismo, un papel pasivo y limitarse a responder a la demanda real elaborando pronósticos con base en los patrones anteriores de demanda, con el fin de pronosticar las necesidades a futuro.

1.3.1 PERIODO DE LOS PRONÓSTICOS

Los pronósticos suelen clasificarse conforme a horizontes o periodos y a su utilización en tres categorías.

Pronóstico a corto plazo.- Tiene un lapso hasta un año; generalmente menos de tres meses. Se utiliza para planear las compras, programación de planta, niveles de fuerza laboral, asignaciones de trabajo y niveles de producción.

Pronóstico a mediano plazo.- Generalmente tiene un lapso de tres meses a tres años. Es valioso en la planeación de producción y presupuestos, planeación de ventas, presupuestos de efectivo y el análisis de varios planes de operaciones.

Pronóstico a largo plazo.- Tiene lapsos de tres años o más, se utilizan para planear nuevos productos, desembolsos de capital, localización de instalaciones o su expansión, y la investigación y el desarrollo. Los pronósticos a largo plazo son quizá los más importantes, ya que ayudan al administrador a proporcionar una gula directriz para la organización; sin embargo, son los más difíciles de obtener pues mientras más largo sea el horizonte de tiempo mayor es la incertidumbre que existe sobre el futuro.

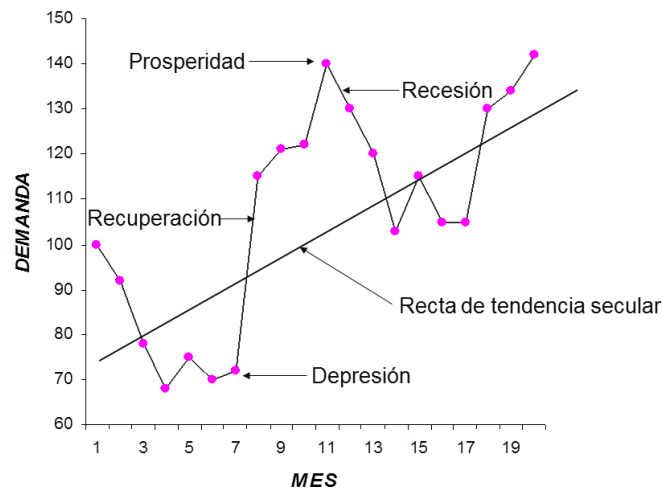


Figura 23. Ciclo normal de los negocios
Fuente: Zacaías & Zacaías 2012

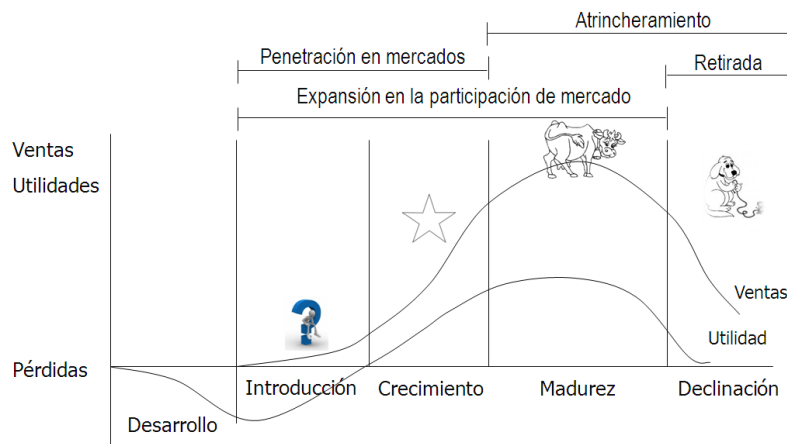


Figura 24. Ciclo de vida de los productos
Fuente: Zacaías & Zacaías 2012

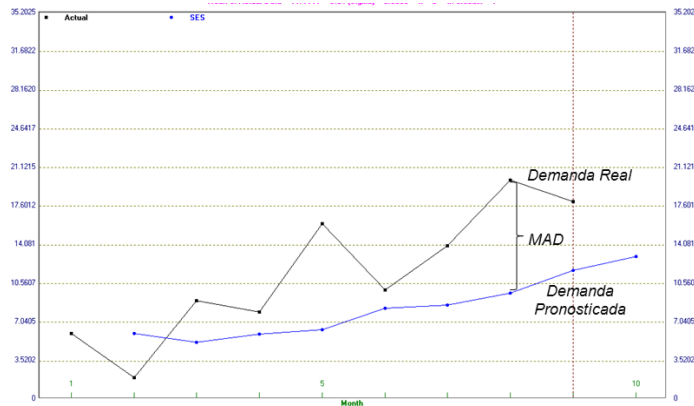
1.3.2 PRECISIÓN DE LOS PRONÓSTICOS

Los pronósticos jamás son perfectos, estos serán menos confiables cuando mayor sea el lapso que se pronostique a futuro, cuando se haga la evaluación de diferentes métodos de pronóstico, se recurre a una medida para conocer la efectividad, es aquí donde se recurre al error en el pronóstico, que viene a ser la diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la real. Evidentemente, un método cuyo resultado contiene grandes errores de predicción es menos deseable que el que implica menos errores. Aquí juega un papel importante los softwares en los modelos cuantitativos de pronóstico que son fáciles de usar y se maneja en forma eficiente por medio de computadoras.

Desviación media absoluta (MAD)

Es un promedio de las desviaciones absolutas. Los errores son medidos sin tomar en consideración el signo algebraico; expresa la dimensión, pero no la dirección del error. Aquel modelo que tenga un menor MAD será óptimo para un pronóstico.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n | \text{Demanda pronosticada} - \text{Demanda real} |}{n}$$



Existen otras medidas que se utilizan mucho en la estadística tales como el sesgo (bias), que indica la tendencia direccional de los errores del pronóstico y el error medio cuadrado (MSE).

1.3.3 TIPOS DE PRONÓSTICOS

Consideramos tres categorías de modelos de pronósticos, tal como se muestra a continuación:

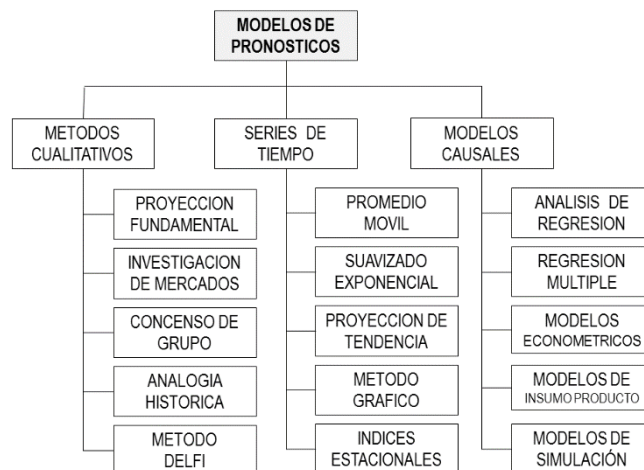


Figura 25. Tipos de pronósticos
Fuente: Zacaías & Zacaías 2012.

1.3.4 MÉTODOS CUALITATIVOS

Con frecuencia se usan para situaciones a largo plazo, altamente inciertas en las cuales el empleo de un modelo matemático no parece apropiado. Por ejemplo, al intentar predecir el momento en que incurrirán adelantos tecnológicos, cambios en actitudes sociales o desarrollo de proyectos políticos, la situación está tan plagada de incertidumbre que es más común que se apliquen métodos cualitativos que los cuantitativos. En estos casos para predecir, las buenas estimaciones subjetivas pueden obtenerse a partir de la habilidad, experiencia y buen juicio del administrador. Entre los métodos cualitativos podemos citar; al jurado de opinión ejecutiva, fuerza de ventas, encuesta a consumidores de mercado y el método Delphi, esta última la más difundida.

Proyección fundamental



Se deriva una proyección compilando la información de aquellos que se encuentran al final de la jerarquía, quienes tratan con lo que está siendo proyectado. Por ejemplo, una proyección de las ventas generales puede derivarse combinando las informaciones de cada vendedor, quién está más cerca de su propio territorio.

Investigación de mercado

Se recopilan datos de varias maneras (encuestas, entrevistas, etc.) para probar hipótesis sobre el mercado. Esto se utiliza típicamente para proyectar ventas de largo alcance y de nuevos productos.

Consenso de grupo

Intercambio abierto y libre durante las reuniones. La idea es que los debates en grupo producen mejores proyecciones que las que se obtienen a nivel individual. Los participantes pueden ser ejecutivos, vendedores y clientes.

Analogía histórica

Lo que se está proyectando se vincula con un artículo similar. Es importante en la planeación de nuevos productos en donde se puede derivar una proyección mediante el uso de la historia de un producto similar.

Método Delphi

Un grupo de expertos responde a un cuestionario. Un moderador compila los resultados y formula un nuevo cuestionario que es sometido al grupo. De esta manera se realiza un proceso de aprendizaje para el grupo en la medida en que éste recibe nueva información y no existe influencia por presiones del grupo o por individuos dominantes. Utiliza un grupo de expertos, que se mantienen aislados con el objeto de minimizar el efecto de presión social y otros aspectos del comportamiento de pequeños grupos. Los expertos pueden ser empleados de la organización o especialistas externos. Igual que en todos los métodos de pronósticos cualitativos, se hace hincapié en que cambios se debe esperar y en qué tiempo. Una organización podría estar preocupada con preguntas como estas: ¿Cuándo escasearán los recursos clave?, ¿Qué nuevas técnicas de producción estarán disponibles?, ¿Qué nuevos productos se necesitarán?

No existe una estructura rígida para aplicar el método Delphi, pero es usual que se siga la siguiente secuencia:

1. Se pone uno en contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel.
2. Se manda un cuestionario a los miembros del panel y se les pide que den su opinión en los temas de interés.
3. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren.
4. Se manda el análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y den sus razones respecto de las opiniones en que difieren.
5. Se remite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas.

Este método no requiere que se llegue a un consenso. Más bien, el objetivo es obtener un número de opiniones que se haya reducido por la aplicación del método Delphi. Esta información sirve después para formular planes a largo plazo.

El método Delphi tiene limitaciones. Se ha criticado por su poca seguridad, demasiada sensibilidad de los resultados a la ambigüedad de las preguntas, dificultad para establecer el grado de experiencia de los miembros del panel, la imposibilidad de que tome en cuenta lo inesperado y por los grandes retrasos entre las repeticiones del proceso. A pesar de estas limitaciones, su uso actual que le dan las organizaciones sugiere que con frecuencia su potencial excede a sus limitaciones.

1.3.5 SERIES DE TIEMPO

Es un conjunto de observaciones de una variable a lo largo del tiempo, que se utiliza para generar un pronóstico del futuro. Estos métodos se basan en el comportamiento anterior. Queda implícito que es probable que lo que sucedió en el pasado continúe ocurriendo en el futuro. Las series de tiempo tienen cuatro componentes típicos, tal como se gráfica.

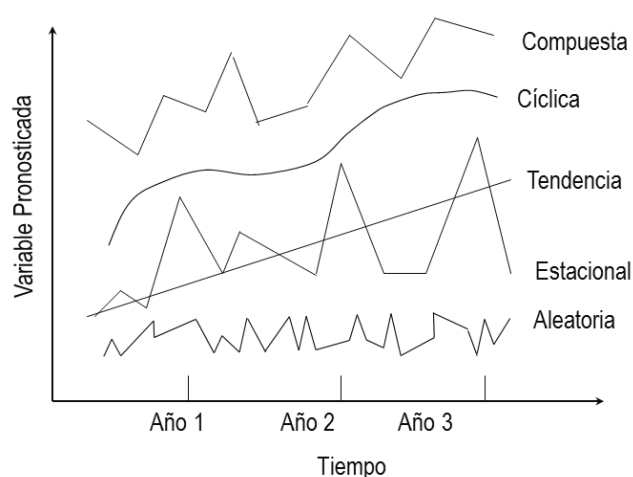


Figura 26. Componentes de los datos de series de tiempo
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

1. La tendencia, es un movimiento direccional gradual a largo plazo en los datos (creciente o declinatorio).
2. Los cíclicos, son ondulaciones a largo plazo alrededor de la línea de tendencia, frecuentemente están asociados con ciclos económicos.
3. Los estacionales, son variaciones similares que ocurren durante periodos correspondientes. Existen variaciones estacionales, anuales, trimestrales, mensuales, semanales y hasta diarias.
4. Los aleatorios, son efectos esporádicos e impredecibles, debidos a la casualidad y no usuales, no siguen un patrón perceptible.

Promedio móvil

Se usa para hacer pronósticos a corto y mediano plazo. Cuando la demanda de un producto no crece ni se reduce rápidamente y no tiene características estacionales, el promedio móvil es útil para ayudar a eliminar las fluctuaciones aleatorias del pronóstico. Se obtiene por una suma y promedios repetitivos de un número dado de periodos; queda fuera cada vez el valor más antiguo y se agrega el más nuevo. Cada vez que se actualiza un promedio, el nuevo valor se convierte en el pronóstico del siguiente periodo.

Promedio móvil ponderado

El promedio móvil simple da igual peso a cada componente de la base de datos, el promedio móvil ponderado permite dar cualquier peso a un elemento. Si se tiene una



tendencia o patrón, los pesos pueden ser utilizados para poner más énfasis en los valores recientes.

$$PMP = \frac{\sum (Ponderación \text{ para el periodo } n)(Demanda \text{ en el periodo } n)}{\sum Ponderaciones}$$

Ejemplo:

Fábrica de calzados el Chasqui usa el promedio móvil para pronosticar la demanda de texanas del siguiente mes. Las demandas reales anteriores se muestran a continuación:

MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dx Real	55	56	59	62	62	69	71	67	73	

- a. Calcúlese un promedio móvil de cuatro meses para pronosticar la demanda del mes 10.

$$PM_{4t} = \frac{69+71+67+73}{4} = 70$$

- b. Calcúlese un promedio móvil ponderado de tres meses, donde las ponderaciones son mayores para los meses más recientes y descienden en orden de 3, 2, 1.

$$PMP = \frac{[(73) (3)] + [(67) (2)] + [(71) (1)]}{6} = 71$$

Suavizado exponencial

Al igual que los promedios móviles, se usa para pronósticos a corto y mediano plazo. Se calcula de la siguiente manera:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

F_t = Pronóstico nuevo

F_{t-1} = Pronóstico anterior

A_{t-1} = Demanda real del periodo anterior

α = Constante de suavizado (0 ≤ α ≤ 1)

La selección de alfa depende de las características de la demanda. Los valores altos de alfa son más sensibles a las fluctuaciones en la demanda. Los valores bajos de alfa son más apropiados para demandas relativamente estables (sin tendencia o ciclicidad), pero con una gran cantidad de variación aleatoria. Ahora Si no se cuenta con un valor α se utiliza la fórmula siguiente fórmula; donde n es el número de datos:

$$\alpha = \frac{2}{n+1}$$



Ejemplo:

En enero, un vendedor de automóviles predijo que la demanda para febrero sería de 142 Ford Mustang. La demanda real para febrero fue de 153 automóviles. Usando la constante de suavizamiento que eligió la administración de $\alpha = 0.20$, el vendedor quiere pronosticar la demanda para marzo usando el modelo de suavizamiento exponencial.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

$$\text{Pronóstico Marzo} = 142 + 0.20 (153 - 142) = 144.2$$

Así el pronóstico de la demanda de marzo para Ford Mustang será 144

Ejemplo:

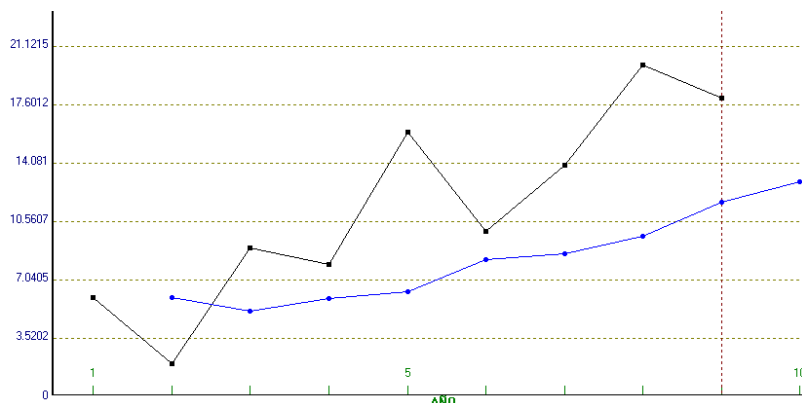
La demanda anual de préstamos para automóviles en el Banco Continental en los últimos nueve años se muestra en seguida (en millones de soles). Calcular la demanda para el año 2012, mediante el uso del suavizado exponencial, con un $\alpha = 0.2$ Utilice Winqsb. Explique el MAD

AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
DEMANDA	6	2	9	8	16	10	14	20	18	¿?

REPORTE Winqsb

08-22-2011 AÑO	Actual Data	Forecast by SES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	6								
2	2	6	-4	-4	4	16	200	-1	
3	9	5.2	3.8	-0.1999998	3.9	15.22	121.1111	-0.051282	1.387756E-02
4	8	5.96	2.04	1.84	3.28	11.53387	89.24075	0.5609757	5.354422E-02
5	16	6.368	9.632	11.472	4.868	31.84426	81.98056	2.356615	0.3404863
6	10	8.2944	1.7056	13.1776	4.23552	26.05722	68.99565	3.111212	0.401069
7	14	8.63552	5.36448	18.54208	4.42368	26.51062	63.88266	4.191551	0.5542886
8	20	9.708416	10.29158	28.83366	5.261952	37.85435	62.1077	5.479652	0.6492963
9	18	11.76673	6.233267	35.06693	5.383367	37.97926	58.67289	6.513941	0.7611842
10		13.01339							
CFE		35.06693							
MAD		5.383367							
MSE		37.97926							
MAPE		58.67289							
Trk. Signal		6.513941							
R-square		0.7611842							
		Alpha=0.2							
		F(0)=6							

GRÁFICO Winqsb



En el reporte Wingsb se puede apreciar que para el año 2012, con un $a = 0.2$ la demanda será de 13 millones de soles, asimismo la demanda media absoluta es de 5.38, muy alto para este modelo, es necesario probar con otros modelos, tal como se podrá apreciar con la regresión lineal.

Proyecciones con tendencia

Se utilizan para pronósticos de mediano a largo plazo; se pueden desarrollar varias ecuaciones matemáticas con tendencia como las exponenciales y cuadráticas, pero solamente analizaremos el método de la regresión lineal expresado en la siguiente ecuación:

$$Y_t = a + bX$$

Dónde:

- Y_t = Valor calculado de la variable a predecir (variable dependiente)
- a = Intersección eje-y (Intercept)
- b = Pendiente de la línea de tendencia (Slope)
- X = Variable independiente (Tiempo)

Ejemplo:

Este caso didáctico es tomado del ejemplo del suavizado exponencial. La demanda anual de préstamos para automóviles en el Banco Continental en los últimos nueve años se muestra en seguida (en millones de soles)

MESES	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019	2020	2021
Dx Real	6	2	9	8	16	10	14	20	18	¿?

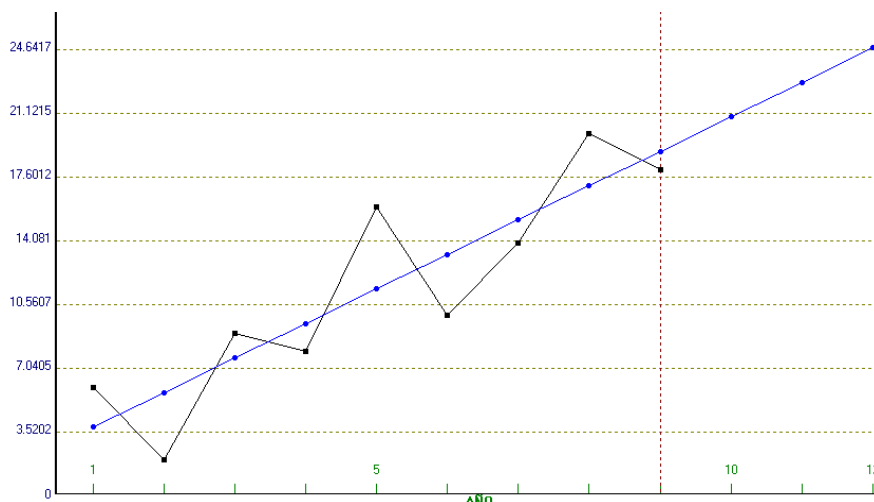
Ingresando los datos a Wingsb se obtiene la ecuación de tendencia $Y = 1.944 + 1.9X$, si se desea proyectar la demanda de préstamos para el año 2012 se obtendrá de la siguiente manera:

$$\text{Demanda en el 2021} = 1.944 + 1.9(10) = S/.20.94$$

Para verificar la validación del modelo, se imprime la demanda histórica y la línea de tendencia en la siguiente figura. En este caso, se pueden tomar precauciones y tratar de entender las oscilaciones grandes.



REPORTE Winqbs



En el reporte Winqbs se puede apreciar que para el año 2021, la demanda de préstamos será de 20.94 millones de soles, incluso se tienen los cálculos de los pronósticos para los tres años siguientes, hasta se puede programar para más adelante, pero ya va perdiendo su validez. Asimismo, la demanda media absoluta es de 2.43, menor que el suavizado exponencial, por lo que podemos concluir; que, para los datos presentados el modelo de la regresión lineal es el óptimo, por tener un menor MAD.

Método gráfico

Este método es de mucha utilidad e importancia porque recomienda; primero graficar los datos y casi siempre es posible juzgar a partir de la gráfica cuán fuertes son las variaciones por tendencia, estacionales, cíclicas o aleatorias. Esta información ayuda a seleccionar un método apropiado de pronósticos.

1.3.6 MODELOS CAUSALES

Para que una variable independiente tenga valor para un pronóstico, debe ser un indicador. Por ejemplo, podemos esperar que un largo periodo de días lluviosos aumente las ventas de paraguas. La lluvia es la causa de la venta de estos artículos; esta es una relación causal, donde un fenómeno de lugar a otro. Si se conoce con anticipación suficiente el elemento causante, éste puede usarse como base para los pronósticos.

Se puede considerar muchos factores para un análisis causal. Por ejemplo, las ventas de un producto pueden estar relacionadas con el presupuesto para publicidad de la empresa, el precio, los precios de los competidores y las estrategias promocionales, o aun las tasas económicas y de desempleo. En este caso, las ventas serían llamadas variable dependiente y las otras variables serían llamadas variables independientes. El trabajo del administrador es el de desarrollar la mejor relación estadística entre las ventas y las variables independientes. El modelo de pronóstico causal cuantitativo más común es el análisis de regresión lineal.

Análisis de regresión.

Si la variable dependiente y la independiente se relacionan en forma lineal, se aplica la regresión lineal (LR) para estimar esa relación. Se puede utilizar el mismo modelo matemático que se empleó en la proyección de tendencia de los mínimos cuadrados. Las



variables dependientes que se desean pronosticar que se desean pronosticar seguirán siendo las Y. Pero ahora la variable independiente, X, no es el tiempo.

$$Y_t = a + bX$$

Dónde:

Y_t = Valor calculado de la variable a predecir (variable dependiente)

a = Intersección eje-y (Intercept)

b = Pendiente de la línea de regresión (Slope)

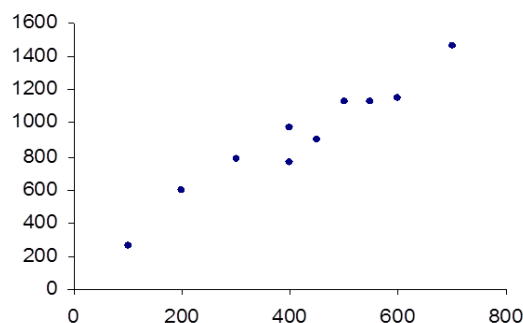
X = Variable independiente

Ejemplo:

Leo, Director de Marketing de Tiendas Sandoval, tiene un presupuesto publicitario para este mes de S/. 740.00 para camisas John Holden. Dispone de las estadísticas de ventas mensuales y de la publicidad asignada a este producto desde hace varios años. La siguiente tabla resume datos de los últimos 10 meses.

PUBLICIDAD	VENTA
D	S
S/. 257	100
601	200
782	300
765	400
895	450
1133	500
1153	600
1133	550
1459	700
970	400

El considera solamente la influencia de la publicidad sobre las ventas. Su problema es estimar las ventas de este mes para hacer el pedido a la fábrica la cantidad de camisas. Graficando los diez puntos se pueden apreciar que existe una relación entre la variable independiente publicidad y la variable dependiente ventas.



En general, la regresión lineal se calcula con computadora; para este caso se utilizó Winqsb cuya ecuación de regresión estimada es:



$$Y_t = - 61.047 + 0.52585X \quad \acute{o}$$

$$\text{Ventas} = - 61.047 + 0.52585 \text{ Presupuesto}$$

Con un presupuesto de S/. 740.00 para este mes, Leo pedirá a la fábrica:

$$\text{Ventas} = -61.047 + 0.52585 (740)$$

$$\text{Ventas} = 328 \text{ camisas}$$

Regresión múltiple

En muchos casos es útil usar más de una variable independiente para predecir el valor de una variable dependiente. En estos casos aplicamos la regresión múltiple. Por ejemplo, si tratamos de predecir las ventas mensuales de la cadena de Pollerías el Mesón, tendríamos que tener en cuenta el uso de las siguientes variables independientes: ingreso nacional, precio del pollo, soles gastados en publicidad durante el mes y soles gastados en publicidad durante el mes anterior. La ecuación adecuada sería:

$$Y_t = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Dónde:

Y_t = La variable dependiente

a = Intersección en Y

b_1, b_2 = Pendientes de la línea de regresión

X_1, X_2, X_n = Valores de las variables independientes

Las matemáticas de la regresión múltiple se convierten en algo complejo, pero a menudo son ahora asignadas a la computadora.

Ejemplo:

Se desea pronosticar los costos de mantenimiento (Y) para un camión durante el presente año, a partir de las variables independientes X_1 = miles de kilómetros recorridos durante este año, y X_2 = años de edad del camión al inicio de este año. Se nos da la información siguiente:

X_1	X_2	$Y(S/.)$
6	8	832
7	7	733
9	6	647
11	5	553
13	4	467
15	3	373
17	2	283
18	1	189
19	0	96

El resultado mediante Winqsb y redondeando a dos decimales se tiene:

$$Y_t = 17.74 + 4.06X_1 + 98.51X_2$$

Por tanto, podríamos pronosticar el costo anual de mantenimiento, para un camión de cinco años que recorre 10,000 kilómetros en un año:



$$Y_t = 17.74 + 4.06 (10) + 98.51 (5) = S/. 550.89$$

Podemos llegar a la conclusión de que, para una edad constante del camión, el recorrido de mil kilómetros adicionales durante un año aumenta el costo del mantenimiento anual en S/. 4.06, y que un aumento de un año en la edad del camión, si los kilómetros recorridos son constantes, aumenta los costos anuales de mantenimiento en S/. 98.51.

1.3.7 CAPACIDAD

En títulos anteriores de pronósticos se analizó la manera como la empresa estima cuándo, dónde y cuanta será la demanda de sus artículos y/o servicios; luego la labor del administrador de operaciones es; analizar cómo puede satisfacer la empresa la demanda que se espera y para ello debe responder algunas interrogantes que serán el punto de partida para la planeación de la capacidad, tales como: ¿Cuánta capacidad necesita la organización para satisfacer la demanda anticipada del mercado?, ¿En qué momento se requiere esa capacidad?, ¿Cuánta capacidad tiene la empresa?, si la capacidad actual no es la adecuada, ¿Cómo se podrá aumentar o mejorar?, ¿Cómo manejará la empresa cualquier otra capacidad que pueda tener?.

Es el potencial de un trabajador, un centro de trabajo, una máquina, un proceso, una planta o una organización para fabricar productos en un tiempo específico. La capacidad puede ser medida en términos de megawatts de electricidad (compañía de electricidad), número de automóviles (fabricante de automóviles), número de camas (hospital), número de butacas (teatro o cine), algunas organizaciones utilizan el tiempo de trabajo disponible como una medida de la capacidad total.

Cuando un proceso consta de una serie de operaciones, su capacidad se determina por la operación que ocupa el lugar más bajo en la secuencia, a esta se le llama operación cuello de botella.

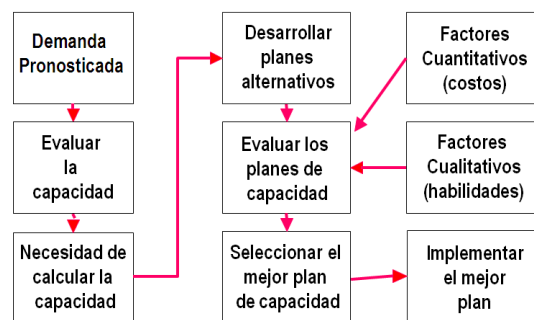


Figura 27. Planificación de la capacidad de los procesos
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

Planeación a largo plazo	Agregar instalaciones Agregar equipo con tiempo de entrega largo	*
Planeación a mediano plazo (PAP)	Subcontratar Agregar equipo Agregar turnos	Agregar personal Utilizar el inventario
Planeación a corto plazo (Programación)		* Programar trabajos Programar personal Asignar maquinaria
	Modificar la capacidad	Utilizar la capacidad

* Existen posibilidades limitadas



Figura 28. Tipos de planeación en un horizonte de tiempo
Fuente: Heizer y Render (2016)

1.3.8 CONSIDERACIONES DE LA CAPACIDAD

Pronosticar la demanda con exactitud

Cualquiera que sea el nuevo producto, se deben determinar las perspectivas y el ciclo de vida de los productos existentes. La administración debe saber cuáles productos se están agregando y cuáles descontinuando, así como sus volúmenes esperados.

Entender la tecnología y los incrementos en la capacidad

El número de alternativas iniciales puede ser muy grande, pero una vez que se establece el volumen, las decisiones sobre tecnología pueden apoyarse en el análisis de costo, los recursos humanos necesarios, la calidad y la confiabilidad.

Encontrar el nivel de operación óptimo (volumen)

La tecnología y los incrementos en la capacidad suelen dictar el tamaño óptimo de una instalación. Aquí es necesario analizar las economías y deseconomías de escala.

Construir para el cambio

Es necesario evaluar la sensibilidad de la decisión, probando varias proyecciones de ingresos para definir los riesgos potenciales. A menudo, los edificios se construyen en fases; y el equipo se diseña teniendo en mente las modificaciones necesarias para adaptarse a cambios futuros en el producto, la mezcla de productos y los procesos.

1.3.9 ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

Aún, teniendo un buen pronóstico e instalaciones construidas de acuerdo con éste, puede haber una correspondencia deficiente entre la demanda real y la capacidad disponible. Una correspondencia que la demanda deficiente significa que la demanda supera a la capacidad o que la capacidad excede a la demanda. Sin embargo, en ambos casos las empresas tienen alternativas.

La demanda excede a la capacidad

La empresa puede ser capaz de reprimir la demanda con el simple aumento de precios, programando tiempos de entrega más largos, y desestimulando otros negocios redituables marginalmente. Sin embargo, como instalaciones inadecuadas reducen los ingresos más de lo aceptable, la solución de largo plazo suele ser el incremento de la capacidad.

La capacidad excede a la demanda

La empresa puede desear estimular la demanda mediante reducciones de precio o marketing agresivo, o puede adaptarse al mercado a través de cambios en el producto. Cuando la disminución de la demanda del cliente se combina con procesos viejos e inflexibles, pueden ser necesarios despidos y cierres de planta para poner a la capacidad en línea con la demanda.

Ajuste a las demandas estacionales

Un patrón estacional o cíclico de demanda representa otro reto para la capacidad. En este caso la administración encuentra útil ofrecer productos con patrones de demanda complementarios, es decir, productos para los que la demanda es alta para uno cuando es baja para otro. Al complementar los productos adecuadamente, se puede suavizar la utilización de las instalaciones, del equipo y del personal.

1.3.10 TÁCTICAS PARA AJUSTAR CAPACIDAD A LA DEMANDA

1. Cambios en el personal (aumentar o disminuir el número de empleados o turnos).



2. Ajustes al equipo (comprar maquinaria adicional o vender o rentar el equipo existente).
3. Mejora de los procesos para aumentar la producción.
4. Rediseño de los productos para facilitar más producción.
5. Aumento de la flexibilidad del proceso para satisfacer de mejor manera las cambiantes preferencias de producto.
6. Cierre de instalaciones.

1.3.11 CAPACIDAD EN EL SECTOR SERVICIOS

En el sector servicios, la programación de clientes es el manejo de la demanda, y la programación de la fuerza trabajo es el manejo de la capacidad.

Manejo de la Demanda

Cuando la demanda y la capacidad tienen una buena correspondencia, a menudo el manejo de la demanda puede realizarse con citas, reservaciones o una regla del tipo PEPS. Los sistemas de reservaciones funcionan bien en agencias para la renta de automóviles, hoteles y algunos restaurantes como un medio para minimizar el tiempo de espera. Se pueden aplicar descuentos a madrugadores, en presentaciones matutinas o llamadas telefónicas los fines de semana.

Manejo de la Capacidad

Cuando el manejo de la demanda no es factible, una alternativa es manejar la capacidad a través de cambios en el personal de tiempo completo, eventual, o de tiempo parcial. Los hospitales pueden encontrar capacidad limitada por la falta de radiólogos certificados que quieren cubrir los turnos difíciles. Contar con lecturas radiológicas rápidas y confiables puede ser la diferencia entre la vida y la muerte de un paciente en la sala de emergencias.

1.3.12 DISEÑO DE LA CAPACIDAD

Es la máxima tasa posible de producción para un proceso, dados los diseños actuales de producto, mezcla de producto, políticas de operación, fuerza laboral, instalaciones y equipo.

1.3.13 CAPACIDAD DEL SISTEMA

También conocido como capacidad efectiva; es la mayor tasa de producción razonable que puede lograrse, y es menor que el diseño de la capacidad porque se necesita tiempo para desempeñar tareas como mantenimiento preventivo y ajustes cuando una empresa pasa de fabricar un producto a otro.

1.3.14 PRODUCCIÓN REAL

También conocido como capacidad real; es la tasa de producción lograda por el proceso. Esta es menor que la capacidad del sistema, sino también la capacidad real varía en el tiempo. Los desperdicios y el retrabajo, averías en las máquinas, capacidad limitada de la maquinaria, ausentismo de los trabajadores y otros factores contribuyen a disminuir las tasas reales de capacidad.

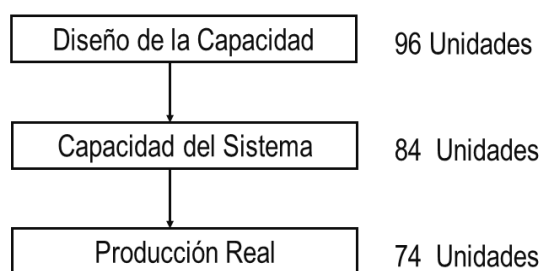


Figura 29. Tipos de planeación en un horizonte de tiempo
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

Ejemplo 1:

Muebles Gepetto, diseña y fabrica muebles de computadora de madera, trabaja cinco días a la semana durante ocho horas diarias y toma cuatro semanas de vacaciones cada año. En promedio la fabricación de cada mueble requiere 20 horas; también emplea cerca de tres horas/semana en mantenimiento preventivo y dos horas/semana en recoger el surtido. Los daños inesperados de las máquinas, el tiempo de enfermedad, el retrabajo y otros factores similares representan cerca de 200 horas por año. Calcular el diseño de la capacidad, la capacidad del sistema, la producción real y la capacidad útil.

$$D.C. = \frac{(8 \text{ r/d})(5 \text{ d/s})(48 \text{ s/a})}{20 \text{ h/u.}} = \frac{1920 \text{ h/a}}{20 \text{ h/u.}} = 96 \text{ unid./año}$$

$$C.S. = \frac{(1920 \text{ h/a}) - (240 \text{ h/a})}{20 \text{ h/u.}} = \frac{(1680 \text{ h/a})}{20 \text{ h/u.}} = 84 \text{ unid./año}$$

$$P.R. = \frac{(1680 \text{ h/a}) - (200 \text{ h/a})}{20 \text{ h/u.}} = \frac{(1480 \text{ h/a})}{20 \text{ h/u.}} = 74 \text{ unid./año}$$

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Diseño de la Capacidad}}$$

$$\text{Utilización} = 77 \%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad del Sistema}}$$

$$\text{Eficiencia} = 88 \%$$

$$\text{Capacidad Útil} = (\text{Diseño de la Capacidad}) (\text{Utilización}) (\text{Eficiencia})$$

$$\text{Capacidad Útil} = 65 \text{ Unidades}$$



Así que, si a Gepetto le solicitan 70 muebles de computadora, simplemente no aceptaría, ya que la capacidad útil es 65 unidades, si acepta estaría en riesgo de no poder cumplir el pedido.

Resolver:

Panadería Imperial procesa sus famosos panes Baggette. Sus instalaciones tienen una eficiencia del 90 % y la utilización es del 80 %. Se utilizan tres líneas de proceso para producir los panes. Las líneas operan siete días a la semana y tres turnos diarios de ocho horas. Cada línea se diseñó para procesar 120 panes por hora. ¿Cuál es la capacidad útil?

1.3.15 ESTRATEGIAS PARA LA CAPACIDAD

Las decisiones de capacidad deben estar integradas en la misión y la estrategia de la organización. Las inversiones no deben realizarse como gastos aislados, sino como parte de un plan coordinado para colocar a la empresa en una posición ventajosa. Las preguntas que deben hacerse son: ¿Estas inversiones nos permitirán ganar clientes en algún momento?, y ¿Qué ventajas competitivas (como flexibilidad del proceso, velocidad de entrega, mejoramiento de la calidad, etc.) obtendremos?

Supongamos que la Fábrica de muebles Gepetto desea aumentar el tamaño de su almacén. La capacidad de la tienda está claramente por debajo de la demanda actual y como se muestra a continuación Gepetto espera que la demanda continúe en aumento. ¿Debe hacer una serie de pequeños aumentos de capacidad o sólo unos pocos, pero más grandes? ¿Una de esas estrategias es mejor que la otra?

Cada año Muebles Gepetto rechaza más pedidos de muebles de computadora. Basado en su experiencia y en alguna investigación de mercado, estima que la demanda crece cerca del 20% anual. La demanda del año pasado (año 0) llegó a 100 unidades.

Muebles Gepetto duda entre incrementar poco a poco la capacidad contratando cada año un nuevo trabajador de tiempo parcial o tiempo completo, o mudarse a una nueva instalación y expandirse con mayor fuerza.

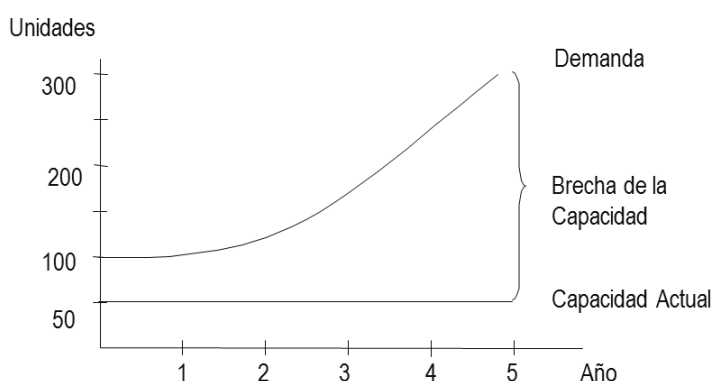


Figura 30. Brecha de la capacidad
Fuente: Los autores

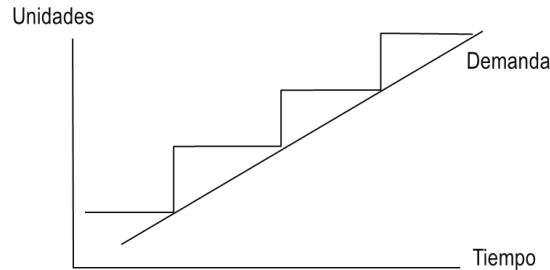
Ahora supongamos que Muebles Gepetto decidió llevar a cabo una serie de pequeños incrementos de capacidad. ¿Cuándo debe introducirlos? ¿Antes de que necesite realmente la capacidad adicional (enfoque proactivo)? ¿Después de que la demanda exceda la capacidad actual (enfoque reactivo)? ¿O debe mantener la capacidad lo más



cerca posible de la demanda esperada (enfoque de valor esperado)? Seguidamente se muestra estas tres estrategias.

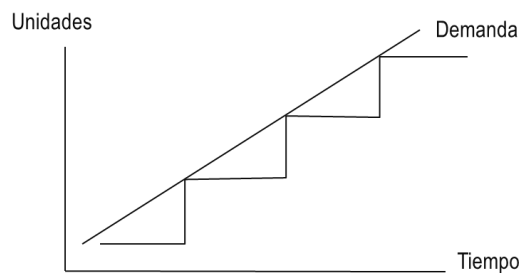
Estrategia proactiva (Expansionista)

Se anticipa a los requerimientos de capacidad previstos; mantiene una reserva positiva de capacidad.



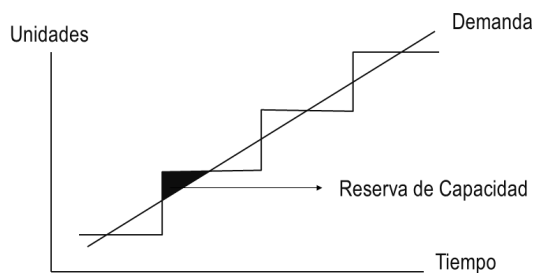
Estrategia reactiva (Conservadora)

Se aplica a medida que surgen las necesidades, mantiene una reserva pequeña, o incluso negativa de capacidad.



Estrategia de valor esperado (Intermedia)

Su propósito consiste en mantener la capacidad lo más cerca posible de la demanda esperada, no se tiene reserva de capacidad.



1.3.16 RESERVA DE CAPACIDAD

Es la cantidad de capacidad que una empresa mantiene por encima de la demanda esperada. Si la capacidad es menor que la demanda esperada, la empresa tiene reserva negativa de capacidad. ¿Cómo decide una empresa determinada opción? Un método posible consiste en estimar el costo por unidad del exceso de capacidad, así como el costo de agotarla, y luego estudiar la razón del exceso de capacidad a los costos de agotarla, o razón de capacidad (RC).



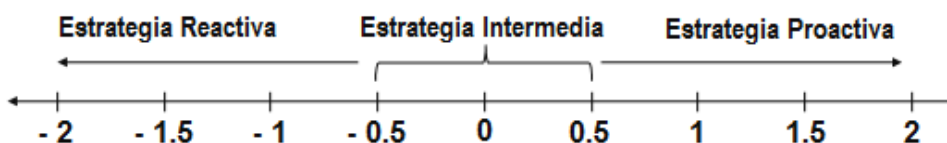
$$RC = \frac{C_A - C_E}{C_A}$$

Dónde:

R.C. = Razón de Capacidad

C_A = Costo de agotamiento por unidad

C_E = Costo de exceso de capacidad



Ejemplo:

Supóngase que Muebles Gepetto, está evaluando un proyecto de expansión de la capacidad. La empresa calcula que el exceso de capacidad durante la vida del proyecto, C_E , costará S/. 5 por unidad. ¿Cuánta capacidad debe proveer Gepetto en cada una de las situaciones siguientes?

SITUACIÓN 1: El costo anual de agotamiento, C_A , es S/. 5.50

$$R.C. = \frac{5.50 - 5.00}{5.50} = 0.09$$

Puesto que el valor de la razón es mayor que -0.5 pero menor que 0.5, debe aplicarse el enfoque de valor esperado o intermedio. El costo de agotamiento está, relativamente, cercano al costo del exceso de capacidad. Gepetto debe suministrar sólo la capacidad suficiente para satisfacer el promedio de la demanda prevista.

SITUACIÓN 2: El costo anual de agotamiento, C_s , es S/. 20.00

$$R.C. = \frac{20.00 - 5.00}{20.00} = 0.75$$

Debe, mantenerse una reserva de capacidad positiva puesto que el valor de la razón es mayor que 0.5. Es decir, Gepetto debe aplicar una estrategia proactiva o expansionista y establecer las necesidades con anticipación. Dado el alto costo de agotamiento (relacionado con el costo del exceso de capacidad), la empresa debe proveer capacidad suficiente para satisfacer más del promedio de la demanda prevista.

SITUACIÓN 3: El costo anual de agotamiento, C_s , es S/. 2.00

$$R.C. = \frac{2.00 - 5.00}{2.00} = -1.5$$

En esta situación debe ponerse en práctica una estrategia reactiva. El costo del exceso de capacidad es mayor que el costo de agotamiento; en consecuencia, Gepetto debe



garantizar que su capacidad actual se utilice por completo, antes de ampliar la instalación. Esto significa que Gepetto no podrá satisfacer el promedio de la demanda prevista.

1.3.17 LOS PRONÓSTICOS Y LOS REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD

La determinación de los requerimientos futuros de capacidad puede ser un procedimiento complicado, basado en gran parte de la demanda futura. Cuando la demanda de bienes y servicios se puede pronosticar con un grado razonable de precisión, la determinación de los requerimientos de capacidad puede ser directa. Normalmente requiere de dos fases. Durante la primera fase, la demanda futura se pronostica con los métodos tradicionales. Durante la segunda fase, este pronóstico se utiliza para determinar los requerimientos de capacidad. En el siguiente ejemplo utilizamos el análisis de regresión lineal, como una herramienta de pronóstico.

Supermercados Wong, vende varios miles de litros de yogurt cada mes. Debido a su expansión en ventas, el Administrador, desea saber cuándo programar la entrega del próximo congelador exhibidor. El desea tener un congelador por cada mil litros vendidos al mes. Ahora el dispone de cinco congeladores exhibidores. Utilizando la regresión lineal determine en qué mes necesitará el siguiente congelador, es decir ¿en qué mes excederá la capacidad de cinco mil libras?

Las ventas para los primeros cinco meses se muestran a continuación:

Litros	Mes
4200	1
4100	2
4400	3
4600	4
4500	5

Seguidamente se tiene que determinar la ecuación de la recta. Para eso, hacemos uso de Winqbs, en el menú pronósticos, aplicando la regresión lineal, cuyo resultado es:

$$Y_t = 4030 + 110X$$

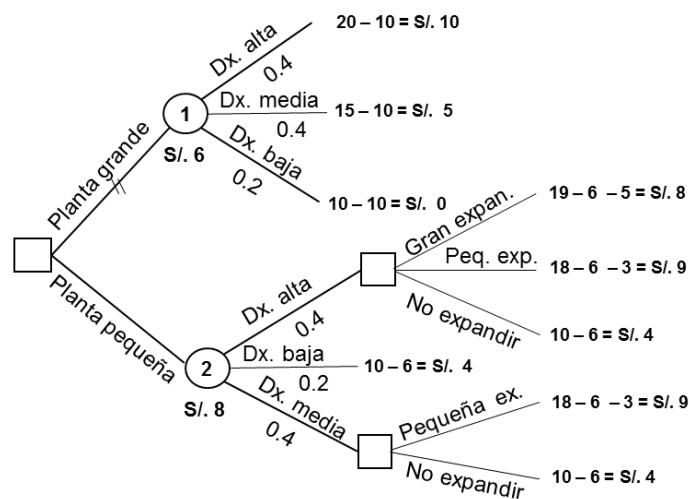
Actualmente se cuenta con una capacidad para 5000 libras, lo cual es 970 libras más (5000 – 4030). Con un crecimiento mensual de 110 libras ¿Cuántos meses le llevará alcanzar las 970 libras?. Será $970 / 110 = 8.82$ meses. Por lo tanto, durante el octavo mes el administrador necesitará un congelador adicional.

1.3.18 ÁRBOLES DE DECISIÓN

Considérese el problema de decidir qué tan grande debe ser la construcción inicial de una planta y después cuanto expandirla si las circunstancias lo ameritan. La decisión inicial de la Administración involucra la construcción de una planta grande o una pequeña, sin embargo, no se está segura de cuál será la demanda y ha decidido clasificarla en alta, media y baja, con probabilidad de 0,4; 0,4 y 0,2 respectivamente. El costo de una planta



grande es 10 millones de soles y de una pequeña 6 millones de soles; si se construye una planta grande, ésta será adecuada para cualquier demanda posible, los rendimientos de operación bonificados con una demanda alta, media y baja son 20, 15 y 10 millones de soles respectivamente, mientras que una planta pequeña será adecuada para una demanda baja y la administración quiere considerar la posibilidad de expansión si la demanda resulta ser alta o mediana. Si la demanda es alta, la administración puede seleccionar una expansión grande, una pequeña o no expandir y si la demanda es moderada sólo se considerará una expansión pequeña o no expandir. La expansión grande costará 5 millones de soles, una pequeña 3 millones de soles. Desafortunadamente, si ocurre una demanda alta la planta no puede expandirse con la suficiente rapidez como aprovechar toda la demanda. Sólo se obtendrán 19 millones de soles por el rendimiento operativo si se opta por una excepción grande y 18 millones de soles por la pequeña expansión. Si se opta por no expandir se obtendrán 10 millones de soles de rendimiento, la misma cantidad que si hubiera nada más una demanda baja. Desarrolle el Plan Óptimo y haga comentarios sobre el riesgo del Plan.



$$VEM (1) = 0.4 (S/. 10) + 0.4 (S/. 5) + 0.2 (0) = S/. 6$$

$$VEM (2) = 0.4 (S/. 9) + 0.4 (S/. 9) + 0.2 (S/. 4) = S/. 8$$

Como el VEM (2) es mayor que el VEM (1), representa la mejor decisión; es decir se debería construir una planta pequeña.

1.4 DISEÑO DE BIENES Y SERVICIOS

Los productos buenos son la clave del éxito. Cualquier característica que no responda a una excelente estrategia de producto puede ser catastrófica para una empresa. Para maximizar su potencial de éxito, las mejores corporaciones sólo se enfocan en unos cuantos productos y luego se concentran en ellos. Una estrategia efectiva de producto vincula las decisiones de producto con la inversión, la participación en el mercado y el ciclo de vida del producto y define además el alcance de la línea de productos. El objetivo de la decisión de producto es desarrollar e implementar una estrategia de producto que satisfaga las demandas del mercado con una ventaja competitiva.

La introducción de nuevos productos constituye hoy en día uno de los planes de acción fundamentales para alcanzar la ventaja competitiva. El escenario donde las empresas se mueven actualmente sugiere que las dificultades e incertidumbre asociados al desarrollo de nuevos productos y mejoras en los productos están creciendo, lo mismo que la presión para una mayor rapidez en su desarrollo. Aquellas que no lo hacen no sobreviven.

1.4.1 CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS

Los productos nacen, viven y mueren. La sociedad cambiante los hace a un lado. Para la Gerencia de Operaciones, lo importante de este patrón es la relación que pueda existir entre cada una de las etapas que lo componen y las decisiones a tomar y/o actuaciones a emprender. Esta no sólo ha de estar preparada para lanzar nuevos productos, sino que, además, ha de ser capaz de reforzar la línea o líneas de los ya existentes; estos últimos han de ser examinados periódicamente, tanto para comprobar en qué etapa del ciclo de vida se encuentran (auditoria del ciclo de vida) como para determinar la posible necesidad de modificaciones o de reforzar el diseño existente. Debe tenerse presente que la Estrategia de Operaciones y la tecnología productiva a emplear varían a lo largo del ciclo de vida, en cuanto a los aspectos básicos como estandarización, volumen de fabricación y ventas, variedad de la gama, estructura del sector industrial o estructura competitiva difieren en cada etapa.

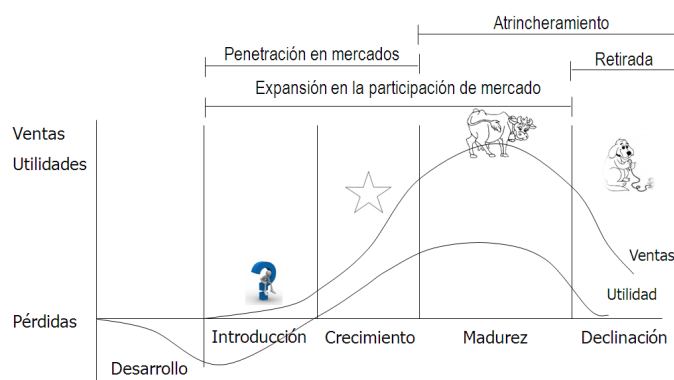


Figura 31. Ciclo de vida de los productos y estrategias
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

Las diferentes etapas del ciclo de vida demandan diferentes estrategias. Así, los productos que se encuentran en la etapa de introducción suelen requerir desembolsos especiales destinados a proseguir esfuerzos de investigación, desarrollo de productos, modificaciones y mejoras del proceso y desarrollo de acuerdo con las características del mercado y buscar un proceso productivo adecuado. Durante esta etapa el producto aún no está perfeccionado, ni en lo que se refiere a su proceso; tampoco se sabe si gozará de una amplia aceptación de la clientela.

A lo largo de la etapa de crecimiento, en el que las ventas crecen más que proporcionalmente, se va recabando suficiente información sobre preferencias de los consumidores, lo que permite iniciar la estandarización del producto, o ajuste del proceso, la definición de la estrategia a seguir y los rasgos del producto que se resaltarán en su comercialización. En esta fase, los esfuerzos habrán de concentrarse en conseguir estimaciones eficaces de la capacidad necesaria, pudiendo ser necesario aumentar la



existente para poder atender al incremento en la demanda del producto. Se trata, por tanto, de una etapa especialmente crítica porque el proceso productivo debe prepararse para elaborar, en un tiempo relativamente corto, cantidades crecientes del producto dentro de unos límites de calidad, costo y tiempo de entrega razonables. El proceso debe, por tanto, estar preparado para este momento, lo cual hace que sea necesario sentar las bases que, en un futuro, permitan desplazarse desde unas configuraciones de fabricación a medida y por lotes de tipo batch a una fabricación en línea. Además del costo que esto supone, no debe olvidarse el esfuerzo en publicidad que debe acompañar a esta transformación.

La etapa de madurez suele caracterizarse por la progresiva saturación del mercado, lo que lleva a que las ventas se estabilicen a lo largo del tiempo. Cuando el producto alcanza su madurez los problemas a afrontar por la Dirección de Operaciones varían siendo esencial mantener durante el mayor tiempo posible el alto nivel de demanda que se generó durante la etapa anterior. Lo adecuado en esta fase suele ser aumentar al máximo el volumen de producción y reducir la innovación. Numerosas empresas se toman, en cierto sentido, más vulnerables a los cambios de la demanda, en cuanto que se han concentrado en la fabricación de un núcleo reducido de artículos, lo que limita su flexibilidad. No obstante, una empresa con productos en su fase de madurez puede esforzarse por mejorar sus procesos productivos con el objetivo de mejorar los costos y aumentar la calidad; aunque esta última es siempre un factor de peso en la aceptación de un artículo, es particularmente importante durante su madurez.

La cuarta y última fase de los productos es el declive. Se precisa la mayor determinación posible por parte de la Dirección en la eliminación de aquellos productos cuya vida se extinga o esté próxima a ello. Aquí es posible poner en práctica el canibalismo en la fabricación. Esta eliminación parte de la aplicación del principio de Pareto al mix de productos: los recursos han de invertirse en unos pocos productos críticos y no en muchos triviales. Una de las técnicas empleadas para abordar en la eliminación de los productos que han alcanzado su fase de declive, o la alcanzarán próximamente, es ordenarlos en orden decreciente de su contribución unitaria a la empresa; también es posible utilizar la clasificación ABC, según la cual se elaboran categorías en función de la contribución total anual de los productos. Estos informes permiten a la Dirección evaluar las diferentes estrategias posibles para cada producto, entre las cuales pueden encontrarse las encaminadas a incrementar los cash flows, la penetración en el mercado o la reducción de costos.

No debe olvidarse que algunos productos, tras atravesar su etapa de madurez, no entran en la etapa de declive, sino que se consolidan en el mercado, como bienes básicos. Aún en este caso, la Administración de Operaciones no debe abandonar la actitud proactiva, buscando formas de mejorarlos y complementarlos.

La duración del Ciclo de Vida de un producto depende básicamente de la naturaleza del propio producto. Así un diario matinal tiene un ciclo de duración máxima de un día, las revistas de modas pueden tener la duración de cada estación, un calendario tendrá una vida de un año. Otro factor crítico relacionado con la duración y forma del ciclo de vida es la tremenda mortalidad de los nuevos productos, de los que sólo un pequeño porcentaje llega a su madurez.



El gráfico anterior, muestra las relaciones existentes entre las ventas del producto, el costo asociado y el beneficio obtenible a lo largo del ciclo de vida. Es normal que durante la etapa de introducción y crecimiento los cash flow generados por el producto sean negativos; cuando éste se consolida se recuperan las pérdidas iniciales. En algunos casos, el beneficio se obtiene antes de alcanzar la etapa de declive; no obstante, al llegar a esta fase decrecerá. Esta situación requiere que, continuamente, se estén introduciendo nuevos productos y que la Dirección de Operaciones desarrolle una participación proactiva. Como ya lo comentamos anteriormente, la continua sustitución de productos puede hacer que los beneficios de los más antiguos ayuden a financiar las primeras etapas de los nuevos y así sucesivamente.

1.4.2 GENERACIÓN DE OPORTUNIDADES DE UN NUEVO PRODUCTO

Dada la tendencia actual del mercado, la selección y diseño del producto se realiza en forma continua en el tiempo. Los cinco factores que afectan las oportunidades surgidos de la evolución del mercado son:

Cambio económico

Mientras que la disponibilidad de fondos de las familias crece a largo plazo, se producen cambios en los ciclos económicos y en los precios a corto plazo. Así, aunque a largo plazo la mayor cantidad de personas puedan tener medios para un automóvil, pero a corto plazo un cambio en los precios de los combustibles puede alterar la demanda de los automóviles.

Cambios sociológicos y demográficos

Los hábitos y necesidades de los consumidores están cambiando. Aumenta la demanda de comidas rápidas y de bajas calorías, aparecen vehículos de mínimas dimensiones, la disminución del número de integrantes de las familias hace que la preferencia de las casas, departamentos y automóviles se altere.

Cambios tecnológicos

Ha impulsado la caída de numerosas barreras en el campo del conocimiento. Es posible tener operaciones quirúrgicas mediante la cirugía laparoscópica, corazones artificiales, asistir a unas video - conferencias mundiales, usar el correo electrónico.

Cambios políticos legales

Genera la aparición de nuevos acuerdos sobre el comercio, tarifas, contratos del gobierno.

Otros cambios

Que pueden ser el resultado de las prácticas comerciales, requisitos profesionales, relaciones con los clientes, proveedores y distribuidores.

Los responsables de las operaciones deben estar al tanto de la evolución de los mencionados factores y ser capaces de anticipar los posibles efectos sobre sus productos.

1.4.3 SELECCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Las opciones de estrategia de producto apoyan la ventaja competitiva. El diseño de producto puede manifestarse en:

Conceptos: Nike, transformó el calzado deportivo en un artículo utilitario y reinventa las partes del calzado.

Tecnología: VisiFone de Viseon, llamadas con video con conexión a internet

Empaque: Dutch Boy de Sherwin Williams, con su recipiente cuadrado para girar y vaciar

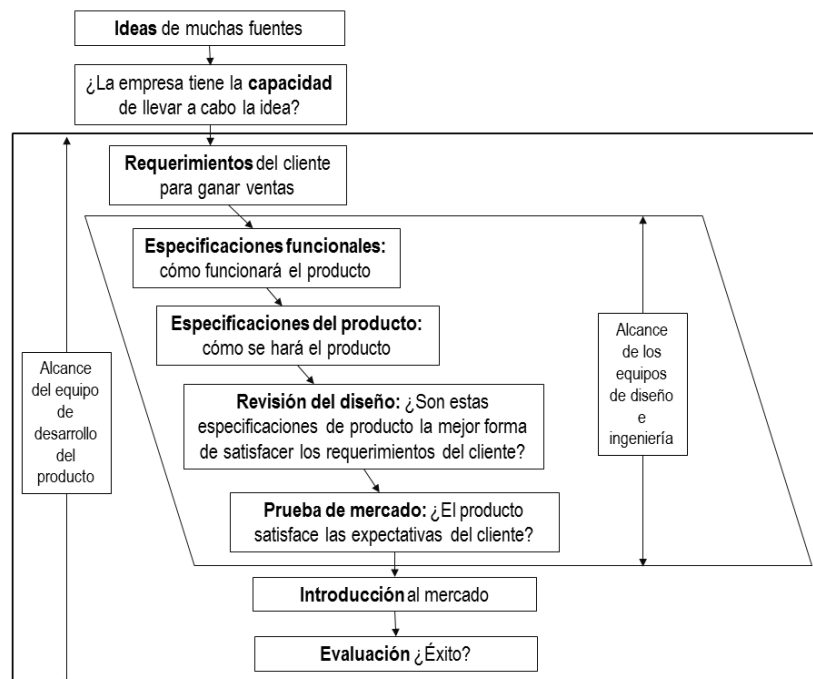


Figura 32. Etapas del desarrollo del producto.
Fuente: Hanna (2014)

1.4.4 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD - QFD

Proceso utilizado para determinar los requerimientos (ó deseos) del cliente y traducirlos en atributos (los cómo) que cada área funcional pueda entender para actuar. La idea es captar un buen entendimiento de los deseos del cliente e identificar las soluciones de proceso alternativas. Esta información se integra en el diseño del producto en evolución. El QFD se usa al inicio del proceso de diseño para ayudar a determinar qué satisfará al cliente y dónde desplegar los esfuerzos sobre la calidad.

Casa de la calidad

Es una matriz de planeación para relacionar los "deseos" del cliente con "cómo" la empresa va a cumplir esos "deseos". Pasos para su construcción:

- Identificar lo que el cliente desea. ¿Qué quieren encontrar los clientes potenciales en este producto?
- Identificar cómo el producto y/o servicio satisfará los deseos del cliente. Identificar características, rasgos o atributos específicos del producto y mostrar cómo van a satisfacer los deseos del cliente.
- Relacionar los deseos del cliente con los cómo del producto. Construir una matriz, que muestre esta relación.
- Identificar las relaciones entre los cómo de la empresa. ¿Cómo se vinculan entre sí nuestros cómo?
- Desarrollar clasificaciones de la importancia. Empleando las clasificaciones y ponderaciones de importancia que proporciona el cliente a las relaciones que se muestran en la matriz, se calculan nuestras clasificaciones de importancia.

- Evaluar los productos de la competencia. ¿Qué tan bien satisfacen los productos competidores los deseos del cliente? Se basa en una investigación de mercado.
- Determinar los atributos técnicos deseables, su desempeño, y el desempeño de la competencia frente a estos atributos. Esto se hace en la parte inferior de la figura.

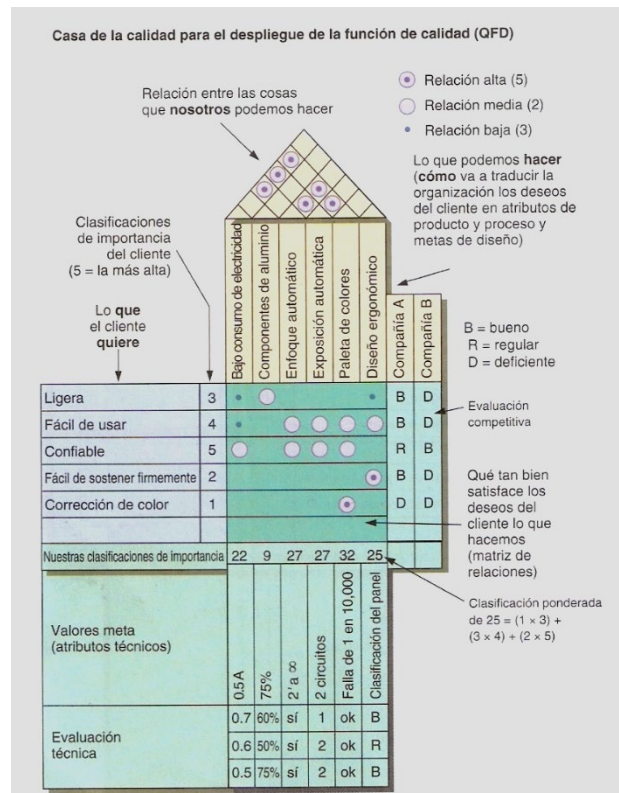


Figura 33. Casa de la calidad
Fuente: Render y Heyzer (2016)

1.4.5 AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS

La capitalización de la nueva tecnología, el uso de la flexibilidad y velocidad como ventajas competitivas, son necesarios para mejorar la productividad de las operaciones. Puesto que los administradores los consideramos esenciales para hacer competitivos los productos y servicios en los mercados mundiales.

Los especialistas en manufactura mencionan los cambios actuales y previstos en la tecnología y en la automatización como la "fábrica del futuro". La fuerza que impulsa a esta fábrica estará a cargo de series con computadoras digitales. Algunos autores mencionan estas computadoras como sistemas de manufactura flexibles (FMS), que son sistemas en donde están integrados las estaciones de trabajo, el transporte, el manejo automático de materiales y el control por computadora.

Diseño asistido por computadora (CAD)

Uno de los enfoques actuales más importantes para el proceso de diseño del producto es el CAD. Puede definirse como la elaboración de todos los procesos de diseño mecánico o estructural de un producto o componente, en una terminal de computador especialmente equipada. Los ingenieros diseñan por medio de una combinación de controles de la consola y un fotocaptor tipo estilógrafo que dibuja en la pantalla del computador o en una



tablilla electrónica. Se pueden ver las perspectivas al hacer girar el producto en la pantalla, y se pueden ampliar los componentes para examinar características específicas. En algunos programas de computación más complejos, existe la posibilidad de efectuar pruebas en pantalla que reemplacen las primeras fases de pruebas y de modificación de prototipos. Se utiliza para diseñar de todo, desde circuitos de computador hasta papas fritas.

Manufactura asistida por computadora (CAM)

Los sistemas CAM, controlan las operaciones de las máquinas herramientas en la planta. En general, las máquinas pueden realizar una gran variedad de trabajos, y no sólo uno, y la memoria de la máquina recibe instrucciones desde una computadora sobre la secuencia y las especificaciones de sus operaciones. El CAM ofrece varios beneficios. Las operaciones de máquinas son en general más confiables que las que realizan los operadores más hábiles, la calidad del producto es más consistente de una unidad a otra, se pueden reducir las tolerancias más pequeñas y los costos de mano de obra son menores porque se requiere menos tiempo de operación.

Estos beneficios, por supuesto, no se tienen libres de costo. Ingeniería de manufactura debe diseñar el equipo y el software que rigen el funcionamiento de las máquinas. Ellos trabajan a base de diseños de ingeniería para asegurar un conjunto que funcione y que los procesos de manufactura y diseño de productos y componentes sean económicamente factibles. Aún más, desde el punto de vista de producción, el equipo y el software deben de proporcionar capacidades de cambio para poner en marcha una producción flexible y lograr un desempeño confiable para satisfacer los programas de producción para los distintos componentes y productos. Los programas de computadora pueden ser almacenados en la base de datos de manufactura, recuperados, actualizados y revisados a medida que se añaden componentes o se rediseñan o se tiene acceso a ellos, de acuerdo con las necesidades de producción y son transmitidas electrónicamente a otras divisiones e instalaciones.

La tecnología CAD actual se ha ramificado para ofrecer datos a los departamentos de herramientas, y para producir un programa de computadora para maquinaria controlada numéricamente (NC). De esta manera se integran el CAD y el CAM, su resultado es el CAD/CAM. De esta manera la programación inicial generada en el nivel de diseño, puede usarse para crear un programa de computadora que será utilizado no solamente por los departamentos de dibujo, sino también por los departamentos de herramientas y de manufactura, debido a que la información de CAD está disponible para el uso posterior por otros, el personal de diseño de herramientas y los programadores de máquinas de control numérico resultan beneficiados.

Control numérico (NC)

Los recientes desarrollos de microprocesadores han incrementado la flexibilidad del equipo, particularmente cuando se manufacturan partes discretas. Esta es una consecuencia de la facilidad con que las máquinas pueden ser reprogramadas ahora, debido a la tecnología de la información. La transición de controles manuales y mecánicos al control electrónico ha permitido esta flexibilidad. Las máquinas sin memoria de computadora, pero que se controlan por papel o cinta magnética son llamadas máquinas de control numérico (NC). Las máquinas que tienen su propia memoria son llamadas maquinaria de control numérico por computadora (CNC). El control electrónico se lleva a cabo mediante la escritura de programas de computadora para controlar una máquina. La salida de la máquina es entonces el producto.



Robots

Un robot es una máquina mecánica que es programable, lo que significa que una secuencia de movimientos puede ser preestablecida para que se repita una y otra vez, y luego se le puede ordenar para que realice otra secuencia de movimientos. Los robots reemplazan a los seres humanos en algunos trabajos pesados, sucios, peligrosos o desagradables, donde la naturaleza del mismo es rutinaria. El arte de seleccionar robots para diversas aplicaciones se denomina robótica. La ventaja principal de los robots sobre los trabajadores humanos es que su rendimiento nunca varía. Los niveles de calidad se mantienen sin distracción o fatiga, siendo la confiabilidad mayor; trabajando día tras día. Desde el punto de vista económico un robot se justifica.

Ejemplo:

Esta aplicación de la robótica está dirigida al reemplazo de un empleado por turno en una rutina de tareas repetitivas que tanto el robot como el empleado pueden hacer igualmente. Un robot instalado tiene un costo de S/. 68,000. La planta trabaja tres turnos por día, cinco días a la semana y 47 semanas por año. Los salarios y las prestaciones totales tienen un promedio de S/. 9.25 por hora en las instalaciones. En este trabajo el ausentismo promedió 11 por ciento el año anterior. Por cada hora que el equipo está parado por ausentismo, la empresa pierde una contribución de cinco soles a la producción, que no pueden ser recuperados. Se espera que el robot esté no disponible uno por ciento del tiempo y se espera que tenga una vida útil de tres años. ¿La empresa debe realizar la inversión basándose en este análisis económico?

Solución:

Cada turno es de 8 horas

3 turnos X 8 horas = 24 Horas/día

Horas por año = 24 horas/día X 5 días/ semana X 47 semanas/año = 5,640 horas/año

Costo total de salarios horas/año = 5,640 horas/año X S/. 9.25 = S/. 52,170.00

Ausentismo de trabajadores 11% de horas/año = 620.40 horas

Costo del ausentismo = S/. 5.00 X 620.40 horas = S/. 3102.00

Robot no disponible 1% = 56.40 horas

Costo del robot no disponible = S/. 5.00 X 56.40 horas = S/. 282.00

Horas que trabaja el hombre = 5,640 – 620.40 = 5019.60 horas

Horas que trabaja el robot = 5,640 – 56.40 = 5583.60 horas

ROBOT:

Costo S/. 68000.00

Robot no disponible 282.00

Costo en un año S/. 68282.00 En tres años será: S/. 68846.00

EMPLEADO:

Salarios S/. 52,170.00

Ausentismo 3,102.00

Costo en un año S/. 55,272.00 En tres años será: S/. 165,816.00



Por lo tanto, se puede justificar la adquisición del robot desde el punto de vista económico.

Segunda unidad CALIDAD EN LAS OPERACIONES

2.1 GESTIÓN DE LA CALIDAD

Las características del mercado actual están provocando grandes retos para las empresas, que se ven en la necesidad de buscar nuevos métodos y estrategias que les permita ser más competitivas. Uno de los métodos más eficaces para alcanzar esta ventaja competitiva, es la asunción de un modelo de calidad por parte de la empresa, centrado en la mejora continua y en la búsqueda de la satisfacción del cliente y de los grupos de interés.

Al tener en cuenta los procesos necesarios para la elaboración de los productos o la prestación de servicios, las empresas adquieren una visión más clara de las tareas y actividades que realmente son necesarias y de la forma en la que interactúan unas con otras. Esta perspectiva permite comprender mejor los procesos y alcanzar, de manera progresiva, resultados más eficientes. La validez y el reconocimiento de este enfoque para alcanzar la Calidad, viene avalado por los diversos modelos de gestión de la calidad y normas de referencia, como es el caso de la familia ISO 9000.



2.1.1 EL ENFOQUE DEMING

W. Edwards Deming ha subrayado el papel que la gerencia debe tomar para mejorar la calidad. Deming ha subrayado el papel que la gerencia debe tomar para mejorar la calidad. Deming define la calidad como mejora continua de un sistema estable. Esta definición recalca dos cosas. Primero, todos los sistemas (administrativo, de diseño, de producción y de ventas) deben ser estables en un sentido estadístico. Esto requiere que se tomen la medición de los atributos de la calidad en toda la compañía y que se vigilen todo el tiempo. Si estas mediciones tienen una variación constante, alrededor de un promedio constante, el sistema es estable. El segundo aspecto de la definición de Deming es la mejora continua de los sistemas para reducir la variación y satisfacer mejor las necesidades del cliente

Los principios generales que Deming propone son los siguientes:



1. Crear constancia de propósito hacia el mejoramiento de productos y servicios con objeto de ser competitivo y permanecer en el negocio a largo plazo, más que utilidades a corto plazo.
2. Adoptar la nueva filosofía rehusándose a permitir niveles comúnmente aceptados de equivocaciones, defectos, retrasos y errores. Aceptar la necesidad de cambio.
3. Abandonar la dependencia de inspección en masa. En su lugar confiar en la elaboración de la calidad dentro del producto la primera vez y en medios estadísticos para controlar y mejorar la calidad.
4. Dejar la práctica de conceder negocios teniendo como base la marca del precio únicamente. En su lugar minimizar el costo total. Reducir el número de proveedores, eliminando aquellos que no pueden proporcionar evidencia de control estadístico de proceso.
5. Mejorar constantemente, y para siempre, los sistemas de producción para mejorar la calidad y la productividad y entonces reducir costos.
6. Instituir la capacitación en el trabajo para todos los empleados.
7. Dirigir la gerencia y los supervisores al liderazgo de sus empleados para ayudarlos a realizar un mejor trabajo.
8. Eliminar el temor. No culpara a los empleados por "problemas de los sistemas". Impulsar la comunicación efectiva en dos sentidos. Eliminar la administración por control.
9. Romper las barreras entre departamentos. Alentar el trabajo en grupo entre las diferentes áreas tales como investigación, diseño, manufactura y ventas.
10. Eliminar programas, exhortaciones y mensajes que soliciten nuevos niveles de productividad sin proporcionar mejores métodos.
11. Eliminar cuotas arbitrarias, estándares de trabajo y objetivos que interfieren con la calidad. En su lugar utiliza el liderazgo y la mejora continua del proceso de trabajo.
12. Eliminar las barreras (sistemas pobres y gerencia pobre) que le eviten a la gente el orgullo de su trabajo.
13. Impulsar la educación de larga vida y la automejora de todos los empleados.
14. Poner a cada uno a trabajar para poner en marcha estos catorce puntos.

Deming subraya que los ejecutivos deben administrar a largo plazo y no sacrificar la calidad por ganancia a corto plazo. Cree que la excesiva atención a los reportes trimestrales acerca de las ganancias y los objetivos a corto plazo han distraído a los dichos ejecutivos y no han puesto su atención en el servicio al cliente y en la mejora a largo plazo de la calidad. También argumenta, como otros, que la gerencia debe dejar de depender de la inspección para lograr la calidad y en su lugar esforzarse más en la previsión de los defectos. Deming sugiere que esto debe llevarse a cabo mediante la capacitación de todos los empleados, una buena supervisión y el uso de procedimientos estadísticos.

Deming continúa con la exhortación a la gerencia para romper las barreras entre los departamentos y fomentar el que la gente trabaje junta para producir productos y servicios de calidad. Piensa que muchos de los estándares de trabajo, sistemas de pago por comportamiento individual y cuotas, utilizadas por las compañías provocan una forma de competencia entre los individuos y departamentos, lo que impide una mejora de la calidad.

2.1.2 LOS COSTOS DE LA CALIDAD

Una idea poderosa en el área de calidad es el calcular el costo de la misma. Éste es el costo de no satisfacer los requerimientos del cliente, el costo de hacer las cosas mal. El costo de la calidad incluye categorías de prevención, valuación y falla. Todos éstos son costos de no



hacer las cosas correctamente la primera vez. Al asignar un costo a la calidad, este puede ser administrado y controlado como cualquier otro costo. Dado que los gerentes hablan el lenguaje del dinero, el poner la calidad en términos de costo ofrece un medio muy poderoso de comunicación y control.

En la mayoría de las compañías no se tiene idea de cuánto gastan en planear y controlar la calidad. Aquellos que han medido estos costos encuentran que ascienden alrededor del 30% de las ventas, con rangos de 20 a 40%. En virtud de estas cifras son mayores que los márgenes de utilidad en muchas compañías, una reducción en el costo de la calidad puede conducir a una mejora significativa en la ganancia. Las empresas mejor administradas han sido capaces de reducir sus costos de calidad del 30% de las ventas a valores tan pequeños como el 3% en un periodo de varios años. Esto se ha hecho en tanto se mejora la calidad del producto. El potencial para lograr esto en la mayoría de las compañías permanece sin explotar.

El costo de la calidad se puede dividir en dos componentes: costos de control y costos de falla. Los costos de control están relacionados a las actividades que eliminan defectos en el tren de producción. Esto puede hacerse en dos formas: mediante la prevención y la valuación. Los costos de producción incluyen actividades tales como la planeación de la calidad, revisiones de nuevos productos, capacitación y estudios de ingeniería. Estas actividades anteceden a la producción y se llevan a cabo para prevenir defectos antes de que ocurran. La categoría de los costos de control comprende la valuación o inspección con objeto de eliminar defectos después de que ocurren, pero antes de que los productos lleguen al cliente.

Se incurren en los costos de falla ya sea durante el proceso de producción (internos) o después de que el producto se embarca (externos). Los costos de falla internos incluyen reglones tales como: tirar a la basura, retrabajos, bajar la calidad y maquinarse a destiempo. Los costos de falla externos incluyen cargos por garantía, artículos regresados, bonificaciones, etc. El costo total de la calidad puede entonces expresarse como una suma de los siguientes costos

$$\text{Costo total de la calidad} = \text{Costos de control} + \text{Costos de falla}$$

Costos de prevención

- Planeación de la calidad: Costos de la preparación de un plan completo, numerosos planes especializados, manuales de calidad, procedimientos.
- Revisión de nuevos productos: Revisión o preparación de especificaciones de calidad para nuevos productos, evaluación de nuevos diseños, preparación de pruebas y programas experimentales, evaluación de proveedores, estudios de mercadotecnia para determinar los requerimientos de calidad de los clientes.
- Capacitación: Desarrollo y conducción de programas de capacitación.
- Planeación del proceso: Diseño y desarrollo de dispositivos de control de proceso.
- Datos de la calidad: recolección de datos, análisis de los mismos, elaboración de reportes.
- Proyectos de mejoramiento: Investigaciones planeadas de falla dirigida a problemas crónicos de calidad.

Costos de evaluación



- Inspección de materiales de entrada: El costo de determinar la calidad de la materia prima de entrada.
- Inspección de procesos: Todas las pruebas, procedimientos de muestreo e inspecciones realizadas mientras se está elaborando el producto.
- Inspección del producto final: Todas las inspecciones o pruebas realizadas al producto final en la planta o en el campo.
- Laboratorios de calidad: El costo de operación de laboratorios de calidad para inspeccionar materiales en todas las etapas de la producción.

Fallas internas

- Desperdicios: El costo de la mano de obra y material de producto que no se puede utilizar o vender.
- Reprocesamiento: El costo de rehacer el producto que se puede lograr que éste conforme a los requerimientos.
- Degradación: Producto que puede venderse a menos de su precio de lista debido a problemas de calidad.
- Revisión: El costo de la inspección y pruebas después del reproceso.
- Pérdida de tiempo: Instalaciones y personal ocioso debido a fallas de calidad.

Fallas externas

- Garantía: El costo de bonificaciones o reposición de productos en garantía.
- Mercancías devueltas: Mercancía que es regresada al vendedor.
- Demandas: El costo de concesiones realizadas a los clientes debido a una calidad por debajo de estándar.

2.2 LEAN MANUFACTURING

Lean manufacturing, tiene su base en las 7 Mudas. Muda es una palabra japonesa que significa "ociosidad, inutilidad, desperdicio que fue utilizado inicialmente en Toyota Production System conocido como manufactura esbelta (lean manufacturing) como uno de los tres tipos de residuo (muda, mura, mun), todo ello con el objetivo de aumentar la rentabilidad.

2.2.1 Lean

Es un poderoso antídoto para la muda. Este proporciona un método para especificar valor, alinear las acciones creadoras de valor de acuerdo con la secuencia óptima, llevar a cabo estas actividades sin interrupción siempre que alguien las solicite y realizarlas de forma cada vez más eficaz. Lean proporciona un método de hacer más y más con menos y menos (menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio), al tiempo que se acerca más y más a ofrecer a los clientes aquello que quieren exactamente. Además, proporciona un modo de trabajar más satisfactorio ofreciendo un feedback inmediato de los esfuerzos para convertir muda en valor.

2.2.2 Tipos de lean.

Para Hernández y Vizán (2013), "La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas", los tipos de la metodología lean son:

- **Lean Management.** – Basado en la eliminación de desperdicios en administración.



- **Lean logistic.** – Basado en la eliminación de desperdicios en logística y operaciones.
- **Lean health care.** - Basado en la eliminación de desperdicios en servicios de salud.
- **Lean accounting.** - Basado en la eliminación de desperdicios en contabilidad.
- **Lean UX.** - Basado en la eliminación de desperdicios en sistemas de programación.
- **Lean Star Up.** - Basado en la eliminación de desperdicios en negocios emergentes.
- **Lean Service.** - Basado en la eliminación de desperdicios en empresas de servicios.
- **Lean Office.** - Basado en la eliminación de desperdicios en oficinas.

En necesario mencionar que la metodología lean basada y enfocada culturalmente en la filosofía japonesa no solo se enfoca en la producción si no en el entorno que genera la misma producción desde el mismo operario hasta el directivo todos deben estar comprometidos para implementarla.

2.2.3 Proceso de implementación del lean manufacturing

- **Lean manufacturing.**

El propósito de lean manufacturing es crear productos de alta calidad en el ritmo que el cliente lo necesita con poco o nada de desperdicio de recursos. El sistema de producción debe estar diseñado para eliminar desperdicio en cada área desde la producción hasta las relaciones con los clientes, pasando por el diseño del producto, los proveedores y el manejo de los almacenes. Otra forma de definir el propósito de lean manufacturing, es producir lo requerido, en el momento requerido y en la cantidad requerida, tratando de eliminar los desperdicios y siguiendo un flujo continuo en todo el sistema, desde almacenes hasta la entrega del producto al cliente.

- **Especificar el valor**

Los puntos de partida básico para el pensamiento lean, es el valor. El valor sólo puede definirlo el consumidor final, y solamente es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico (bien y/o servicio) que satisface las necesidades del consumidor a un precio concreto, en un momento determinado. El valor lo crea el productor. Desde el punto de vista del cliente, esta es la razón por la que existen productores. No obstante, por muchas razones, es muy difícil definir el valor de modo preciso por parte de los productores; sin embargo, los ejecutivos de las empresas hablan de sus problemas de competitividad a corto plazo (necesidad de conseguir beneficios) y las consecuentes iniciativas de recorte de costos, éstos incorporan a menudo modos ingeniosos de eliminar puestos de trabajo, desviar ingresos de sus clientes aguas abajo y sacar beneficios de sus proveedores.

- **Identificar el flujo de valor**

El flujo de valor es el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para pasar un producto específico (un bien y/o servicio) por las tres áreas de gestión críticas de cualquier empresa; la **tarea de solución de problemas** que se inicia en la concepción, sigue en el diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción; la **tarea de gestión de la información** que va desde la recepción del pedido a la entrega, a través de una programación detallada, y la **tarea de transformación física**, con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto acabado en manos del consumidor. La identificación de la totalidad del flujo de valor para cada producto (o familia de productos) es el próximo paso en el campo del pensamiento lean, un paso

que las organizaciones han intentado en raras ocasiones, pero que casi siempre revela la existencia de enormes cantidades, verdaderamente asombrosas de muda.

El análisis del flujo de valor mostrará casi siempre la existencia de tres tipos de acciones a lo largo de este: 1) Se descubrirán muchos pasos cuya creación de valor es inequívoca: soldar los tubos que forman el cuadro de una bicicleta, o hacer que un pasajero vuele de Jauja a Lima. 2) Se descubrirán muchos otros pasos que no crean valor alguno, pero que son inevitables de acuerdo con la tecnología actual y los activos de producción disponibles: inspeccionar las soldaduras para garantizar la calidad, y 3) Nos daremos cuenta de que muchos pasos adicionales no crean valor y pueden evitarse de modo inmediato.

- **Flujo**

Superado las etapas anteriores, ahora es necesario hacer que fluyan las etapas creadoras de valor que quedan, sin embargo, hay que ser consciente de que este paso exige una reorganización completa de la arquitectura mental. Todos hemos nacido en un mundo mental de “funciones” y “departamentos”, una convicción de sentido común de que las actividades deben agruparse por tipos para que puedan llevarse a cabo de forma más eficiente y gestionarse más fácilmente; a Esto Lo Llamam Gestión Por Procesos.

- **Principios de implementación lean.**

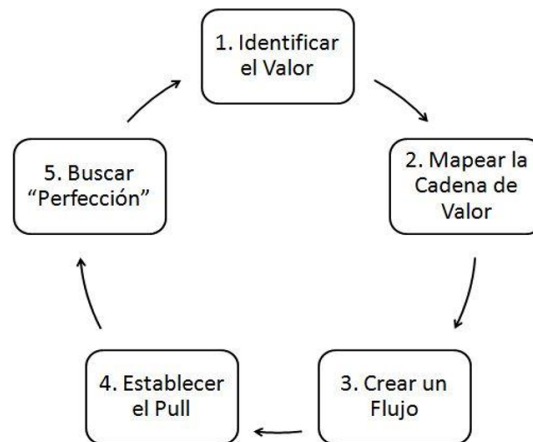


Figura 34. Mapa de valor

Fuente: “Ingeniería de procesos y de planta” Cuatrecasas (2017)

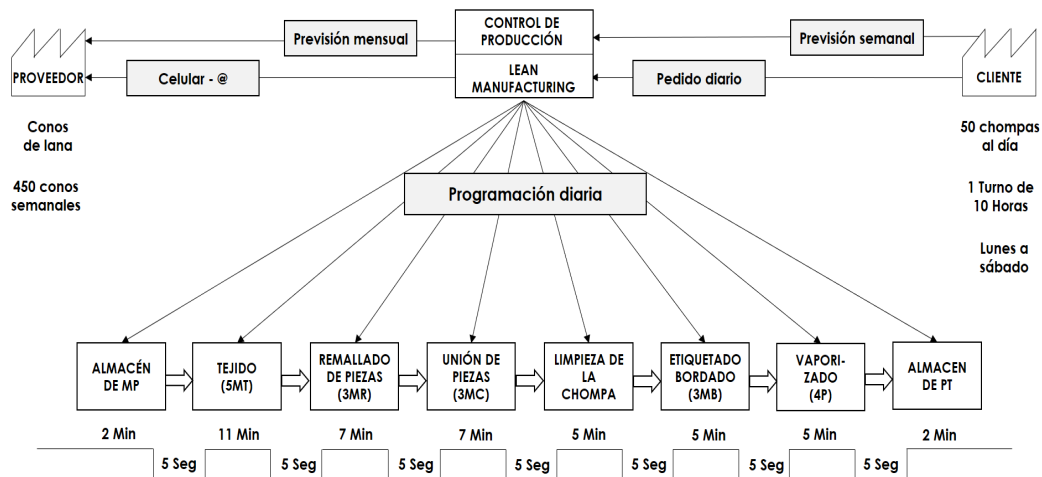


Figura 35. Mapa de valor

Fuente: "Ingeniería de procesos y de planta" Cuatrecasas (2017)

2.3 DISEÑO DE PROCESOS

Los Sistemas de Gestión de la Calidad adoptan un enfoque basado en procesos, enfoque que se caracteriza por tener presente el vínculo existente entre todas las actividades que intervienen en los diversos procedimientos que se llevan a cabo. Los recursos y actividades se gestionan teniendo en cuenta sus relaciones, como un todo, favoreciendo resultados más eficientes.

Según esta concepción, el proceso se compone de diversas actividades que se encuentran relacionadas, influyendo unas sobre otras, de tal forma que el final de una se convierte en el principio de la siguiente.

Este proceso debe transformar las actividades en resultados. Resultados que son analizados y controlados por la organización, lo que permite guiar los procesos para alcanzar los objetivos deseados. Su fin consiste, al igual que el de los modelos de gestión, en garantizar la mejora de la eficiencia empresarial y la satisfacción del cliente.

2.3.1 GESTIÓN POR PROCESOS

La Gestión por Procesos o Business Process Management (BPM) es una forma de organización, diferente de la clásica organización funcional, en la que prima la visión del cliente sobre las actividades de la organización. Los procesos así definidos son gestionados de modo estructurado y sobre su mejora se basa la de la propia organización.

La gestión de procesos aporta una visión y unas herramientas con las que se puede mejorar y rediseñar el flujo de trabajo para hacerlo más eficiente y adaptado a las necesidades de los clientes. No hay que olvidar que los procesos los realizan personas y, por tanto, hay que tener en cuenta en todo momento las relaciones con proveedores y clientes.

¿Procesos o Subprocesos?

No todas las actividades de una organización se realizan por procesos. Para determinar si una actividad realizada es un proceso o subproceso, debe cumplir los siguientes criterios:

- La actividad tiene una misión o propósito claro.



- La actividad contiene entradas y salidas, se pueden identificar los clientes, proveedores y producto final.
- La actividad debe ser susceptible de descomponerse en operaciones o tareas.
- La actividad puede ser estabilizada mediante la aplicación de la metodología de gestión por procesos (tiempo, recursos, costes).
- Se puede asignar la responsabilidad del proceso a una persona.

Principios de la gestión por procesos

El enfoque a procesos se fundamenta en:

- La estructuración de la organización sobre la base de procesos orientados a clientes.
- El cambio de la estructura organizativa de jerárquica a plana.
- Los departamentos funcionales pierden su razón de ser y existen grupos multidisciplinarios trabajando sobre el proceso.
- Los directivos dejan de actuar como supervisores y se comportan como apocadores.
- Los empleados se concentran más en las necesidades de sus clientes y menos en los estándares establecidos por su jefe.
- Utilización de tecnología para eliminar actividades que no añadan valor.

¿Cómo implementar la gestión por procesos en una organización?

Los pasos que se deben seguir, de manera general, para llevar a cabo una gestión por procesos, son los siguientes:

- **Compromiso de la dirección.** La dirección tiene que ser consciente de la necesidad de esta sistemática de gestión por procesos. El factor crítico en este punto es la necesidad de formarse y capacitarse para dirigir el cambio.
- **Sensibilización y formación.** El Equipo Directivo recibe formación relativa a la gestión por procesos y son la herramienta de cambio para las personas que dependen de ellos. La gestión por objetivos se basa en conseguir que todos los empleados de la empresa se sientan comprometidos en este proceso y no se sientan obligados.
- **Identificación de procesos.** A partir del análisis de todas las interacciones existentes con el personal de la organización y clientes externos se realiza un inventario de los procesos.
- **Clasificación.** Entre los procesos que se han identificado, hay que definir cuáles son los procesos claves, los procesos estratégicos y los procesos de apoyo.
- **Relaciones entre procesos.** Se debe establecer una matriz de relaciones entre procesos. Entre los diferentes procesos se pueden compartir instrucciones, información, recursos, equipos, etc.).
- **Mapa de procesos.** Se ha de visualizar la relación entre los procesos por lo que se emplean diagramas en bloques de todos los procesos que son necesarios para el sistema de gestión de calidad.
- **Alinear la actividad a la estrategia.** Los procesos clave permiten implantar de forma sistemática nuestra política y estrategia. Para ello, se crea una matriz de doble entrada con los objetivos estratégicos y los grupos de interés, de tal modo que queda definida la relación que existe entre ellos.

- **Establecer en los procesos unos indicadores de resultados.** Las decisiones se tienen que basar en información sobre los resultados alcanzados y las metas previstas, que permitirán analizar la capacidad de los procesos y sistemas; así como saber el cumplimiento de las expectativas de los grupos de interés y comparar nuestra propia organización con el rendimiento de otras. Para contar con esa información hay que definir qué KPIs son los más ajustados a nuestras necesidades y han de ser medidos.
- **Realizar una experiencia piloto.** Este paso constituye la prueba de fuego para desarrollar la implantación.
- **Implementar el Ciclo PHVA para mantener resultados.** Esta metodología se emplea de forma inicial en el área piloto escogida. Tras haber conseguido la dinámica de mantenimiento en ese proceso clave, se eligen otros y se amplía el área de actuación hasta llegar a todos los procesos de la organización.

2.3.2 MAPA DE PROCESOS PRODUCTIVOS

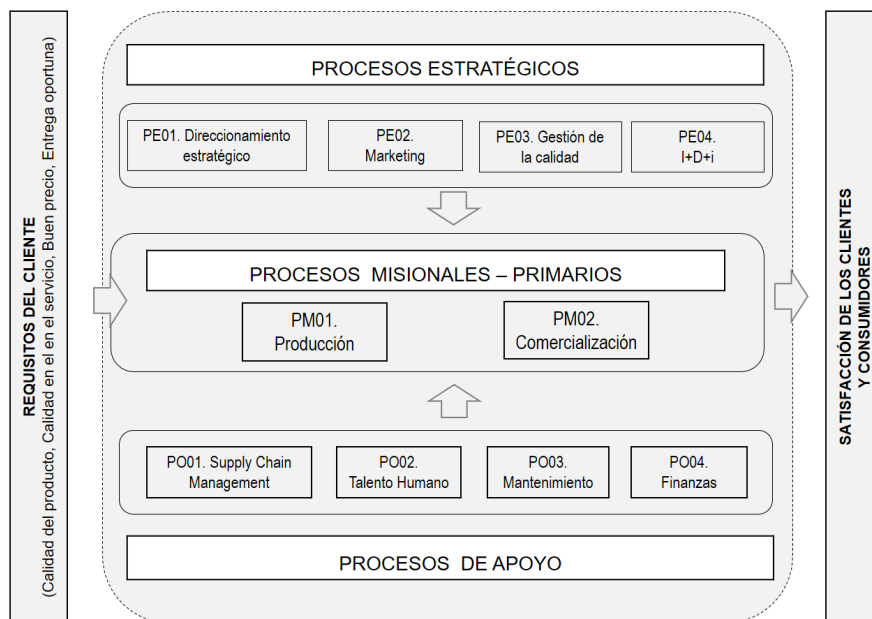


Figura 36. Mapa de procesos
Fuente: Zacarías & Zacarías

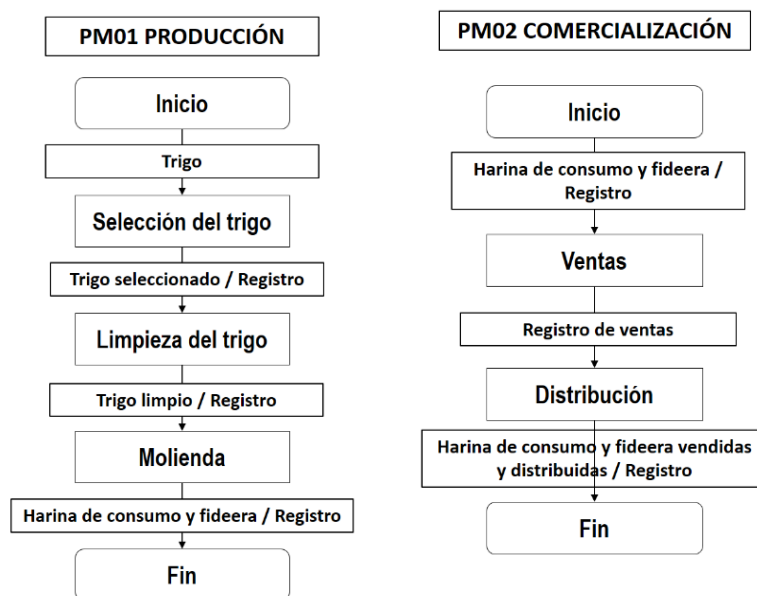


Figura 37. Subproceso de producción y comercialización
Fuente: Zacarías & Zacarías

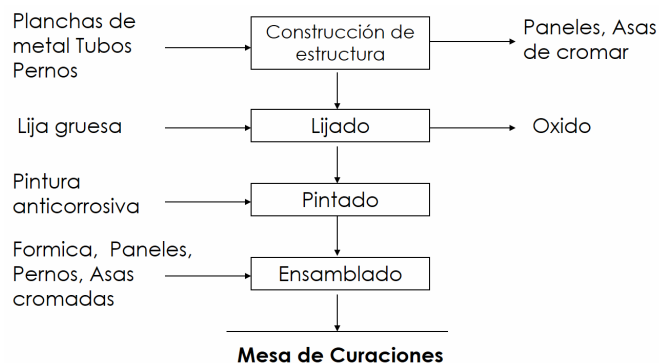


Figura 38. Proceso de fabricación de una mesa de curaciones
Fuente: Zacarías & Zacarías

2.4 LOCALIZACIÓN DE PLANTA

El mundo ha evolucionado de manera creciente hacia una economía interconectada, la Aldea Global, donde la economía de un país se ve afectada por las economías de otros países. Muchos han escogido Estados Unidos como destino de sus exportaciones, las empresas americanas han tenido que orientarse más hacia los mercados exteriores para vender y obtener beneficios. Ahora las empresas internacionales son empresas sin estado. Han dejado de ser alemanas, suizas o canadienses, las identidades nacionales ya no tienen importancia en muchas decisiones; las decisiones se toman en base a los méritos económicos, no nacionales. El siguiente cuadro corrobora lo mencionado, podemos observar que Nestlé una empresa de origen suizo, sus ventas en el exterior es el 98%, solo un 2% es en su país, mientras que 95% de sus activos (instalaciones, almacenes y fábricas) están



fuera de Suiza. A esto no es indiferente el Grupo Ajegroup que a este año 86% de sus ventas lo realizan en el exterior y 78% de sus activos han crecido con la incursión en el mercado de Vietnam, Indonesia, India y Brasil.

COMPañIA	PIAS DE ORIGEN	% de ventas en el exterior	% de activos en el exterior
Bayer	Alemania	65	50
Nestlé	Suiza	98	95
Sony	Japón	66	70
Avon Products	USA	61	48
Citicorp	USA	66	51
Guillette	USA	68	66
Hoechst	Alemania	77	30
Honda	Japón	63	36
Philips	Holanda	94	85
Procter & Gamble	USA	52	41
Siemens	Alemania	51	47
Ajegroup	Perú	86	78

Figura 39. Relación de la misión con el área de operaciones.
Fuente: "Administración de Operaciones" Heizer y Render (2014)

Las decisiones de localización son cruciales tanto para las instalaciones nuevas como para las existentes, ya que comprometen a la organización con costos por largos periodos, empleos y patrones de mercado. Las alternativas de localización y relocalización deben ser revisadas bajo condiciones de mano de obra, fuentes de materias primas o cambios en las demandas del mercado. Las empresas pueden responder a los cambios manteniendo su instalación, expandiendo o cerrando las instalaciones existentes, o desarrollando nuevas.

Ningún procedimiento de localización puede asegurar que se ha escogido el lugar óptimo. Evitar una localización desventajosa es quizás más importante que encontrar un sitio ideal. Numerosas empresas se han encontrado con problemas inesperados tales como las restricciones de zona, el abasto de agua, la disposición de desperdicios, los sindicatos, los costos de transporte, los impuestos, las actitudes de la comunidad acerca de la contaminación, etc.; problemas que debieron haberse previsto.

Evitar esos problemas es la razón por la que el análisis sistemático es muy recomendado. Las empresas frecuentemente hacen primero un análisis cuantitativo para establecer la factibilidad de las alternativas de localización y después realizan una revisión exhaustiva de los factores cualitativos (menos tangibles).

La mejor localización para una determinada empresa depende del tipo de negocio al que se dedica. La localización de plantas industriales se centra en minimizar costos, mientras que los detallistas y servicios profesionales típicamente se concentran en la maximización de ingresos. La localización de almacenes, sin embargo, puede venir determinada por la combinación del costo y la rapidez de entrega. También es necesario considerar las consecuencias a largo plazo de la decisión que se tome al elegir el lugar, la dificultad para cambiar de localización y la influencia directa en los costos de producción. En general, el objetivo de la estrategia de localización es maximizar los beneficios de la localización para la empresa, dependiendo del tipo de empresa si es industrial o de servicio.



SERVICIOS	INDUSTRIA
ORIENTADA A LOS INGRESOS	ORIENTADA A COSTOS
Volumen de negocios/ingresos. Tipo de zona: poder adquisitivo. Competencia, publicidad, precios.	Costos tangibles Costos de transporte de materia de primas. Costos de transporte de productos acabados. Costos de energía y otros suministros; mano de obra, materias primas, impuestos.
Calidad física. Aparcamientos/acceso.	Costos intangibles Actitud hacia los sindicatos. Calidad de vida. Gastos educativos del Estudio. Calidad del gobierno nacional y local.
Determinación de costos. Calidad de los directivos. Políticas de operaciones.	
HIPOTESIS	HIPOTESIS
La localización es el mayor determinante de los ingresos. Un elevado contacto con el cliente es crítico Se deben identificar explícitamente los costos más relevantes, para cada lugar a tomar en consideración.	La localización es el mayor determinante de los costos. Los costos son relativamente constantes para un área determinada; por consiguiente, la función de ingreso es crítica. Un bajo contacto con los clientes permite concentrarse en los costos identificables. Los costos intangibles pueden ser evaluados.

Figura 40. Relación de la misión con el área de operaciones.

Fuente: "Administración de Operaciones" Heizer y Render (2014)

2.4.1 TENDENCIAS Y ESTRATEGIAS FUTURAS EN LOCALIZACIÓN

- Internacionalización de la economía.
- Automatización de los procesos.
- Mejora de los transportes y desarrollo de las telecomunicaciones.
- Adopción de la Filosofía JIT.
- Exodo a zonas suburbanas o rurales.

2.4.2 PROCEDIMIENTO PARA DECIDIR LA LOCALIZACIÓN

Seguidamente se muestra los pasos en un proceso de decisión de una localización de instalaciones. El enfoque real varía con el tamaño y la cobertura de las operaciones.

1. Definir los objetivos de localización y las variables asociadas.
2. Identificar el criterio relevante de decisión.
3. Relacionar los objetivos con el criterio en la forma de un modelo (Punto muerto, transporte y otros).
4. Generar los datos necesarios y usar los modelos para evaluar las alternativas de ubicación.
5. Seleccionar la localización que mejor satisfaga el criterio.

2.4.3 FACTORES CUALITATIVOS A CONSIDERAR EN LA LOCALIZACIÓN



FUENTES DE ABASTECIMIENTO	<ul style="list-style-type: none">• Por la necesidad de asegurarse el abastecimiento• Cuando los inputs son perecederos• Por razones de transporte
LOS MERCADOS	<ul style="list-style-type: none">• Proximidad y tamaño• Necesidades potenciales
MEDIOS DE TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN	<ul style="list-style-type: none">• El transporte por agua• El transporte por ferrocarril• El transporte por carretera• El transporte aéreo
LA MANO DE OBRA	<ul style="list-style-type: none">• Disponibilidad• Habilidades, actitudes• Costo• Sindicalismo
LOS SUMINISTROS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none">• Energía• Agua• Disponibilidad, costo y calidad
CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Grado de humedad, la pluviometría
IMPUESTOS Y SERVICIOS PÚBLICOS	<ul style="list-style-type: none">• Impuestos municipales• SUNAT, aranceles, restricciones
EL MARCO JURÍDICO	<ul style="list-style-type: none">• Normas, comunitarias, nacionales, internacionales.

Figura 41. Relación de la misión con el área de operaciones.

Fuente: "Administración de Operaciones" Heizer y Render (2014)

2.4.4 FACTORES CUANTITATIVOS A CONSIDERAR EN LA LOCALIZACIÓN

Análisis del punto muerto

Todas las organizaciones lucrativas como las no lucrativas trabajan con presupuestos limitados; son económicamente presionadas para controlar costos. Las ubicaciones probables pueden ser comparadas desde un punto de vista económico por una estimación de los costos fijos y variables, para luego graficarlos (o calcularlos) para un volumen representativo en cada ubicación. Suponiendo que en todas las ubicaciones probables se obtendrán los mismos ingresos. A continuación, se da los pasos para decidir sobre la ubicación:

1. Determinar todos los costos relevantes que varían con la ubicación.
2. Clasificar los costos de cada ubicación en costos fijos anuales (CF) y costos variables por unidad (CV).
3. representar los costos asociados con cada ubicación en una gráfica de costo anual contra volumen anual.
4. seleccionar la localización con el menor costo total (CT) y con el volumen de producción esperado (Q).

Si los ingresos por unidad varían de una localización a otra, los valores de ingresos deben ser incluidos, y las comparaciones deben ser hechas con base en ingresos totales menos costos totales en cada ubicación.



Ejemplo

Fábrica de baterías ETNA, está considerando tres localidades Trujillo, Arequipa y Cuzco; para una nueva planta. Los estudios de costos indican que los costos fijos anuales son S/. 30,000; S/. 60,000 y S/. 110,000 respectivamente y los costos variables son de S/. 75 S/. 45 y S/. 25 por unidad respectivamente. Por cada batería producida se espera un precio de venta de S/. 120. Se le pide:

- a. Encontrar la localidad más económica para un volumen esperado de 2000 unidades por año.
- b. ¿Cuál será la utilidad esperada, si se conoce la localización óptima para un volumen de 2,000 unidades anuales?
- c. ¿A partir de qué rango de volumen anual va a tener cada instalación una ventaja competitiva?
- d. El departamento de investigación de mercados de la fábrica ha calculado el volumen de mercado del producto por año para los siguientes 10 años. Para volúmenes de 1000, 1200, 1500 y 3000 unidades, las probabilidades son de 0.4, 0.2, 0.1 y 0.3, respectivamente. ¿Cuál es la ubicación más recomendable con base en un criterio de valor esperado?

Solución:

a.

$$\begin{aligned} \text{CT (Trujillo)} &= 30000 + 75 (2000) = \text{S/}. 180,000 \\ \text{CT (Arequipa)} &= 60000 + 45 (2000) = \text{S/}. 150,000 \\ \text{CT (Cuzco)} &= 110000 + 25 (2000) = \text{S/}. 160,000 \end{aligned}$$

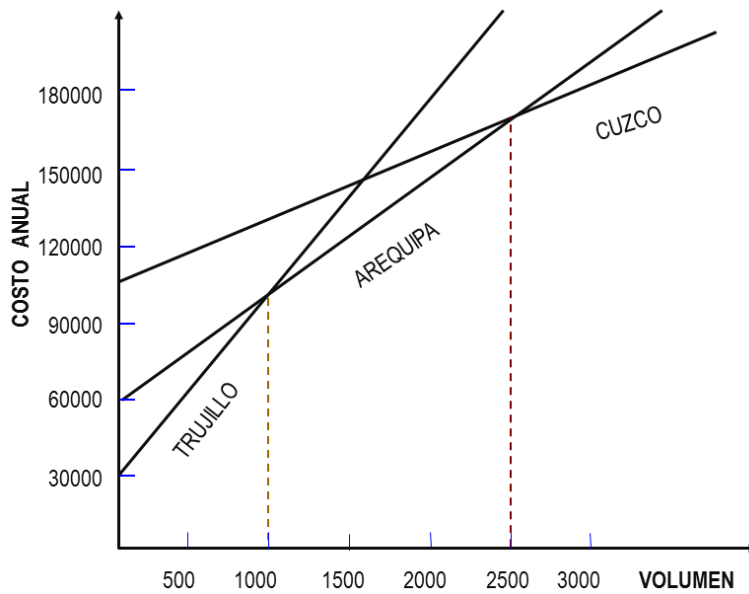
Por tanto, la localización más económica es Arequipa, para un volumen de 2000 unidades.

- b. La utilidad esperada para un volumen de 2000 unidades (Arequipa) será:

$$\text{Utilidad} = \text{Ingreso Total} - \text{Costo Total}$$

$$\text{Utilidad} = \text{S/}. 120/\text{unid.} (2,000) - \text{S/}. 150,000 = \text{S/}. 90,000 / \text{año}$$

- c.



La gráfica indica que para un volumen con menos de 1,000 unidades se preferiría Trujillo; para volúmenes entre 1,000 y 2,500 unidades sería Arequipa y mientras que para un volumen mayor de 2,500 unidades sería competitivo Cuzco.

d. Para determinar el volumen esperado se construye la siguiente tabla.

VOLUME N X	PROBABILIDA D P(X)	VALOR ESPERADO XP(X)
1,000	0.40	400
1,200	0.20	240
1,500	0.10	150
3,000	0.30	900
DEMANDA ESPERADA		1,690 Unidades

Selecciónese la ciudad de Arequipa, por estar comprendido 1,690 unidades en el rango de 1,000 y 2,500 unidades.

Método del centro de gravedad

Se aplica para encontrar un sitio que minimice el total de los costos de transporte, desde y hacia la nueva instalación. Se supone que los costos de transporte están en función lineal de la cantidad de unidades transportadas y de la distancia del embarque. Este método es exacto en sus cálculos, pero que no considera aspectos cualitativos requiere, primeramente:

1. Un mapa de la ciudad, región o país en análisis.
2. Una transparencia milimetrada que debe ser superpuesto sobre el mapa.
3. Una vez superpuesto, considerar las coordenadas y ubicar un punto de origen el cual será el punto (0,0)
4. A partir de este punto puede hallar la ubicación en la coordenada de cualquier punto de análisis.



$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n X_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \qquad C_y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

Dónde:

- C_x = Coordenada X de la nueva instalación
- C_y = Coordenada Y de la nueva instalación
- i = Cantidad de embarques existentes y lugares de recepción
- n = Cantidad total de embarques existentes y lugares de recepción
- X_i = Coordenada X de la instalación i
- Y_i = Coordenada Y de la instalación i
- V_i = Cantidad de unidades embarcadas desde la instalación i, y hacia ella

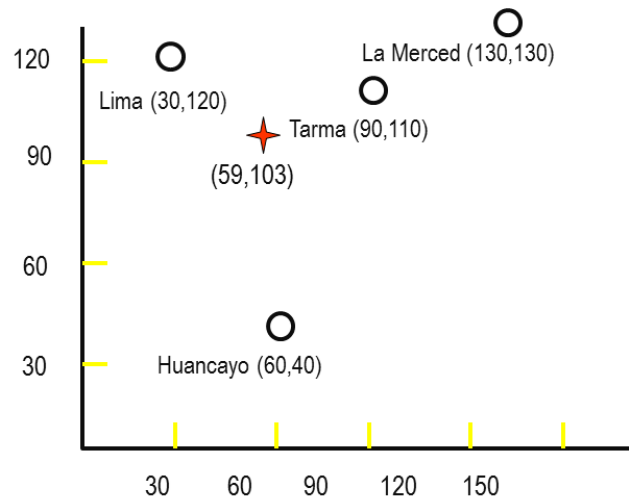
Ejemplo:

Química Suiza, necesita ubicar una instalación de almacenamiento intermedia entre su principal ubicada en Lima y sus principales distribuidores de la zona centro. Estas distribuidoras se han representado en el mapa mostrado en la siguiente página. El cuadro presenta el volumen de mercadería que se mueve entre principal y sus distribuidores.

CIUDADES	TN. por MES (V _i)
LIMA	1500
LA MERCED	350
TARMA	550
HUANCAYO	600

CIUDADES	COORDENADAS		COORDENADAS PONDERADAS	
	X	Y	X	Y
LIMA	30	120	45,000	180,000
LA MERCED	130	130	45,500	45,500
TARMA	90	110	49,500	60,500
HUANCAYO	60	40	36,000	24,000
			176,000	310,000

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n X_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{176,000}{3,000} = 58.67 = 59 \qquad C_y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{310,000}{3,000} = 103.3 = 103$$

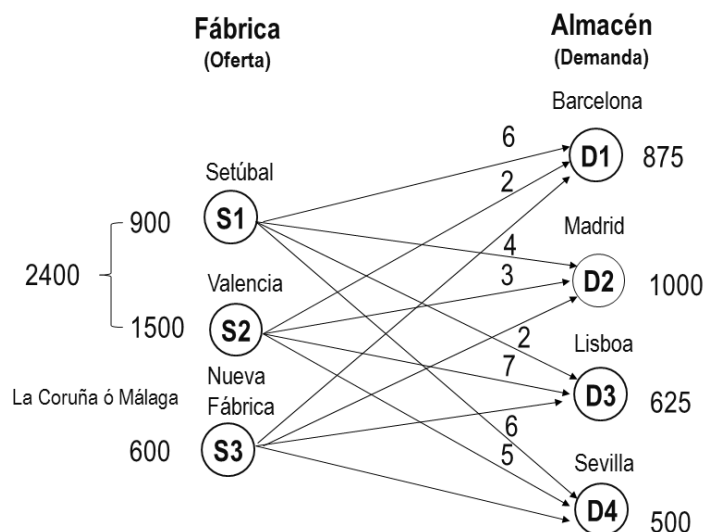


Las coordenadas son (59,103), indica que aproximadamente en la ciudad de la Oroya se ubicaría el nuevo almacén.

Método del transporte

Esta técnica es una aplicación de la programación lineal a un tipo de problemas con unas características particulares. Se considera que existe una red de fábricas, almacenes o cualquier tipo de puntos, orígenes o destinos de unos flujos de bienes. La localización de nuevos puntos en la red afectará a toda ella, provocando reasignaciones y reajustes dentro del sistema. El método del transporte permite encontrar la mejor distribución de los flujos mencionados basándose, normalmente, en la optimización de los costos de transporte (o, alternativamente, del tiempo, la distancia, el beneficio, etc.)

En los problemas de localización, éste método puede utilizarse para analizar la mejor ubicación de un nuevo centro, de varios a la vez, en general, para cualquier reconfiguración de la red. En cualquier caso, debe ser aplicado a cada uno de las alternativas a considerar para determinar la asignación de flujos óptima.





Una empresa del sector textil, que opera en toda la Península Ibérica, dispone de la siguiente configuración: dos plantas de fabricación en Setúbal y Valencia, con capacidades de 900 y 1500 unidades respectivamente. Cuatro almacenes regionales de distribución, que sirven a los clientes de sus respectivas zonas en Barcelona, Madrid, Lisboa y Sevilla con demandas de 700, 800, 500 y 400 unidades respectivamente. En los próximos años, la empresa espera un crecimiento de la demanda del orden de 25%, lo cual ha llevado a la Dirección de la misma a plantearse la apertura de una nueva fábrica. A la vista de los criterios que la empresa estima importantes para la localización de la nueva planta, existen dos alternativas a considerar; La Coruña y Málaga. La elección recaerá en aquella que provoque los menores costos de transporte entre las fábricas y los almacenes, dado que ambas parecen ser igualmente convenientes respecto a otros factores. Los costos de transporte son:

COSTOS UNITARIOS	BARCELONA	MADRID	LISBOA	SEVILLA
SETÚBAL	6	4	2	6
VALENCIA	2	3	7	5
LA CORUÑA	6	4	4	8
MÁLAGA	6	3	4	2

Para la elección de la nueva planta utilizamos el método de aproximación de Vogel, por ser este que optimiza los costos.

	Barcelona		Madrid		Lisboa		Sevilla		Oferta
Setúbal	6		4		2	625	6	275	900
Valencia	2	875	3	400	7		5	225	1500
La Coruña	6		4	600	4		8		600
Demanda	875		1000		625		500		\$/ 9,375

	Barcelona		Madrid		Lisboa		Sevilla		Oferta
Setúbal	6		4	275	2	625	6		900
Valencia	2	875	3	625	7		5		1500
Málaga	6		3	100	4		2	500	600
Demanda	875		1000		625		500		\$/ 7,275

La ciudad que arroja los menores costos de transporte es Málaga, ahí debe ubicarse la nueva planta.

Método de factores ponderados

Es el método más general de los hasta aquí comentados, ya que permite incorporar en el análisis toda clase de consideraciones, sean éstas de carácter cuantitativo o cualitativo. Su principal ventaja radica en explicar dicho proceso para que pueda ser conocido por todos, facilitando el debate y la coherencia en el juicio. Brevemente descrito consiste en los siguientes pasos:

1. Se identifican los factores más relevantes a tener en cuenta en la decisión.
2. Se establece una ponderación entre ellos en función a su importancia relativa.



3. Se realiza la puntuación multiplicando la ponderación por peso asignado entre 1 y 10, siendo 10 el más alto puntaje.
4. Finalmente, se obtiene una calificación global y se elige la ciudad que tenga el puntaje más alto.

Ejemplo:

El cuerpo directivo de Zeta Gas, estudia tres lugares para construir nuevas instalaciones. Después de evaluar las necesidades de la empresa, los administradores han reducido la lista de criterios importantes de selección a sólo cinco factores. La importancia relativa de cada factor se refleja en los pesos que se asignaron. Con estos criterios se procedió a evaluar cada una de las alternativas en una escala de 0 a 10, todo ello se recoge en la siguiente tabla:

FACTORES o CRITERIOS	Peso	ALTERNATIVAS					
		A		B		C	
Rutas de transporte	0.30	7	2.10	9	2.70	5	1.50
Fuente de la materia prima	0.15	8	1.20	8	1.20	7	1.05
Costos laborales	0.10	4	0.40	6	0.60	7	0.70
Impuestos	0.10	8	0.80	8	0.80	9	0.90
Mercado	0.35	8	2.80	7	2.45	6	2.10
Puntaje Total	1.00	7.30		7.75		6.25	

Luego de los cálculos la ciudad B parece ser el mejor lugar, por haber obtenido el puntaje más alto.



Tercera unidad

DISTRIBUCIÓN, RECURSOS HUMANOS Y CADENA DE SUMINISTROS

3.1 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Cuando una organización determina la ubicación de sus instalaciones, la próxima decisión más importante es la distribución de las personas y los equipos en la planta; es decir, la distribución de los recursos en la planta.

Esta distribución incluye la ubicación de los departamentos en las instalaciones, así como la distribución de las personas y los equipos en cada departamento. La distribución debe corresponder a un objetivo específico o a un conjunto de objetivos. En general, la distribución se planea para minimizar determinado criterio: tiempo total de recorrido, costo, retrasos o procesamiento y manejo físicos. También se presentan situaciones en las cuáles la distribución se diseña para maximizar un criterio; calidad, flexibilidad o contacto personal. Por consiguiente, determinar el objetivo, constituye el primer paso en el proceso de distribución de los recursos en las instalaciones.

3.1.1 OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Unidad

Se busca alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que funcione como una comunidad de objetivos. Por tanto, todos los departamentos han de ser considerados y consultados al acometer la fase general de la distribución; ello facilitará la consecución de una solución final que combine un máximo de ventajas y un mínimo de inconvenientes para los mismos.

Circulación mínima

Ha de procurarse que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos, sean óptimos, lo cual requiere economía de movimientos, de equipos, de espacio, etc. La localización relativa de los centros de trabajo debería permitir que los recorridos de grandes cantidades de materiales y personal fuesen los más cortos posibles. Por ello, es importante el reconocimiento de frecuentes interconexiones entre distintos centros y puestos de trabajos, pues esto permitirá colocar dichos centros cercanos entre sí. En una planta productiva, dicha actitud minimizará el coste por manejo de materiales; en un almacén se conseguirá el mismo efecto si los materiales que normalmente se utilizan en el mismo orden están dispuestos unos junto a otros; en un comercio, la comodidad del cliente es mayor si los productos son agrupados de forma que se reduzca el tiempo de búsqueda; en las oficinas, la cooperación y comunicación pueden mejorarse a menudo colocando cercanos entre sí a la gente o a los departamentos que interactúan frecuentemente.

Seguridad

Se ha de garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo. Puede parecer un tópico pero la clave para muchos distribuidores radica ahí: "Haz que el trabajo sea realizado con satisfacción y automáticamente conseguirás muchos otros beneficios". Pensemos que la penosidad de los trabajos es una de las razones a considerar



a la hora de realizar un estudio de métodos, el cual suele dar lugar a una modificación de la distribución de planta.

Flexibilidad

Como apuntábamos en el apartado anterior, la distribución en planta necesitará, con mayor o menor frecuencia, adaptarse a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, lo que hace aconsejable la adopción de distribuciones flexibles. Éstas deberían seguir siendo adecuadas incluso después de cambios significativos en el mix de clientes, en el mix de productos/servicios, en las necesidades de espacio en un almacén o en la estructura organizacional en una oficina. En este sentido, la flexibilidad de una distribución de planta dependerá en buena medida de la habilidad para pronosticar los cambios. Si esto no es posible, una distribución flexible debería, al menos, permitir que los cambios requeridos por las nuevas condiciones se puedan hacer a un coste mínimo. Ejemplos de este tipo los encontramos en la utilización de muebles y particiones modulares (en lugar de paredes de construcción permanente) o en la colocación extra de tomas corriente eléctrica.

3.1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**Los materiales**

Dado que el objetivo fundamental de las operaciones es la elaboración de los bienes y servicios que requieren el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquellos y de los materiales sobre los que haya que trabajar. A este respecto, son factores fundamentales a considerar el tamaño, forma, volumen, peso y características físicas y químicas de los mismos, que influyen decisivamente en los métodos de producción y en las formas de manipulación y almacenamiento.

La bondad de una distribución de planta dependerá en gran medida de la facilidad que aporta en el manejo de los distintos productos y materiales con los que se trabaja. Por último, habrán de tenerse en cuenta la secuencia y orden en el que se han de efectuar las operaciones, puesto que esto dictará la ordenación de las áreas de trabajo y de los equipos, así como la disposición relativa de unos departamentos con otros, debiéndose prestar también especial atención, como ya se ha apuntado, a la variedad y cantidad de los ítems a producir.

La maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información respecto a los procesos a emplear la maquinaria, herramientas y equipos necesarios, así como a la utilización y requerimiento de los mismos. La importancia de los procesos radica en que estos determinan directamente los equipos y máquinas a utilizar y ordenar. El estudio y mejora de métodos queda tan estrechamente ligado a la distribución en planta que, en ocasiones, es difícil discernir cuáles de las mejoras conseguidas en una redistribución se deben a ésta y cuáles a la mejora del método de trabajo ligada a la misma (incluso hay veces en que la mejora en el método se limitará a una reordenación o redistribución de los elementos implicados).

En lo que se refiere a la maquinaria, se habrá de considerar su tipología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos y herramientas. El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el



personal, necesidad de servicios auxiliares, etc., se muestra indispensable para poder afrontar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

La mano de obra

También la mano de obra ha de ser ordenada en el proceso de distribución, englobando tanto la directa, como la de supervisión y demás servicios auxiliares. Al hacerlo, debe considerarse la seguridad de los empleados, junto con otros factores, tales como la luminosidad, ventilación, temperaturas, ruidos, etc. De igual forma, habrá de estudiarse la cualificación y flexibilidad del personal requerido, así como el número de trabajadores necesarios en cada momento y el trabajo que habrán de realizar. De nuevo surge aquí la estrecha relación del tema que nos ocupa con el diseño del trabajo, pues es clara la importancia del estudio de movimientos para una buena distribución de los puestos de trabajos.

También son claras las interconexiones que se establecen con Recursos Humanos, pues hay que tener en cuenta los aspectos psicológicos y personales de los trabajadores, la incidencia en la motivación de las distintas distribuciones (especialmente las asociadas a los trabajos monótonos) y que la distribución ha de acoplarse a la organización de la compañía. En ese sentido, no se debe dar por sentado que los operarios se adaptarán sin dificultades y/o de buen grado a las distribuciones y redistribuciones adoptadas; algunas veces será posible, otras veces necesitarán ayuda y en ocasiones tendrán que ser reemplazados. A veces, incluso, será la propia filosofía de los mandos la que habrá de cambiar. En el caso de la distribución en planta, como en otros muchos aspectos organizativos en los que el hombre juega un papel activo, su éxito o fracaso no sólo dependerá de su eficiencia, sino del grado de acogida con que cuente entre el personal.

El movimiento

En relación con este factor, hay que tener presente que los movimientos no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto. Debido a ello, hay que intentar que sean mínimas y que su realización se combine en lo posible con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de los manejos innecesarios y antieconómicos. Se ha de establecer un modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material, de forma que se consiga el mejor aprovechamiento de hombres y equipos y una disminución de costes de espera innecesarios, planificando el movimiento de entrada y salida de cada operación en el mismo orden en que el material es procesado, tratado o montado. De esta forma, se considerará la entrada de materiales o accesos a la planta, la salida de estos o lugares de embarque, así como los movimientos de materiales auxiliares, maquinaria y mano de obra.

Las esperas

Uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la distribución en planta es conseguir que la circulación de los materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el coste que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dichas circulaciones se detienen. Ahora bien, el material en espera no siempre supone un coste a evitar, pues, en ocasiones, puede proveer una economía superior (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entregas programadas, mejorando el servicio a clientes, permitiendo lotes de producción de tamaño más económico, etc.), lo cual hace necesario que sean considerados los espacios necesarios para los materiales en espera. Sólo cuando ésta se hace en la misma área de producción, se habla de espera o demora. Cuando el material espera en un área determinada, dispuesta aparte y destinada a tal fin, se hablará de



almacenamiento. Ambos quedarán justificados por una economía y servicio a la producción, aunque, al ser considerados en el diseño de la distribución, ésta deberá justificar la ociosidad de los mismos.

En la distribución de planta deberá determinarse la situación de los puntos de espera, que de flujo ampliado o alargado. Además, deberán considerarse aspectos como el espacio requerido, los métodos y equipos de almacenamiento, las características del material, los costes que se generan, etc. El espacio requerido dependerá fundamentalmente de la cantidad de material y de los métodos de almacenamiento, así como del método de colocación.

Los servicios auxiliares

Los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos, podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), los relativos al material (por ejemplo: inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares). Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que toman parte en la distribución, estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.

Con gran frecuencia, el espacio dedicado a labores no productivas es considerado un gasto innecesario, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal. Por ello, es especialmente importante que el espacio ocupado por dichos servicios asegure su eficiencia y que los costes indirectos que suponen queden minimizados.

El edificio

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución de planta, pero la influencia del mismo será determinante si éste ya existe en el momento de proyectarla. En este caso, su disposición espacial y demás características (por ejemplo: número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia de suelos, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagües, tomas de corrientes, etc.) se presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción pues, en tal caso, es éste el que se proyecta de forma que se adapte a las necesidades de la distribución, la cual podrá plantearse, en principio, con mucha mayor libertad. En este último caso, la primera decisión será la de optar por un edificio especial (a la medida del proceso) o por uno de aplicación general (en el que se puedan fabricar diferentes productos).

Los cambios

Como ya comentamos anteriormente, uno de los objetivos que se persiguen con la distribución de planta es su flexibilidad. Es por tanto, ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar los posibles cambios en los restantes factores que hemos enumerado lleguen a transformar una distribución de planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales. Para ello, habrá que comenzar por la identificación de los posibles cambios y su magnitud, buscando una distribución capaz de adaptarse dentro de los límites razonables y realistas. La flexibilidad se alcanzará, en general, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o



especiales, permitiendo la adaptación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso sin necesidad de tener que ser reordenada (proporcionando equipos supletorios, estableciendo rutas de flujo sustitutivas y estacionamientos de existencias o stock de compensación en períodos de horas extras o turnos adicionales, etc.) y a través de la capacidad para manejar variedad de productos y/o cantidades diferentes. El desarrollo de los equipos de producción flexible facilita la consecución de este objetivo. Asimismo, es fundamental tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, considerando, además, los cambios externos que pudieran afectarla y la necesidad de conseguir que, durante la redistribución, sea posible seguir realizando el proceso productivo. Se ha expuesto hasta aquí un resumen de las principales consideraciones a tener en cuenta respecto de los factores que entran en juego en un estudio de distribución en planta. Son notorias las conexiones que existen entre materiales y almacenamiento, movimiento y esperas, servicios y materiales, mano de obra, maquinaria y edificio, existiendo otros muchos ejemplos que muestran que, en muchas ocasiones, deberán tenerse presente a la vez más de uno de los factores estudiados. Lo importante es que no se obvие ninguno, dándole a cada uno su importancia relativa dentro del conjunto y buscando que en la solución final se consigan las máximas ventajas del conjunto.

3.1.3 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Sistemas de producción intermitentes

Es la producción por lotes en la que hay necesidad de señalar el nivel de producción de cada lote y programar los recursos que se requerirán. Generalmente las empresas fabrican una gran variedad de productos en pequeños lotes, como las fábricas de plásticos, muebles, camisas, zapatos, etc. En los servicios tenemos; las instalaciones de agua y desagüe, pavimentaciones, consultorías, etc. En este tipo de producción los costos son muy altos debido a que los recursos humanos y mecánicos permanecen mucho tiempo inactivo al cambiar de programa.

Sistemas de producción continuos

Es la producción en línea y en masa en la que las instalaciones se adaptan a itinerarios y flujos de operación definidos y no ininterrumpidos. La transportación de los materiales se realiza a lo largo de la línea de producción en movimiento. Ejemplo; la fabricación de papel, cemento, azúcar, petróleo, etc.; en servicios; la luz, el agua, teléfono y otros.

Ajustes en los tiempos y tareas

Es posible que las variaciones en el nivel de producción se deban a que los tiempos estándares no fueron bien calculados o que variaron con el tiempo y no corresponden a la época actual, por lo que debe hacerse un nuevo estudio de éstos tiempos estándares. Se llama tiempo estándar al tiempo promedio de ejecución de una operación.

Los tiempos estándares se pueden aplicar al trabajo de las máquinas o de las personas. Cuando se aplican al trabajo de estas últimas se les debe agregar un factor de tolerancia (suplemento) para cubrir los descansos por fatiga y para compensar la disminución en el rendimiento de la persona por el transcurso del tiempo.

Tarea estándar

Se llama tarea estándar al número de unidades que deben producirse como meta en un turno o jornada de trabajo. Se llama turno o jornada al periodo de trabajo diario. El turno puede ser diurno, vespertino o nocturno. También puede ser regular o extra. Los turnos



generalmente son de ocho horas, pero puede haber, por excepción, turnos de menor o mayor tiempo. La tarea estándar se calcula con base en los tiempos estándar.

$$\text{Tarea estándar} = \frac{\text{Tiempo de la jornada en minutos}}{\text{Tiempo estándar}}$$

Aplicando los tiempos estándares calculados para la máquina y para un operario, tendremos las siguientes tareas:

$$\text{Tarea para máquina} = 480/4.57 = 105 \text{ unidades}$$

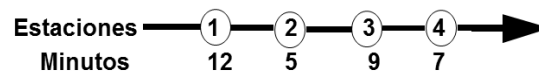
$$\text{Tarea para operario} = 480/5.26 = 91 \text{ unidades}$$

Ajustes en las estaciones

Se llama estación al punto de la línea de producción en donde se le hace una operación al producto en proceso. En cada estación debe calcularse el número de personas o máquinas que se requieren para que exista un flujo continuo, sin detenciones del producto a lo largo de la línea de producción. El número de personas o máquinas que deben establecerse en cada estación depende del tiempo estándar del servicio y de la cantidad global de producción en línea.

Ejemplo:

En un proceso de producción se tienen las siguientes estaciones, en donde se realizan operaciones de transformación o adaptación a los materiales y en las cuales se ha calculado el siguiente tiempo estándar:



Para determinar el número de personas que deben atender una estación, se calcula la unidad de tránsito (β). Esta es igual a la cantidad de unidades que se atienden diariamente entre el total de minutos disponibles por jornada de trabajo es de ocho horas, entonces la unidad de tránsitos es:

$$B = \frac{\text{Unidades a producir en una jornada de trabajo}}{\text{Tiempo de la jornada de trabajo}}$$

$$\beta = 200 \text{ Unid.} / 480 \text{ Min.} = 0.416$$

Al multiplicar esta unidad de tránsito por el número de minutos que requiere el producto en cada estación, se tiene el número de personas, que debe haber en cada estación para que exista un flujo continuo en la producción. Cualquier fracción que se tenga en el resultado debe ajustarse al número entero inmediato superior.



ESTACIÓN	MINUTOS	PERSONAS
1	12	5
2	5	2
3	9	4
4	7	3

Ajustes en la distribución del producto

Debe calcularse la cantidad de materiales que se procesarán por cada una de las máquinas u operarios que se encuentran en cada estación. Se divide el total de la producción en línea entre el número de máquinas u operarios que componen cada estación y el resultado es la cantidad que debe fabricar cada unidad de la estación. A continuación, se programa la cantidad que recibe de la unidad anterior y la cantidad que entrega a la unidad siguiente, dependiendo esta de las cantidades límite que fabrican.

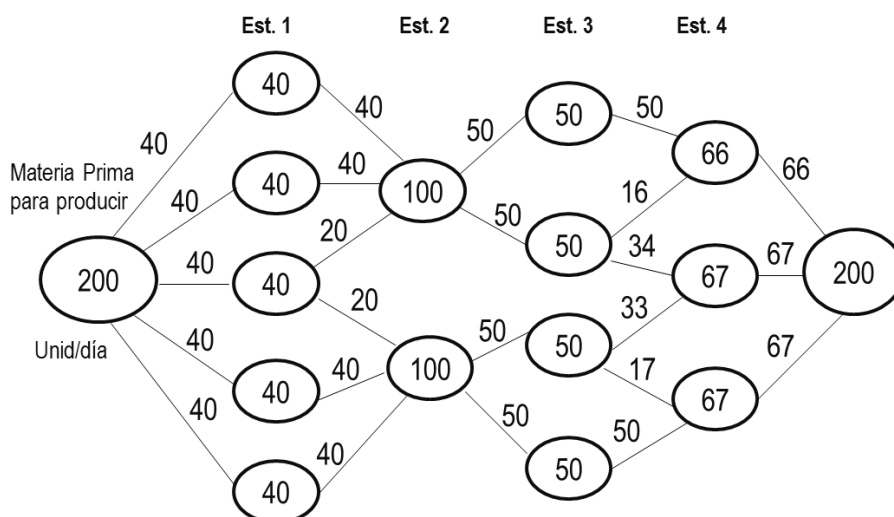


Figura 42. Distribución del producto.
Fuente: Zacañas & Zacañas (2012)

Cuello de botella

Es la acumulación de productos en proceso, en alguna de las estaciones impidiendo el flujo normal y continuo de los materiales. Se resuelve mediante los modelos de línea de espera, donde se busca el equilibrio entre el costo de espera de los materiales o personas solicitando el servicio y el costo del servicio de la estación.

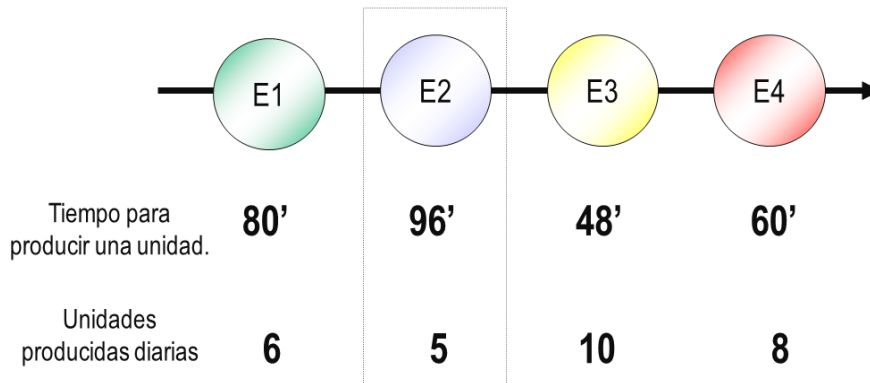


Figura 43. Identificación del cuello de botella
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

La estación 2 viene a ser el cuello de botella, ya que utiliza la mayor cantidad de tiempo para procesar una unidad y su vez procesa la menor cantidad de unidades en una jornada de trabajo.

El cuello de botella también se produce, cuando la capacidad de la pieza de un equipo o de un grupo de trabajadores es menor que la de cualquier otro elemento del proceso. Son difíciles de eliminar por varias razones. A menudo se originan al dañarse algunas piezas de los equipos, que son muy costosas o acarrear incrementos que distan mucho de los requerimientos de la empresa. Quizá sea difícil conseguir equipos o personas debido a un déficit en la industria en general. Por último, los cuellos de botella pueden superarse a medida que transcurre el tiempo en el proceso de trabajo, puesto que la combinación de trabajadores y equipos varía de un trabajo a otro.

3.1.4 TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA

El objetivo de la estrategia de distribución es desarrollar una distribución económica que satisfaga, el diseño del producto y volumen, equipos de proceso y capacidad, calidad de vida en el trabajo y las restricciones de edificios y localización.



TIPOS DE DISTRIBUCIÓN	
De Oficina	Posiciona a los trabajadores, su equipo, y sus espacios y oficinas para proporcionar el movimiento de la información.
De Tienda	Asigna espacio para estanterías y anaqueles y responde al comportamiento del cliente.
De Almacén	Busca el equilibrio entre necesidades de espacio y manejo de materiales.
De Posición Fija	Layout de grandes y voluminosos proyectos, como barcos y edificios.
Orientada al Proceso	Trata la producción de bajo volumen y alta variedad (taller de trabajo ó producción intermitente)
De Célula de Trabajo	Acomoda maquinaria y equipo para enfocarse en la producción de un solo producto o de un grupo de productos relacionados.
Orientada al Producto	Busca la mejor utilización de personal y maquinaria en la producción repetitiva o continua.

Figura 44. Tipos de distribución de planta
Fuente: "Administración de operaciones" Heizer y Render (2014)

3.1.5 TIPOS BÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN

DISTRIBUCIONES POR PROCESO

También conocidos como funcionales. Agrupan a las personas y al equipo que realizan funciones similares, tales como galvanizado, mecanografiado. Estos se impulsan a sí mismos para disminuir los volúmenes de trabajo individual y emplear una variedad de equipo de uso general. el flujo de trabajo es regularmente intermitente y establecido por órdenes de trabajo individuales.

Esta distribución busca reducir los costos causados por el manejo de materiales, mediante un arreglo departamental de tamaño y localización, de acuerdo con el volumen y la tasa de flujo de los productos.

El objetivo de muchos métodos de distribución por proceso es ubicar los centros de trabajo que tengan gran interacción, de tal modo que queden cerca unos de otros, lo cual dará lugar a un flujo mínimo de materiales o personal a centros de trabajo que o estén cercanos.

Distribución de Muther

En esta distribución es importante tener en cuenta el flujo de información, materiales y personal. Para ello utiliza un código de proximidad:

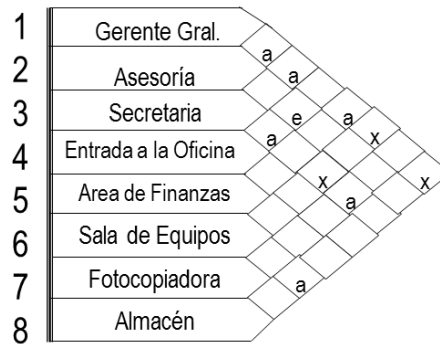
Código	Proximidad
a	✓ Absolutament e
e	necesaria
i	✓ Especialmente importante
o	✓ Importante
u	✓ Proximidad normal



x	✓ No importante ✓ No deseable
---	----------------------------------

Los pasos son los siguientes:

Primero.- Listar todas las oficinas, áreas o departamentos en forma vertical similar a la siguiente figura:



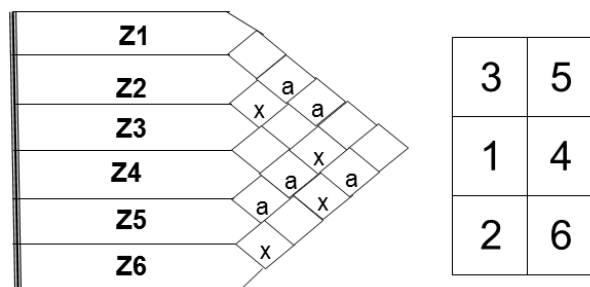
Segundo.- Utilizar el código de proximidad, y analizar las relaciones que pudieran existir entre las diferentes oficinas y ubicar en la intersección correspondiente el código respectivo. No es necesario llenar todas las celdas, solamente las que tendrían mayor interacción o alejamiento.

Tercero.- En un terreno previamente elegido y dividido proporcionalmente entre el número de oficinas, distribuir respetando las relaciones que se ubicaron en el gráfico de Muther. Para nuestro ejemplo presentamos un terreno de dos filas y cuatro columnas.

6	5	1	2
8	7	3	4

Resolver 1

En el siguiente ejemplo se observa una distribución posible, formular otras alternativas de distribución.



Distribución de almacenes

Su objetivo es encontrar el intercambio óptimo entre los costos del manejo y los costos asociados con el espacio del almacén. La tarea es maximizar la utilización del «cubo» total del almacén, es decir, usar todo su volumen mientras mantiene bajos los costos por manejo de materiales. Un componente importante es la relación que hay entre el área de recepción y descarga y el área de embarque y carga. El diseño depende del tipo de



productos que se descargan, de dónde se descargan (camiones, vagones, montacargas, etc.) y del sitio al que se descarga.

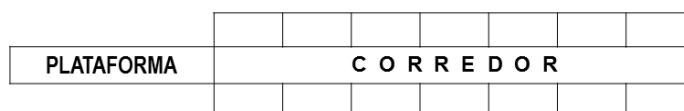
Ejemplo:

Usando distancias rectilíneas, desarrolle una distribución física para Tiendas EFE, que recibe artículos en la plataforma de descarga y los lleva a un área de almacenamiento. Más tarde los operarios retiran unidades de inventario para surtir cada uno de los pedidos que hacen los clientes. Por ejemplo, la tabla siguiente muestra que, en el caso de los tostadores eléctricos, se realizan 280 recorridos por semana entre la plataforma de descarga y el área de almacenamiento.

DEPARTAMENTOS		Recorridos desde y hacia la plataforma	Area necesaria (bloques)
1	Tostadores eléctricos	280	1
2	Aparatos de aire acondicionado	160	2
3	Hornos microondas	360	1
4	Aparatos estereofónicos	375	3
5	Televisores	800	4
6	Radios	150	1
7	Almacenamiento general	100	2

Asignar las áreas de acuerdo al cuadro anterior en el siguiente plano:

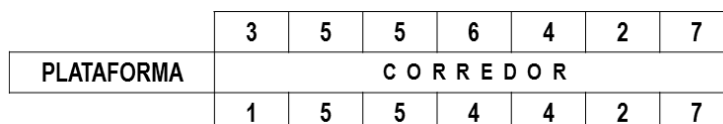
ÁREAS DE ALMACENAMIENTO



CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A PRIORIDADES

DEPARTAMENTOS	Recorridos desde y hacia la plataforma	Area necesaria (bloques)	RAZÓN	CLASIFICACIÓN
1	280	1	280	2
2	160	2	80	6
3	360	1	360	1
4	375	3	125	5
5	800	4	200	3
6	150	1	150	4
7	100	2	50	7

ASIGNACIÓN DE ÁREAS DEL ALMACÉN



Análisis de carga distancia

Evalúa distribuciones alternativas con base en la suma de la distancia actual, multiplicada por la carga (unidades) de cada alternativa, en algunos casos se utiliza el teorema de



Pitágoras. Una variación de esto consiste en calcular el costo de manejo de materiales multiplicando directamente el número de cargas por el costo de manejo de los materiales de carga. La distribución con el menor costo total obtenido al multiplicar la carga por la distancia total o ésta por el número de cargas es la mejor alternativa. Los costos son generalmente una función lineal de la distancia, a menos que los costos de carga y descarga sean considerados por separado.

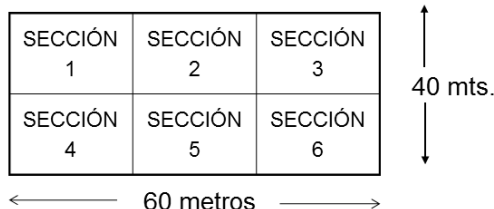
Ejemplo:

Se tiene seis secciones y hay que ubicar de acuerdo al movimiento del conserje, el siguiente cuadro presenta el número de recorridos que realiza el conserje en un día promedio, asimismo se presenta el terreno y sus dimensiones. Realizar un análisis sobre el recorrido actual del conserje y presente una propuesta de mejora para el recorrido del conserje.

RECORRIDO DIARIO EN METROS DEL CONSERJE

	1	2	3	4	5	6
1		50	100	0	0	20
2			30	50	10	0
3				20	0	100
4					50	0
5						0
6						

TERRENO Y SUS DIMESIONES – UBICACIÓN ACTUAL



DISTANCIA DEL RECORRIDO ACTUAL DEL CONSERJE

	1	2	3	4	5	6
1		1000	4000	0	0	894.4
2			600	1414	200	0
3				894.4	0	2000
4					1000	0
5						0
6						

ACTUAL
Recorrido Total 12,008.8 mts.

UBICACIÓN ACTUAL PROPUESTA MEJORADA



DISTANCIA DEL RECORRIDO PROPUESTO DEL CONSERJE

	1	2	3	4	5	6
1		1000	2000	0	0	565.6
2			1200	1000	282.8	0
3				894.4	0	2000
4					1000	0
5						0
6						

PROPUESTA
Recorrido Total 9.942.8 mts.

Como se puede apreciar si se realiza un cambio de ubicación entre las secciones 1 y 2 (por el número de recorrido diario), se tendrá un ahorro en el recorrido de 2,066 metros.

DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO

También conocidos como distribuciones en línea. Agrupan a los trabajadores y el equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto o cliente. Ellos se ayudan a sí mismo para usar (línea de montaje) transportadores y equipo automatizado para producir grandes volúmenes de relativamente pocos artículos como congeladoras, refrigeradoras. El flujo de trabajo es generalmente continuo y es determinado por instrucciones estandarizadas.

Esta distribución propone elevar al máximo posible la eficiencia de los trabajadores por medio de una agrupación secuencial de las actividades en estaciones de trabajo que reditúan un gran aprovechamiento de la mano de obra y el equipo con un mínimo de tiempo ocioso.

Se organizan alrededor de un producto o familia de productos similares con altos volúmenes y baja variedad. La producción repetitiva y la producción continua emplean distribuciones orientadas al producto. Dos tipos de distribución orientados al producto son la línea de fabricación, que produce componentes como neumáticos de automóvil o componentes metálicos para una congeladora, a través de una serie de máquinas. Y una línea de montaje, que ensambla los componentes fabricados en una serie de estaciones de trabajo. Los dos son procesos repetitivos y en ambos casos la línea debe estar equilibrada. Es decir, el trabajo realizado en una máquina debe equilibrarse con el trabajo realizado por la máquina siguiente en la línea de fabricación, así como el trabajo realizado por un empleado en una estación de trabajo en una línea de montaje debe coincidir en tiempo con el trabajo realizado en la siguiente estación de trabajo por el siguiente empleado.



Las líneas de fabricación a estar basadas en máquinas y requieren cambios mecánicos y de ingeniería; se basan en las tareas de trabajo asignadas a los individuos o a las estaciones de trabajo. El problema central de este tipo de distribución es planificar un equilibrado de la producción, con el objetivo de crear un flujo continuo y uniforme a lo largo de la línea.

Balanceo de la línea

También conocido como el equilibrado de cadenas. Es una distribución de las actividades secuenciales de trabajo en los centros laborales para lograr el máximo aprovechamiento posible de la mano de obra y del equipo y de ese modo reducir o eliminar el tiempo ocioso. Para lograr una distribución óptima se sugiere seguir los siguientes pasos:

Primero.- Construir un gráfico de precedencias resumiendo las secuencias y tiempos de realización.

Segundo.- Tomar la demanda o tasa de producción día y dividir el tiempo productivo disponible por día (en minutos o segundos dependiendo de la medida tomada) por esa tasa de producción. Esta operación nos proporciona el Ciclo de Tiempo (CT), es decir, el tiempo que el producto puede pasar en cada estación.

Tercero.- Calcular el número mínimo de estaciones de trabajo (NME). Esto es, la duración total de las tareas dividido por el ciclo de tiempo, las fracciones se redondean al entero siguiente superior.

Cuarto.- Realizar el equilibrado de la línea, asignando tareas de ensamblaje específicas a cada estación de trabajo. Un equilibrado eficiente es el que completará el montaje requerido, siguiendo la secuencia especificada, y manteniendo el tiempo de inactividad de cada estación de trabajo mínimo. Aquí se utiliza el método de la regla del mayor, un procedimiento formal para hacer esto es:

- a. Identificar una lista principal de elementos de trabajo y separar los elementos de trabajo disponibles de los elementos de trabajo no disponible.
- b. Eliminar aquellos elementos de trabajo que han sido asignados.
- c. Eliminar aquellos elementos de trabajo cuyas relaciones de precedencia no han sido satisfechas.
- d. Eliminar aquellos elementos para los que existe un tiempo disponible inadecuado en la estación de trabajo.
- e. Identificar una unidad de trabajo que pueda ser asignada como la primera unidad de trabajo de la lista, la última unidad de trabajo en la lista, la unidad de trabajo con el menor tiempo, la unidad de trabajo con el mayor tiempo, unidad de trabajo seleccionada aleatoriamente, o algún otro criterio.
- f. Cambiar los elementos de trabajo para encontrar el mejor equilibrio posible.

Quinto.- Se puede calcular la eficiencia del equilibrado de una línea dividiendo el tiempo total de las tareas por el producto entre el número de estaciones de trabajo y el ciclo de tiempo asignado.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:



$$TC = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Demanda o producción diaria}}$$

$$NME = \frac{\sum \text{Tiempo de la tarea } i}{\text{Tiempo de Ciclo}}$$

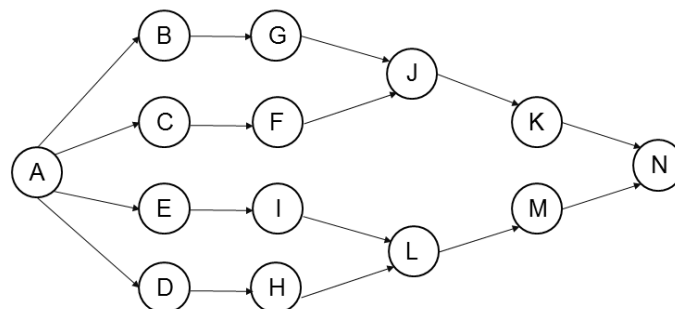
$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{Tiempo de las tareas}}{(NME) (TC)}$$

La administración a menudo compara diferentes niveles de eficiencia para un número diferente de estaciones de trabajo. De esta forma, la empresa puede determinar la sensibilidad de la línea a cambios en la tasa de producción y en las asignaciones a estaciones de trabajo.

Ejemplo

Una empresa va a instalar una cadena de montaje para la elaboración de uno de sus productos. Sabiendo que la producción necesaria en una jornada de trabajo de 8 horas es de 600 unidades, debe procederse al equilibrado de la línea, considerando las tareas de mayor a menor tiempo de ejecución. La siguiente tabla muestra las tareas que forman parte del proceso, así como sus tiempos de ejecución y sus relaciones de precedencia.

TAREAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Ti (Seg.)	28	12	16	20	22	14	16	8	10	24	22	10	14	10
Precedentes	-	A	A	A	A	C	B	D	E	F,G	J	H,I	L	K,M



En este caso como la unidad de tiempo está dado en segundos, se convierte la jornada de trabajo diario en segundos.



$$TC = \frac{28800''}{600 \text{ unid.}} = 48\text{seg/unid.}$$

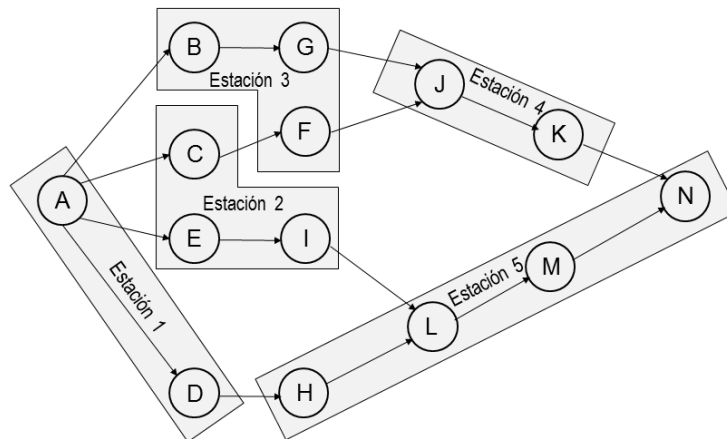
$$NME = \frac{226''}{48} = 4.708 = 5 \text{ estaciones}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{226''}{(5)(48)} \times 100\% = 94.17\%$$

ASIGNACIÓN DE TAREAS A LAS ESTACIONES

ESTACIÓN	Tarea a Asignar	ti	Tarea Asignada	TC = 48"
1	A	28	A	20
	B,C,D,E	12,16,20,22	D	0
2	B,C,E,H	12,16,22,8	E	26
	B,C,H,I	12,16,8,10	C	10
	B,H,I,F	12,8,10,14	I	0
3	B,F,H	12,14,8	F	34
	B,H	12,8	B	22
	G,H	16,8	G	6
4	H,J	8,24	J	24
	H,K	8,22	K	2
5	H	8	H	40
	L	10	L	30
	M	14	M	16
	N	10	N	6

ASIGNACIÓN DE TAREAS A 5 ESTACIONES DE TRABAJO



Dependiendo del tamaño y forma del terreno se tendrá que disponer la asignación de tareas en las cinco estaciones trabajo, se puede utilizar células de trabajo.

DISTRIBUCIONES POR COMPONENTE FIJO

Son arreglos donde; la mano de obra, los materiales y el equipo están sujetos al lugar de trabajo. Se aplica a la construcción, la minería, la agricultura y otras actividades que deben ser llevadas a cabo en un lugar especial. La proyección de actividades se realiza usando el PERT CPM, para trabajar en la planeación y el control.



3.2 FACTOR RECURSO HUMANO

3.2.1 PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA DE MOVIMIENTO

Estas veintidós reglas o principios de economía de movimiento se pueden aplicar en forma ventajosa a diversas actividades. No obstante que no todas son aplicables a cada operación, forman una base o un código para mejorar la eficiencia y reducir la fatiga en el trabajo manual.

Uso del cuerpo humano

1. Las dos manos deben empezar y terminar sus movimientos al mismo tiempo.
2. Las dos manos no deben estar ociosas al mismo tiempo, excepto durante periodos de descanso.
3. Los movimientos de los brazos deben hacerse en direcciones opuestas y simétricas, y esta operación debe ser simultánea.
4. Los movimientos de la mano y el cuerpo deben ser confinados a la clasificación más baja con la cual sea posible realizar el trabajo satisfactoriamente.
5. El momentum (efecto palanca) debe emplazarse para ayudar al trabajador siempre que esto sea posible y debe reducirse a un mínimo si debe ser superado por un esfuerzo muscular.
6. Los movimientos de las manos suaves, continuos y curvados deben preferirse por sobre los movimientos de línea recta que incluyen cambios de dirección repentinos y agudos.
7. Los movimientos balísticos son más rápidos, más fáciles y más exactos que los movimientos restringidos (fijación) o "controlados".
8. Se debe acomodar un trabajo para permitir un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.
9. Las fijaciones del ojo deben ser tan escasas y tan cercanas una de la otra como sea posible.

Acomodo del lugar de trabajo

1. Debe existir un lugar definido y fijo para todas las herramientas y materiales.
2. Las herramientas, los materiales y los controles se deben localizar cerca del lugar de uso.
3. Los depósitos de alimentación por gravedad y los recipientes que se deben utilizar para el despacho del material deben estar cerca del lugar de uso.
4. Se deben usar las entregas parciales siempre que sea posible.
5. Los materiales y las herramientas se deben localizar para permitir la mejor secuencia de movimientos.
6. Se deben tomar providencias de condiciones adecuadas para ver. La buena iluminación es el primer requerimiento para la percepción visual satisfactoria.
7. La altura del lugar de trabajo y de la silla deben preferiblemente arreglarse de tal manera que se tengan alternativas para sentarse y permanecer el pie en el trabajo sea fácilmente posible.
8. Se deberá proporcionar una silla del tipo y altura para permitir una buena postura para cada trabajador.

Diseño de las herramientas y equipo

1. Se debe evitar que las manos realicen todo aquel trabajo que pueda hacerse en forma más ventajosa por una guía, una instalación o un dispositivo operado con el pie.



2. Se deberá combinar dos o más herramientas siempre que sea posible.
3. Las herramientas y los materiales se deben colocar con anticipación siempre que sea posible.
4. La carga se deberá distribuir de acuerdo con las capacidades inherentes de los dedos, donde cada dedo realice algún movimiento específico, tal como la mecanografía.
5. Palancas, barras y manubrios se deben localizar en posiciones tales que el operador pueda manipularlos con un cambio mínimo de la posición del cuerpo y con la mayor ventaja mecánica.

3.2.2 ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DEL PROCESO

Las macro decisiones determinan el tipo de proceso que se selecciona y el tipo de tecnología que se usará. Una vez que se toman las macro decisiones de diseño, se puede proceder con las decisiones de nivel macro en el diseño del proceso, que son el análisis del flujo del proceso y la distribución de las instalaciones.

Estas decisiones de nivel macro afectan la toma de decisiones de otras partes de operaciones, incluyendo decisiones sobre programación, niveles de inventario y tipos de puestos que se diseñaran, así como los métodos de control de calidad a usar. Por lo tanto, las micro decisiones sobre el diseño de procesos se deben tomar siempre teniendo en mente sus efectos sobre las demás partes de producción.

El estudio del flujo del proceso trata directamente del proceso de transformación, mismo que se puede considerar como una serie de flujos que conectan los insumos con los productos. En el estudio de los flujos del proceso se analiza la manera en que se fabrica un bien o en que se presta un servicio. Cuando se analiza la secuencia de pasos que se utiliza para convertir los insumos en productos, es normal que se encuentren mejores métodos o procedimientos.

Un pre requisito para el análisis del flujo del proceso de transformación de operaciones como un sistema. Esto exige la identificación del sistema relevante que se va a analizar, mediante la definición de un límite de sistemas y la identificación de los insumos, productos y flujos apropiados del sistema.

Casi siempre se define un sistema como la recolección de elementos interrelacionados cuyo todo es mayor que la suma de sus partes. Una organización empresarial es un sistema, está formado por las funciones de mercadotecnia, producción, finanzas, etc. Sin embargo, la empresa como sistema logra mucho más como un todo que lo que las funciones individuales podrían lograr. Una sola función no lograría nada por sí misma. Una empresa no puede vender un producto que no pueda producir. No tiene caso producir un producto que no se pueda vender. Cuando las distintas partes del sistema trabajan en conjunto, se logra un efecto sinérgico en donde la producción del sistema es mayor que la suma de las contribuciones individuales.

La idea de describir los flujos del proceso en forma de diagramas, es bastante poderosa y ayuda a la investigación que busca mejores métodos y procedimientos, busca mejorar el proceso de transformación en los sistemas productivos. Para mejorar la efectividad o eficiencia de los procesos, pueden cambiarse alguno o todos los elementos del proceso: materia prima, diseño del producto, diseño de los puestos, pasos de procesamiento que se utilizan, información para control gerencial, equipo o herramientas.



El análisis de los flujos de materiales en las fábricas, fue una de las primeras aplicaciones de los conceptos del análisis del flujo del proceso. Estos conceptos se desarrollaron a principios de 1900 entre los ingenieros industriales que aplicaban los principios de la administración científica de Taylor. Primero se desglosa el proceso de manufactura en elementos detallados y después se estudia con cuidado cada uno de los elementos y las interrelaciones entre ellos para poder mejorar la eficiencia general del proceso.

Los diagramas de los flujos de materiales permite enfatizar la reducción del tiempo de producción de manufactura, es decir, el tiempo total para la fabricación de los pedidos y la distribución de un producto desde el principio hasta el final, esto se hace buscando reducir el desperdicio en el proceso, el cual se define como cualquier operación que no añada valor durante el proceso de producción, incluyendo en tiempo en que el producto es almacenado, el tiempo en que el producto se mueve de una ubicación a otra, el tiempo para inspecciones, etc. Solamente añade valor el tiempo real de procesamiento del material en las máquinas o en forma manual.

3.2.3 ERGONOMÍA

La ergonomía es básicamente una tecnología de aplicación práctica e interdisciplinaria, fundamentada en investigaciones científicas, que tiene como objetivo la optimización integral de Sistemas de Hombres – Máquinas, los que estarán siempre compuestos por uno o más seres humanos cumpliendo una tarea cualquiera con ayuda de una o más “máquinas” (definimos con este término genérico a todo tipo de herramientas, máquinas industriales propiamente dichas, vehículos, computadoras, electrodomésticos, etc.). Al decir optimización integral queremos significar la obtención de una estructura sistemática, para cada conjunto interactuante de hombres y máquinas, que satisfaga simultánea y convenientemente a los siguientes tres criterios fundamentales:

- Participación de los seres humanos en cuanto a creatividad tecnológica, gestión, remuneración, confort y roles psico-sociales.
- Producción en todo lo que hace a la eficacia y eficiencia productivas del Sistema Hombres-Máquinas (en síntesis: productividad y calidad)
- Protección de los Subsistemas Hombre (seguridad industrial e higiene laboral) de los Subsistemas Máquina (siniestros, fallas, averías, etc.) y del entorno (seguridad colectiva, ecología, etc.)

La amplitud con que se han fijado estos tres criterios requiere, para su puesta en práctica, de la integración de diversos campos de acción que en el pasado se desarrollaban en forma separada y hasta contrapuesta. Esos campos de acción eran principalmente:

- Mejoramiento de ambiente físico de trabajo (confort e higiene laboral).
- Diseño de herramientas, maquinaria instalaciones desde el punto de vista del usuario de las mismas.
- Estructuración de métodos de trabajos y de procedimientos en general (por rendimiento y por seguridad).
- Selección profesional.
- Capacitación y entrenamiento laborales.
- Evaluación de tareas y puestos.
- Psicología industrial (y, con más generalidad, empresarial).



Naturalmente, una intervención ergonómica considera a todos esos factores en forma conjunta e interrelacionada.

Para practicar la ergonomía se necesita, por lo tanto, poseer una buena capacidad de relación interdisciplinaria, un agudo espíritu analítico, un alto grado de síntesis creativa, los imprescindibles conocimientos científicos y, sobre todo, una firme voluntad de ayudar a los trabajadores para lograr que su labor sea lo menos penosa posible y que produzca una mayor satisfacción tanto a ellos mismos como a la sociedad en su conjunto.

3.2.4 BENEFICIOS DE ERGONOMÍA EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN

- La ergonomía constituye en el mejoramiento de las condiciones de trabajo, concibe el uso de equipos capaces de causar menor fatiga al trabajador; trata del mejoramiento del sistema ambiental y de las condiciones de seguridad como elementos de impulso y de motivación; y del estudio ergonómico de las características físicas y psicológicas del hombre para la adaptación de los primeros con el propósito de lograr su eficacia.
- También se ocupa del perfeccionamiento de los equipos basado en el conocimiento ergonómico de las diferencias y de las posibilidades hombre-máquina, y el análisis sociotécnico para adaptar la máquina al individuo.
- La ergonomía como disciplina busca el estudio integral del hombre en el marco de sus actividades con las máquinas y el entorno; perfeccionando la actividad laboral, recurriendo a los conceptos y aportes de otras ciencias.
- La ergonomía busca el cambio y modificación de las estructuras del sistema empresarial con el fin de mejorar su funcionamiento, logra hacerla más flexible y adaptable a las contingencias, y reduce y elimina los conflictos.
- Gracias a la colaboración de la ergonomía los trabajadores realizan sus labores más eficientemente y ello aumenta la productividad de la empresa y reduce gastos médicos innecesarios.

3.2.5 DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO (D.O.P)

Este diagrama representa en forma esquemática el proceso completo de una determinada actividad, utilizando sólo los símbolos de operación, inspección y combinada. La confección de este diagrama requiere emplear líneas verticales y horizontales, en las cuales se deben indicar los componentes del producto, todas las operaciones e inspecciones de cada uno de ellos y las entradas y salidas de materiales auxiliares.

El DOP tiene tres partes:

- a. **Encabezado.**- Indica el título del diagrama y el tipo de producto que se elabora. Además, puede consignar otros datos como fecha, sección, operario, etc.
- b. **Cuerpo.**- Es el diagrama en sí, compuesto por símbolos, las líneas verticales y horizontales.
- c. **Resumen.**- Indica el número total de operaciones, inspecciones y combinadas efectuadas.

3.2.6 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO (D.A.P.)

También conocido como Cursograma Analítico, Diagrama de Análisis de Proceso o Diagrama de Flujo de Proceso. Este es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o de un procedimiento, señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo correspondiente. El DAP puede efectuarse tanto al material o proceso, al operario o a la maquinaria. Las actividades que se representan en el DAP son la operación, inspección, transporte, demora, almacenamiento y combinada (operación – inspección).



El DAP tiene las siguientes partes:

- a. **Encabezado.**- En esta sección se colocan los principales datos de la operación en estudio. En este caso, el resumen forma parte del encabezado.
- b. **Cuerpo o desarrollo.**- Es el diagrama en sí. Se numeran todas las actividades y se colocan unas "x" en el lugar correspondiente. Al final las "x" se unen con líneas rectas, obteniendo el cursograma.

El DAP se utiliza para eliminar movimientos innecesarios y analizar el proceso. También se puede decir que este diagrama representa en forma secuencial las operaciones, inspecciones y transportes que ocurren en un proceso. Los lugares asignados para tiempos, distancias y cantidades sólo deben ser llenados en los casos que sean aplicables.

3.2.7 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Este diagrama es un gráfico que nos muestra la trayectoria de uno o varios productos a través de una sección, de un departamento o de una planta. Este diagrama debe incluir un plano a escala del lugar físico en estudio. Se recomienda incluir datos como: entradas, salidas, pasadizos, columnas, niveles o pisos de la planta, ubicación de la maquinaria, instalaciones de puestos de trabajo, áreas de almacenamiento y oficinas administrativas. Para confeccionarlo es necesario haber realizado previamente el diagrama de flujo del proceso de uno o varios productos.

Pasos para elaborar un Diagrama de Recorrido

- a. Realizar el diagrama de flujo de proceso (DAP).
- b. Basado en el DAP, realizar un diagrama utilizando líneas horizontales y verticales (tipo DOP).
- c. Sobreponer este último diagrama sobre el plano, de tal forma que coincida la actividad con el lugar físico de ejecución.

3.2.8 DIAGRAMAS ACTIVIDADES MÚLTIPLES

Un diagrama de proceso con actividades múltiples es un diagrama de las actividades coordinadas, sincronizadas o simultáneas, de un sistema de trabajo formado por una o más máquinas y una o más personas. Cada máquina (o persona) aparece en una columna paralela por separado, indicándose sus actividades con relación al resto del sistema de trabajo. Como ejemplos se puede citar el diagrama de proceso con varias personas, diagramas de Gantt, diagrama de proceso con varias máquinas y personas, el diagrama hombre-máquina y el diagrama de proceso con una persona y varias máquinas. Los equivalentes son los diagramas de actividades múltiples y los diagramas de operación con actividades múltiples.

Cuando un sistema de trabajo se compone de más de un sujeto, personas o máquinas, las interrelaciones de sus actividades producen un efecto substancial en la utilización de la mano de obra y la capacidad de las máquinas.

El diagrama de proceso con actividades múltiples muestra gráficamente la simultaneidad de esas actividades en una escala común de tiempo. A diferencia del diagrama de flujo de proceso, el de actividades múltiples sólo se aplica por lo general a una estación de trabajo a la vez, excepto cuando el trabajo exige que una persona se traslade cíclicamente de un lugar a otro.

Cuando una o varias personas trabajan con una o más máquinas, a este diagrama suele llamársele “diagrama de hombre-máquina”. Cuando hay cuadrillas combinadas se le llama “diagrama de equipo”. Una línea de montaje se considera como un caso especial de trabajo de equipo.

3.3 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS

La logística tradicional se relaciona solamente con el movimiento físico de materiales y son las áreas anexas como Compras o Producción, Comercial o Ventas, quienes definen su ámbito de actuación. La misión de la logística se centra en absorber las inflexibilidades relacionadas con las compras o a la producción, las cuales se traducen en superficies para almacenar (“guardar”) los materiales. En relación a las áreas comerciales o de ventas la misión de la logística tradicional es mover los productos, dentro de los marcos establecidos, hacia los clientes.

En la actualidad, se observa que ninguna empresa privada puede darse el lujo de “mantener” su logística dentro los marcos tradicionales. Las empresas han incorporado en las descripciones de cargos de responsabilidad logística, metas como reducción de costos de almacenaje y de distribución, reducción de errores, logística enfocada al cliente, etc. Esta definición ha dado como resultado que la mayoría de los responsables de la logística estén dedicados esporádica o permanentemente a optimizar los flujos de materiales.

A través de la implementación de nuevos centros de distribución, operaciones de cross docking, externalización de las operaciones, renegociación de los fletes de transportes, así como la incorporación de herramientas informáticas de apoyo (WMS, ruteadores, etc.) se han atacado los “sobrecostos logísticos” con experiencias mayoritariamente positivas. Sin embargo, las áreas anexas siguen siendo mandatorias, es decir, la logística se limita a ser una “esclava” de sus requerimientos. Como resultado de la implementación de estas medidas, la nueva estructura de costos logísticos parece ser mejor o más flexible, sin embargo, una vez hecho esto, ¿qué nuevos desafíos existen para la logística y para los responsables que se desempeñan en esta área?

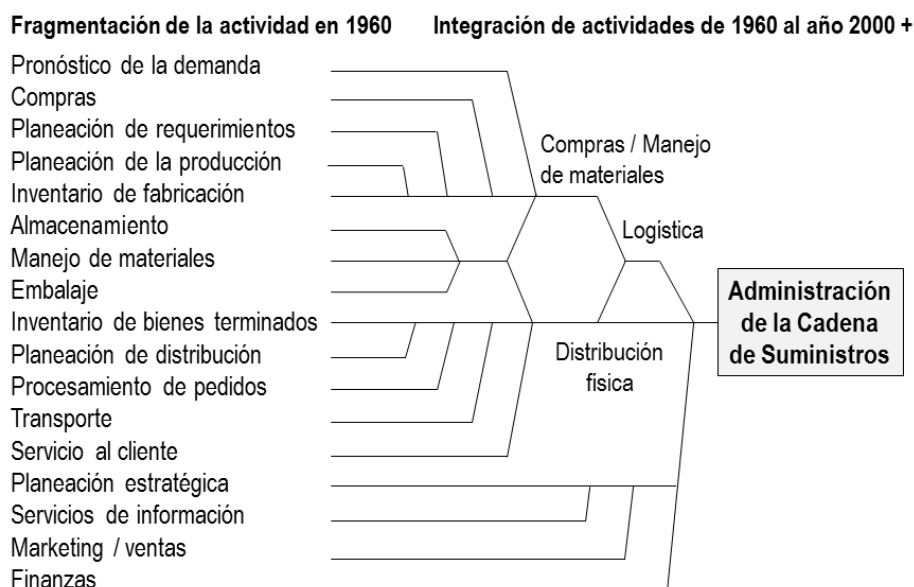


Figura 45. Distribución del producto.



Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

Es aquí donde surge el concepto de gestión de la cadena de suministro o Supply Chain Management, el cual no es un nombre nuevo para las tareas logísticas tradicionales, sino es una redefinición de su radio de acción o cobertura. Respecto de la gestión de la logística tradicional, las principales diferencias radican en que las áreas anexas son definidas como parte de la "Supply Chain". Adicionalmente, a las metas que han sido colocadas a los responsables logísticos tradicionales de las empresas, los "Supply Chain Manager" deben reducir las interfaces en la cadena de suministros, es decir, eliminar aquellos procesos que no otorgan valor agregado. En definitiva, su pensamiento debe estar orientado a los procesos y no a las funciones.

La tarea de un "Supply Chain Manager" es la gestión integrada de la cadena de suministros incluyendo clientes, operadores y proveedores, para los cuales no es el "esclavo" de las áreas anexas, sino que es un "optimizador e integrador" de estrategias y tácticas, con el poder suficiente para la toma de decisiones sobre las áreas funcionales de las empresas (cuándo y dónde producir, en qué cantidad, de qué sucursal despachar a qué cliente, etc.).

Evidentemente ésta es una gestión con un grado de complejidad avanzado, lo cual ha creado la aparición de nuevos sistemas de apoyo informático. En la actualidad varias empresas ya han reemplazado sus sistemas informáticos múltiples por sistemas informáticos que tienen la capacidad de manejar todos los ámbitos internos de la empresa bajo una sola plataforma (ERP).

Los positivos resultados de estas implementaciones se reflejan tanto en el aumento de seguridad y agilidad de los procesos en todas las áreas funcionales (por ejemplo, en función de la guía de recepción de una importación se actualiza la tabla de precios importados de los múltiples productos en forma on-line, prorrateando los costos logísticos como el transporte inbound), como en la mayor agilidad para acceder a informaciones internas.

Estos sistemas permiten a los responsables de la cadena de suministro ver el estado actual sin visualizar la cadena de suministro completa (situación más favorable para una planificación óptima). Así, al ejecutar planificaciones en forma secuencial no toman en cuenta restricciones de la cadena de suministro global (filosofía MRP).

Esta deficiencia es absorbida por sistemas adicionales como el software de Supply Chain Management, los cuales se complementan con los sistemas ERP añadiendo herramientas más sofisticadas, (por ejemplo, permiten incluir restricciones, realizar simulaciones, etc.) e incluso sustituyéndolos en algunas funciones de planificación.

Es importante destacar que el software de Supply Chain Management necesita un sistema ERP para la ejecución de los planes (transacciones) y está diseñado para integrarse con distintos sistemas ERP.

Entonces, ¿es esto lo más avanzado a lo que han llegado las empresas líderes o Trend Setters,



que compiten entre sí gestionando sus Cadenas de Suministro? La respuesta es claramente no.

Los Trend Setters han eliminado la "grasa" de los sobrecostos logísticos, generados por la gestión de la cadena de suministro mediante los nuevos sistemas, sin embargo, han llegado a la conclusión que los mayores potenciales de mejora están en el manejo de la información, es decir, mirando no hacía el pasado, sino hacía el futuro cercano.

Ya no es una cadena de suministro tradicional, sino una comunidad de suministro colaborativo. Los gestores de esta comunidad deben integrar los procesos de planificación y forecasting (pronóstico), necesitando para esto considerar a los clientes y proveedores como sus socios en el intercambio de la información.

De esta forma, la gestión integrada de la cadena de suministro depende de la calidad de la información. El secreto es ahora dónde obtener dicha información, cómo procesarla y cómo minimizar la incertidumbre involucrada.

Claramente, disponer únicamente de la información de ventas a clientes significa tener poca visibilidad de la demanda real. La falta de la visibilidad de la demanda resulta evidentemente en un círculo vicioso. Las empresas con poca o nula visibilidad de su demanda absorben este defecto con niveles de stocks adicionales. Los alcances de stock elevados, por su parte, aumentan el lead time logístico de la cadena completa, lo cual resulta en que los análisis son ejecutados no en función de los datos reales de venta, sino en función de los pedidos de los clientes, los cuales tampoco reflejan la información requerida del consumidor final. Esta estimación de la demanda resulta evidentemente en errores en la previsión, los cuales se absorben nuevamente con stock adicional.

Las empresas líderes tratan de redefinir la receta tradicional del forecasting. Esta receta tradicional tiene como ingredientes principales las metas de la gerencia, los pronósticos basados en estudios de marketing, de producción y de ventas, siendo este último, al avanzar en dirección a la demanda del consumidor, el ingrediente más "caliente", es decir, que expresa la información más fidedigna acerca de la demanda. Sin embargo, se observa que tradicionalmente se da más importancia a los ingredientes "fríos" como las instrucciones entregadas por la casa matriz, que convierten a esta receta obviamente en una "sopa fría".

Entonces, el objetivo de la integración y colaboración a lo largo de la Cadena de Suministros es sincronizarla con la demanda, debido a que la optimización de procesos individuales no conlleva a la optimización global de la cadena de suministros.

Para incrementar la velocidad de la cadena de abastecimiento, las cantidades a pedir deben ser planificadas simultáneamente. Sincronizar las empresas a través de información precisa y en el momento exacto es la clave para reducir tiempos de ciclo y simplificar procesos.

El enfoque tradicional ha sido mantener niveles de stocks, pero hoy la tendencia apunta a reducir el Lead Time Logístico para romper el círculo vicioso. La filosofía detrás de la compresión del lead time logístico es "Cambiar stocks por información".

3.4 ADMINISTRACIÓN DE MATERIALES

Los materiales son las materias primas, los componentes, los subensambles y los artículos que se usan para producir un bien o un servicio. La mayoría de los materiales son transformados en productos terminados. La administración de los materiales comprende la planeación, la organización y control del flujo de materiales; desde su compra inicial, pasando por las operaciones internas, hasta la distribución de los productos finales. Identifica los principales aspectos de la administración de materiales como; compras, transporte (interno y externo), control a través de la administración de producción de inventarios (incluyendo recepción, almacenamiento, embarque, manejo de materiales y conteo de inventarios), almacenamiento y distribución.

3.4.1 PROPÓSITO DE LOS INVENTARIOS

Los inventarios son recursos ociosos que poseen un valor económico. Las empresas generalmente clasifican sus inventarios como materias primas, productos en proceso o producto terminado. Todos los inventarios representan una inversión designada para facilitar las actividades de producción y servir a los consumidores. Sin embargo, mantener inventarios consume capital de trabajo, el cual puede no estar proporcionando un ingreso o un rendimiento en una inversión y puede ser requerido urgentemente en cualquier momento. Consecuentemente, el problema de la gestión de inventarios es el mantenimiento de niveles de inventarios adecuados, pero no excesivos.

El inventario es uno de los activos más costosos en muchas compañías que llega a representar hasta 50% del capital total invertido. Los administradores de operaciones de todo el mundo reconocen que la buena administración del inventario es crucial. Por un lado, una empresa reduce sus costos disminuyendo el inventario. Por otro, la falta de un artículo interrumpiría la producción y los clientes quedarían insatisfechos cuando hay faltantes de un artículo.

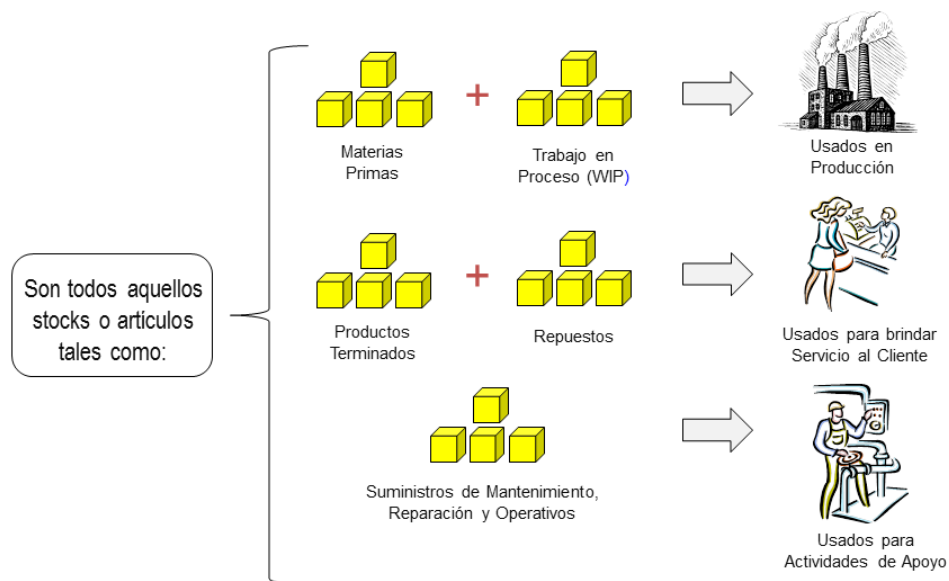


Figura 46. Tipos de inventario
Fuente: Zacarías & Zacarías



3.4.2 PRINCIPALES RAZONES PARA MANTENER INVENTARIO

- Proporcionar servicio a clientes con demandas variables (inmediatas o estacionales)
- Protegerse contra los errores de los proveedores, la escasez y los faltantes.
- Mejorar el nivel de actividades de producción, estabilizando el empleo y mejorando las relaciones de trabajo.
- Desfasar las etapas sucesivas en operaciones para que las fallas no detengan el sistema.
- Facilitar la producción de diferentes productos en las mismas instalaciones.
- Proporcionar un medio de obtener y manejar materiales en lotes de tamaño económico y obteniendo descuentos por cantidad.
- Proporcionar un medio para eliminar los riesgos de incertidumbre sobre los precios futuros y las entregas, tales como huelgas, incrementos de precio e inflación.

3.4.3 CONTEO CÍCLICO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN ABC

En los almacenes de la mayoría de las empresas se presenta un número bastante alto de artículos distintos con características diferentes. Es obvio pensar que todos los artículos no representan el mismo valor y volumen, ni son igual de importantes para el funcionamiento de la empresa. Los artículos en existencia en un almacén pueden representar distinto valor por su precio de compra o fabricación, por la cantidad utilizada de dicho producto en unidad de tiempo y por la utilidad que representan para el funcionamiento de la empresa.

Se clasifican los inventarios porque, no todos los items requieren el mismo nivel de dedicación en términos de Control y Gestión; porque asimismo es conveniente clasificar los inventarios para determinar el pequeño porcentaje de artículos (20%) que representan un gran porcentaje (80%) del valor anual mantenido en stock; a esta clasificación se le conoce como Clasificación de Pareto o Clasificación ABC. La que consiste en "Gestionar con más ahínco los pocos vitales (Artículos A), de los muchos triviales (Artículos B y C)"

Esta clasificación establece los niveles de importancia para cada artículo (A, B y C), basado en el Valor Monetario Anual de cada producto. Es el método más utilizado y preferido de Conteo Cíclico.

Políticas que se basan en el análisis ABC

- Los artículos A (críticos, afectan las operaciones) representan un porcentaje pequeño en unidades físicas respecto al total, pero son los de mayor capital inmovilizado en stock.
- Los artículos A requieren mayor cuidado que el de los otros artículos. En oposición a los artículos B y C, deben tener un control más estricto en el inventario, debiendo ser verificados con mayor frecuencia.
- Los artículos B (materiales de consumo frecuente), son aquellos de segundo orden de valor.
- Los artículos C, representan un alto porcentaje en unidades físicas respecto al total, pero es un bajo porcentaje en unidades monetarias, respecto a la inversión total.
- Los recursos de compras gastados en el desarrollo del proveedor deben ser mucho más altos para los artículos individuales A que para los artículos C.



GRUPOS	CANTIDAD % DE ARTICULO	VALOR % DE SOLES	GRADO CONTROL	TIPOS DE REGISTRO	INVENTARIO SEGURIDAD
A	10 – 20 %	70 – 80 %	Intenso	Completo, seguro	Bajo
B	30 – 40 %	15 – 20 %	Normal	Completo, seguro	Moderado
C	40 – 50 %	05 – 10 %	Simple	Simplificado	Grande

Figura 47. Escala según la Ley de Pareto
Fuente: Zacañas & Zacañas

Procedimiento:

- Inventariar productos por tipos de artículos en el almacén.
- Asignar valor unitario a los artículos inventariados (precio inicial de compra, precio final ó un promedio).
- Multiplicar valor unitario por la cantidad física inventariada.
- Ordenar en escala descendente los valores monetarios totales
- Calcular los porcentajes de cada uno de los valores en relación al valor total en el almacén.
- Calcular los porcentajes de cada una de las cantidades en relación al total del inventario físico del almacén.
- Sumar en forma descendente los porcentajes de la columna de los valores de cada artículo, e irlos agrupando hasta adoptarlos lo más cerca posible a la escala establecida según la Ley de Pareto.

Ejemplo:

El siguiente cuadro muestra 10 ítems con sus respectivos costos unitarios y las cantidades ubicadas en el almacén. Clasificar de acuerdo al criterio ABC.

Item	Costo Unitario S/.	Uso Anual (unidades)	Uso Anual S/.	% del Uso Anual
331	5	100	500	0.5%
60	4	500	2000	2.0%
803	4.1	1000	4100	4.1%
46	2	2500	5000	5.0%
56	1	1000	1000	1.0%
62	10.75	4000	43000	43.0%
47	9	200	1800	1.8%
688	9.25	4000	37000	37.0%
97	22	200	4400	4.4%
104	6	200	1200	1.2%
Total			S/. 100 000	100.0%



Item	Costo Unitario S/.	Uso Anual (unidades)	Uso Anual S/.	% del Uso Anual	% Acumulado	Clasificación
62	10.75	4000	43000	43.0%	80.00%	A
688	9.25	4000	37000	37.0%		
46	2	2500	5000	5.0%	15.50%	B
97	22	200	4400	4.4%		
803	4.1	1000	4100	4.1%		
60	4	500	2000	2.0%		
47	9	200	1800	1.8%	4.50%	C
104	6	200	1200	1.2%		
56	1	1000	1000	1.0%		
331	5	100	500	0.5%		

3.4.4 EXACTITUD EN LOS REGISTROS

Las buenas políticas de inventarios pierden sentido si la administración no sabe que hay disponible en su inventario. La exactitud de los registros permite a las organizaciones enfocarse en aquellos artículos que son más necesarios, en vez de tener la seguridad de que "algo de todo" está en inventario. Sólo cuando la organización puede determinar con exactitud qué está disponible es capaz de tomar decisiones concretas acerca de los pedidos, programación y embarque.

Conteo de inventarios

Los registros de inventarios deben ser altamente seguros (98-99%) para facilitar los sistemas de producción automatizados. Dos métodos de auditar registros de inventarios son:

Conteo cíclico

Es un conteo físico continuo del inventario y los registros de inventario, por lo que todos los artículos son contados con una frecuencia específica, y los registros de inventarios son periódicamente confrontados con los datos reales. Un ciclo es el tiempo requerido para contar todas las partidas en inventario al menos una vez. Usa la clasificación ABC. Se rastrea la causa de las imprecisiones y se toman las acciones correctivas apropiadas para asegurar la integridad del sistema del inventario.

Ventajas del conteo cíclico:

- Elimina la detección y la interrupción de la producción necesarias para efectuar el inventario físico anual.
- Elimina los ajustes anuales del inventario.
- Personal capacitado audita la precisión del inventario.
- Permite identificar las causas de error y emprender acciones correctivas.
- Mantiene registros exactos del inventario

Ejemplo:

Industrias Nova un fabricante de máquinas para la panificación de alta calidad, tiene un inventario cerca de 5,000 artículos. Desea determinar cuántos artículos debe contar al día. Se determinó que tiene 500 artículos A; 1750 artículos B, y 2750 artículos C. La política de la empresa es contar todos los artículos A cada mes (cada 20 días de trabajo), todos los artículos B cada trimestre (cada 60 días de trabajo), y todos los artículos C cada 6 meses (cada 120 días de trabajo). Después la empresa asigna algunos artículos que deben contarse diariamente.



ARTÍCULO		POLÍTICA DE CONTEO CÍCLICO	NÚMERO DE ARTÍCULOS CONTADOS POR DÍA
CLASE	CANTIDAD		
A	500	Cada mes (20 días de trabajo)	500 / 20 = 25 día
B	1,750	Cada trimestre (60 días de trabajo)	1750 / 60 = 29 día
C	2,750	Cada seis meses (120 días de trabajo)	2750 / 120 = 23 día
Deben contarse al día =			77 artículos

Los artículos particulares contados en el ciclo se pueden seleccionar de manera secuencial o aleatoria. Otra posibilidad es realizar el conteo cíclico cada vez que se reordena.

NIVELES TÍPICOS DE EXACTITUD Y FRECUENCIA DE RECuento

Clase de Inventario	Tolerancia Permitida	Frecuencia de Recuento Anual
A	+ / - 0%	12
B	+ / - 2%	4
C	+ / - 5%	2

Observaciones: Las tolerancias las Especifica el Usuario y NO deben exceder del + / - 5%

REGISTRO DE INVENTARIO

Artículo	Clasificación	Ubicación	Costo Unitario S/.	Recuento Cíclico		Ajuste		Valor de Ajuste
				Físico	Registro de Inventario	Pérdida	Aumento	Costo Unitario
364571	B	B4N12	12.90	46	50			
239388	A	B5N11	650.0	30	31			
432711	C	A4N24	0.16	50	52			
875733	A	A5N27	1,650	10	9			
765532	B	C4N35	0.03	100	80			
754321	C	F7N21	1.50	1500	1420			

PERIÓDICO	CÍCLICO
✓ Contar los artículos	Contar los artículos frecuentemente
	Comparar los Resultados con el Registro
✓ Comparar los resultados con el registro	Ajustar los Registros (si necesario)
	Identificar las causas del error
	Corregir y eliminar las causas del error
✓ Ajustar los registros	Proveer una medida cuantitativa de exactitud de los Registros de Inventario
✓ Conciliar las diferencias	Mantenimiento de alto nivel de exactitud en los Registro de Inventario

Figura 48. Objetivos de las auditorías de inventario.

Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)



3.4.5 COSTOS DE LOS INVENTARIOS

Costos de mantener inventarios

Son los costos asociados con guardar o llevar el inventario a través del tiempo. Por lo tanto, los costos de mantener inventario también incluyen obsolescencia y otros costos relacionados con el almacenamiento, como seguros, personal adicional y pago de intereses. Muchas empresas no incluyen todos los costos de mantener inventarios; en consecuencia, es común que se subestimen.

Costo de ordenar

Incluye los costos de suministros, formatos, procesamiento de pedidos, personal de apoyo, etc. Cuando los pedidos se van a fabricar, también existen costos por ordenar, pero éstos son parte de lo que se conoce como costos de preparación.

Costo de preparación

Se refiere a preparar una máquina o un proceso para realizar la manufactura de un producto. El costo de preparación incluye la mano de obra y el tiempo necesarios para limpiar y cambiar herramientas o contenedores.

Tiempo de preparación

Tiempo necesario para preparar una máquina o un proceso para efectuar la producción. La preparación de maquinaria requiere una gran cantidad de trabajo antes de que la preparación se realice efectivamente en el centro de trabajo. Con una planeación adecuada, gran parte del trabajo requerido para la preparación se haría antes de detener la operación de una máquina o un proceso. Así los tiempos se pueden reducir en forma sustancial.

Los siguientes cuadros ahondan estos costos.

COMPONENTES DE DICHO COSTO	ELEMENTOS A CONSIDERAR POR CADA COMPONENTE IDENTIFICADO		CÁLCULO DEL COSTO
Incluye el costo de colocar una orden a un proveedor externo o a la planta	Costos de personal	Ya sea del Dpto. de compras y/o producción	Costo por Orden = Costos Totales / No. órdenes totales por línea de producto.
	Gastos generales	Imputables al Dpto. de compras y/o PCP por la gestión de los artículos (Material de oficina, adm. general y otros)	
	Correspondencia y comunicaciones	Es el gasto en que incurre el Dpto. correspondiente al realizar la emisión, envío y control del pedido.	

Figura 49. Costo de ordenar

Fuente: Zacañas & Zacañas



Componentes de Dicho Costo	Elementos a Considerar por Cada Componente Identificado		Cálculo Parcial	Cálculo del Costo
A Costo de Espacio	Alquileres	Si el almacén no es de nuestra propiedad habrá que pagar una cantidad normalmente mensual por cada metro cuadrado alquilado.	Costo de Espacio Mensual = Dólares Mensuales por Metro Cuadrado	Costo de Espacio (Mensual) = Costo de Espacio Mensual *
	Reparaciones y Mantenimiento	Se incluyen todos los gastos de reparación y mantenimiento asignados al concepto espacio (pintura, reparación, pavimento, etc.)		
	Seguros	Incluye primas de los seguros frente a una eventualidad en edificio e instalaciones (contra incendios, contra robo, etc.)	Estándar de ocupación = Metros Cuadrados por Unidad de Almacenamiento	Inventario Promedio Mensual que la mercadería permanece almacenada
	Impuestos	Todos los que recaigan sobre el edificio y las instalaciones fijas del almacén		

Figura 50. Costo de inventario
Fuente: Zacaías & Zacaías

Componentes de Dicho Costo	Elementos a Considerar por Cada Componente Identificado		Cálculo Parcial	Cálculo del Costo
B Costo de las Instalaciones	Alquileres	Habitualmente se considera éste concepto sobre aquellos elementos cuyas necesidades fluctúan en el tiempo, (ejemplo, pallets)	Costo Mensual por Instalación = Sume sus Costos y divida el total por el número de Instalaciones del mismo Tipo. (Ejemplo: divida entre el número de pallets)	Costo de las Instalaciones (Mensual) = Costo Mensual por Pallet * Número de Pallets ocupados en promedio al Mes.
	Reparaciones y Mantenimiento	En este concepto se incluyen todos los gastos de reparación y mantenimiento asignados al concepto instalaciones.		

Figura 51. Costo de inventario
Fuente: Zacaías & Zacaías

Componentes de Dicho Costo	Elementos a Considerar por Cada Componente Identificado		Cálculo Parcial	Cálculo del Costo
C Costo de Manipulación	Personal Directo	Todos los costos empresariales correspondientes al grupo de operarios (carretilleros, cargadores, preparadores de pedidos, etc.), destinados a la tarea de manipular los inventarios. Se incluye salarios, seguro social y otros.	Costo de Manipulación por hora = Costo Total al año por Manipulación / Horas trabajadas al año del personal directo involucrado.	Costo de Manipulación (Mensual) = Costo de Manipulación por Hora * Estándar de Manipulación *
	Alquileres	Habitualmente se considera éste concepto sobre aquellos elementos cuyas necesidades fluctúan e el tiempo. (ejemplo: carretillas elevadoras)		
	Reparaciones y Mantenimiento	Todos los gastos realizados en reparaciones y mantenimiento de todos aquellos medios técnicos dedicados a la manipulación de mercancías.	Fracción por hora necesario para manipular un bulto desde que se recepciona hasta que está preparado para la salida.	Inventario Promedio Mensual Mantenido en Inventario

Figura 52. Costo de inventario
Fuente: Zacaías & Zacaías

Componentes de Dicho Costo	Elementos a Considerar por Cada Componente Identificado		Cálculo del Costo
D Costo de Mantener	Costo del Artículo	Costo del Artículo ya sea Comprado o fabricado.	Costo Mensual de Mantener = Costo del Artículo incluido Seguros * Número de unidades Mantenedas en el Mes.
	Seguros	Primas de seguros que cubren riesgos directos sobre los productos almacenados.	

Figura 53. Costo de inventario

Fuente: Zacaías & Zacaías

La suma del costo de ordenar y el costo de inventario definen el costo total de inventario. De lo que se trata es de encontrar el tamaño económico de pedido donde el costo total de inventario se minimice.

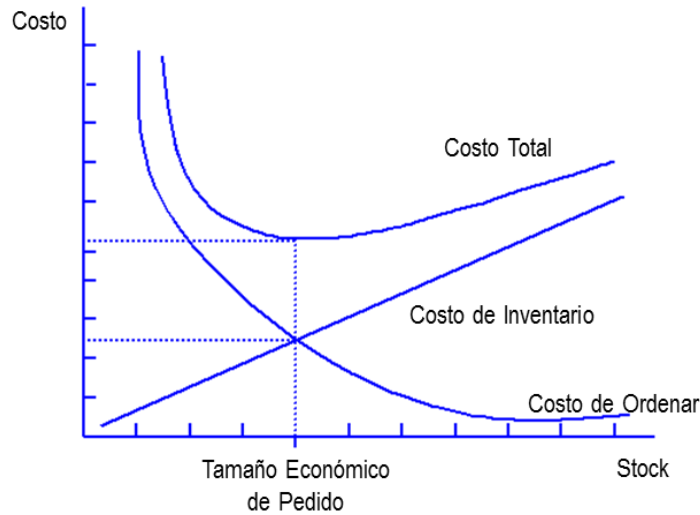


Figura 54. Relación entre el costo de ordenar y el costo de inventario.
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

3.4.6 USO DEL INVENTARIO A TRAVES DEL TIEMPO

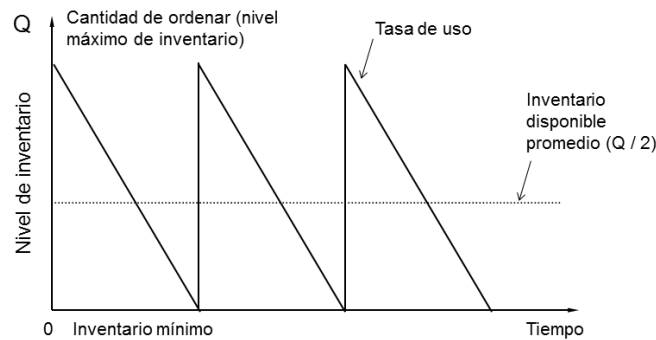


Figura 55. Uso de inventario a través del tiempo
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

Modelo I – Cantidad Económica de Pedido EOQ

Asume que:

- La demanda es constante y conocida, y no son importantes los faltantes, la sensibilidad a los clientes y otros costos.
- Los costos de ordenar, costo de inventario y el tiempo de obtención son constantes y conocidos.
- Las entradas de inventarios se efectúan en bloque.

Nomenclatura:

Q = CEP = Número óptimo de unidades por orden de compra



D = Demanda anual

S = Costo de preparación para cada orden o pedido

H = I * C = Costo de manejo de inventario por unidad por año

I = Tasa de costo de manejo, expresada como porcentaje del valor del inventario en soles por año

C = Costo por unidad del producto

CT = Costo total anual

COSTO ANUAL DE PREPARACIÓN DEL PEDIDO

(Demanda anual / Número de unidades en cada pedido)(costo por pedido)

$$CAPP = \frac{D}{Q} S$$

COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO

(Inventario promedio)(Costo de mantenimiento unidad al año)

$$CAM = \frac{Q}{2} H$$

COSTO TOTAL ANUAL

$$CT = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

CANTIDAD OPTIMA DE LA ORDEN

$$\frac{D}{Q} S = \frac{Q}{2} H$$

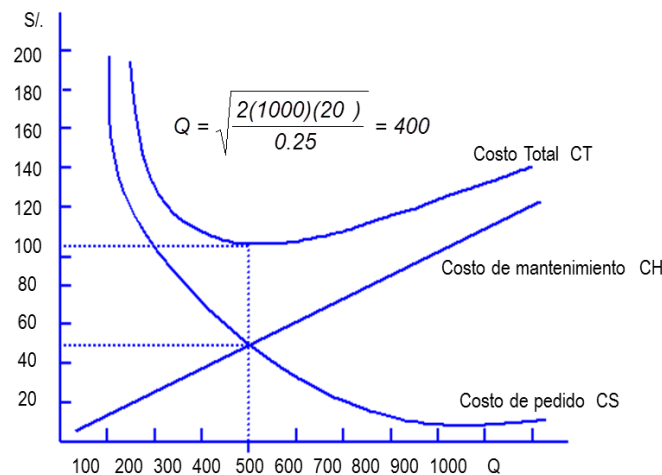
CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO

$$CEP = Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

En el siguiente cuadro se muestra como funciona la cantidad económica de pedido.



Q	D/Q	D/Q(S)	Q/2	Q/2(H)	CT
100	10.00	200.00	50	12.50	212.50
200	5.00	100.00	100	25.00	125.00
300	3.33	66.60	150	37.50	104.10
400	2.50	50.00	200	50.00	100.00
500	2.00	40.00	250	62.50	102.50
600	1.66	33.20	300	75.00	108.20
700	1.43	28.60	350	87.50	116.10
800	1.25	25.00	400	100.00	125.00
900	1.11	22.20	450	112.50	134.70
1000	1.00	20.00	500	125.00	145.00



N = Número esperado de órdenes

$$N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad Ordenada}} = \frac{D}{Q}$$

T = Tiempo esperado entre órdenes

$$T = \frac{\text{Número de días laborales al año}}{N}$$

Ejemplo:

Sharp, una empresa que comercializa agujas hipodérmicas indoloras para los hospitales, le gustaría reducir su costo de inventario al determinar el número óptimo de agujas hipodérmicas que debe solicitar en cada orden. Sabiendo que la demanda anual es de 1000 unidades, el costo de ordenar es de S/. 10.00 por orden y el costo anual de mantener por unidad es de S/. 0.50. Calcule la cantidad óptima de pedido.

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad Q = \sqrt{\frac{2(1000)(10)}{0.50}} = 200 \text{ unidades}$$

Sharp tendrá que ordenar 200 unidades.

En Sharp, se trabaja 250 días al año y desea encontrar el número de órdenes (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) para este periodo. ¿Cuál es el número óptimo de órdenes por



año? y ¿Cuál es el número óptimo de días entre las órdenes?

$$N = \frac{1000}{200} = 5 \text{ órdenes al año}$$

$$T = \frac{250}{5} = 50 \text{ días entre órdenes}$$

Para el problema anterior de Sharp, encuentre el costo anual combinado de ordenar y mantener.

$$CT = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

$$CT = \frac{1000}{200} (S/. 10) + \frac{200}{2} (S/. 0.50) = S/. 100.00$$

Los S/. 100 del total no incluyen el costo real de los bienes. Es necesario observar que los costos de mantener siempre son iguales a los costos de ordenar.

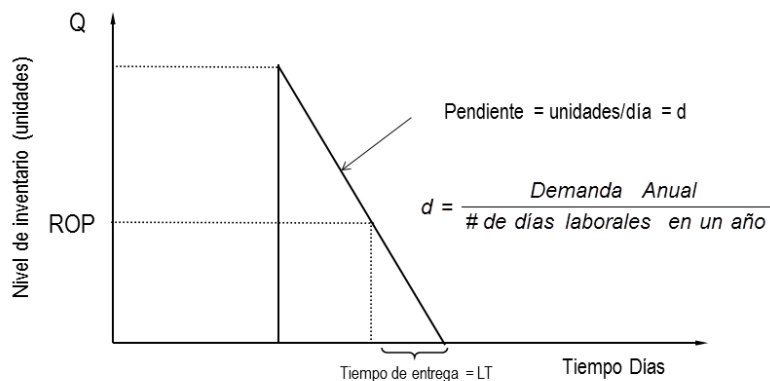
Los costos de inventario también pueden expresarse de manera que incluyan el costo real del material comprado. En el problema de Sharp, si suponemos que la demanda anual es 1,000 y el precio por cada aguja hipodérmica es S/. 10, y el costo anual total debe incluir el costo de la compra, entonces será:

$$CT = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H + P \times D$$

$$CT = \frac{1000}{200} (10) + \frac{200}{2} (0.50) + 10(1000) = S/. 10,100$$

Tiempos de entrega – LT

En los sistemas de compras, es el tiempo que transcurre entre colocar y recibir una orden, en los sistemas de producción, es el tiempo de espera, movimiento, cola, preparación y corrida para cada componente que se produce.



$$ROP = (\text{Demanda por día})(\text{Tiempo de entrega de una nueva orden en días}) = (d)(LT)$$

Figura 56. Punto de reorden



Fuente: Los autores

Ejemplo:

Asatex, está intentando llevar a cabo un análisis de inventario en uno de sus productos más populares. La demanda anual para este producto es de 5,000 unidades; el costo unitario es S/. 200; el costo de manejo del inventario se considera aproximadamente el 25% del costo unitario. El costo por cada orden es de S/. 30 y el tiempo de entrega tiene un promedio de 10 días. Suponga un año de 50 semanas y hay 200 días laborales por año.

a. ¿Cuál es la cantidad económica de la orden?

$$Q = \sqrt{\frac{2(5000)(30)}{0.25(200)}} = 78$$

b. ¿Cuál es el punto de reorden?

$$PR = 25(10) = 250 \text{ unidades}$$

c. ¿Cuál es el costo total del inventario más el costo de ordenar?

$$CT = \frac{5000}{78}(30) + \frac{78}{2}(50) = S/. 3873$$

d. ¿Cuál es el número óptimo de órdenes por año?

$$N = \frac{5000}{78} = 64$$

e. ¿Cuál es el número óptimo de días entre las órdenes? Suponga que hay 200 días laborales por año.

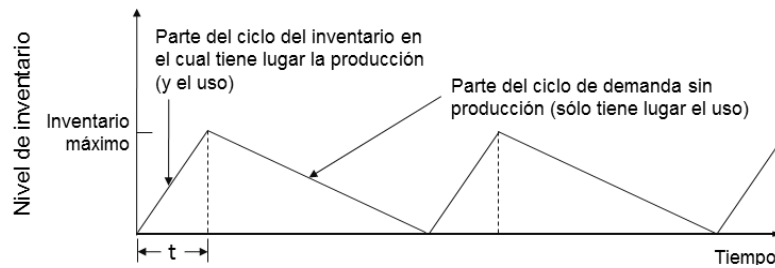
$$T = \frac{200}{64} = 3.125 \text{ días}$$

Modelo II. Cantidad Económica a Producir

Técnica para el lote económico a producir que se aplica a las órdenes de producción dentro de misma fábrica. Este modelo se aplica en dos circunstancias:

1. Cuando el inventario fluye de manera continua o se acumula durante un periodo después de colocar una orden, y
2. Cuando las unidades se producen y venden en forma simultánea.

Bajo estas circunstancias se toman en cuenta la tasa de producción diaria (o flujo de inventario) y la tasa de demanda diaria.


Figura 57. Modelo de producción

Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

Q = Número de unidades por orden.

H = Costo de mantener inventario por unidad por año.

S = Costo de iniciar la producción ó de organización en soles por corrida o lote

t = Longitud de la corrida de producción en días.

d = Tasa de demanda por periodo, o tasa de uso.

p = Tasa de producción por periodo.

$$Q_p = \sqrt{\frac{2DS}{H[1-(d/p)]}} = \sqrt{\frac{2DS}{H} \times \frac{p}{(p-d)}}$$

También podemos calcular Q, cuando se dispone de datos anuales:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{\text{Tasa de demanda anual}}{\text{Tasa de producción anual}} \right)}}$$

Ejemplo:

Una empresa moldeadora de plásticos produce y usa 24,000 inserciones de teflón anualmente. El costo de iniciar la producción es de S/. 85 y la tasa de producción semanal es de 1,000 unidades. Si el costo de producción es de S/. 2.50 por unidad y el almacenamiento anual y costo de mantener es de S/. 0.50 por unidad. Se supone un año de 52 semanas. ¿Cuántas unidades debe producir la empresa en cada corrida de producción?

Las tasas de demanda y producción deben estar en las mismas unidades, por lo que arbitrariamente las ponemos ambas en términos anuales.

$$CPP = \sqrt{\frac{2DS}{H[1-(d/p)]}} = \sqrt{\frac{2(24000)(85)}{0.50[1-(24000/52000)]}} = 38935 \text{ inserciones}$$

A una tasa de producción de 1,000 unidades por semana, cada corrida de producción requerirá aproximadamente un mes, por lo que la empresa deberá producir inserciones aproximadamente cada mes.



Modelo III – EOQ – Descuentos por volumen

Para aumentar sus ventas, muchas empresas ofrecen a sus clientes descuentos por cantidad. Un descuento por cantidad es simplemente un precio reducido de un artículo por la compra de grandes cantidades. Aquí es necesario agregar al costo total de inventario el precio del producto.

$$CT = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H + PxD$$

Pasos para obtener descuento óptimo:

Paso 1. Para cada descuento, calcule el valor del tamaño óptimo de la orden Q, usando la siguiente fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{IP}}$$

Observe que el costo de mantener es IP en lugar de H, donde I = % del precio unitario (P)

Paso 2. Para cualquier descuento, si la cantidad a ordenar es muy baja como para calificar para el descuento, ajuste la cantidad a ordenar hacia arriba hasta la menor cantidad que califique para el descuento.

Paso 3. Usando la anterior ecuación del costo total, calcule un costo total para cada Q determinada en los pasos 1 y 2. Si fue necesario ajustar Q hacia arriba por ser menor que el intervalo de la cantidad aceptable, asegúrese de emplear el valor ajustado para Q.

Paso 4. Seleccione la Q que tenga el costo total más bajo, como se calculó en el paso 3. Ésta será la cantidad que minimizará el costo total del inventario.

Ejemplo:

Toy Store, tiene en inventario carritos de carreras. Recientemente le ofrecieron un programa de descuentos por cantidad para estos carritos. Este programa por cantidades se presenta en la siguiente tabla:

CANTIDAD PARA EL DESCUENTO	% DE DESCUENTO	PRECIO DE DESCUENTO
De 0 – 999	Sin descuento	S/. 5.00
De 1000 – 1999	4	S/. 4.80
2000 – a más	5	S/. 4.75

El costo de ordenar es de S/. 49.00 por orden, la demanda anual es de 5,000 carritos y el costo de mantener inventario como porcentaje del costo es del 20%. ¿Qué cantidad ordenada minimizará el costo total del inventario?



$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{IP}}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2(5000)(49)}{(0.20)(5.00)}} = 700$$

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2(5000)(49)}{(0.20)(4.80)}} = 714 = 1000 \text{ Ajustado}$$

$$Q_3 = \sqrt{\frac{2(5000)(49)}{(0.20)(4.75)}} = 718 = 2000 \text{ Ajustado}$$

PRECIO UNITARIO	CANTIDAD A ORDENAR	COSTO ORDENAR	COSTO DE MANTENER	COSTO DEL PRODUCTO	COSTO TOTAL S/.
S/. 5.00	700	350	350	25,000	25,700.09
S/. 4.80	1000	245	480	24,000	24,725.00
S/. 4.75	2000	122.50	950	23,750	24,822.50

Se selecciona la cantidad a ordenar con el menor costo total. En la tabla anterior se ve que una cantidad a ordenar de 1,000 carritos minimiza el costo total.

Resolver:

Un productor de equipo de fotografía compra lentes de un proveedor a S/. 100 cada uno. El productor requiere 125 lentes por año, y el costo de ordenar es de S/. 18 por pedido. Los costos de mantener por unidad-año (basados en el inventario promedio) se calculan en S/. 20. El proveedor ofrece 6% de descuento en la compra de 50 lentes y 8% de descuento en compras de 100 o más lentes a la vez. ¿Cuál es la cantidad más económica que puede ordenarse?

Sin considerar las cantidades de descuento, el EOQ será:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(125)(18)}{20}} = 15 \text{ Lentes}$$

El costo total anual asociado con el EOQ es:

$$CT = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H + P \times D$$

$$CT = \frac{125}{15}(18) + \frac{15}{2}(20) + 125(100) = S/. 12,800$$



$$CT = \frac{125}{50}(18) + \frac{50}{2}(20) + 125(94) = S/. 12,295$$

$$CT = \frac{125}{100}(18) + \frac{100}{2}(20) + 125(92) = S/. 12,522.50$$

El tamaño de pedido de 50 unidades ocasiona el costo total anual más bajo. Aunque el precio de compra por unidad es menor que la orden de 100 unidades, los costos de mantener empiezan a compensar tales ahorros. Los costos y la dirección del cambio hacia arriba (↑) hacia abajo (↓) son mostrados en la siguiente tabla:

Cantidad ordenada	Costo de ordenar	Costo de mantener	Costo de compra	Costo Total
15 Uni. Ord.	S/. 150	S/. 150	S/. 12 500	S/. 12 800
50 Uni. Ord.	S/. 45 ↓	S/. 500 ↑	S/. 11 750 ↓	S/. 12 295 ↓
100 Uni. Ord.	S/. 22 ↓	S/. 1 000 ↑	S/. 11 500 ↓	S/. 12 522

En este caso se supone un costo constante de S/. 20 por mantener. Si el costo de mantener es dado como un porcentaje del precio, éste también se reducirá en una pequeña pero proporcional cantidad al hacer efecto los descuentos en el precio.

Cuarta unidad PLANEACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD DE OPERACIONES

4.1 PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN

La planeación de las operaciones se centra en el volumen y en el tiempo de producción de los productos y servicios, la utilización de la capacidad de las operaciones, y el establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad de los distintos niveles para lograr competir adecuadamente. La siguiente figura muestra la relación temporal y las diferentes actividades de planeación de las operaciones tratadas en este y siguientes ítems.



Figura 58. Planeación de la producción.
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

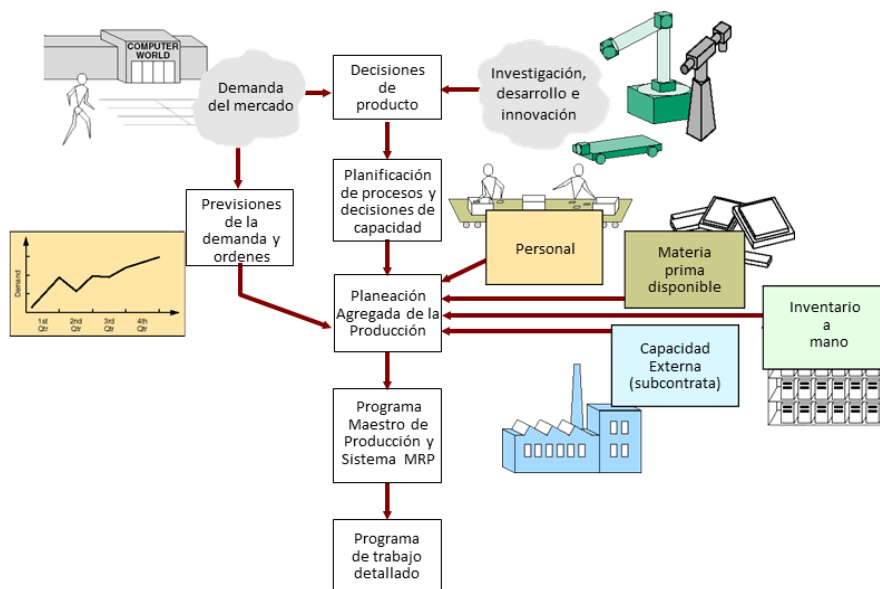


Figura 59. Planificación y programación de la producción
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)



Asimismo, presentamos, como el Plan de Operaciones contribuye a la estrategia empresarial, para lograr la ventaja competitiva.



Figura 60. Contribución de las operaciones al plan estratégico.
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

ALTOS EJECUTIVOS	Planes a largo plazo (más de un año) Las decisiones de capacidad son cruciales para los planes a largo plazo Investigación, Desarrollo e Innovación Planes para nuevos productos Inversiones de capital Localización y expansión de instalaciones
ADMINISTRADORES DE OPERACIONES	Planes a mediano plazo (3 a 18 meses) Planeación de ventas Planeación y presupuesto de producción Determinación de los niveles de empleo, inventario y subcontratación Análisis de los planes de operación
ADMINISTRADORES DE OPERACIONES, SUPERVISORES, CAPATACES.	Planes a corto plazo (hasta 3 meses) Asignación del trabajo Determinación de órdenes Programación de tareas Despacho Tiempo extra Ayuda a tiempo parcial
RESPONSABILIDAD	TAREAS Y HORIZONTE DE PLANEACIÓN EN EL TIEMPO

Figura 61. Planeación y responsabilidades.
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

4.1.1 PLANIFICACION AGREGADA

Determina la cantidad y los tiempos de producción necesarios, para satisfacer la demanda pronosticada, ajustando los índices de producción, los niveles de mano de obra, los niveles de inventario, el trabajo en tiempo extra, las tasas de subcontratación, y otras variables controlables. Por lo general el objetivo es minimizar los costos para el periodo de planeación.

Sin embargo, existen otros aspectos estratégicos más importantes que el costo bajo. Estas



estrategias pueden ser suavizar los niveles de empleo, reducir los niveles de inventario, o satisfacer un nivel de servicio alto.

En las fábricas el PAP asocia las metas estratégicas de la empresa con los planes de producción. En las organizaciones de servicio el PAP relaciona las metas estratégicas con los programas de la fuerza de trabajo.

El PAP necesita cuatro elementos:

- Una unidad general lógica para medir las ventas y la producción, como unidades de aire acondicionado en GE o cajas de cerveza en AJE.
- Un pronóstico de demanda para planear un periodo intermedio.
- Un método para determinar los costos.
- Un modelo que combine los pronósticos y costos con la finalidad de tomar decisiones de producción apropiadas para el horizonte de planeación.

4.1.2 REQUERIMIENTOS DEL PAP

A. Un pronóstico de ventas o plan de ventas

Tener conocimiento del mercado y conocer su comportamiento, de manera que podamos utilizar la información para elaborar un plan de venta, que esté de acuerdo con nuestros objetivos y planes estratégicos, y con nuestra capacidad física, financiera u operativa. El pronóstico (o predicción) debe culminar con un plan de ventas, y no debe ser considerado un acto de buena intención sino un compromiso por cumplir.

B. Pedidos comprometidos

Cuando las empresas trabajan a pedido, o por órdenes de trabajo, la planeación es, aparentemente muy complicada, por cuanto hay que tomar en cuenta la mayor cantidad de variables; sin embargo, este problema se puede superar si se planea a partir de la fecha comprometida de entrega del producto terminado.

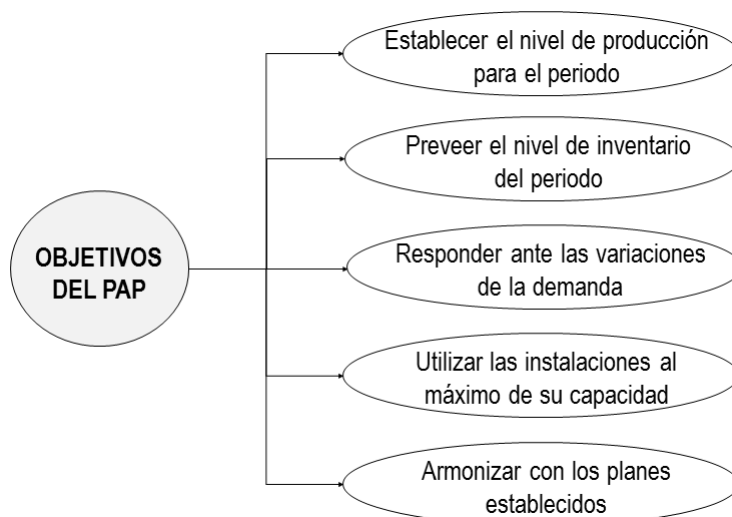


Figura 62. Objetivos del PAP

Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

Ejemplo:

Una empresa ensambla computadoras y al término del mes de junio tiene en almacén 250 unidades terminadas; 40 personas trabajan en su línea de ensamblaje, y cada una de ellas



contribuye con 10 computadoras por mes. El salario mensual es de S/. 900.00 por cada trabajador. Cada vez que contrata nuevo personal, tiene que gastar en entrenamiento e incurre en un costo de S/. 150.00 por hombre y cuándo despide un trabajador gasta S/. 300.00 El gerente de mercadeo ha estimado que las ventas para julio y agosto son de 500 y 550 unidades por mes. ¿Cuál será el plan de producción para esta empresa?

**PRIMERA SOLUCIÓN – CONSIDERAR CADA MES POR SEPARADO;
ES DECIR, CADA MES, UNA DECISIÓN.**

	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOTAL
DEMANDA		500	550	
EMPLEADOS	40	25	55	
STOCK INICIAL		250	0	
PRODUCCION		250	550	
STOCK FINAL	250	0	0	
CONTRATACION			30	
DESPIDO		15		
COSTOS				
SALARIOS		22500	49500	72000
CONTRATACION		0	4500	4500
DESPIDOS		4500	0	4500
TOTAL		S/. 27000	S/. 54000	S/. 81000

**SEGUNDA SOLUCIÓN – TOMAR EN CUENTA LAS OPERACIONES DURANTE EL PERÍODO
Y TOMAR DECISIONES, ASOCIADAS A LA CAPACIDAD INSTALADA Y EXISTENCIAS**

	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOTAL
DEMANDA		500	550	
EMPLEADOS	40	40	40	
STOCK INICIAL		250	150	
PRODUCCION		400	400	
STOCK FINAL	250	150	0	
CONTRATACION		0	0	
DESPIDO		0	0	
COSTOS				
SALARIOS		36000	36000	72000
CONTRATACION		0	0	0
DESPIDOS		0	0	0
TOTAL		S/. 36000	S/. 36000	S/. 72000

Análisis: Con la segunda solución se ha conseguido las siguientes mejoras:

- Se trabaja con capacidad constante.
- Menor esfuerzo para administrar la mano de obra.
- Mejor utilización de la capacidad instalada.
- Rotación de existencias de producto terminado.
- Uso eficiente de las existencias para facilitar la producción.

4.1.3 ESTRATEGIAS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA

- ¿Deben usarse los inventarios para absorber los cambios que registre la demanda

dentro del periodo planeado?

- ¿Debe hacerse una adaptación a los cambios variando el tamaño de la fuerza de trabajo?
- ¿Deben emplearse trabajadores de tiempo parcial, o el tiempo extra y los tiempos de inactividad de absorber las fluctuaciones?
- ¿Debe usarse la subcontratación para atender las fluctuantes órdenes a fin de mantener una fuerza de trabajo estable?
- ¿Deben cambiarse los precios u otros factores para influir en la demanda?

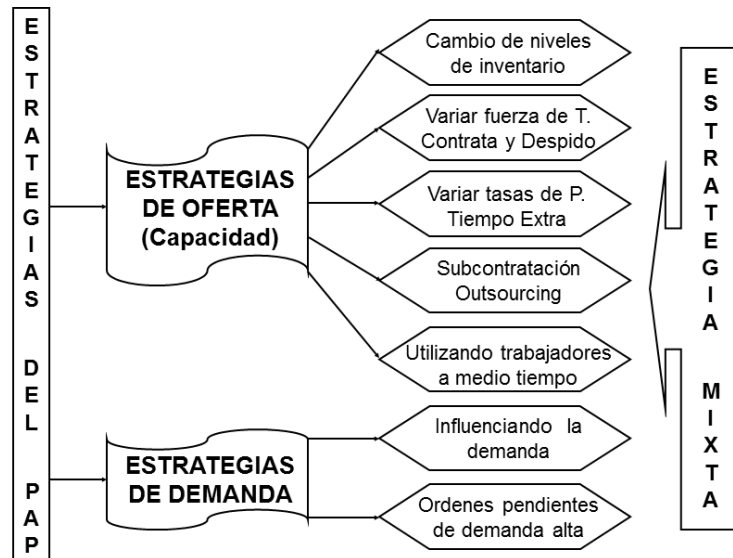


Figura 63. Estrategias del PAP
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

4.1.4 MÉTODOS PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA

Para la mayoría de las empresas, las alternativas de planeación agregada propuestas han probado ser ideales, por ello deben investigar acerca de alguna combinación de las ocho alternativas, llamadas a esta Estrategia Mixta para lograr el costo mínimo, esta suele generar una mejor estrategia.

A. MÉTODO GRÁFICO

Es un enfoque de prueba y error. Los cinco pasos del método gráfico son los siguientes:

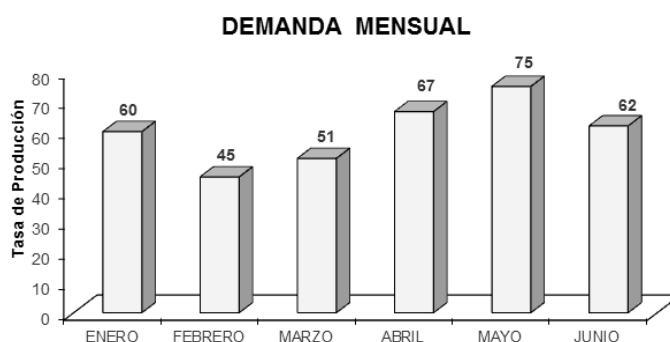
- Determinar la demanda de cada periodo.
- Determinar la capacidad para el tiempo normal, el tiempo extra y la subcontratación de cada periodo.
- Encontrar los costos de mano de obra, contratación y despido, así como los costos de mantener inventarios.
- Considerar la política de la empresa que se aplica a los trabajadores o a los niveles de inventario.
- Desarrollar planes alternativos y examinar sus costos totales.

Ejemplo:

Prepare seis planes de producción de acuerdo a su criterio y elige la más óptima. Analice los resultados.



MES	DEMANDA	DIAS DE TRABAJO	Dx POR DÍA
ENERO	1200	20	60
FEBRERO	900	20	45
MARZO	1125	22	51
ABRIL	1400	21	67
MAYO	1575	21	75
JUNIO	1300	21	62
	7500	125	60



Plan 1. FUERZA DE TRABAJO CONSTANTE

MES	Producir Unid. 60	DEMANDA	CAMBIO INVENTARIO	INVENTARIO FINAL
ENERO	1200	1200	0	0
FEBRERO	1200	900	300	300
MARZO	1320	1125	195	495
ABRIL	1260	1400	-140	355
MAYO	1260	1575	-315	40
JUNIO	1260	1300	-40	0
				1190

Mano de Obra en tiempo normal	S/.	36,000.00
Mantener inventario	S/.	3,570.00
COSTO TOTAL	S/.	39,570.00

Plan 2. VARIACIÓN DE LA FUERZA DE TRABAJO

MES	DEMANDA	CBP	CONTRATA	DESPIDO	TOTAL		
ENERO	1200	S/.	5,760.00		S/.	5,760.00	
FEBRERO	900	S/.	4,320.00	S/.	3,000.00	S/.	7,320.00
MARZO	1125	S/.	5,400.00	S/.	1,125.00	S/.	6,525.00
ABRIL	1400	S/.	6,720.00	S/.	1,375.00	S/.	8,095.00
MAYO	1575	S/.	7,560.00	S/.	875.00	S/.	8,435.00
JUNIO	1300	S/.	6,240.00	S/.	-	S/.	2,750.00
		S/.	36,000.00	S/.	3,375.00	S/.	5,750.00
					S/.	45,125.00	



**Plan 3. EMPLEAR 10 TRABAJADORES Y UTILIZAR
TIEMPO EXTRA CUANDO SEA NECESARIO**

MES	Producir Unid. 50	DEMANDA	INVENTARIO INICIAL	TIEMPO EXTRA	INVENTARIO FINAL
ENERO	1000	1200	0	200	0
FEBRERO	1000	900	0	0	100
MARZO	1100	1125	100	0	75
ABRIL	1050	1400	75	275	0
MAYO	1050	1575	0	525	0
JUNIO	1050	1300	0	250	0
				1250	175

Mano de Obra en tiempo normal	S/. 30,000.00
Mano de Obra en tiempo extra	S/. 10,000.00
Mantener en inventario	S/. 525.00
COSTO TOTAL	S/. 40,525.00

**Plan 4. EMPLEAR 8 TRABAJADORES Y UTILIZAR
TIEMPO EXTRA CUANDO SEA NECESARIO**

MES	Producir Unid. 40	DEMANDA	TIEMPO EXTRA
ENERO	800	1200	400
FEBRERO	800	900	100
MARZO	880	1125	245
ABRIL	840	1400	560
MAYO	840	1575	735
JUNIO	840	1300	460
			2500

Mano de Obra en tiempo normal	S/. 24,000.00
Mano de Obra en tiempo extra	S/. 20,000.00
COSTO TOTAL	S/. 44,000.00

**Plan 5. EMPLEAR 8 TRABAJADORES Y EL RESTO
DE LA DEMANDA SUBCONTRATAR**

MES	Producir Unid. 40	DEMANDA	SUBCONTRATAR
ENERO	800	1200	400
FEBRERO	800	900	100
MARZO	880	1125	245
ABRIL	840	1400	560
MAYO	840	1575	735
JUNIO	840	1300	460
			2500

Mano de Obra de tiempo normal	S/. 24,000.00
Subcontratación	S/. 12,500.00
COSTO TOTAL	S/. 36,500.00



**Plan 6. FUERZA DE TRABAJO CONSTANTE, LO SUFICIENTE
PARA CUBRIR EL MES MÁS BAJO Y SUBCONTRATAR
Mes más bajo Febrero**

$(900 \text{ unid. febrero} / 20 \text{ días febrero}) = 45 \text{ unid/día} / 5 \text{ hrs/unid} = 9 \text{ trabajadores}$

$\text{Producción Interna} = (45 \text{ unid/día})(125 \text{ días de prod.}) = 5,625 \text{ unidades}$

$\text{Unidades a subcontratar} = 7,500 - 5,625 = 1,875 \text{ unidades}$

Costos

$\text{Mano de Obra en tiempo normal} = (9 \text{ trab})(\$/. 24 \text{ día})(125 \text{ días}) = \$/. 27,000$

$\text{Subcontratación} = (1,875 \text{ unid})(\$/. 5 \text{ unid}) = \$/. 9,375$

Costo Total = \$/. 36,375

RESUMEN DE PLANES

COSTO	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3	PLAN 4	PLAN 5	PLAN 6
Inventario	\$/. 3,570		\$/. 525			
Mano de obra normal	\$/. 36,000	\$/. 36,000	\$/. 30,000	\$/. 24,000	\$/. 24,000	\$/. 27,000
Mano de obra extra			\$/. 10,000	\$/. 20,000		
Contrata de personal		\$/. 3,375				
Despidos de personal		\$/. 5,750				
Subcontratación					\$/. 12,500	\$/. 9,375
TOTAL	\$/. 39,570	\$/. 45,125	\$/. 40,525	\$/. 44,000	\$/. 36,500	\$/. 36,375

De acuerdo a los resultados la mejor opción económica es el Plan 6, pero antes de poner en práctica se debe analizar las ventajas y desventajas de dicho plan. Si se decide por no subcontratar otra mejor opción económica sería el Plan 1. Toda decisión dependerá de las circunstancias por las que está atravesando la organización.

4.1.5 PROGRAMACIÓN AGREGADA CON EL MÉTODO DE TRANSPORTE

Una empresa desea desarrollar un plan agregado mediante el método del transporte de programación lineal. Las tablas adjuntas muestran datos relacionados con la producción, la demanda, la capacidad y el costo en su planta.

Ejemplo:

Prepare un plan agregado de producción de la información presentada, utilizando el método del transporte.

DEMANDA Y CAPACIDAD	MES			TOTAL	
	Marzo	Abril	Mayo		
Demanda	800	1000	750	2550	
C a p a c i d a d	Tiempo Regular	700	700	700	2100
	Horas Extra	50	50	50	150
	Subcontratación	150	150	130	430

En Tiempo Regular	\$/. 40.00 por unidad
En Tiempo Extra	\$/. 50.00 por unidad
Subcontrata	\$/. 70.00 por unidad
Costo de mantener inventario	\$/. 2.00 por U./mes
Inventario Inicial	100 unidades



Solución:

OFERTA DE		DEMANDA PARA			Capacidad no Utilizada	CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE	
		MARZO	ABRIL	MAYO			
Inventario Inicial		100	0	2	4	0	100
MARZO	Tiempo regular	700	40	42	44	0	700
	Tiempo extra		50	52	54	0	50
	Subcontratación		70	72	74	0	150
ABRIL	Tiempo regular		700	40	42	0	700
	Tiempo extra		50	50	52	0	50
	Subcontratación		70	70	72	0	150
MAYO	Tiempo regular			700	40	0	700
	Tiempo extra			50	50	0	50
	Subcontratación			70	70	0	130
DEMANDA		800	1000	750	230		2780

MARZO	ABRIL	MAYO
(S/. 0)(100) = S/. 0	(S/. 52)(50) = S/. 2,600	(S/. 40)(700) = S/. 28,000
(S/. 40)(700) = S/. 28,000	(S/. 50)(72) = S/. 3,600	(S/. 50)(50) = S/. 2,500
	(S/. 40)(700) = S/. 28,000	
	(S/. 50)(50) = S/. 2,500	
	(S/. 70)(150) = S/. 10,500	
S/. 28,000	S/. 47,200	S/. 30,500
COSTO TOTAL S/. 105,700		

4.1.6 PLANEACIÓN AGREGADA EN LOS SERVICIOS

En las empresas de servicio el control del costo de la mano de obra es crítico. Las técnicas exitosas incluyen:

- Programación exacta de las horas de mano de obra para garantizar una respuesta rápida a la demanda del cliente.
- Una forma de recurso de trabajadores "de guardia" que pueda sumarse o restarse para satisfacer la demanda inesperada.
- Flexibilidad en las habilidades individuales de los trabajadores que haga posible la reasignación de la mano de obra disponible.
- Flexibilidad en la tasa de producción o en los horarios de trabajo para satisfacer la demanda cambiante.

En la planeación agregada de los servicios, también hay que tener en cuenta algunas variables de acuerdo al tipo de servicio que se brinda, por ejemplo:

- La capacidad excedente se usa para que los vendedores de bienes raíces y automóviles tengan tiempo de estudiar y planear.
- Los puestos policiales y bomberos tienen la posibilidad de llamar a personal que no está en servicio cuando se presentan emergencias. Si la emergencia se prolonga, policías o bomberos pueden trabajar más horas y turnos extra.
- Cuando inesperadamente hay muy poca actividad, los restaurantes y las

tiendas dejan salir temprano a su personal.

- Los almaceneros de supermercados trabajan en las cajas registradoras cuando las filas son muy largas.
- Las camareras expertas aceleran su actividad y aumentan la eficiencia del servicio cuando llegan grupos grandes de clientes.

4.2 PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCION (PMP)

El programa maestro se deriva del programa agregado de producción, es un plan con tiempos, que determina cuándo piensa fabricar la empresa cada artículo final y que cantidad. Por ejemplo, el PAP de la fábrica de sillas puede especificar el volumen total de sillas que espera fabricar en el siguiente semestre. El PMP entra en mayor detalle e identifica los tamaños, los modelos, tipos y los estilos precisos de las sillas. Además, determina cuántas unidades de cada tipo de silla y cuándo se necesitan, periodo por periodo, generalmente semanal. Es decir, especifica que debe hacerse (el número de productos o artículos terminados) y cuándo. Este programa debe estar en concordancia con el plan de producción.

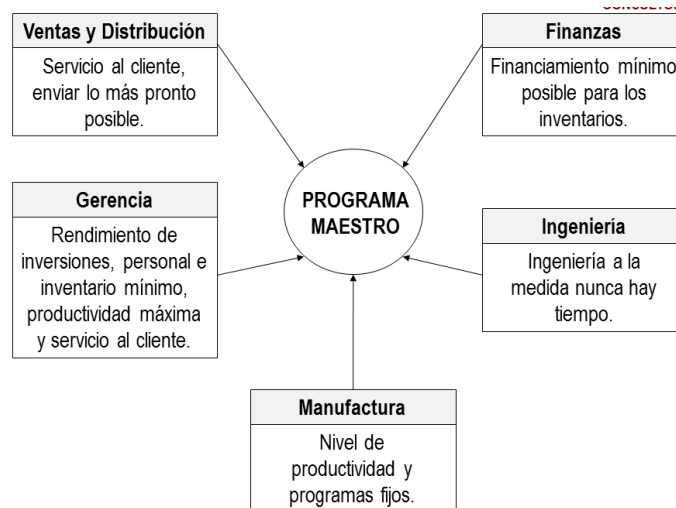


Figura 64. Programa maestro de producción y sus relaciones
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

P
A
P

		MES	MAYO	JUNIO					
PRODUCCION DE SILLAS			1800	1900					
		SEMANAS							
P	MODELOS o TIPOS	1	2	3	4	5	6	7	8
M	Sillas de comedor	400			800		400	200	
P	Sillas de espera		200	200		300		200	
	Sillas de oficina			200			400		400

Figura 65. Relación entre el PAP y el PMP



Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

Ejemplo:

Elabore el programa maestro de producción, para los motores de 20 HP y 25 HP, para los pedidos nacionales, internacionales y para el almacén.

PRODUCTO	DEMANDA ESPERADA EN LA SEMANA					
	1	2	3	4	5	6
PEDIDOS NACIONALES						
20 HP	20	20	15	10	5	5
25 HP	35	30	20	20	10	-
PEDIDOS INTERNACIONALES						
20 HP	8	6	4	-	-	2
25 HP	12	5	7	5	-	-
PEDIDOS DE ALMACEN						
20 HP	5	3	10	20	30	30
25 HP	-	5	5	10	10	30

PRODUCTO	INVENTARIO INICIAL	TAMAÑO DE LOTE	INVEN. DE SEGURIDAD
20 HP	64	40	10
25 HP	50	60	20

Solución:

Lote de Producción	40	MOTORES DE 20 HP					
Inventario Inicial	64	Semana					
Inventario de Seguridad	10	1	2	3	4	5	6
Requerimientos Totales		33	29	29	30	35	37
Inventario Inicial	64	31	42	13	23	28	
Lote de Producción		-	40	-	40	40	40
Inventario Final		31	42	13	23	28	31

Lote de Producción	60	MOTORES DE 25 HP					
Inventario Inicial	50	Semana					
Inventario de Seguridad	20	1	2	3	4	5	6
Requerimientos Totales		47	40	32	35	20	30
Inventario Inicial	50	63	23	51	76	56	
Lote de Producción		60	-	60	60	-	-
Inventario Final		63	23	51	76	56	26

PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCION

SEMANA	1	2	3	4	5	6
20 HP	-	40	-	40	40	40
25 HP	60	-	60	60	-	-

4.2.1 LISTA DE MATERIALES (BOM) Y PRESUPUESTO DE COMPRAS

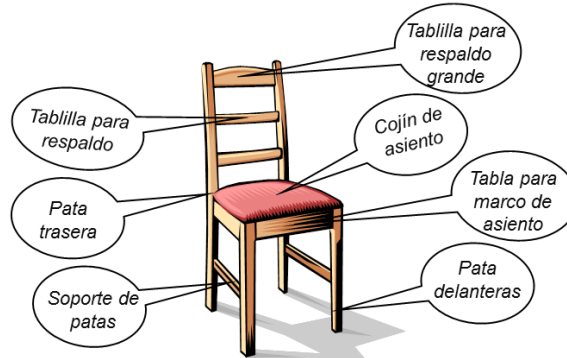


Figura 66. Estructura de una silla
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

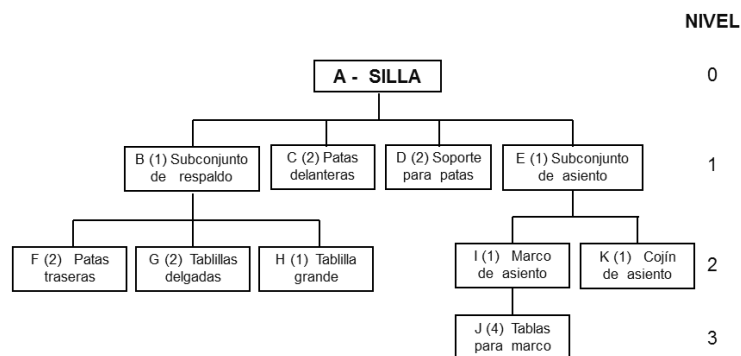
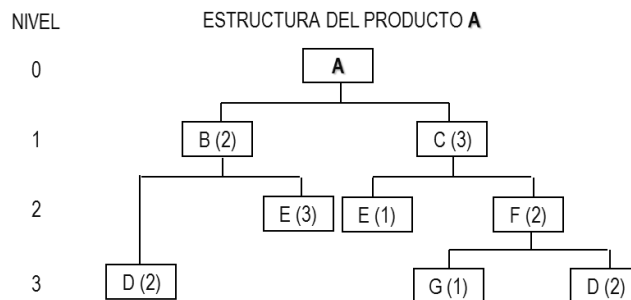


Figura 67. Estructura de una silla con niveles
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

Ejemplo:

Calcular el número de cada componente si se necesitan 50 unidades de A y elabore un presupuesto de compras.

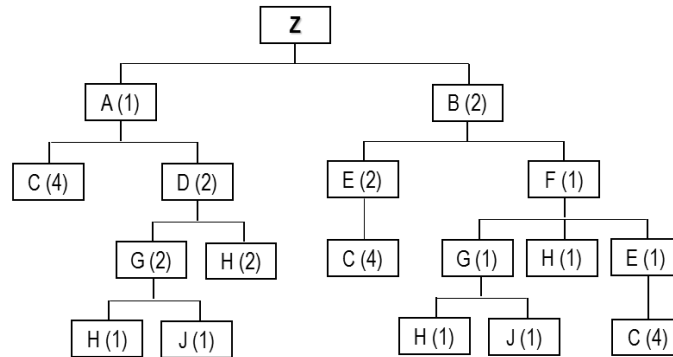


NIVEL	PARTE	CANTIDAD POR UNIDAD	REQ. 50 Unid.	Costo Unitario	Costo Total
0	A		50		
1	B	$2BA = 2(50)$	100	S/. 7.00	S/. 700.00
	C	$3CA = 3(50)$	150	S/. 4.00	S/. 600.00
2	E	$3EB = 3(100) = 300$	450	S/. 2.00	S/. 900.00
		$1EC = 1(150) = 150$			
	F	$2FC = 2(150)$	300	S/. 1.50	S/. 450.00
3	D	$2DB = 2(100) = 200$	800	S/. 5.75	S/. 4,600.00
		$2DF = 2(300) = 600$			
	G	$1GF = 1(300)$	300	S/. 3.50	S/. 1,050.00
Costo Total					S/. 8,300.00



Resolver:

Calcular el número de cada componente si se necesitan 100 unidades de Z y elabore un presupuesto de compras.



4.2.2 TIEMPOS DE ENTREGA

En los sistemas de compras, es el tiempo que transcurre entre el reconocimiento de la necesidad de una orden y su recepción; en los sistemas de producción, es la suma de los tiempos de ordenar, esperar, hacer fila, preparar y correr la producción de cada componente.

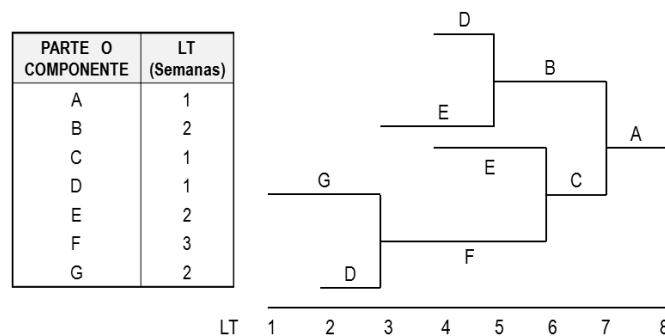


Figura 68. Tiempo de entrega
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

4.3 PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Durante los últimos años, muchas empresas industriales han cambiado sus sistemas de inventarios, y en lugar de manejarlos como sistemas de punto de reorden (enfoque de demanda independiente), ahora los manejan como sistemas de MRP (enfoque de demanda dependiente). Un MRP es una manera adecuada de considerar productos complejos, por lo general se toma en cuenta el ensamble de varios componentes y subensambles que forman un producto completo. El principal objetivo es determinar los requerimientos, éstos se usan para generar la información necesaria para la compra correcta de materiales o para la planta de producción, tomando las cifras de los tiempos del PMP, y generando un conjunto resultante de componentes o de requerimientos de materiales espaciados en el tiempo. Por lo que trata de conseguir los materiales correctos en el lugar correcto, en el tiempo correcto, mejorando el servicio a los clientes, minimizando la inversión en inventario y maximizando la eficiencia operativa de la producción.

El uso efectivo de los modelos de inventario requiere el conocimiento de:

- a. El programa de producción maestro PMP (qué debe hacerse y cuándo)

- b. La lista de materiales BOM (materiales y partes necesarias para elaborar el producto).
- c. El inventario disponible (qué hay en existencia)
- d. Las órdenes de compra pendientes (lo que está pedido, también se les llama recepciones esperadas)
- e. Los tiempos de entrega (cuánto tiempo tardan en llegar los distintos componentes)

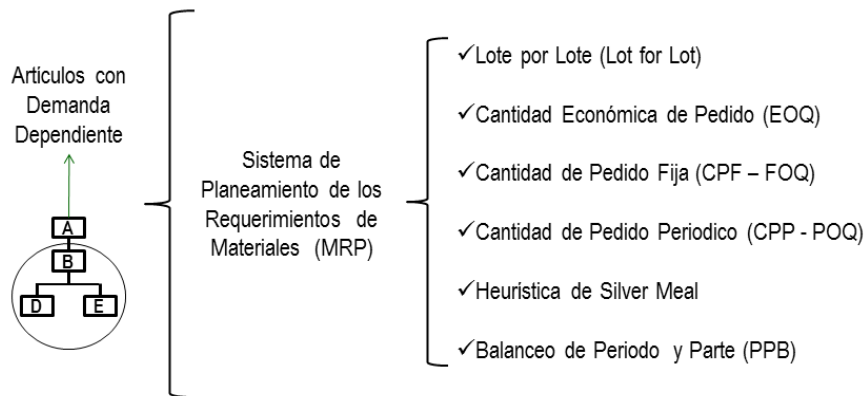


Figura 69. Productos con demanda dependiente
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

4.3.1 REGISTRO DE INVENTARIO PARA LA MRP

Estos datos están contenidos en la matriz a desarrollar la planificación de requerimiento de materiales y son preparados para cada componente por separado, ya que tienen diferentes modos de compra o fabricación.

- **Necesidades Brutas.**- Estas son las cantidades necesarias a producir y viene del programa maestro de producción.
- **Recepciones programadas.**- Son pedidos realizados con anterioridad a la elaboración del MRP a entregarse en fechas de la planificación, se suman como inventarios.
- **Inventario.**- Son las unidades a mano, que se encuentran en almacén al momento de iniciar la planificación.
- **Recepciones Planeadas.**- Son las cantidades necesarias netas a solicitar la compra a los proveedores o sirven para ordenar la producción, siempre que la empresa también produce sus propias partes.
- **Emisiones Planeadas de Pedidos.**- Son las fechas a solicitar a los proveedores o dar la orden para proceder a su fabricación.

4.3.2 REGLAS REFERENTES AL TAMAÑO DE LOTE

A. Cantidad de Pedido Fija – CPF

Se mantiene la misma cantidad de pedido cada vez que se emite un pedido. Por ejemplo, podría estar determinado por los límites de capacidad del equipo, como en los casos en que un horno debe ser cargado con un lote completo en cada ocasión. En el caso de artículos comprados, podría determinarse por la cantidad de descuento, por la capacidad de carga de los camiones repartidores o por la cantidad de compra mínima.



LT	TL	REGISTRO DE INVENTARIO	SEMANA							
			1	2	3	4	5	6	7	8
2	CPF FOQ 230	Necesidades Brutas	150	-	-	120	-	150	120	-
		Recepciones Programadas	230							
		Inventario 37	117	117	117	227	227	77	187	187
		Recepciones Planeadas				230			230	
		Emisiones Planeadas		230			230			

B. Cantidad de Pedido Periódica – CPP

Método de agregación de necesidades para reaprovisionar en cantidades variables a intervalos de tiempo regulares, más que cantidades iguales en intervalos de tiempo variables. Permite que se solicite una cantidad diferente en cada uno de los pedidos, pero con ella se crea la tendencia a presentar los pedidos a intervalos de tiempo determinados, por ejemplo, cada dos semanas. La cantidad de pedido es equivalente a la cantidad necesaria del artículo durante el tiempo entre pedidos previamente determinado y deberá ser suficientemente grande para evitar la escasez.

LT	TL	REGISTRO DE INVENTARIO	SEMANA							
			1	2	3	4	5	6	7	8
2	CPP POQ P = 3	Necesidades Brutas	150	-	-	120	-	150	120	-
		Recepciones Programadas	230							
		Inventario 37	117	117	117	150	150	0	0	0
		Recepciones Planeadas				153			120	
		Emisiones Planeadas		153			120			

C. Lote por Lote – L x L

Regla según la cuál, el tamaño del lote solicitado en el pedido satisface los requerimientos brutos de una sola semana. Así si $P = 1$, y la meta consiste en minimizar los niveles de inventario. Se compra lo que se necesita.

LT	TL	REGISTRO DE INVENTARIO	SEMANA							
			1	2	3	4	5	6	7	8
2	L x L	Necesidades Brutas	150	-	-	120	-	150	120	-
		Recepciones Programadas	230							
		Inventario 37	117	117	117	0	0	0	0	0
		Recepciones Planeadas				3		150	120	
		Emisiones Planeadas		3		150	120			

D. Cantidad Económica de Pedido - (EOQ)

Según se estudió anteriormente la cantidad económica de pedido es la mínima posición del costo si se satisfacen todas las hipótesis de invariabilidad de costo y



certidumbre de demanda y entrega. Como ejemplo podemos mencionar que la empresa Fanalco tiene una demanda anual es de 1000 unidades, e incurre en un costo de ordenar de S/. 10.00 por cada orden y el costo anual de mantener la unidad es de S/. 0.50. Para ello calculamos la cantidad económica de pedido y en base a ello realizamos los cálculos en el MRP.

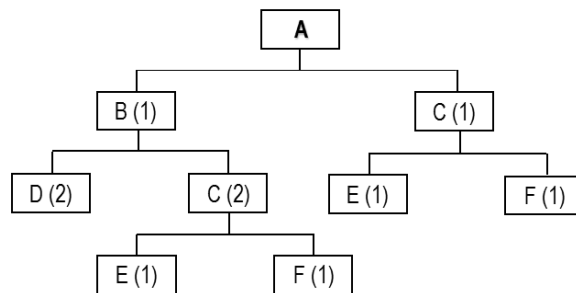
$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad Q = \sqrt{\frac{2(1000)(10)}{0.50}} = 200 \text{ unidades}$$

LT	TL	REGISTRO DE INVENTARIO	SEMANA							
			1	2	3	4	5	6	7	8
2	EOQ = 200	Necesidades Brutas	150	-	-	120	-	150	120	-
		Recepciones Programadas	230							
		Inventario 37	117	117	117	197	197	47	127	127
		Recepciones Planeadas				200			200	
		Emisiones Planeadas		200			200			

Ejemplo 1:

Desarrolle un plan de requerimientos de materiales.

PMP - SEMANA	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NECESIDAD BRUTA	-	-	-	-	50	-	-	50	-	100



Parte	Lead Time	Inventario	Regla de tamaño de lote
A	1	10	L x L
B	2	20	L x L
C	3	-	L x L
D	1	100	L x L
E	1	10	L x L
F	1	50	L x L



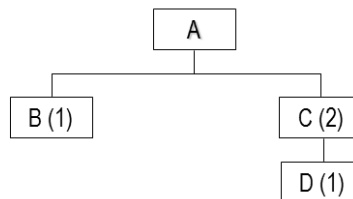
PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES - MRP

ARTICULO	LEAD TIME	REGLA DE TAMAÑO DE LOTE	INVENTARIO DE SEGURIDAD	CODIGO DE NIVEL	SEMANA																		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
A	1	LXL	0	0	Necesidades Brutas										50				50		100		
					Recepciones Programadas																		
					Inventario 10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Recepciones planeadas										40				50				100
					Emissiones planeadas										40				50				100
B	2	LXL	0	1	Necesidades Brutas										40			50		100			
					Recepciones Programadas																		
					Inventario 20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					Recepciones planeadas										20				50				100
					Emissiones planeadas							20			50				100				
C	3	LXL	0	2	Necesidades Brutas					40		40	100		250		100						
					Recepciones Programadas																		
					Inventario 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
					Recepciones planeadas						40		40	100		250		100					
					Emissiones planeadas		40		40	100		250		100									
D	1	LXL	0	2	Necesidades Brutas									40		100		200					
					Recepciones Programadas																		
					Inventario 100	100	100	100	100	60	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
					Recepciones planeadas									40				200					
					Emissiones planeadas									40				200					
E	1	LXL	0	3	Necesidades Brutas		40		40	100		250		100									
					Recepciones Programadas																		
					Inventario 10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
					Recepciones planeadas		30		40	100		250		100									
					Emissiones planeadas		30		40	100		250		100									
F	1	LXL	0	3	Necesidades Brutas		40		40	100		250		100									
					Recepciones Programadas																		
					Inventario 50	50	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
					Recepciones planeadas				30	100		250		100									
					Emissiones planeadas				30	100		250		100									

Ejemplo 2:

Desarrolle un plan de requerimientos de materiales.

PMP - SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NECESIDAD BRUTA	-	-	-	100	-	200	-	120	180	60





Categoría de datos	A	B	C	D
Regla del tamaño del lote	LxL	CPP = 3	LxL	CPF = 500
Tiempo de entrega	2 Sem.	1 Sem.	2 Sem.	3 Sem.
Recepciones programadas	-	-	200 (Sem.1)	-
Inventario inicial	-	20	-	425

PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES - MRP

ARTICULO	LEAD TIME	REGLA DE TAMAÑO DE LOTE	INVENTARIO DE SEGURIDAD	CODIGO DE NIVEL	SEMANA															
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
A	2	L X L	0	0	Necesidades Brutas				100						120	180	60			
					Recepciones Programadas															
					Inventario 0															
					Recepciones planeadas				100			200				120	180	60		
					Emisiones planeadas				100			200			120	180	60			
B	1	CPP P = 500	0	1	Necesidades Brutas				100					120	180	60				
					Recepciones Programadas															
					Inventario 20	20	200	200	0	0	240	60	0	0	0	0				
					Recepciones planeadas		280				360									
					Emisiones planeadas	280				360										
C	2	L X L	0	1	Necesidades Brutas		200		400			240	360	120						
					Recepciones Programadas	200														
					Inventario 0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Recepciones planeadas				400			240	360	120						
					Emisiones planeadas		400		240	360	120									
D	3	CPF = 500	0	2	Necesidades Brutas				400			240	360	120						
					Recepciones Programadas															
					Inventario 425	425	25	25	285	425	305	305	305	305	305					
					Recepciones planeadas				500	500										
					Emisiones planeadas	500	500													

4.4 MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD DE OPERACIONES

4.4.1 CONFIABILIDAD

La alta confiabilidad en el producto tiene un enorme impacto positivo en la satisfacción del cliente. Si uno de los componentes falla en su funcionamiento, por cualquier razón, todo el sistema puede fallar. La confiabilidad de un producto es la probabilidad de que funcione tal como se pretende que lo hiciera, durante determinado tiempo o vida y bajo las condiciones específicas de funcionamiento. Cuando se diseñan los productos, se utilizan dos sistemas para mejorar la confiabilidad y reducir la probabilidad de falla, la primera, mejorar los componentes individuales, y segundo incluir redundancia.

4.4.2 MÉTODOS TÍPICOS PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA

- **Incorporar elementos redundantes en el sistema.**- Resulta una enorme mejora, pero aumenta considerablemente el costo.
- **Aumentar la confiabilidad de los elementos.**- Aumentar la confiabilidad del "eslabón" más débil (el que sea más probable que falle) del sistema y/o del eslabón más crítico (el de mayor costo esperado) en el sistema.
- **Mejorar las condiciones de trabajo.**- Bajo las cuáles debe funcionar.
- **Efectuar un mantenimiento preventivo.**- Se puede apagar el sistema, antes de tiempo, en horas que no sean pico para efectuar un mantenimiento a los elementos que estén



expuestos a un alto riesgo. Dicho mantenimiento podría consistir en inspección, reparación o reemplazo.

- **Proporcionar un sistema de reserva.**- Consiste en tener disponible un sistema disponible completo de reemplazo como respaldo para la posible falla del sistema.
- **Acelerar el proceso de reparación.**- La seriedad de la falla de un sistema se puede minimizar proporcionando suficientes instalaciones para su reparación en caso de falla (Mantenibilidad)
- **Aislar elementos del sistema.**- Es posible aislar del resto del sistema aquellos elementos críticos o de alto riesgo, al menos durante algún tiempo.
- **Aceptar el riesgo.**- La alternativa final que se considera aquí consiste en que se acepte simplemente el riesgo de una falla del sistema.

4.4.3 CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA

- **Confiabilidad instantánea.**- Es la probabilidad de que un sistema opere adecuadamente cada vez que se intente usarlo. La confiabilidad instantánea depende de si los elementos del sistema están conectados en; serie (si falla cualquier elemento, el sistema falla) o en paralelo (un elemento actúa como respaldo de otro)
- **Confiabilidad continua.**- Es la probabilidad de que un sistema continúe desempeñándose adecuadamente durante un periodo de tiempo "t"

Mejora de componentes individuales.- Para mejorar la confiabilidad del sistema en que cada parte individual o componente tiene su única tasa de confiabilidad, el método para calcular la confiabilidad en series (C) es sencillo, consiste en encontrar el producto de las confiabilidades individuales.

4.4.4 CONFIABILIDAD EN SERIE

$$C_s = C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_n$$

Dónde:

C_1 = Confiabilidad del componente 1

C_2 = Confiabilidad del componente 2

4.4.5 CONFIABILIDAD EN PARALELO

Para circuitos paralelos la confiabilidad (C_P) del sistema está determinado por:

$$C_P = 1 - (1 - C_{S1})(1 - C_{S2})$$

Dónde:

C_{S1} = Confiabilidad del componente de serie 1

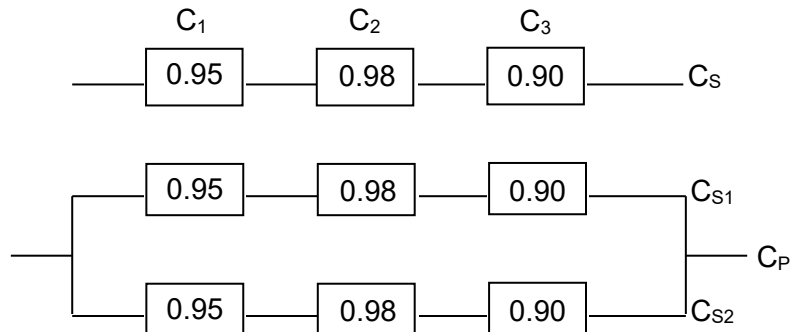
C_{S2} = Confiabilidad del componente de serie 2

Es necesario recalcar qué al incrementarse el número de componentes en una serie, la confiabilidad del sistema completo decae muy rápidamente.

Ejemplo:



Un sistema de control tiene tres componentes en serie con confiabilidades de (C_1, C_2, C_3) , como se muestra en la primera figura.



- a. Encuétrase la confiabilidad del sistema.
- b. ¿Cuál sería esta última si fuera agregado un circuito paralelo?

a. $C_s = (0.95)(0.98)(0.90) = 0.8379$

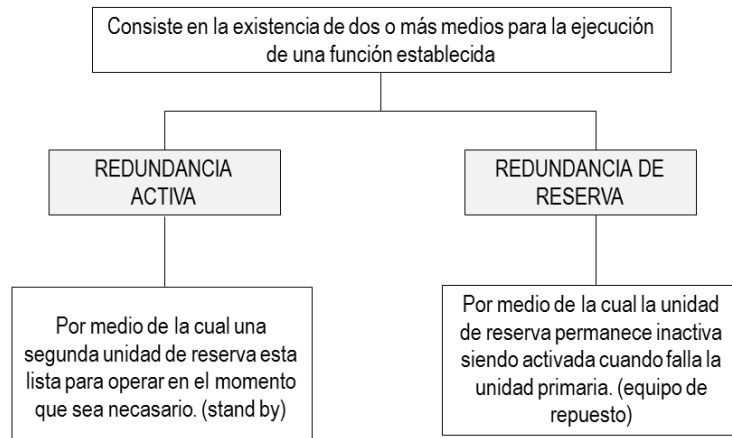
- b. El diseño del sistema paralelo debe ser como se muestra en la segunda figura donde C_{s1} y C_{s2} son las confiabilidades calculadas de las series de circuitos respectivos.

$$C_p = 1 - (1 - 0.84)(1 - 0.84) = 0.97$$

4.4.6 REDUNDANCIA

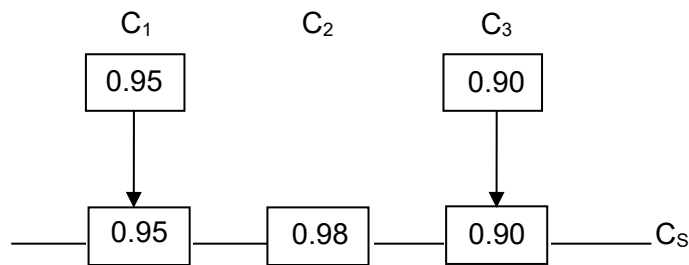
La redundancia se obtiene si uno de los componentes falla y el sistema puede recurrir a otro. Para incrementar la confiabilidad de los sistemas, se añade la redundancia, es decir se respalda a los componentes. La fórmula es:

$$\left(\text{Probabilidad del primer componente trabajando} \right) + \left\{ \left(\text{Probabilidad del segundo componente trabajando} \right) \times \left(\text{Probabilidad de la necesidad del segundo componente} \right) \right\} =$$



Ejemplo:

El administrador de operaciones del problema anterior de confiabilidad, está preocupado porque su sistema de control tiene una confiabilidad de 0.84. Por lo que decide incluir redundancia en los dos componentes menos confiables. ¿Cuál es la confiabilidad para el nuevo sistema?



$$C = [0.95 + 0.95 (1 - 0.95)] [0.98] [0.90 + 0.90 (1 - 0.90)] = 0.97$$

Así al incluir redundancia a sus dos componentes, se ha incrementado la confiabilidad para el sistema de control de 0.84 a 0.97.

4.4.7 FALLA

Dentro de este mismo tema se inicia la falla, la mayoría de fallas suceden: primero; durante el uso inicial debido a componentes defectuosos no detectados previamente o por daños durante el tiempo de embarque y segundo; en la fase de desgaste siguiendo su vida útil de funcionamiento. Por lo que una falla es el cambio en un producto o sistema desde una condición satisfactoria de trabajo a una condición que se encuentra por debajo de un estándar aceptable.

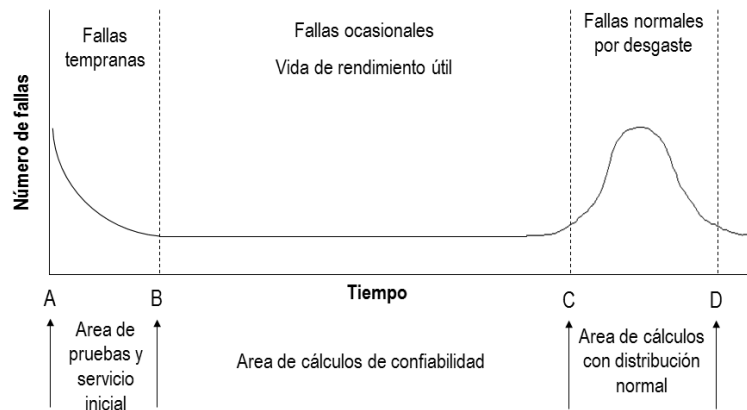


Figura 70. Fallas en el tiempo
Fuente: Zacaías & Zacaías (2012)

La tasa de fallas (TF) puede ser expresada ya sea como un porcentaje de las fallas entre el número de productos probados o en servicio, o como un número de fallas durante un tiempo de operación dado.

$$TF_{\%} = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{No. de unidades probadas}} \times 100\%$$

$$TF_h = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}}$$

Ejemplo:

Ochenta válvulas artificiales de corazón fueron probadas durante 10000 horas cada una, en un centro de investigación médica, y cuatro de ellas fallaron durante la prueba; el primero después de 2000 horas, el segundo después de 2600 horas, el tercero después de 5000 horas y el cuarto después de 3800 horas.

a. ¿Cuál es la tasa de fallas en términos de porcentaje fallas?

$$TF_{\%} = \frac{4}{80} \times 100\% = 5\%$$

b. ¿Cuál es la tasa de fallas en términos de número de fallas por unidad-año?

$$TF_h = \frac{4 \text{ fallas}}{773400 \text{ unid/hr.}} = 0.0000052 \text{ f/u/h}$$

En términos de años será: $(0.0000052 \text{ f/u/h})(24 \text{ h/día})(365 \text{ días/año}) = 0.046 \text{ f/u/año}$

c. Con base a los datos, ¿Cuántas fallas pueden ser esperadas durante un año a partir de la instalación de esas válvulas en 100 pacientes?

Si se instalan 100 válvulas para un periodo de un año, se esperan:



$$(0.046 \text{ f/u/a})(100 \text{ unidades}) = 4.6 \text{ fallas/año}$$

4.4.8 MANTENIMIENTO

El sistema de operaciones está compuesto de instalaciones, equipo, materiales, suministros y personal; es una tarea grande y costosa, los problemas y los gastos no terminan ahí. Para mantener estos recursos productivos y confiables, se debe realizar un mantenimiento constante bajo la forma de reparaciones, descansos, lubricación, reemplazos, inspección.

El mantenimiento es una actividad para conservar el equipo u otros activos en condiciones de que contribuyan mejor a las metas de la organización. Esto algunas veces se reduce al objetivo de minimizar los costos y mantenimiento a largo plazo. Sin embargo, concierne a la seguridad, confiabilidad, estabilidad del empleo y a la supervivencia económica, por lo que las actividades de mantenimiento deben ser responsables de un amplio espectro de objetivos. Las decisiones de mantenimiento deben reflejar la viabilidad a largo plazo de todo el sistema.

4.4.9 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Las actividades de mantenimiento son de dos tipos. El mantenimiento preventivo, es la inspección de rutina y actividades de servicio prevista para detectar condiciones de fallas potenciales y hacer ajustes o reparaciones menores que ayudarán a prevenir problemas de operación mayores. El mantenimiento correctivo es la reparación, generalmente de naturaleza emergente y a un costo extra, de instalaciones o equipo que están siendo usadas hasta que fallan al operar.

Un programa efectivo de mantenimiento preventivo necesita un sistema de registros, personal adiestrado, inspecciones regulares y servicio. Estos costos se incrementan conforme lo hacen las actividades de mantenimiento. Por otro lado, cuando el equipo se descompone, los trabajadores y las máquinas están ociosas, resultando un tiempo de producción perdido, retraso de la programación y costos altos de reparaciones de emergencia, estos costos se reducen al incrementarse el tamaño de las cuadrillas y al aumento las actividades de mantenimiento.

Los costos del correctivo generalmente exceden los costos del preventivo hasta un punto M como se muestra en la figura siguiente, más allá de M, el mantenimiento preventivo adicional no está económicamente justificado (aunque la seguridad y otros objetivos puedan garantizarlo).

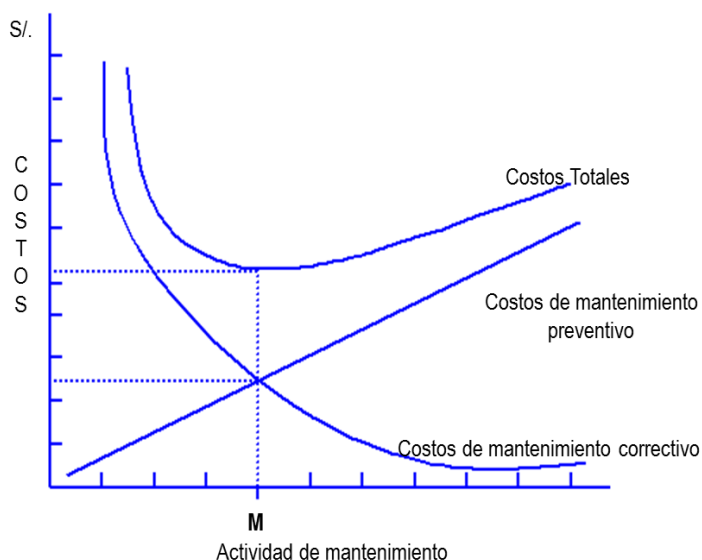


Figura 71. Costo de mantenimiento
Fuente: Zacarías & Zacarías (2012)

El problema del mantenimiento

- Minimizar los costos totales para la organización.
- Inactividad en la producción o servicio debido a una falla (puede ser muy costosa)
- Una cuadrilla muy grande que con frecuencia esta ociosa (puede ser muy costosa)
- Tiempo muerto debido a un amplio mantenimiento preventivo.

Mantenimiento preventivo vs. mantenimiento correctivo

- La reparación de sistemas antes de que fallen se conoce Mantenimiento Preventivo (MP) y después de que fallen como Mantenimiento Correctivo (MC)
- Las reparaciones de MP son mucho más baratas que las reparaciones de una falla, generalmente se dañan muchos otros elementos del sistema además del sistema que falló.
- Además de los costos de reparación, con frecuencia los recursos de producción están ociosos lo que hace los costos mucho mayores. Esta pérdida se debe compensar mediante tiempo extra – quizás con un costo de tiempo y medio o incluso posiblemente doble tiempo.
- El MP no siempre es deseable. Si las reparaciones por fallas son apenas un poco más costosas, que las reparaciones del MP, entonces no hay suficiente razón para el MP.
- Si se cuenta fácilmente con otras alternativas cuando ocurre una falla, como con equipo de reserva, entonces el MP es innecesario desde el punto de vista de continuidad de la producción.

4.4.10 EL PROBLEMA DEL REEMPLAZO

Cuando se puede tener acceso fácilmente a un elemento crítico de un sistema y una falla no causa grandes problemas, el problema de reemplazo es simplemente de economía y generalmente surge en cualquiera de las dos formas siguientes:

Vida óptima

La situación aquí consiste en anticipar el momento futuro más económico para reemplazar un activo actual (normalmente una máquina) por otro idéntico, pero nuevo.



- Para determinar la vida óptima de un activo consiste en encontrar el ciclo de reemplazo que minimice el costo promedio anual del activo.
- Normalmente, el activo se deteriora con el tiempo, dando como resultado mayores costos de operación y una pérdida de su valor de reventa.
- Conforme para el tiempo, el costo de operación se incrementa debido a la disminución de su eficiencia, al desgaste y al mantenimiento.
- El valor de salvamento del activo disminuye año con año, pero en una cantidad uniformemente.
- La forma más sencilla consiste en acumular los costos totales anuales y determinar el año para el cual el costo promedio es el más bajo.

Valor de un retador

En esta situación se ha presentado un nuevo activo que puede desempeñar una tarea de manera más eficiente de lo que ahora lo hace un activo actual. ¿Deberá reemplazarse el activo anterior?

- Si llega un nuevo tipo de activo (retador) que podría reemplazar al activo actual (defensor) con un costo de operación más bajo.
- El retador es caro.
- Se ha pagado una cantidad considerable por el defensor y su valor en libros aún podría ser elevado.
- Si el costo de hacer el trabajo con la nueva máquina, considerando todos los costos de adquisición, reventa y operación, es menor que el costo de operación de la máquina vieja, entonces se deberá comprar la máquina nueva.
- ¿El dinero original por la compra de la primera máquina? Ese es un costo perdido y se ignora.
- Se deben comparar los valores presentes de los costos e ingresos del defensor y del retador a fin de tomar la decisión de reemplazo.

Cuando es difícil o costoso llegar al elemento crítico del sistema, la decisión de reemplazo es más compleja. Los reemplazos prematuros son válidos cuando el costo de la mano de obra necesaria para llegar al elemento crítico es considerable, se justifica de esta forma un reemplazo prematuro, o cuando la inconveniencia o el costo de una falla posterior justifican el reemplazo prematuro.



Referencias bibliográficas

Castán, J. & Guitart, L. (2013). *Dirección de operaciones*. Barcelona, España: Universidad de Barcelona.

Chase, R. & Jacobs, R. (2018). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. (13ª ed.). México D. F., México: McGraw Hill.

Cuatrecasas, Ll. (2017). *Ingeniería de procesos y de planta. Ingeniería Lean*. Barcelona, España: Profit.

Díaz, B. & Noriega, M. (2017). *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Lima, Perú: Universidad de Lima.

Flores, E. (2016). *Administración de operaciones*. Lima. Perú: Macro.

Heizer, J. & Render, B. (2013). *Principios de la administración de operaciones*. (9.ª ed.). México D. F., México: Prentice Hall.

Krajewski, L., Ritzman, M. & Malhotra, K. (2013). *Administración de operaciones: procesos y cadena de suministro*. (9.ª ed.). México D. F., México: Prentice Hall.

Martín, M. (2013). *Dirección de producción y operaciones, una visión práctica*. Madrid, España: Delta Publicaciones Universitarias.

Schwab, K. (2017). *La cuarta revolución industrial*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Debate.

Zacañas, V. & Zacañas, R. (2012). *Administración de la producción y las operaciones*. Huancayo, Perú: Curisínche.