INGENIERÍA DE MÉTODOS

MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

Luis Carlos Palacios Acero



ECOE EDICIONES

Sistema de Información en Línea
SIL
Actualización permanente

Segunda edición

Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos

Segunda edición

Luis Carlos Palacios Acero

Catalogación en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Palacios Acero, Luis Carlos
Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos / Luis Carlos Palacios Acero. – 2a ed. – Bogotá : Ecoe Ediciones, 2016.
370 pp. - (Colección ingeniería y salud en el trabajo. Ingeniería Industrial).

Incluye Procesos de manufactura (moldeo, forja, punzonado, extrusión, laminado, estirado, estampado, corte, etc.). Emplazamiento de empresas y distribución en planta. Problemas especiales de la ingeniería de métodos. -- Contiene bibliografía.
ISBN : 978-958-771-342-8 -- 978-958-771-343-5 (e-book)

1. Tiempos y movimientos. 2. Ingeniería de métodos. 3. Medición del trabajo. 4. Ingeniería industrial. 5. Estudio de movimientos. I. Título II. Serie
CDD: 658.542 ed. 21 opg

Colección: *Ingeniería y salud en el trabajo*
Área: *Ingeniería Industrial*



© Luis Carlos Palacios Acero

© Ecoe Ediciones Ltda.
e-mail: info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 N.° 63 C 32, Tel.: 248 14 49
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, agosto de 2009
Segunda edición: Bogotá, abril de 2016

ISBN: 978-958-771-342-8
e-ISBN: 978-958-771-343-5

Dirección editorial: Andrés Delgado
Coordinación editorial: Angélica Garcia
Corrección de estilo: Angélica Parra
Diagramación: Endir Roa
Carátula: Wilson Marulanda
Impresión: La Imprenta Editores
Calle 77 N.° 27 A 39

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

Contenido

Introducción

Capítulo i. Visión histórica de ingeniería de método
El profesional del presente milenio
Las ingenierías
Ingeniero mecánico
Ingeniero industrial
Ingeniería de métodos

Historia y nacimiento de los estudios de métodos, movimientos y tiempos
Frederick winslow taylor (1856 a 1915)
Estudio de las condiciones del trabajo
Doctrina de taylor
Frank bunker gilbreth (1868-1924) y lillian gilbreth
Harrington emerson (1853 a 1931)
Henri fayol (1841 a 1925) énfasis en la estructura
Henry lawrence gantt (1861-1919) administración: escuela científica
George elton mayo (1880 a 1949) movimiento de relaciones humanas
Visión para el próximo milenio

Capítulo ii. Los métodos
Procedimiento para estudio de métodos
1. Formulación del problema
2. Análisis del problema
3. Búsqueda de alternativas
4. Evaluación de alternativas
1. Comparación del costo anual total
2. Comparación del periodo de amortización del capital
3. Comparación del interés anual obtenido en la inversión
5. Especificación de la solución preferida
6. Estrategia de aplicación
7. Seguimiento

Simplificación del trabajo
1. Mejorar el método de trabajo
2. Escoger el trabajo para mejorar
3. Descomponer el trabajo al eliminar desperdicios y mejorar los métodos
4. Preguntar en cada detalle:
5. Componentes de la operación:
6. Desarrollo del método mejorado
7. Diseño de métodos de trabajo
8. Determinar el tiempo estándar
9. Instrucción y capacitación al operario
Importancia de la productividad
El lenguaje y los símbolos en ingeniería de métodos
Otros símbolos
Medios de descripción y comunicación usados en ingeniería de métodos
Diagrama de precedencia
Diagrama de flujo o recorrido
Diagrama del proceso de ensamble
Grafica de actividad múltiple
Gráfica simo
Gráfica mano izquierda mano derecha
Diagrama de frecuencia de viajes
Flujograma
Objetivos de los flujogramas:
Ventajas:
Diagrama del proceso del grupo
Gráfica gantt
Método pert
Diagrama causa-efecto, espina de pescado o ishikawa
Resistencia al cambio y recomendaciones para evitarla
Ejercicios

Capítulo iii. Procesos de manufactura
Introducción
Definición de manufactura
Diseño
Tipos principales de materiales
Procesos de manufactura
Moldeo
Forja
Punzonado
Extrusión por impacto
Extrusión de plásticos
Laminado

Estirado
Molde por soplado (moldeo a presion de aire)
Conformado hidráulico
Moldeo rotacional
Moldeo de materiales reforzados
Conformado por vacío o termoformado
Conformado sobre almohadilla de caucho
Conformado superplástico
Estampado
Corte
Doblez
Doblado de tubo
Abrasión
Maquinado
Procesos avanzados de maquinado y nanofabricación
Procesos de unión
Ingeniería concurrente o simultánea
Manufactura secuencial
Antecedentes
Manufactura integrada por computador
Diseño asistido por computador (CAD).
Diseño asistido para ingeniería (CAE).
Diseño asistido para manufactura (CAM).
Estrategias de control de los procesos de manufactura
Control manual
Control de lazo cerrado
Control adaptativo
Inteligencia artificial
Automatización
Control numérico (CN)
Control numérico básico.
Control numérico por computadora (CNC)
Control numérico directo (DNC)
Controladores lógicos programables (CLP)
Programación del control numérico
Ejercicios

Capítulo iv. Localización o emplazamiento de empresas
Introducción
Objetivo
Localización de las instalaciones
Factores de localización
1. Humanos

2. Productivos
3. Características del terreno:
4. Mercados
    1. Costos fijos
    2. Costos variables
    3. Ingresos
Proceso de análisis y evaluación de la localización en planta
Programación lineal
Simulación
Preguntas
Problemas

Capítulo v. Distribución en planta
Introducción
Justificación
Definición de la distribución en planta
Importancia de la distribución de la planta
Objetivo general
Principios de la distribución en planta
1. Principio de la integración de conjunto
2. Principio de la mínima distancia recorrida
3. Principio de la circulación o flujo de materiales
Principio del espacio cúbico
Principio de la satisfacción y de la seguridad
Principio de la flexibilidad
Naturaleza de los problemas
Elementos involucrados en la producción
Tipos de distribución en planta
Distribución por producto, línea o cadena
Exigencias de la producción en cadena
Distribución por proceso o funcional
Distribución por posición fija
Distribuciones híbridas por células de producción
Factores que afectan la distribución en planta
Factor producto y materiales
Factor maquinaria
Factor de personal
Factor movimiento
Factor espera
Los servicios
Factor edificios
Flujos horizontales
Factores de decisión para usar un edificio

Flujos verticales
Proceso ascendente y descendente
Elevación centralizada y descentralizada
Flujo unidireccional y retroactivo
Flujo vertical e inclinado
Flujo simple o múltiple
Proceso con dos edificios - elevado a nivel del suelo
Factor de cambio
Ejercicios
Problemas

Capítulo vi. Estudio de movimientos
El ser humano
Prevención, seguridad y salud laboral
Clasificación de riesgos
Riesgos materiales
Riesgos higiénicos y contaminantes físicos
Riesgos higiénicos
Riesgos ergonómicos y organizativos
Diseño del trabajo
Diseño de los lugares de trabajo y máquinas que se ajusten mejor al operador humano
Límite de las áreas de trabajo
Decisiones relativas a la utilización de las personas en un proceso
Principios de economía de movimientos relacionados con el uso del cuerpo humano
Principios para distribución del trabajo
Principios relacionados con el diseño de equipo y lugar de trabajo
Medio ambiente
Accidentes de trabajo
Enfermedades profesionales relacionadas con el trabajo
Conocimientos médicos y técnicos
Prevención de accidentes industriales
Preguntas y problemas

Capítulo vii. Medida del trabajo
Estudio de tiempos y su importancia
Objetivos
Métodos de medición
1. Deducción de experiencias anteriores
2. Muestreo de trabajo
1) Estudio de razones o proporciones elementales
2) Estudio de muestreo de desempeño
3) Estudio de establecimiento de estándares de tiempo
3. Datos estándar

4. Tiempos predeterminados
Estudio de tiempos con cronómetro
Definición
Aplicaciones
Equipo para el estudio de tiempos
Factores en la realización del estudio de tiempos
60 O 100 es calificación normal
Recolectar la información
Tiempo representativo
1. Media aritmética
2. Método modal
3. Método gráfico
Calcular el tiempo normal
Calcular el tiempo estándar
Aplicar los suplementos o tolerancias
Suplementos por necesidades personales
Suplementos por fatiga
Suplementos por retrasos involuntarios
Suplementos por cargas en los brazos y en la espalda
Suplementos por cm. De pendiente por metro
Suplemento por subir y bajar escaleras
Subir escalera corriente
Manejo de vehículos
Levantar cargas
Trabajo intelectual
Suplementos por calor y humedad
Problema resuelto
Valor punto o punto bedaux
Ciclo
Trabajo limitado o tiempo de máquina
Operación máquina funcionando
Saturación
Valor punto o punto bedaux
Ejercicios
Ciclo
Trabajo limitado o tiempo de máquina
Operación máquina parada
Operaciones máquina funcionando
Saturación
Resumen
Calificación óptima
Ejercicios por resolver

Capítulo viii. Administración de la ingeniería de métodos
Hoja resumen de tiempos

Capítulo ix. Problemas especiales de ingeniería de métodos
Balanceo de línea de ensamble
Objetivo
Información para equilibrar una operación de una planta
Balanceo de la línea de ensamble
Ejercicios para resolver

Anexo a: Formatos utilizados en métodos
Anexo b: Talleres, métodos, movimientos y tiempos

Glosario
Bibliografía
Acerca del autor



AL final encontrará un código para que pueda acceder al contenido de Sistema de Información en Línea (SIL) en www.ecoeediciones.com, podrá encontrar archivos que complementan la lectura del libro tomando como fundamento la Ingeniería de métodos y tiempos.

INTRODUCCIÓN

Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos

¿ Cuáles son los objetivos que se persiguen al estudiar la ingeniería de métodos, movimientos y tiempos, y por qué se relacionan entre sí?

Profesionalmente se espera del ingeniero industrial cierta eficiencia, eficacia y productividad en el mejoramiento de los rendimientos en los centros de trabajo. Sin embargo, existen causas que los afectan, deteriorando los resultados. Sus causas son muy variadas, descubrirlas, modificarlas, combinarlas o eliminarlas, es la tarea permanente del ingeniero industrial puesto al servicio de una organización. Para tener éxito en su ejercicio, los profesionales y aspirantes de ésta rama de la ingeniería deberían conocer y entender estos posibles problemas.

Dentro de las variantes que pueden afectar el rendimiento, encontramos:

- Deficiencia y cambios frecuentes del diseño.
- Desperdicio de materiales.
- Normas incorrectas de calidad.
- Mala localización, disposición y utilización del espacio.
- Inadecuada manipulación de los materiales.
- Interrupciones al pasar de una operación a otra.
- Procedimientos y métodos de ejecución inadecuados.
- Averías frecuentes de máquinas, equipos y herramientas utilizadas.
- Diseños inadecuados de puestos de trabajo.
- Falta de preparación de las actividades a realizar.
- Abastecimientos inoportunos.
- Absentismo y falta de puntualidad.
- Dirección incorrecta.
- Mala calidad de los ejecutantes.
- Riesgos de accidentes y lesiones profesionales.
- Ambiente conflictivo.
- Bajas retribuciones percibidas.

Esta lista de causas de ineficiencias y desperdicios, es el inicio para identificar cuál es la mejor manera de asegurar mejores resultados. Este es el objetivo del estudio de ingeniería de métodos, movimientos y tiempos de trabajo.



Gráfica 1. Variables que afectan el rendimiento
Fuente: *elaboración propia*

Debido a que en países en vía de desarrollo, son comunes las ineficiencias laborales, las cuales pueden percibirse en la totalidad de un proceso o en partes del mismo; en todo tipo de actividad (industrial, comercial, oficial o servicios). Se puede afirmar que gran parte de los problemas enfrentados por los ingenieros industriales tienen relación con esa gran fuente de ineficiencia que es, la forma de hacer la labor. Para mejorar se debe:

- Aprovechar experiencias pasadas de industriales y de investigadores. • Provocar y ordenar la aplicación del sentido común de los participantes.
- Buscar causas de métodos ineficientes.
- Eliminar ineficiencias.
- Diseñar nuevos métodos.
- Automatizar, crear e innovar.
- Sustituir y prevenir las dificultades inherentes a la implantación de los cambios.

Estas mejoras, logradas mediante el estudio de ingeniería de métodos, movimientos y tiempos, es lo que permite lograr los cambios.



Gráfica 2. Aplicaciones de los métodos
Fuente: *elaboración propia*

En Ingeniería Industrial son utilizadas la exactitud, objetividad y capacitación de los empleados para contribuir al progreso empresarial. Estas características son útiles también para tomar decisiones inteligentes en lo referente a la mejoría de la política, la técnica o curso de acción, con énfasis en principios y prácticas o teorías de aplicación.



Gráfica 3. Aplicaciones de métodos
Fuente: *elaboración propia*

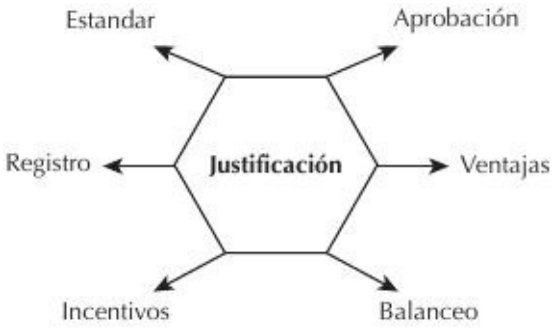
El trabajo de ingeniería, simplificación, automatización, innovación, diseño de procesos y tiempos, es el que genera eficiencia, eficacia, productividad y reducción de costos. Generalmente se acompaña con estadísticas, muestreo e investigación.

Los métodos y procesos de trabajo, presentes en toda actividad humana, pueden ser útiles para diferenciar la habilidad, ingenio y bienestar de las personas, porque son ellos los destinatarios de las mejoras, causando con ello grandes cambios en ← 15 | 16 →la historia del mundo; cambios que han ido mejorando los niveles de vida de las personas. Cualquier actividad que se estudie, nos lo demuestra: el transporte, la comunicación, las diversiones, la educación, la guerra, la industria, la construcción, entre otras, sirven como ilustración.

En el caso particular de la industria, cuya vida hay que proyectarla hacia el desarrollo futuro pero que se entiende mejor con la fuerza diferenciadora de la historia de los métodos, que en la época artesanal o fábricas del comienzo de la revolución industrial y en la modernidad de la industria en países desarrollados, no se diferencian en propósitos, ni en tipo de actividad, sino en la forma de desarrollar la actividad. Unas con inconvenientes de producción y otras con procedimientos estancados, pareciera como si la velocidad en la superación de los obstáculos de la producción determinara su prosperidad.

El estudio de tiempos generalmente acompaña al de métodos, no porque una mejora en los procedimientos sea imposible de hacer, si no se complementa con un estudio de tiempos. Entre las razones que justifican la complementación de un estudio de métodos con uno de tiempos se encuentran las siguientes:

- Las reformas deben ser aprobadas por los jefes del proponente, quienes comparan las ventajas derivadas del cambio con el costo que esto conlleva.



Gráfica 4. Estudio de métodos y tiempos
Fuente: *elaboración propia*

- Para determinar las ventajas del nuevo método es necesario tener, entre otros datos, la diferencia de duración del trabajo antes y después de la reforma.
- Este tiempo ahorrado se relaciona con aumento de producción, reducción de mano de obra o balanceo de velocidad respecto a otra actividad dependiente.
- Con frecuencia, las empresas tienen organizado un sistema de estándares para diversas aplicaciones como programación, incentivos, control y presupuestos.
- Si el método de trabajo, en una o varias actividades, cambia, es necesario que la nueva duración quede registrada dentro de los estándares; de otra manera, la utilización que se hiciera del antiguo estándar, no correspondería a la realidad.
- Hay una relación estrecha entre métodos de trabajo, tiempo unitario de producción e incentivo. En empresas que tienen sistemas de incentivos, hay que asegurar que tan pronto se efectúe un cambio notable en el método de trabajo se haga un ajuste en el estándar y simultáneamente en la tarifa de pago del incentivo.

¿Será condición indispensable saber la cuantía de las mejoras que se hacen, para realmente mejorar? No.



Gráfica 5. Relación
Fuente: *elaboración propia*

Al identificar actividades cargadas de ineficiencias es ideal mejorarlas para hacerlas más fáciles, rápidas y precisas, y a la vez, menos fatigantes. No hay necesidad de esperar la compra de un cronómetro para eliminar las operaciones innecesarias, ni esperar a que se entrene el personal de una empresa en el uso del cronómetro para quitar transportes de materiales o productos, demoras, almacenamientos y manipulaciones de mercancías. Es bueno recordar que el momento para hacer los cambios llega en el mismo instante en que se comprende que una actividad necesaria se está haciendo mal, sea por su mismo procedimiento

o por culpa de los elementos que la influyen.

Es importante no caer en la exageración de sostener que solamente se pueden hacer cambios cuando se han hecho minuciosos estudios de métodos, movimientos y tiempos, ya que debería ser una resolución que provenga de los encargados de mejorar los rendimientos del trabajo. Tampoco hay que tomar los cambios como problema secundario y solucionarlos superficialmente. La prueba de lo complicado de esta ligereza la encontramos en las enormes distancias que separan las técnicas de operación en las empresas de avanzada de las técnicas en las empresas por tantos años estancadas, diferencias que se identifican hasta en las operaciones más simples.

Es finalmente, una experiencia válida para ejercitar la observación, el criterio analítico y objetivo, y el mejoramiento continuo de todas las actividades del ser humano, mantener un ambiente de buenas relaciones, que ofrezca la mayor seguridad y comodidad para las personas así, como la garantía de no afectar el medio ambiente.

CAPÍTULO I

Visión histórica de ingeniería de método

El profesional del presente milenio

Para competir efectiva, eficaz, eficiente y productivamente, el profesional deberá construirse un perfil que responda a las exigencias del presente milenio.

El escenario en el cual competirán las naciones, las empresas y los profesionales, sugiere un mundo globalizado en busca de:



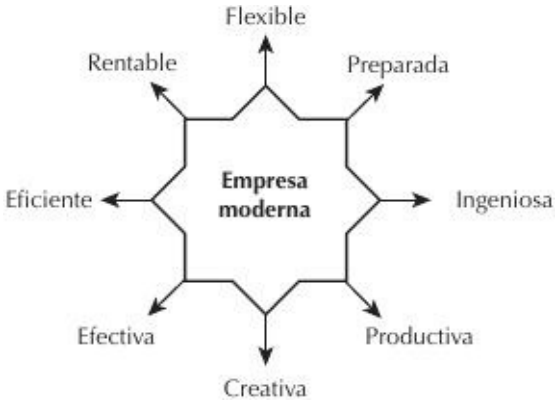
Gráfica 6. Globalización
Fuente: *elaboración propia*

En este medio globalizado, la tecnología de la información y la comunicación (TIC) suponen cambios trascendentales como:

- Internet.
- Tecnología satelital.
- Teléfono celular que recibe, selecciona y responde.
- Los centros educativos cambiarán para tener una formación más compartida, socializada

y lúdica con el resto del mundo.

Para ser más competitivo frente a este panorama, las empresas deberán ser más flexibles y preparadas para asumir con ingenio y creatividad el compromiso de responder a las nuevas formas de mercado. Su misión será un modelo más eficiente, efectivo y productivo.



Gráfica 7. Perspectiva empresarial
Fuente: *elaboración propia*

Esta perspectiva requiere un trabajador dispuesto a adaptarse a cualquier actividad, a trabajar en equipo, con rápida capacidad de aprendizaje, que maneje conceptos e información y que asuma y enfrente retos constantes. El cambio de paradigmas empresariales y economía digital señala que la información, el conocimiento y la forma de utilizarlos son los factores claves del éxito.

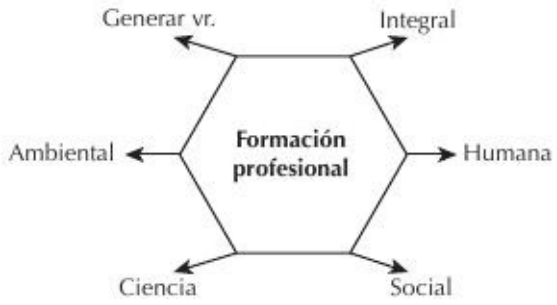
En la nueva economía, basada en la aplicación del *know how* y el trabajo más inteligente y cerebral creará, cada vez, mayor valor agregado. Estas circunstancias exigirán una formación de profesionales integrales, con sensibilidad humana, ambiental y social, que al lado de una profunda percepción y conocimiento de la realidad, estén en condiciones de competir en el mundo de la globalización.



Gráfica 8. Perspectiva profesional
Fuente: *elaboración propia*

Los creadores de empresas perciben un estilo propio de administración y asumen retos con la

certeza de alcanzar un acertado nivel de éxito.



Gráfica 9. Formación profesional
Fuente: *elaboración propia*

Ahora la rapidez, astucia e inteligencia del ser humano; la certeza de fijar objetivos a corto, mediano y largo plazo; el amor y el compromiso por lo que hace; así como la creatividad e innovación. Es lo que hacen competitivo al profesional.

Comprender el mundo, producir tecnología con humanismo, tener una mente abierta a otras culturas, contar con habilidades comunicativas, hacer empresas que respondan a las necesidades específicas de la colectividad y dominar por lo menos tres idiomas, es lo que se espera del profesional del futuro.

En el presente milenio, la capacidad de liderazgo constituirá uno de los activos más importantes del ser humano. El proceso de formación de líderes deberá ← 21 | 22 →iniciar con un cálido ambiente de hogar, seguido por una sólida formación escolar y universitaria, para luego mantenerlo en el transcurso de la vida.



Gráfica 10. Actitud profesional
Fuente: *elaboración propia*

El ideal de personas o profesionales son aquellos con capacidad para identificar necesidades, plantear alternativas de solución, planificar metodologías de auto-evaluación que midan el cumplimiento de metas y que pueda comunicarse interna y externamente.



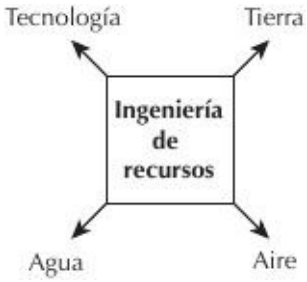
Gráfica 11. Profesional ideal
Fuente: *elaboración propia*

Fortalecer el aprendizaje autodirigido, aprender a convertir la información en conocimiento, contar con un pensamiento analítico y tener una gran capacidad para adaptarse al cambio serán sin duda factores de liderazgo que contribuyan al éxito profesional en el futuro.

LAS INGENIERÍAS

La ingeniería se refiere principalmente a la aplicación de métodos analíticos, de los principios de las ciencias físicas, económicas y sociales y del proceso creativo, con el fin de de convertir materias primas y otros recursos en elementos o formas que satisfagan las necesidades humanas.

La ingeniería es el arte de planificar el aprovechamiento de la tierra, el aire y el uso y control del agua. Asimismo, la ingeniería es proyectar, construir y operar los sistemas y las máquinas necesarias para realizar un plan, sin afectar al medio ambiente.



Gráfica 12. Ingenieria de transformación
Fuente: *elaboración propia*

INGENIERO MECÁNICO

El ingeniero mecánico se preocupa principalmente de la transformación de la energía en su forma natural a energía usable. También se ocupa de las relaciones que existen entre masas, movimientos y fuerzas que se dividen en cinemática, estática y cinética.



Gráfica 13. Tarea del ingeniero mecánico
Fuente: *elaboración propia*

La cinemática estudia el movimiento aisladamente, la estática se ocupa de las fuerzas independientemente del movimiento y la cinética trabaja las fuerzas en relación con los movimientos.

INGENIERO INDUSTRIAL

Se ocupa de la transformación de materiales o prestación de servicios, con el objetivo de pasar de un estado a otro más aplicable con respecto a forma, lugar, uso y tiempo. Su responsabilidad consiste en diseñar el mejor método para lograr dicha transformación, de manera que maximice el beneficio de la inversión en dinero, tiempo, espacio y satisfacción de clientes internos y externos. El ingeniero industrial debe tener las siguientes competencias:

- Agudeza para descubrir métodos deficientes.
- Habilidad para eliminar inconvenientes, aumentar el ritmo de producción y mejorar las condiciones del trabajador.
- Diseñar los métodos de nuevas actividades.



Gráfica 14. Competencias del ingeniero industrial
Fuente: *elaboración propia*

- Realizar estudios de tiempos para comparar ventajas del método como:
  - Aumento de producción.
  - Reducción de mano de obra.

- Balanceo de línea.
- Velocidad o ritmo.

- Programar el trabajo.
- Fijar y pagar incentivos.
- Controlar presupuestos.
- Lograr tareas fáciles, menos fatigantes, más rápidas yprecisas.
- Hacer todo lo demás que el resto de profesiones no hace.

El ingeniero industrial puede especializarse en variados campos, su actividad es muy flexible, puede entonces, diseñar y especificar:

1. Sistemas de producción integrando mano de obra, métodos, tiempos, máquinas, materiales, espacio, medio ambiente y recursos económicos.
2. Localización y distribución física de las instalaciones productivas.
3. Sistemas de almacenamiento, manejo y transporte a lo largo de la trayectoria que seguirán los productos y materiales, desde que se inicia el proceso hasta terminarlo.



Gráfica 15. Especialidad del ingeniero industrial
Fuente: *elaboración propia*

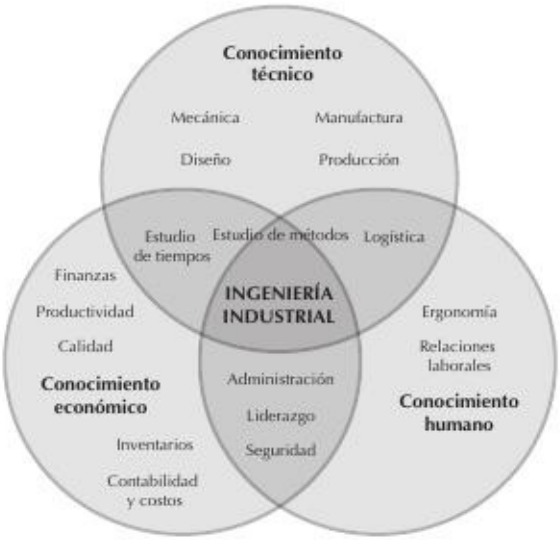
4. Localización de los materiales, de las máquinas y de los operarios antes, durante y después del proceso.
5. Medición del trabajo mediante tiempos de ejecución, volúmenes, grado de mecanización, niveles de habilidad y condiciones de trabajo.
6. Procesos de empaque, envase y embalaje de materiales y productos.
7. Métodos para planear, organizar, dirigir y controlar las funciones empresariales.
8. Sistemas de control de costos, calidad e inventarios.
9. Eliminación del desperdicio en todas sus formas.
10. Balance social de las organizaciones.
11. Administración de la producción.



Gráfica 16. Ingeniería industrial
Fuente: *itschoapas.edu.mx*

Para el futuro, los ingenieros industriales deben además:

- Estar enfocados en mantener la eficiencia, la eficacia, la productividad, la excelencia en calidad, la sostenibilidad y el crecimiento de las empresas.
- Liderar la investigación y el conocimiento de las necesidades del ser humano y aplicarlas en el mejoramiento del nivel de vida de las personas.
- Ser capaz de adaptarse a cualquier actividad y trabajar en equipo. • Desarrollar el hábito investigativo y aplicarlo en beneficio de la humanidad.
- Saber utilizar los sistemas de comunicación y tener dominio de por lo menos tres idiomas.
- Tener tacto, ser justo y mantener buenas relaciones interpersonales.
- Mantenerse actualizado en todos los avances de la ciencia y la tecnología.
- Mantener abierta su mente al cambio.
- Desarrollar liderazgo, responsabilidad, compromiso y proyección.



Gráfica 17. El contexto de la Ingeniería Industrial
Fuente: *itsa.edu.mx*

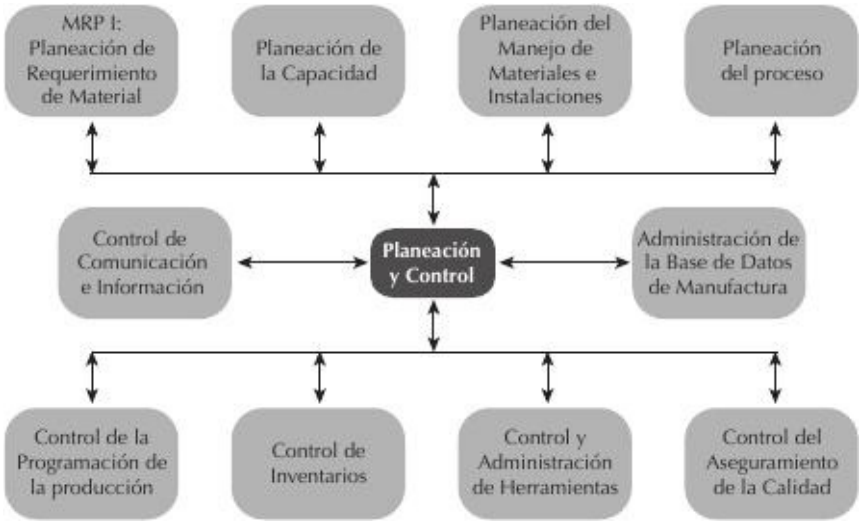
En resumen, la tarea del ingeniero industrial consiste en revisar todo el sistema, abrir y especificar el contenido de la "caja negra", para aprender, aportar y lograr los máximos rendimientos de todo el sistema.

INGENIERÍA DE MÉTODOS

Se ocupa de la integración del ser humano en el proceso de producción de artículos o servicios. La tarea consiste en decidir dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados o prestar servicios y en decidir cómo puede una persona desempeñar efectivamente las tareas que se le asignen.

La ingeniería de métodos comprende el papel de una persona en cualquier parte de la organización, desde el gerente hasta el último de los trabajadores de la empresa.

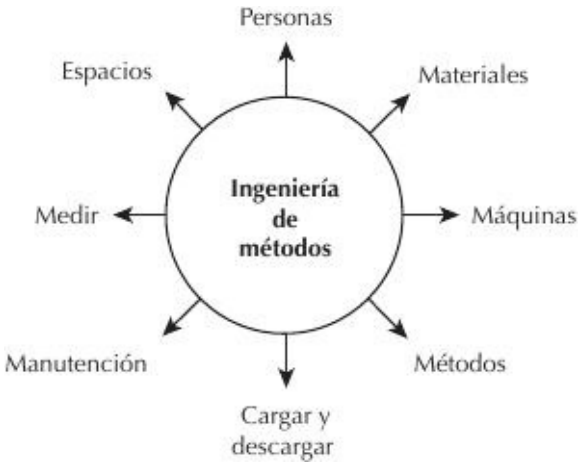
La importancia de la ingeniería de métodos radica en el desempeño efectivo del personal en cualquier tarea, ya que el costo de contratar, capacitar y entrenar a una persona es cada vez más alto. Es evidente que el ser humano es y será, por mucho tiempo, una parte importantísima del proceso de producción en cualquier tipo de planta; pero también es cierto que su óptimo aprovechamiento dependerá del grado de utilización de su inteligencia, de su potencial de ingenio y creatividad.



Gráfica 18. Actividades de planeación y control en un sistema de manufactura.
Fuente: *monografías.com*

La ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos. Por tanto se encarga de prever:

- Dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados o servicios



Gráfica 19. Funciones de la ingeniería de métodos
Fuente: *elaboración propia*

- Cómo puede una persona desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan.
- Qué método debe seguir y cuál debe ser la distribución de materiales, herramientas, accesorios y equipos en la estación de trabajo.
- Cómo debe cargar y descargar las máquinas y acelerar su puesta en marcha. • Cuál debe ser el empaque, envase y embalaje del producto terminado.
- Cómo debe ser el manejo, transporte y almacenamiento de los materiales y productos terminados.
- Medir el trabajo para asignar cargos, teniendo en cuenta los niveles de habilidad de las

personas, los grados de mecanización, las condiciones de trabajo y el volumen o cantidad de productos o servicios.

- Aprovechamiento de recursos humanos conforme a sus competencias. • Aprovechamiento del espacio en sus tres dimensiones.
- Aprovechamiento de equipos, por cuanto la inversión en los mismos es cada vez mayor.
- Eliminar toda clase de desperdicios en materiales, mano de obra, espacios, recursos económicos y financieros, etc.

A medida que aumenta la mecanización y la automatización, las personas intervienen en la toma de decisiones, en el registro de irregularidades, en la identificación de problemas que requieren el máximo de habilidad, creatividad, vigilancia y funcionamiento libre de errores.

Las personas son un eslabón crítico en el sistema total, de tal manera que se les debe dedicar toda la atención para que su integración se aproveche con efectividad.

La ingeniería de métodos se caracteriza por:

- Usar técnicas y teorías nuevas.
- Progreso extraordinario, con periodos de superación, de creciente exactitud y objetividad, y de perfeccionamiento en perspectiva.
- Ayudar a tomar decisiones inteligentes, con referencia a la mejor política, técnica o curso de acción.
- Dar énfasis a la evaluación de principios y prácticas.
- Su filosofía y procedimientos son de ingeniería y de diseño, de reducción de costos y de simplificación.
- Elevar el criterio analítico por medio de exámenes objetivos.
- Requiere un alto grado de actitud, criterio, inventiva e iniciativa.



Gráfica 20. Características de la ingeniería de métodos
Fuente: *elaboración propia*

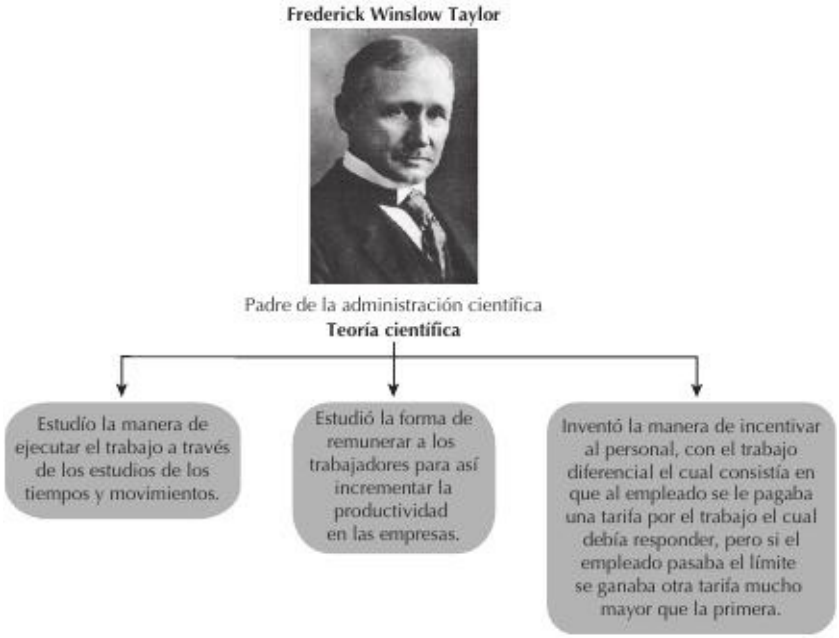
Historia y nacimiento de los estudios de métodos, movimientos y tiempos

Frederick Winslow Taylor (1856 a 1915)

Frederick Winslow Taylor, llamado *el padre de la administración científica*, nació en Filadelfia, puerto en el Estado de Pensilvania en Estados Unidos, (Ciudad industrial muy populosa)[1]. La vida de Taylor no tiene nada sorprendente ni espectacular, sólo que es parte de una generación que se crea, se recrea y se identifica con esa forma de vida sencilla y de trabajo.

Se dice que a los 19 años, por problemas visuales, abandonó la escuela y trabajó en un taller de mecánica, cerca de su casa, donde permaneció tres años y aprendió allí el oficio de mecánico 1875.

Cuándo cumplió 22 años laboró en los talleres de la Midvale Steel Works como jornalero en el año de 1878. Posteriormente pasó a encargado de reparaciones y mantenimiento, luego a jefe de delineantes y por último a ingeniero jefe en 1879. Por esta misma época estudió ingeniería en el Instituto Stevens, y se gradúo en 1885.



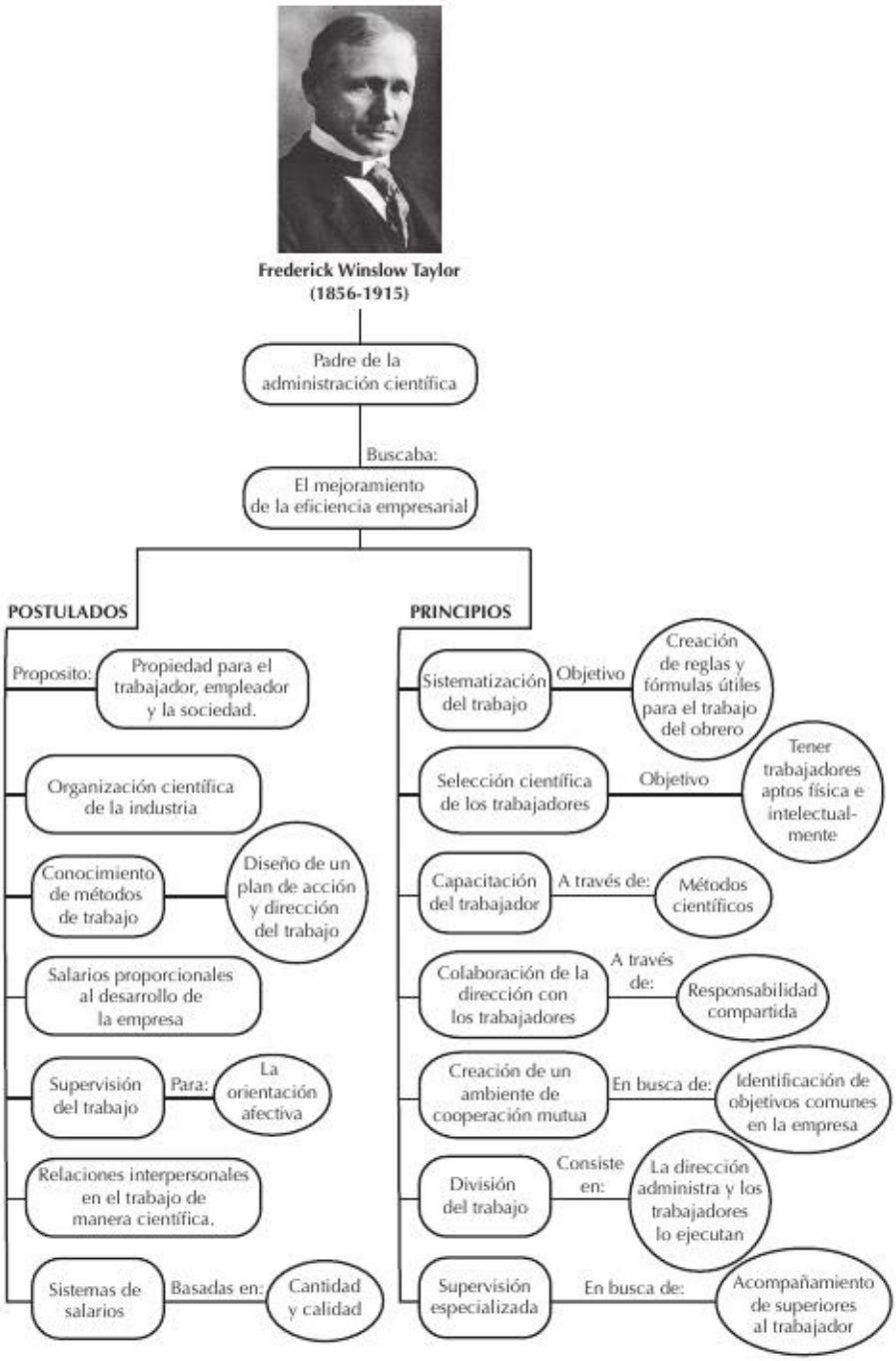
Gráfica 21.
Fuente: *williampenagosb.blogspot.com*

Taylor era un personaje persistente, de acción, sencillo, directo, no le interesaba la vida social, no era muy buen orador y consideraba que lo importante en su acción cotidiana era la resistencia y el sentido común. Seguramente, el apego a sus ideas lo llevó a ser un hombre rico y ésta puede ser la mejor muestra de su filosofía.

El valor de los aportes de Taylor radica en que logró sintetizar y articular las diferentes ideas e inquietudes del trabajo, que sus antecesores manejaron y con ello pudo diseñar una nueva filosofía y enfoque de la administración.

En 1896 ingresó a la fábrica Bethlehem Steel Works y en 1900 comenzó a revelar al público sus teorías sobre la administración científica.

Este científico se destacó también como inventor y llegó a registrar cerca de 50 patentes sobre máquinas, herramientas y procesos de trabajo. Sus investigaciones más importantes fueron:

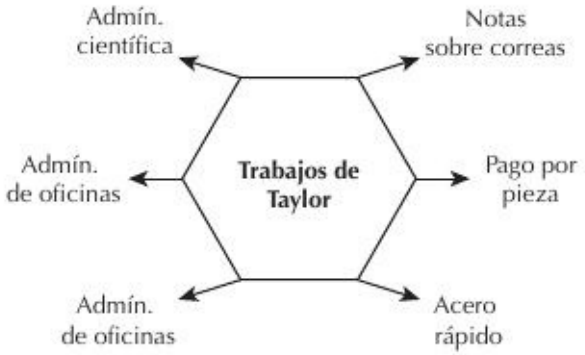


Gráfica 22.
Fuente: *ingenieria-estandar.blogspot.com*

1. Hizo la primera presentación de sus trabajos en la American Society of Mechanical Enginners, a la cual ingresó en 1985 con un estudio experimental llamado *A note on Belting*, que traduce Notas sobre correas.
2. Posteriormente publicó *A Piece Rate of Sistema* que traduce un sistema de gratificación por pieza, en el cual describía un sistema de administración y dirección en donde

sostenía que éste debería ser el principio básico de cualquier modalidad con criterios técnicos de remuneración para los obreros.

3. Se le debela invención de los aceros rápidos.
4. Descubrimiento y valoración de las variables que influyen en el corte de los metales, como la velocidad de corte y el avance. Existen doce variables que afectan la velocidad de corte:
   - Dureza.
   - La composición química del acero del buril y su tratamiento térmico.
   - El espesor de la viruta.
   - El perfil del filo del buril.
   - La cantidad de enfriador o refrigerante.
   - La profundidad del corte.



Gráfica 23. Principales investigaciones de Taylor
Fuente: *elaboración propia*

   - El tiempo de corte sin tener que afilar el buril.
   - Los ángulos de filo y de salida de corte de la herramienta.
   - La elasticidad de la pieza a trabajar y de la herramienta (vibración).
   - El diámetro de la pieza a trabajar.
   - La presión de la viruta sobre la superficie cortante de la herramienta.
   - La fuerza de tracción y los cambios de velocidad y avance de la máquina.

5. En 1903, ya retirado del trabajo fabril, publicó su libro *Shop Management* que traduce Administración de Oficinas. Refiere que la actitud de trabajar lo menos posible, esto es trabajar lentamente de manera que no se llegue a hacer el trabajo correspondiente a la jornada, tiene su origen en dos causas:
   - El instinto y la tendencia natural en el hombre es tomarse las cosas con calma, esto es poco rendimiento natural.
   - Un bajo rendimiento sistémico lo llevan a cabo los trabajadores con el fin de mantener a sus patrones en la ignorancia de cuán a prisa podría hacerse realmente el trabajo.

6. En 1911 publicó, *Principles of Scientific Management* que traduce Principios de

Administración Científica[2]. Aquí destacó que: “La conservación de los recursos naturales no es más que el preludio a la cuestión más amplia de la eficiencia nacional”. También resaltó la desaparición de los bosques, el desperdicio de la fuerza hidráulica, la erosión de la tierra, el final de los yacimientos de carbón, mineral de hierro y el derroche de los elementos materiales. En los recursos humanos destacó la importancia del adiestramiento sistemático de los operarios y la instrucción correcta de dirigentes. El mismo señaló que su obra perseguía descubrir:

- La gran pérdida de productividad en todo el país, como consecuencia de la ineficiencia en las acciones cotidianas.
- El remedio de esta ineficiencia en la administración sistemática, basada en principios, reglas y leyes claramente definidos.
- Que la administración científica es válida para todas las actividades humanas: el hogar, las granjas, las iglesias, las universidades, el gobierno y la empresa en general.

La administración científica no es meramente un sistema para mantener los costos estables, ni un sistema de estudio de tiempos o supervisión funcional, no es un nuevo esquema de eficiencia o de compensación del personal; es, entonces, una completa revolución mental, un cambio de actitud hacia el trabajo. Taylor consideraba que:

7. Empleados y patronos no son actores antagónicos, sino protagónicos del sistema de producción.
8. Sólo la eficiencia y la eficacia en la producción pueden asegurar la máxima prosperidad para el patrón y los empleados. La máxima prosperidad enten← 34 | 35 →dida como lograr un elevado nivel de excelencia de forma general, sostenida y constante en la sociedad.



Gráfica 24. Enfoques de la administración
Fuente: *enfoquehumanistaadm12.blogspot.com*

9. Producir eficientemente quiere decir trabajar con calidad, y ello implica que el trabajo de la fábrica debe realizarse con gasto mínimo de esfuerzo humano, de recursos naturales y con el desgaste mínimo de maquinaria, herramientas, edificio, etc.

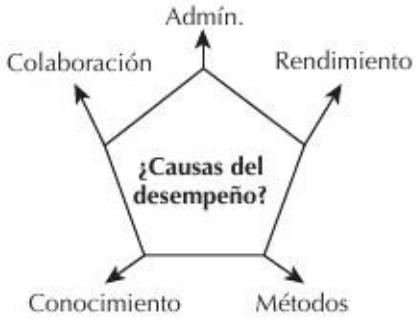
Máxima productividad = Máxima prosperidad.

Según Taylor, en países como Estados Unidos e Inglaterra el desempeño más común de los trabajadores eran bajo el principio de "trabajar menos de lo posible", ← 35 | 36 →esto significa trabajar lentamente, de manera que no se llegue a hacer todo el trabajo correspondiente a una jornada. Al ser esta la clase de rendimiento que se muestra a la gerencia, conviene entender sus causas:

1. La falacia de que todo aumento, en el rendimiento del trabajador o de la máquina, habrá de implicar dejar sin trabajo a un gran número de obreros; es el miedo a que la tecnología desplace al trabajador. Estas perturbaciones se reprodujeron en todos los países por la introducción de la máquina a vapor, el ferrocarril, los computadores, la automatización y los robots. La inmensa mayoría de los trabajadores siguen creyendo que si trabajan con la mayor rapidez posible cometerían una gran injusticia al dejar sin trabajo a muchos de los de su gremio, a pesar de que la historia del desarrollo de cada oficio muestra que cada mejora, ya sea por el invento de una máquina o por la introducción de un sistema mejor,

dan como resultado el aumento de la capacidad productora de los que trabajan en el oficio y el abaratamiento de los costos, en lugar de despedir trabajadores. Al final, se generó más trabajo para otros hombres.

2. Los defectuosos sistemas de administración, de uso corriente, que hacen necesario que todo trabajador rebaje su rendimiento o trabaje poco a poco, para poder proteger así sus intereses y mantener su autonomía.
3. Los ineficientes métodos de trabajo establecidos a "ojo de buen cubero", que todavía imperan en todos los oficios y en cuyos ejercicios malgastan gran parte de sus esfuerzos la mayoría de los trabajadores, es debido a que cada trabajador tiene a su cargo la responsabilidad final de hacer el trabajo, en la forma que cree que es la mejor, con poca ayuda y asesoramiento por parte de la dirección.
4. Trabajar de esta manera es sólo empirismo, es sólo experiencia heredada de generación en generación, conocimiento desorganizado; y la moderna sociedad capitalista demanda del trabajo fabril un conocimiento racional, organizado y sistematizado.
5. Para que el trabajo pueda hacerse de acuerdo con las leyes científicas es necesario separar el trabajo de planeación, del trabajo de ejecución y hacer este último dependiente del primero. A esto se refiere Taylor cuando habla de una colaboración estrecha entre la dirección y los obreros.



Gráfica 25. Desempeño del trabajador
Fuente: *elaboración propia*

El siguiente punto crítico es la eficiencia gerencial, es decir, cómo la administración puede garantizar un mayor rendimiento sistemático en la producción.

Poderosas empresas valiéndose de toda clase de recursos para conquistar la colaboración de sus operarios transformaron la organización de sus talleres, mejoraron su beneficio industrial y la remuneración de sus asalariados y abarataron notablemente sus productos. Ford en 1908 dijo: "Quiero un cambio completo en la organización del trabajo".

En 1925, después de la huelga australiana y del período de más agria lucha del sindicalismo norteamericano contra la escuela de Taylor, logró que el Congreso de los Estados Unidos aprobara una ley para acabar con los estudios de métodos y tiempos, en los establecimientos de la Confederación. Guillermo Green, sucesor de Samuel Gompers en la presidencia de la American Federation of Labor, declarara contundentemente que los obreros norteamericanos no sólo se sentían orgullosos del gran nivel de producción que en todo el mundo les era

reconocido, sino que la Federación Americana del Trabajo era francamente partidaria de cuanto tendía a incrementar y mejorar la producción, porque así se arreglaban las condiciones para todos los integrantes de la organización.

Cuatro son los principios que fundamentan la eficiencia de la gerencia racional científica:

1. Remplazar el empirismo por el conocimiento científico. Esto es reunir, analizar, codificar y organizar toda la información empírica existente en la empresa.
2. Seleccionar y entrenar científicamente al trabajador, de tal manera que se pueda desarrollar al máximo su prosperidad y la de la empresa.
3. Dirigir el trabajo con la colaboración de los trabajadores.
4. La gerencia debe asumir su responsabilidad de planear y dirigir el trabajo e inspirar a los trabajadores a ejecutarlo conforme a sus bases científicas.



Gráfica 26. Principios de la administración científica
Fuente: *elaboración propia*

Se puede notar cómo los principios de la administración científica que sintetizó Taylor siguen siendo, en buena medida, la base de la administración moderna.

El trabajo es el elemento esencial en la creación de riqueza. Es de interés humano mejorar:

- El rendimiento.
- La capacidad adquisitiva.
- La organización industrial.
- La producción industrial.

El país que pretendiera permanecer al margen del desarrollo industrial sería fatalmente invadido por la producción extranjera y encontraría su fin próximo en la bancarrota y la ruina. Era necesario entonces consagrarse a la investigación mediante:[3]

- Estudio de los elementos del trabajo humano.
- Métodos conducentes a mejorar el rendimiento de la producción industrial.

A continuación una síntesis de los principios del método científico establecidos por Taylor:

1. Ley de concentración e integración: repetición de la tarea.

2. Ley de la división del trabajo: división en elementos mesurables y constantes.
3. Ley de la armonía; íntima unión recíproca:
   - Elección del objeto simple, preciso y útil.
   - La mejor y más económica organización.
   - Preparación del material y de los medios de trabajo.
   - Observación de los principios siguientes:
     - Que el operario realice el mismo método.
     - Que en la investigación varíe solamente uno de los factores del problema.
     - Comprobación final de los resultados obtenidos.

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DEL TRABAJO

Este estudio ha sido de interés para los investigadores, tanto porque atañe a la mejor forma de aprovechar el esfuerzo humano y aptitudes personales, como lo referente a la fatiga. En el primer aspecto el estudio de los movimientos y de los tiempos ha originado una verdadera técnica de investigación (*Motion Study*) que comprende:

- Descomponer la operación en las fases fundamentales.
- Establecer en cada fase las subdivisiones necesarias para llegar a los movimientos elementales.

Se usó el cronómetro para tomar tiempos, el cinematógrafo para registrar el método, el ciclógrafo de Gilbreth para registrar el tiempo y el método a la vez.



Gráfica 27. Condiciones del trabajo
Fuente: *elaboración propia*

El estudio de la fatiga, tanto física como mental, es atendida por fisiólogos y biólogos. Las aptitudes personales para las distintas clases de trabajo son, objeto de estudios científicos por profesionales psicotécnicos. Es ejemplo de lo anterior la carga de lingotes estudiada por Taylor en la Bethen Steel Company, donde se usaban 75 hombres y un encargado, consagrados a la carga de lingotes, y cuyo peso individual era de 45 kilogramos, con lo que lograron que en la jornada de doce horas, de la época, cada obrero cargara diariamente 12 toneladas de lingote.

Taylor eligió dos operarios, a los que juzgó con mayor aptitud que los demás y les ofreció doble remuneración si durante un periodo se prestaban a obedecer fielmente las instrucciones que le serían dadas y a trabajar con toda su buena voluntad. Es así que estudió los movimientos de coger, transportar y soltar los lingotes, así como las secesiones de trabajo y reposo, con lo cual Taylor demostró que cada obrero con condiciones físicas adecuadas para la clase de trabajo podia cargar diariamente sin fatiga hasta 47 toneladas de lingote



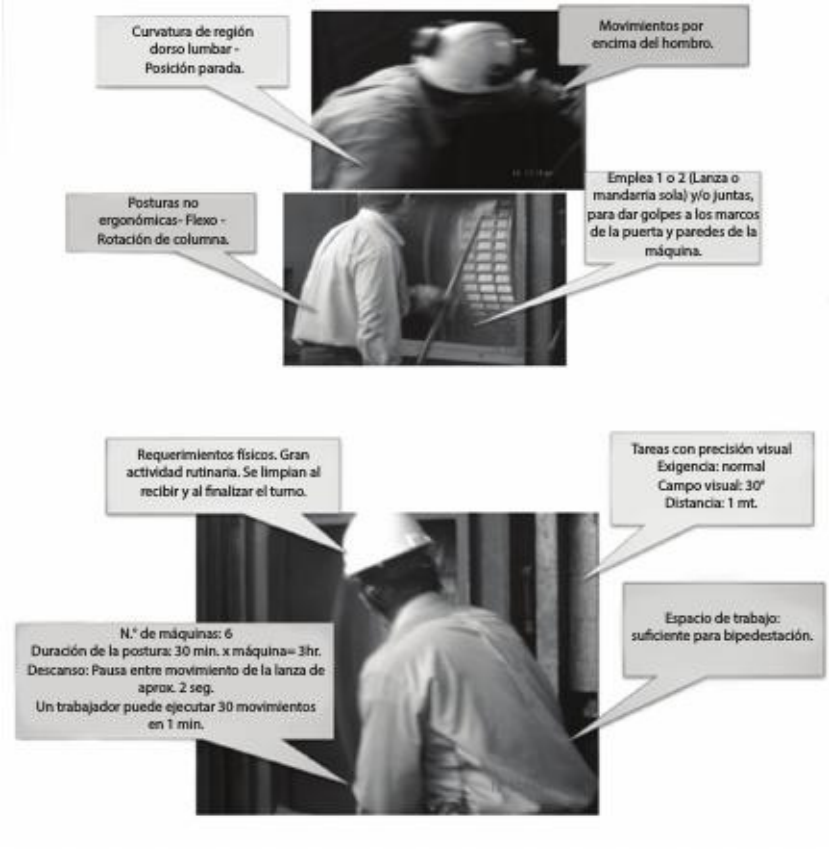
Gráfica 28. Manejo de lingotes
Fuente: *elmundoenfotos.wordpress.com*

Así se llegó a establecer la Ley de máximo trabajo, con la que se fijó que el operario podría estar cargando 43% del tiempo y descargando el 57%. Los ensayos permitieron elevar el rendimiento de la población 4 veces aproximadamente 4 veces y aumentar el tiempo de descanso y recuperación del operario.

El método consistió en:

- Seleccionar el personal convenientemente.
- Elevar el jornal.
- Establecer condiciones ambientales de trabajo tales como:
  - Iluminación.
  - Ventilación.
  - Ruido.
  - Temperatura.
  - Humedad.
  - Presión atmosférica.
  - Vibración.
  - Radiación.
  - Organización.
  - Orden y limpieza.

Caracterización y verificación de los puestos de trabajo Posturas - Manipulación de carga



Gráfica 29. Condiciones de trabajo
Fuente: *es.slideshare.net*

DOCTRINA DE TAYLOR

La organización científica de Taylor consiste esencialmente en un sistema filosófico que resulta de combinar cuatro grandes principios:

1. Desarrollo de una ciencia de cada elemento de trabajo humano, para sustituir el método empírico.
2. Selección científica de los operarios y su instrucción sistemática, con estímulo progresivo, en lugar de la elección de la tarea y el método por el operario.
3. Íntima cooperación con los operarios para asegurar que el trabajo se realice obedeciendo los estudios científicos.
4. Repartición proporcionada del trabajo y responsabilidad de la dirección y los operarios.



Gráfica 30. Doctrina de Taylor
Fuente: *elaboración propia*

La mejor organización es aquella que se funda sobre los salarios elevados y la mano de obra económica. Es necesario ofrecer salarios que excedan un 30% al salario medio, para lograr que los buenos obreros puedan trabajar a mayor velocidad.

Para los trabajos ordinarios a jornal, que exigen poca inteligencia o habilidad especial, pero que reclaman un ejercicio corporal vigoroso, es necesario pagar de 50 a 60 % por encima del ordinario.

Para los trabajos que requieren inteligencia y habilidad especial y una atención sostenida, pero sin fatiga muscular, el aumento del salario debe oscilar entre el 70 al 80% por encima.

Finalmente, para los trabajos que además de inteligencia exigen esfuerzo, el aumento debe llegar hasta de 60 a 100%.

FRANK BUNKER GILBRETH (1868-1924) Y LILLIAN GILBRETH

El estudio de movimientos, realizado por los Gilbreth, combinaba los conocimientos de psicología e ingeniería para llevar a cabo un trabajo en[4] el que se incluía la compensación del factor humano, así como el conocimiento de los materiales, herramientas, máquinas e instalaciones. Sus estudios cubren un amplio campo:

1. La fatiga y la monotonía.
2. Formación y trabajo para los discapacitados.
3. Diagrama del proceso.
4. Estudio de micro movimientos.
5. Cromoxilografía.

El trabajo de los esposos Frank Bunker Gilbreth (1868-1924) y Lillian Moller Gilbreth (1878-1972) se enfocó en el mejoramiento de los métodos y movimientos para la construcción de edificios.

Desde que se inició en el oficio, Frank notó que cada albañil tenía su propio método de

trabajo y que no existían dos que hicieran el trabajo exactamente de igual forma.

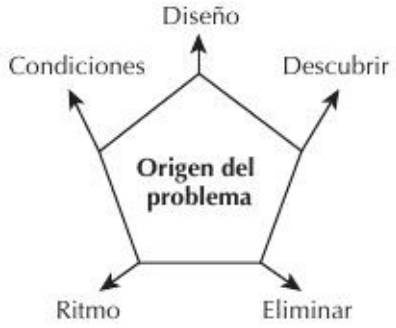
Sin embargo, no se trata de justificar la importancia de una formación en análisis y mejora del trabajo; lo que más importa es dar algunas indicaciones sobre la metodología a usar frente a la construcción.



Gráfica 31. Frank Gilbreth y Lillian Gilbreth
Fuente: *visinadministrativa.info y es.wikipedia.org*

El origen del problema de la construcción puede presentarse bajo distintos aspectos, entre ellos:

- Suficiente agudeza para descubrir métodos o procesos deficientes calificados por buenos por los encargados de llevarlos a cabo.
- Necesidad de eliminar inconveniencias en una actividad o proceso de construcción.



Gráfica 32. Origen del problema
Fuente: *elaboración propia*

En 1885 Gilbreth, a los 17 años, entró como empleado de un contratista de obras y allí comenzó a aprender el oficio de albañil. Fue ascendido rápidamente y a principios de siglo era contratista por su cuenta.



Gráfica 33. Actividad del albañil
Fuente: *picassoproject.es*

Desde el comienzo en el oficio, Gilbreth notó que cada albañil tenía su propio método de trabajo, lo que lo llevó a encontrar la mejor forma de ejecutar el trabajo del albañil. Vio la forma de perfeccionar los métodos, de tal forma que los movimientos fueran más cortos y menos fatigosos. Tomó fotografías de albañiles trabajando y de su estudio obtuvo conclusiones para aumentar la producción entre sus obreros.

Luego, inventó un andamio que podía elevarse rápida y sencillamente para la colocación de ladrillos en la construcción con un aparejo ordinario que permitía mantenerlo a todo momento en el nivel más conveniente para evitar que el operario tuviera que agacharse. Asimismo, tenía una bandeja para sostener los ladrillos y el mortero estaba a una altura conveniente para el obrero. La preselección de ladrillos y el mantenimiento de la mezcla a la humedad adecuada permitió pasar de 120 ladrillos de 2.5 kilogramos con 18 movimientos a 375 ladrillos por albañil por hora con 5 movimientos.



Frank y Lilian Gilberth

Le dieron contenido a la ingeniería industrial, establecieron 17 movimientos en los que se pueden descomponer cualquier trabajo, estos movimientos se llaman: *Therblig*. son los siguientes:

1. Alcanzar.
2. Asir.
3. Mover con carga.
4. Precolocar.
5. Colocar en posición.
6. Sostener.
7. Seleccionar.
8. Buscar
9. Descansar.
10. Demora evitable.
11. Demora inevitable.
12. Ensamblar.
13. Desensamblar.
14. Usar.
15. Planear.
16. Inspeccionar.
17. Soltar.

También descubrieron un método llamado *Ciclograma*, que sirve para estudiar los movimientos que hace un operario mediante el uso de luces.

Gráfica 34.
Fuente: *es.slideshare.net*

El estudio de los micromovimientos logrados con cámaras tomavistas por los Gilbreth fue presentado en 1912 ante la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Esta investigación se basó en los elementos de una operación con una cámara filmadora y un dispositivo de medida del tiempo, que indicaba con exactitud los intervalos de tiempo en la película. A su vez, permitía hacer el análisis de los movimientos elementales registrados en la cinta y la asignación de valores de tiempo a cada uno de ellos.

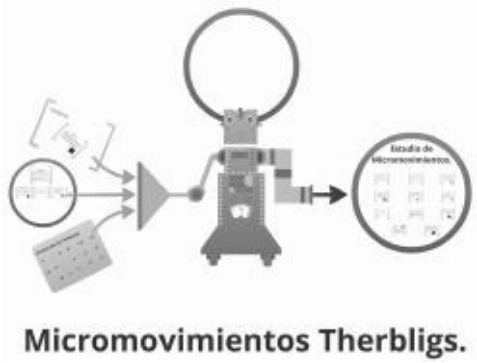
La cronociclografía consistía en registrar la trayectoria del movimiento de un operario en tres dimensiones, al ponerle una lámpara eléctrica pequeña en un dedo, la mano u otra parte del cuerpo y fotografiar con cámara estereoscópica la trayectoria de la luz mientras se mueve en el espacio. Si se colocaba un interruptor en el circuito eléctrico de la lámpara y se generaba la luz rápidamente y se apagaba despacio, se obtenía en la fotografía una línea de trazos con puntos en forma de pera que indicaba la dirección del movimiento.



Gráfica 35. Andamio para construcción
Fuente: *adatcol.com*

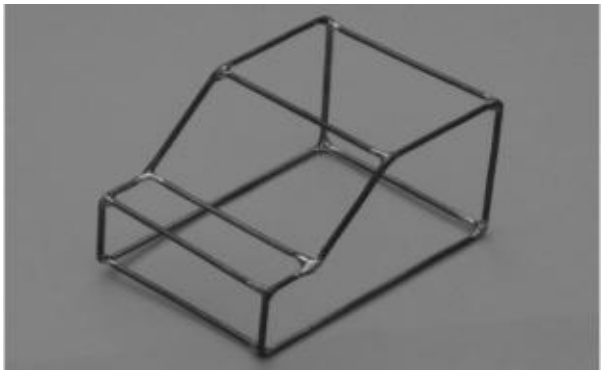
Los puntos de luz se distanciaban con la velocidad del movimiento y quedaban muy separados cuando el operario se movía de prisa, y muy próximo cuando el movimiento era lento. En el gráfico se podía medir con exactitud el tiempo, la velocidad, la aceleración y el retraso; además mostraba la trayectoria del movimiento en tres dimensiones. Así puede construirse modelos en alambre, representando las trayectorias de los movimientos.

Gilbreth utilizó esta técnica para perfeccionar los métodos, demostrar los movimientos correctos y ayudar en la enseñanza de los trabajadores.



Gráfica 36. Cronociclografía
Fuente: *prezi.com*

Un ejemplo de las economías que se pueden lograr con los estudios de los movimientos es el de un banco de Milán que utilizaba 72 empleados para llevar 10.000 cuentas corrientes. En un banco de New York organizado, según los estudios de movimientos, los mismos 72 empleados atendían 47.000 cuentas corrientes.



Gráfica 37. Estudio de movimientos y tiempos
Fuente: *metodostiemposymovimientos.blogspot.com*

Muchos otros experimentos se realizaron logrando incrementos importantes en su productividad. Todos los experimentos de la época utilizaron los siguientes hechos:

- Seguridad ante todo.
- Colocar al hombre adecuado en el lugar adecuado.
- Una persona no debe hacer el trabajo que puede hacer una máquina.
- Organizar el trabajo de modo que nadie se fatigue con movimientos inútiles al realizarlo.
- Las piezas deben presentarse previamente al operario.
- Hacer funcionar a la máquina sin descanso, a toda velocidad y el mayor tiempo posible, así se amortizará rápidamente y podrá ser remplazada por otras más perfeccionadas.

HARRINGTON EMERSON (1853 a 1931)

Emerson realizó sus estudios en varios países europeos (Alemania, Inglaterra, Italia, Grecia,

entre otros) lo cual le posibilitó hablar 19 idiomas, y a los 23 años de edad ya era jefe del departamento de idiomas extranjeros modernos de la Universidad de Nebraska, actividad que luego abandonó para dedicarse a los asuntos empresariales.

Como ingeniero consultor realizó investigaciones económicas y de ingeniería en los ferrocarriles en varias partes de los Estados Unidos e introdujo sistemas novedosos para el registro contable de los costos y las operaciones ferroviarias. Su experiencia fue tal que llegó a ser considerado como el primer ingeniero de eficiencia. En su escrito *La eficiencia como base de las operaciones y los salarios* (1908), en el que por cierto comparte con Taylor la idea de prosperidad, Emerson indica: "Si los humanos pudiesen ser tan eficientes como la naturaleza, no habría pobreza ni beneficencia".

Para Emerson el problema de la ineficiencia humana podía resolverse de dos maneras:

- Creando métodos que permitan capacitar a las personas al máximo de lo que ellas puedan hacer en relación con las tareas o con los fines establecidos, puesto que las personas son eficientes sólo al 60% al realizar sus objetivos de trabajo.
- Diseñando formas de fijación de objetivos que requieran el mayor desempeño posible, en razón a que las eficiencias actuales son menores del 1% de nuestra capacidad real.

"No hay nada que dé más dirección a la vida de una persona que un gran conjunto de principios".



Harrington Emerson

Nació el 2 de Agosto de 1853 en Trenton, New Jersey y murió en 1931. Desde sus inicios, Emerson tuvo influencias políticas importantes ya que gran parte de su familia dedicaba sus actividades ello. Desde muy pequeño Harrington estuvo a la disposición de tutores y escuelas privadas en Inglaterra, Francia y Grecia. Fue también estudiante de Ingeniería en el Royal Bavarian Polytechnique. Al finalizar sus estudios, regresó a los Estados Unidos y se convirtió en un profesor de lenguajes modernos en la Universidad de Nebraska. Sin embargo, fue despedido en 1882 debido a confrontaciones de índole religiosas. Emerson dejó de lado sus intereses académicos para empezar una carrera como banquero, especulador de propiedades, agente de impuestos, agente fiscal y solucionador de problemas para el Unión Pacific y los ferrocarriles. Emerson estableció su propia compañía de préstamos privados en 1883, y en colaboración con su hermano Samuel formó una compañía que invirtió en la construcción de pueblos futuros en el oeste de Nebraska.

Gráfica 38. Harrington Emerson
Fuente: *es.slideshare.net*

El principio fundamental de Emerson es el que afirma que las personas trabajan con el máximo provecho cuando conocen las metas por cuya obtención deben esforzarse, sostiene que más

que objetivos y metas deberíamos hablar de ideas, y es así como redacta el primer principio de eficiencia: "*Ideas claramente definida*s".

Sin embargo, Emerson aclara que en cuanto al desempeño de los empleados, la eficiencia es inalcanzable para los sobrecargados de trabajo, los mal pagados y los mediocres. La eficiencia se alcanza cuando las cosas correctas se hacen de la manera correcta, por el empleado adecuado, en el lugar y en el tiempo debido.

Cinco años después de sus primeras reflexiones escritas, Emerson perfecciona sus ideas sobre la eficiencia y escribe su libro, *Los principios de la eficiencia* (1983) en el que señala 12 principios y sostiene que la eficiencia produce mejoras ya que las personas trabajan más inteligentemente y no más duramente. Se trabaja inteligentemente cuando se sabe el ideal para el cual se trabaja.

Emerson escribe lo que hoy es obvio, es que la administración inculque a los trabajadores objetivos claros, pues de lo contrario los trabajadores habrán de fijarlos por inspiración propia y esta desvinculación de ideas genera vaguedad, desorientación e incertidumbre en las empresas.

Emerson les lanza un desafío a los administradores: o establecen sus propias ideas y rechazan todos los principios de eficiencia que no convengan a sus propios ob← 49 | 50 →jetivos, o por el contrario, aceptan los principios de eficiencia de los trabajadores y la organización deriva de ellos y crean los ideales que les convenga.



Gráfica 39.
Fuente: *secretariatiempresa.blogs.com*



Gráfica 40. Máximo potencial
Fuente: *maximopotencial.com*

Este primer principio de la eficiencia es definitivo en la práctica de la administración contemporánea y constituye la base de lo que Peter Drucker propondría, hacia los años de 1970, como la administración por objetivos. Por otra parte, las empresas guiadas por la planeación estratégica hoy en día redactan declaraciones ← 50 | 51 →en las que establecen su filosofía empresarial y como componente importante exponen la misión de la empresa a la cabeza de sus planes. A su vez buscan que el personal asuma los principios de esa misión como propios para, finalmente, lograr que se conviertan en parte vitales de la cultura organizacional de la empresa.

Los doce principios de Emerson son los siguientes:

1. Saber lo que se está tratando de lograr.
2. Sentido común para distinguir entre los árboles y el bosque.
3. Buscar el consejo de personas competentes.
4. Obediencia estricta.
5. Rectitud y justicia.
6. Tomar decisiones fundadas en los hechos.
7. Planificación científica de todas las actividades e integrarlas hacia un mismo fin.
8. Fijar un método y un tiempo estándar para ejecutar las tareas.
9. Uniformidad en las condiciones del medio ambiente.
10. Uniformidad del método.
11. Instrucciones por escrito de la práctica estándar.
12. Recompensar la ejecución exitosa de una labor.



Gráfica 41. Principios de Emerson
Fuente: *elaboración propia*

Dice Emerson que la eficiencia también es el resultado del tamaño de la empresa e indica que cuando las fábricas y las plantas son muy grandes y complejas su gestión se hace poco efectiva y entonces, el remedio es la descentralización y la gradual reducción, hasta encontrar el tamaño ideal.

Emerson estableció un concepto moderno de lo que debería ser la eficiencia y los principios que garantizarían su logro. Pero los principios no bastan, hacen falta herramientas que nos permitan determinar cómo, cuándo y de qué manera se es eficiente. Las repuestas fueron provistas en los estudios de los esposos Gilbreth.

HENRI FAYOL (1841 a 1925) ÉNFASIS EN LA ESTRUCTURA

La preocupación por la estructura comenzó con el ingeniero francés Henri Fayol, alrededor de 1916, con la publicación de su libro *Administración industrial y general*".

El énfasis en la estructura organizacional refleja la preocupación por la formación de una red interna de relaciones entre los órganos que componen la organización y el establecimiento de un conjunto de principios universales para que funcione bien. Para Fayol, toda empresa está compuesta de seis funciones básicas:

- Financiera.
- Técnica.
- Comercial.
- Contable.
- De seguridad.
- Administrativa.

La función administrativa coordina e integra las demás y está constituida por cinco elementos:

- Previsión.
- Organización.
- Mando.

- Coordinación
- Control.



Henri Fayol
(1841-1925)

Nació en Francia; posiblemente es el autor más distinguido en el campo administrativo; desempeño diversos puestos en las minas de carbón de Comambault; cuando fue nombrado administrador general, la empresa estaba a un paso de la bancarrota. Treinta años después era uno de los consorcios más poderosos de Francia.

"Encargada de formular el programa general (...), constituir el cuerpo social, de coordinar los esfuerzos, de armonizar los actos"

Gráfica 42.
Fuente: *monografías.com*

Asimismo, Fayol estableció 14 principios generales de administración que debían regir el trabajo del administrador. Pretendía trazar los caminos de una ciencia mediante principios generales de organización que sirviera a todo tipo de empresa y funcionara como aspectos normativos y prescriptivos para focalizar todas las situaciones. Con Fayol surgió la teoría clásica de la administración, cuya idea era estandarizar y proporcionar normas genéricas y de aplicación, como modelo para afrontar los temas administrativos.

Los principios de administración establecidos por Fayol fueron:

- División del trabajo: aumenta los resultados y vuelve más eficientes a los empleados.
- Autoridad y responsabilidad: derecho de dar órdenes y deber u obligación de cumplirlas.
- Disciplina: obedecer y respetar normas como resultado de un liderazgo eficaz.
- Unidad de mando: cada empleado subordinado a un solo superior.
- Unidad de dirección: un mismo objetivo dirigido por un gerente a través de un plan.
- Subordinación de lo individual a lo general.
- Remuneración: los trabajadores deben tener salarios adecuados.
- Centralización: la toma de decisiones se debe centralizar en la administración.
- Jerarquía: es la línea de autoridad que va desde la cima hasta el nivel más bajo.
- Orden: personas y materiales deben estar en el lugar adecuado.
- Equidad: prestar atención y ser justo con los empleados.
- Estabilidad: la rotación elevada produce ineficiencia.
- Iniciativa: poner su esfuerzo personal como emprendedor.
- Espíritu de equipo.: armonía y unidad en la organización.



Gráfica 43. Administración moderna según Fayol
Fuente: *mimsdrid.me*

HENRY LAWRENCE GANTT (1861-1919) ADMINISTRACIÓN: ESCUELA CIENTÍFICA

Ingeniero estadounidense que se destacó como humanista por sus aportaciones a la organización científica del trabajo al crear un ambiente humano para obtener mayor cooperación de los trabajadores, al fijarles una tarea bien definida con la que podían ganar un premio además de la tarifa por pieza si rebasaban la cuota de producción por día. Gantt creía firmemente en el sistema de tarifa por pieza y en el incremento de la producción mediante el sistema de premios, con lo cual logró incrementar la producción a más del doble.

Estableció que el elemento humano es el más importante de todos los factores administrativos.

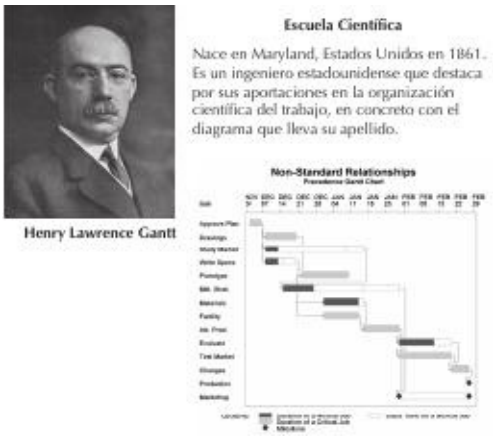
Otro aporte es el diagrama que lleva su nombre el cual mide la producción en uno de sus ejes y las unidades de tiempo en el otro, y el establecimiento de que los incentivos financieros son sólo uno de los muchos factores que influyen en el comportamiento de los empleados.

Gantt, Trabajó para Frederick W. Taylor, con quien colaboró en la aplicación de su célebre doctrina para mejorar la productividad.

El diagrama de Gantt se ha empleado frecuentemente desde principios del siglo XX como herramienta en operaciones que requieran una estricta planificación temporal. Su preocupación se centró, más que en los métodos de trabajo, en el rendimiento del que lo ejecuta, lo cual dependía a su juicio de la buena disposición para emplear los métodos y habilidades correctas.

En 1908 presentó ante la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos el entrenamiento de

los obreros en hábitos de diligencia y colaboración, en donde expuso la necesidad de cambiar la táctica patronal; no se trataba sólo de formar al obrero en las técnicas que debía utilizar y vigilar su cumplimiento, sino de inculcarle hábitos que hicieran más eficiente su trabajo. Como complemento a esto, ideó un sistema de bonos que se añadían al salario si se ejecutaba el trabajo dentro de una norma de tiempo estandarizada.



Gráfica 44.
Fuente: *es.slideshare.net*

Con estas medidas pretendió elevar, no sólo la cantidad, sino sobre todo la calidad del trabajo en la línea ya expuesta por Taylor en su teoría de la "prosperidad común": el obrero descubre la satisfacción personal que le proporciona el trabajo "bien hecho" entendido en términos de cantidad y calidad, se siente orgulloso de él y por tanto se esfuerza más; por su parte, el empresario ve aumentada la productividad y reducidos los conflictos laborales. Su obra más importante fue Trabajo, salarios y beneficios (1913).

GEORGE ELTON MAYO (1880 a 1949) MOVIMIENTO DE RELACIONES HUMANAS

George Elton Mayo era australiano, fue científico social, profesor y director de investigaciones sociales de la Universidad de Harvard.

Mayo se preocupó por los estudios de productividad en la planta de Hawthorne de Western Electric Company, después que el National Research Council se retirara. La planta de Hawthorne, cerca de Chicago, inició un proyecto de investigación para estudiar cuáles eran los factores que influían en la productividad (1924 a 1933).La hipótesis de este estudio era: "que una mayor iluminación en el área de trabajo incrementaría la productividad".

Se determinó que el estudio no arrojó los resultados esperados porque incidieron muchos factores adicionales. La National Research Counceil se retiró del estudio pero Mayo, de la Universidad de Harvard, se interesó en los esfuerzos de la compañía y se unió a ellos para continuarlo.

Se eligió, instruyó y se instaló a un grupo de cinco mujeres en una sala de ensamble experimental, donde se controlarían los factores causas del fracaso del estudio de iluminación inicial.

Posteriormente la hipótesis fue: un cambio en las condiciones de trabajo daría como resultado un cambio en la productividad. Con el fin de aislar los factores estudiados, los experimentadores se esforzaron en fomentar una actitud positiva de los trabajadores hacia la investigación, la gerencia y su trabajo.

También dedicaron tiempo a escuchar a las operadoras y a hablar con ellas. Los factores estudiados fueron:

1. Sistema de incentivos.
2. Periodos de descanso.
3. Descansos pagados para almuerzo.
4. Eliminación del trabajo sabatino.
5. Reducción de las horas de trabajo.
6. Almuerzos y bebidas gratis.



Henry Lawrence Gantt

Nació en Australia el 26 de diciembre de 1880 y falleció el 7 de septiembre de 1949.

Sociólogo, Profesor de Investigación Industrial, teórico social y psicólogo especializado en:
- Teoría de las organizaciones
- Las relaciones humanas
- El movimiento por las relaciones Filosofo humanas.

Gráfica 45.
Fuente: *es.slideshare.net*

Se estudió la organización informal y su influencia sobre la productividad y se comprobó que mejoraba conforme a la actitud positiva de las trabajadoras, aun cuando las condiciones no fueran las mejores. De esta manera surgió una nueva hipótesis: mejore la actitud de los empleados y aumentará los resultados. En los tiempos modernos, la gerencia de las empresas hace participar a la fuerza laboral en todas las fases de desarrollo e implementación de los productos.

VISIÓN PARA EL PRÓXIMO MILENIO

Los factores económico, tecnológico, político y social (sexo, edad, salud y bienestar, tamaño físico y fuerza, aptitud, actitud, capacitación, satisfacción en el trabajo y respuesta al cambio)

tienen injerencia directa en la productividad.

Las tendencias actuales de la ingeniería de métodos, movimientos y tiempos se caracterizan por las siguientes acciones:

- Un plan para el mejoramiento de métodos y estándares como un insumo en el presupuesto, las estimaciones, la evaluación del desempeño y la documentación como base de datos, así como el diseño del trabajo, las tareas, estaciones de trabajo y entorno laboral.
- Un organismo dedicado a la investigación para desarrollar guías y estándares para la salud y seguridad del trabajador.
- El impacto de la legislación en los empleadores que repercuta en las prácticas de reclutamiento, contratación, promoción, capacitación, despido, licencias y asignación de trabajo.
- La medición del trabajo, el uso de técnicas computarizadas y sistemas de muestreo y tiempos predeterminados, no sólo de la mano de obra directa sino del trabajo indirecto.
- Mantener la práctica de la ingeniería industrial en un nivel profesional; promover la integración entre los miembros de la profesión; alentar y apoyar la educación, la investigación y promover el intercambio de ideas e información con publicaciones en revistas y servir el interés público con la identificación de personas calificadas, con registro profesional para ejercer como ingenieros industriales.

Cuadro 1. Influencia del trabajo

	PRODUCCIÓN MANUAL	PRODUCCIÓN MECANIZADA	PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA
EJEMPLO	Cortar con serrucho. Remar en bote.	Cortar con sierra. Manejar auto	Máquinas de control numérico. Líneas de transmisión automática.
FUERZA	Humana	Máquina	Máquina
CONTROL	Humano	Humano	Máquina
IMPACTO AMBIENTAL	Mínimo	Medio	Alto
ENTRENAMIENTO	Bajo	Medio	Alto
OFICINA	Mecanografiado Mensaje, archivo	Computador	Terminal Computado Red.
SERVICIO	Bajo	Medio	Alto

- Definir, apoyar y promover la ergonomía como una disciplina científica para educar, intercambiar e informar a los negocios, la industria y el gobierno como medio para mejorar la calidad de vida.
- Guía de administración del programa de ingeniería de métodos como herramienta

indispensable en la eficiencia, eficacia y productividad de las empresas.

La influencia del trabajo manual, mecanizado o automatizado influye directamente en la productividad

Cuadro 2. Comportamiento futuro

FACTOR	PAÍS	EMPRESA	PROFESIONAL
ECONÓMICO	• Globalización de la economía. • Fomentar aprovechamiento de recursos. • Fomentar generación de nuevas empresas. • Infraestructura.	• Más flexible al mercado. • Modelo más eficiente, eficaz y productivo. • Economía digital. • Explorar nuevos mercados.	• Conocimiento • Actitud. • Visión • Habilidades conceptuales.
TECNOLÓGICO	• Tecnología satelital • Fomentar producción de bienes de capital. • Fomentar la investigación.	• Know- haw. • Robot. • Mejorar procesos. • Automatizar.	• Habilidades técnicas. • Investigación y desarrollo. • Árbol tecnológico. • Imaginación, creatividad e innovación.
POLÍTICO	• Eliminar la corrupción. • Predisposición al cambio. • Seguridad, salud, educación y justicia.	• Responder a nuevas formas de mercado. • Presupuesto para investigación y desarrollo	• Líder. • Sensibilidad social. • Buen comunicador
SOCIAL	• Educación compartida y socializada. • Generación de empleo. • Eliminación de la pobreza. • Formación por competencias. • Balance social.	• Capacitación. • Respuesta a necesidades de la colectividad. • Responsabilidad social empresarial (rse)	• Adaptable • Ingenioso y creativo. • Trabajar en equipo. • Rápido aprendizaje. • Abierto a otras culturas. • Sensibilidad humana.

El comportamiento futuro del país, la empresa y el profesional requiere de estrategias que les permita adaptarse a los cambios que los factores externos presenten en cada momento.

EJERCICIOS

1. Redacte un artículo que describa la labor que debe desarrollar el ingeniero de métodos en las organizaciones del mundo actual. (No más de 15 renglones)
2. Describa, conforme a su saber y entender, las principales actividades que deben desempeñar los ingenieros en el momento actual:
   a. Los ingenieros industriales.
   b. Los ingenieros de métodos.

3. Describa las cinco principales causas de la ineficiencia de las actividades humanas.
4. ¿Cuáles son los cinco principios de eficiencia de la gerencia racional científica establecidos por Taylor?
5. El objetivo perseguido por el estudio de métodos, tiempos y movimientos es:
   a. Ambiente, calidad y productividad.

b. Medios, eficacia y resultados.
c. Eficiencia, eficacia y productividad.
d. Cambio, exactitud y motivación.

6. El enfoque del estudio de métodos, movimientos y tiempos es:
   a. Reducción de costos, ingeniería y diseño.
   b. Investigación, estadística y muestreo.
   c. Comunicación, transporte, educación.
   d. Operación, tiempo y suplementos.

7. Las razones que justifican los estudios de métodos, movimientos y tiempos son:
   a. Tareas rápidas, precisas y fáciles.
   b. Eliminar, capacitar y cronometrar.
   c. Técnicas avanzadas para introducir cambios.
   d. Duración, costos, producción, incentivos.

8. Los productos hoy requieren de mayor valor agregado y esto se logra con profesionales:
   a. Efectivos, preparados, experimentados y solidarios.
   b. Integrales, sensibles, sociales, con percepción y conocimiento.
   c. Humanos, estrictos, técnicos y sociales.
   d. Líderes, con conocimiento y capacidad.

9. La ingeniería de métodos se ocupa de:
   a. Aprovechamiento del espacio, materiales y herramientas.
   b. Diseño del empaque, envase y embalaje.
   c. Integración, desempeño y aprovechamiento de inteligencia.
   d. Medir el trabajo, aprovechar los recursos y eliminar el espacio libre.

10. *Shop Management, Principles of Scientific Management, A Piece Rate of System* y *A Note on Belting*, fueron obras escritas por:
    a. Frank B. Gilbreth.
    b. Harrington Emerson.
    c. Henri Fayol.
    d. Frederick Taylor.

11. Cuando las fábricas y las plantas son muy grandes y complejas, su gestión se hace poco efectiva y su remedio es la descentralización y la reducción de su tamaño, esto lo sostiene:
    a. Elton Mayo
    b. Harrington Emerson.
    c. Adam Smith.
    d. Peter Drucker.

12. El estudio de los factores que influían en la productividad de las empresas fue realizado por:
    a. Karl Bark.
    b. Henri Fayol.
    c. Elton Mayo.
    d. Harrington Emerson.

[1] Duncan 1991, p.53 y 54

[2] Duncan 1.991, p. 53-54

[3] Comité de los congresos institucionales para la Organización Científica del Trabajo. Praga Checoslovaquia. Instituto Internacional de Organización Científica de Trabajo. Ginebra Suiza. Burea International du Travail (B. I.T) Francia.

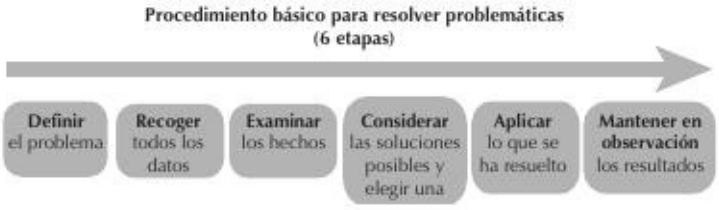
[4] Op. Cit.

CAPÍTULO II

Los métodos

Procedimiento para estudio de métodos

El proceso de diseño de métodos es la metodología general del diseñador para la solución de problemas. La técnica empleada en su estudio se relaciona, en lo esencial, con la aplicación del método científico ideado por Descartes.



Gráfica 46.
Fuente: *es.slideshare.net*

El modelo de mejoras establecido por la Organizaciòn Interacional del Trabajo (OIT) contempla ocho etapas.

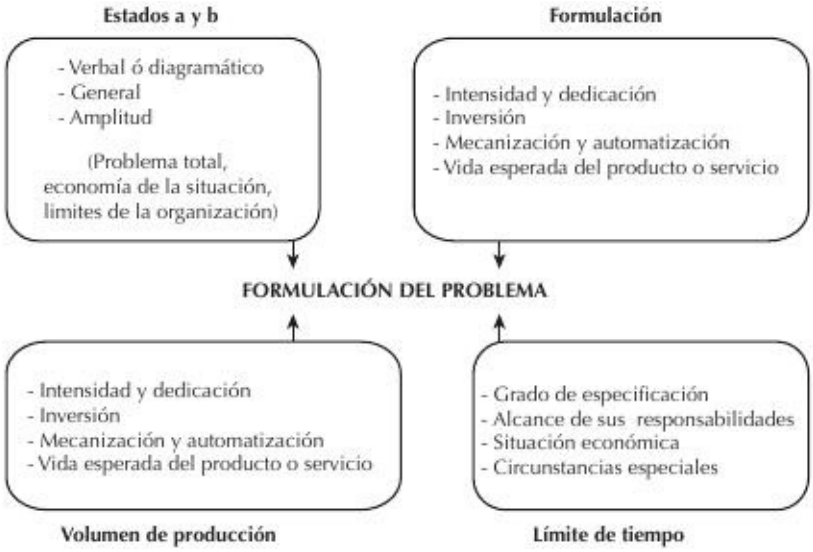


Gráfica 47. Modelo OIT
Fuente: *ingenieriaindustrialonline.com*

El procedimiento actualizado para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto o proporcionar un servicio consta de siete fases:

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Lo primero es seleccionar el proyecto, los procesos y sistemas de operación, los productos nuevos o rediseños por funcionalidad, calidad, costos o competitividad; todo conforme a los resultados de los diagramas de proceso, de Pareto y de causa-efecto. Luego de la selección se deben presentar los datos, los dibujos, el ciclo de vida, las especificaciones, los requerimientos de cantidad y entrega.

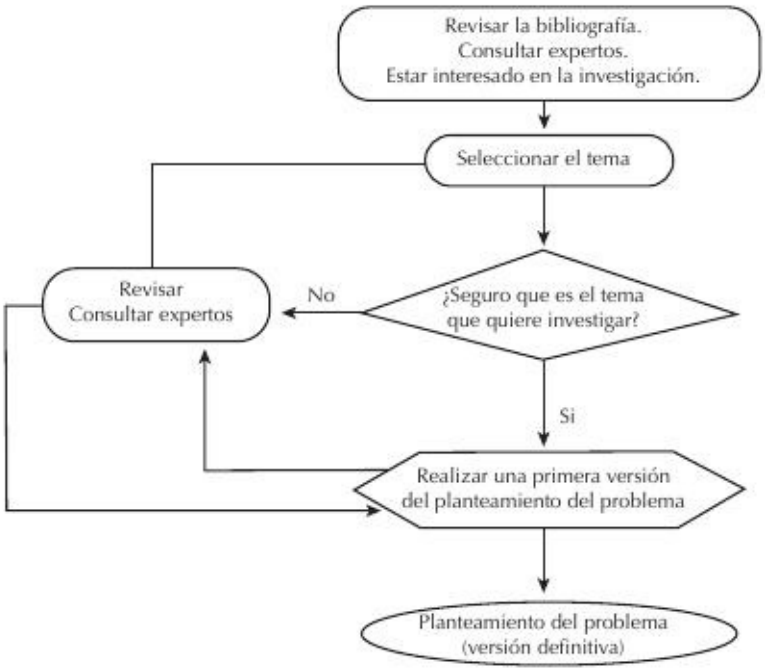


Gráfica 48. Formulación del problema
Fuente: *elaboración propia*

Posteriormente se debe examinar y analizar de manera crítica y sistemática, los diferentes elementos del proceso de fabricación, ensamble o prestación de un servicio, a fin de eliminar los elementos o actividades innecesarios y deducir la forma óptima de operar.

La descripción debe ser breve y general, verbal o diagramática de las características del problema sin detalles ni restricciones, lo menos específica para dejar libre el camino para ampliar la variedad de métodos y la amplitud total del problema. Un problema de diseño de métodos puede formularse así:

1. Encontrar el método más económico de ensamblar varias piezas, para obtener el producto diseñado.
2. Encontrar el método más económico y oportuno para prestar un servicio
3. Encontrar el método más económico para prestar un servicio o transformar la materia prima en una pieza terminada. La familiarización con los atributos generales de un problema son los fundamentos de los métodos generales de solución.



Gráfica 49. Esquema para decidir sobre el planteamiento del problema
Fuente: *scielo.org.ve*

Este diseño, en esencia, tiene como objetivo la solución de problemas con métodos que maximicen la ganancia en la inversión de tiempo, dinero y demás recursos. Una descripción breve y general de las características del problema, libre de detalles y restricciones, incluyendo cuando menos:

1. Los estados de entrada y salida:
   - Uno inicial, entrada o punto de partida, denominado "estado A". Otro final, salida, objetivo o resultado, denominado "estado B". Número de soluciones posibles conocidas. Eventos, inversión en tecnología, dinero y tiempo para lograr la transformación del estado A en estado B. Más de un método posible para lograr la transformación.
   - Volumen o repeticiones: El número de repeticiones de la transformación de los estados.
   - Límite de tiempo para encontrar la solución.
   - Ventajas de las alternativas propuestas.

2. Los criterios principales cuantitativos y cualitativos de formulación que son:
   - Ganancia máxima.
   - Inversión original requerida posible por el método.
   - Tiempo de producción requerido.
   - Costo total de operación y mano de obra requeridas durante la instalación.
   - Factor humano y clima laboral.
   - Factor técnico.
   - Herramientas y equipo necesario.
   - Pérdida durante la instalación.

- Tiempo de aprendizaje.
- Energía y servicios requeridos.



Gráfica 50. Fases para la solución de problemas
Fuente: *monografías.com*

- Mantenimiento requerido.
- Flexibilidad del método respecto a la tasa de producción, cambio en el diseño del producto y coordinación de diversos productos.
- La fatiga por el esfuerzo requerido.
- La monotonía.
- La seguridad.
- La satisfacción de los empleados.

3. El volumen de producción:
   - Intensidad y dedicación.
   - Tiempo que el diseñador debe dedicar económicamente a un problema según sea su volumen.
   - Inversión: Capital que puede invertirse justificadamente en la solución de un problema.

Cuadro 3. Proceso de solución de problemas

Fases del proceso de diseño	Forma de aplicación
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. Descripción breve y general de las características del problema, libre de detalles y restricciones; incluye: • Los estados A y B. • Los criterios principales. • Volumen. • Límite de tiempo.	Su amplitud depende de: • El alcance de las responsabilidades del diseñador. • La situación económica que aporte. • El límite de tiempo y dinero que pueden ser dedicados al problema. • Circunstancias especiales como personas involucradas. • Cuidarse de formular problemas ficticios o atacar la solución actual en vez del

	problema mismo.
2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA. Determinación detallada de las características del problema con investigación, aclaración y análisis de los hechos; lo cual comprende: • Especificación de los estados A y B. • Los criterios y su importancia relativa. • Las restricciones.	Hacer una lista detallada de las características del problema y sus restricciones reales y ficticias. Analizar cada detalle sometiéndolo a preguntas como: ¿Qué? ¿Quién? ¿Cómo? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Por qué? ¿Para qué? Para responder se usa: • La observación. • La entrevista a personal involucrado. • El video tape. Aquí se pondrá en duda la utilidad de cada actividad para eliminar, combinar, reordenar o simplificar.
3. BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS. Cubre una búsqueda parcialmente fortuita, sistemática y directa con base en las restricciones, volúmenes y criterios. La búsqueda termina cuando su costo equilibre las mejoras (factor económico), ofrezca la mayor seguridad para las personas, equipos e instalaciones (factor seguridad) y tenga la aceptación o acogida de operarios, directivos y dueños(factor psicológico)	Se trata principalmente de buscar: • Variedad de procedimientos de ensamble. • Distribución de lugares de trabajo. • Secuencia de eventos, tipo de equipos, etc., basándose en sus propias ideas y otras Fuentes de inspiración como libros, manuales, conversaciones, experiencias y soluciones similares.
4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Consiste en evaluar cualitativa y/o cualitativamente c/u de las alternativas posibles, basándose en: • Selección de criterios, beneficios, satisfacción de clientes, operarios, dueños y seguridad. • Efectividad de c/u de las alternativas. • El valor cuantitativo y/o cualitativo. • Comparación de alternativas.	Mediante fórmulas simplificadas que utilizan los costos de operación y la inversión de las alternativas; se calcula y compara: • Costo anual total. • Periodo de amortización de capital. • Interés anual obtenido en la inversión.
5. ADMINISTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN Es la descripción de las especificaciones y características de funcionamiento de la solución escogida con el propósito de facilitar su instalación y control; esto incluye: • Inversión. • Distribución de puestos de trabajo. • Procesos. • Equipos y materiales. • Comunicación a todo el personal responsable de la decisión, aplicación, administración, mantenimiento, transferencia tecnológica y resistencia al cambio.	Poner en marcha la solución propuesta significa destacar los beneficios esperados así: • Aumento de producción. • Mejora de calidad. • Reducción de costos. • Disminución de fatiga del operario. • Mayor seguridad para personas, materiales, máquinas e instalaciones.
6. ESTRATEGIA DE APLICACIÓN. Diseñar el método de aplicación de con el propósito de generar: • La menor resistencia entre el personal. • El menor traumatismo a la producción y al personal. • Los menores costos de aplicación. • La mejor imagen para la empresa.	Evaluar las consecuencias del cambio para tomar la decisión que beneficie a la mayor cantidad de personas y comunicar lo que se hará con las personas que no participan de la solución, de la siguiente forma: • Preparar al personal para su pensión o para que generen su propio empleo. • Ubicarlas en otros trabajos u otras empresas. • Indemnizarlas y despedirlas sin

	resentimientos.
7. SEGUIMIENTO. Proceso de monitorear la aplicación de la solución preferida con el fin de que se ajuste a lo previsto, planeado y esperado.	Establecer los estándares y los indicadores de gestión útiles en el control y ajuste de la aplicación.

- Situación económica que aporte.
- Circunstancias especiales, como personas involucradas.

4. Se debe cuidar el formular problemas ficticios o atacar la solución actual en vez de al problema mismo.

Algunas fricciones que se originan por la intervención de las personas en el desarrollo de sus diferentes funciones son:

- El diseñador: Se caracteriza por diseñar productos que resultan muy costosos y en ocasiones casi imposibles de fabricar y ensamblar.
- Los ingenieros de producción: protestan porque el diseñador no suele prever las complicaciones que originan sus especificaciones.
- Los financieros intervienen por la necesidad de la rotación del capital.
- Los mercadotecnistas: Intervienen por la urgencia de satisfacer rápidamente al cliente.
- Es obvia la necesidad de coordinar a los distintos especialistas con el objeto de minimizar las fricciones y dificultades.
- El uso de ayudas diagramáticas y auxiliares son útiles sólo cuando no vayan en detrimento de las habilidades del diseñador.
- Hacer películas es costoso lo cual, limita su aplicación justificada, pero hoy tenemos equipos que nos permiten tomas reales que nos proporcionan información auténtica.

FALLAS: ¿Cuál es la realidad del problema?

- La costumbre de resolver problemas de forma pura e irreal.
- Falta habilidad para identificar problemas en la vida real.
- Atacar la solución actual en lugar del problema mismo.

ACTITUD:

- Estar seguro que el problema merece su atención.
- Tener un punto de vista amplio respecto al problema.
- Evitar los detalles y las restricciones.
- Ser cauteloso con los problemas ficticios.
- Evitar dedicarse a la situación actual ó confundir el problema con la situación.

2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Se efectúa mediante objetivos, diseños, datos, dibujos, tolerancias, esquemas,

especificaciones, materiales, manejo de materiales, procesos, preparación de herramientas, requerimientos de cantidad, entregas, proyecciones del ciclo de vida, diagramas de procesos, condiciones de trabajo, distribuciòn en planta y tecnologìa.

Básicamente consiste en hacer una lista detallada de las características del proceso y sus restricciones reales y ficticias, mediante siete preguntas:

¿Qué?, ¿Quién?, ¿Cuándo?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Por qué? y ¿Para qué?

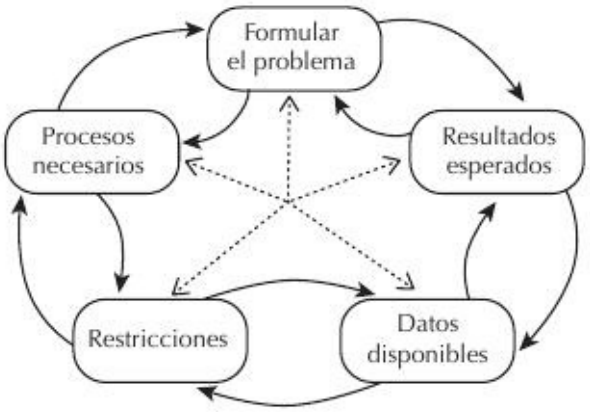


Gráfica 51. Análisis del problema
Fuente: *elaboración propia*

Para responder cada una de ellas se usa:

- La observación de fenómenos.
- El análisis de datos históricos.
- La experimentación.
- La entrevista a operarios, supervisores y jefes para saber de su opinión y reacción.
- Muestreo de opinión.
- La película o video.

Aquí se pondrá en duda la utilidad de cada actividad con el fin de: eliminar, combinar, cambiar el orden y simplificar cualquier trabajo o actividad o dejarla como está.



Gráfica 52. Análisis del problema
Fuente: *eduteka.org*

3. BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS

Se usa para desarrollar el método ideal y se tiene en cuenta el medio ambiente, la ergonomía, la aceptación del personal involucrado y la seguridad e higiene del trabajo.

Esta etapa cubre una búsqueda parcialmente fortuita, sistemática y directa, con base en las restricciones, volumen y criterios. Incluye acumulación de soluciones a partir de diversas fuentes: libros, manuales, conversaciones, experiencias, soluciones similares, conocimientos, etc.

Concentrarse en las variables de solución: considerando una variable cada vez y tratando de crear muchas posibilidades para cada una, denominadas soluciones parciales.

Concetrarse en cada criterio: primero, se minimiza el costo de construcción, luego se maximiza la confiabilidad, y así sucesivamente, todos los criterios de diseño relevantes.

Gráfica 53. Búsqueda de alternativas
Fuente: *es.slideshare.net*

Las decisiones y pasos al diseñar una instalación completa para producir un artículo o un servicio incluye:

- Decidir lo que debe hacerse para fabricar el producto o prestar el servicio.
- Buscar variedad de procedimientos de fabricación, ensamble o prestación de servicios.
- Establecer las operaciones o actividades que harán las máquinas y las personas o combinación de personas y máquinas.

- Diseñar las funciones de las personas al producir, transportar, medir, manipular, etc.
- Evaluar las competencias de las personas y la capacidad de las máquinas para hacer más eficiente el proceso total.
- Distribuir los lugares de trabajo y secuencia de eventos, basándose en sus propias ideas y otras fuentes de inspiración como libros, manuales, conversaciones, experiencias, soluciones similares, etc.



Gráfica 54. Búsqueda de alternativas
Fuente: *elaboración propia*

Las decisiones implican también la selección de las alternativas de solución que comprenden:

- Una investigación.
- Una síntesis.
- Una creatividad.

La búsqueda termina cuando su costo equilibre las mejoras (factor económico); ofrezca la mayor seguridad para las personas, los materiales y las instalaciones (factor seguridad); tenga la aceptación o acogida de operarios, directivos y dueños (factor psicológico); y su impacto en el medio ambiente no cause deterioro o inconformidad a la comunidad (factor ambiental).

En resumen, la búsqueda de alternativas comprende:

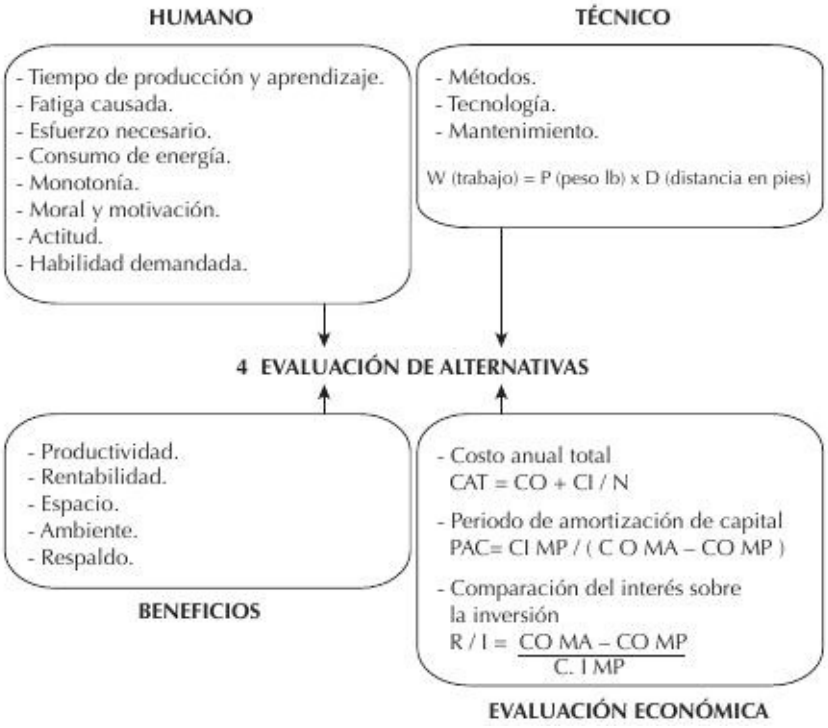
- Encontrar la variedad de procedimientos de fabricación, ensamble o prestación de servicios.

- Distribución adecuada de los lugares de trabajo.
- Secuencia de eventos basándose en ideas propias o fuentes de inspiración.
- Investigación en libros, revista, manuales, conversaciones, experiencias anteriores y soluciones similares.

4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez terminada la actividad creativa del proceso solucionador de problemas, concentraremos nuestra atención en la evaluación de alternativas que consiste en medir cuantitativamente y/o cualitativamente cada de estas, basados en:

1. Selección de criterios:
   - Beneficios.
   - Satisfacción de clientes, trabajadores, dueños y comunidad.
   - Seguridad de personas, materiales, máquinas e instalaciones.
   - Tiempo de producción y aprendizaje.
   - Mantenimiento del sistema.
   - Esfuerzos necesarios, fatiga y monotonía.
   - Actitud, moral y motivación.



Gráfica 55. Evaluación de alternativas
Fuente: *elaboración propia*

2. Predecir el comportamiento de cada alternativa con respecto a los criterios.
3. Convertir las estimaciones hechas respecto al comportamiento en términos monetarios.

4. Comparar las alternativas al tomar como base criterios cuantificables e intangibles.
5. Seleccionar la mejor alternativa, para lo cual se halla su valor cuantitativo y/o cualitativo teniendo en cuenta los costos de la inversión (instalación, capital, entrenamiento, etc.); y los costos de operación (costos del equipo, la operación, mano de obra, etc.).
6. Para facilitar una decisión deben presentarse el costo y los criterios intangibles, seleccionando alguno de los métodos existentes cuyas versiones simplificadas se presentan a continuación:

1. COMPARACIÓN DEL COSTO ANUAL TOTAL

Consiste en convertir la inversión inicial a una base anual total.

Sea: CAT = Costo anual total
CO = Costo de operación
CI = Costo de la inversión inicial
N = Vida útil esperada

$$CAT = CO + CI/ N$$

La selección de alternativas de inversión depende de varias consideraciones como: los costos totales (costos de inversión y costos de operación), vida útil del activo, tasa de descuento. La evaluación puede realizarse por los siguientes métodos:

- Valor actual de costos (VAC)
- Costo anual equivalente (CAE)
- índice costo eficiencia (ICE)

El ICE tiene la ventaja respecto a los otros indicadores, que compara alternativas de inversión de vida útil diferente.

Gráfica 56. Métodos de evaluación basados en costos
Fuente: *es.slideshare.net*

Se calcula para cada alternativa y se selecciona la que ofrezca el menor CAT.

Ejemplo: Supongamos que los datos de las diferentes alternativas sean los siguientes:

Cuadro 4. Datos para evaluación de alternativas

Alternativas	Costo inversión Inicial CI	Costo de Operación (Anual) CO	Vida útil N	Costo Anual Total CAT
A (Actual)	$ 0	$ 38.000.oo	5 años	$ 38.000.oo
B (selección)	$ 16.000.oo	$ 31.000.oo	7 años	$ 33.286.oo
C	$ 11.000.oo	$ 34.000.oo	6 años	$ 35.833.oo

2. COMPARACIÓN DEL PERIODO DE AMORTIZACIÓN DEL CAPITAL

Consiste en calcular el periodo necesario para que los ahorros acumulados en costos de

operación, sean iguales al costo inicial de operación. En otras palabras, el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.

Los ahorros son la diferencia entre los costos de operación de los métodos propuestos y el método actual.

Sea: PAC = Periodo de Amortización de Capital

$$PAC = \frac{CI \text{ (método propuesto)}}{CO \text{ (método actual)} - CO \text{ (método propuesto)}}$$

Se selecciona la alternativa que tenga el periodo de amortización más corto.

Con los datos del ejemplo anterior y al aplicar la fórmula tenemos:

Cuadro 5. Resultados comparación del periodo de armotización del capital

Alternativas	CI	CO	PAC
A	$ 0	$ 38.000.oo	$ 0
B (selección)	$ 16.000.oo	$ 38.000.oo	2.3 años
C	$ 11.000.oo	$ 34.000.oo	2.8 años

Alternativas	CI	CO	PAC
A	$ 0	$ 38.000.oo	$ 0
B (selección)	$ 16.000.oo	$ 38.000.oo	2.3 años
C	$ 11.000.oo	$ 34.000.oo	2.8 años

3. COMPARACIÓN DEL INTERÉS ANUAL OBTENIDO EN LA INVERSIÓN

Consiste en estimar el porcentaje de la inversión inicial que se recuperará anualmente a través de los ahorros en los costos de operación.

Sea: R/I = Interés Anual de la Inversión

$$R/I = \frac{CO. \text{ (método actual)} - CO.\text{(método propuesto)}}{C.I. \text{ (método propuesto)}}$$

Se selecciona la alternativa que resulte con interés mayor en la inversión.

Cuadro 6. Resultados comparación del interés obtenido en la inversión

Alternativas	CI	CO	R/I
A	$ 0	$ 38.000.oo	
B (selección)	$ 16.000.oo	$ 31.000.oo	45% año
C	$ 11.000.oo	$ 34.000.oo	36% año

Debe anotarse que estas son versiones muy simplificadas de los procedimientos mencionados. Para cálculos más precisos debe consultarse textos sobre economía de la ingeniería.

El proceso de evaluación de alternativas es difícil e impreciso por la dificultad de predecir el comportamiento humano, por el número tan grande de criterios que entran en juego y por la necesidad de hacer estimaciones mientras el método se encuentra aún en una fase conceptual.

Se debe seleccionar la solución que ofrezca los mayores beneficios, eficiencia, eficacia y productividad.

5. ESPECIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PREFERIDA

La fase de especificación implica el delineamiento de los atributos y características de funcionamiento y comportamiento del diseño seleccionado, con el propósito de comunicarlo en forma precisa y correcta, y así facilitar su instalación y control.

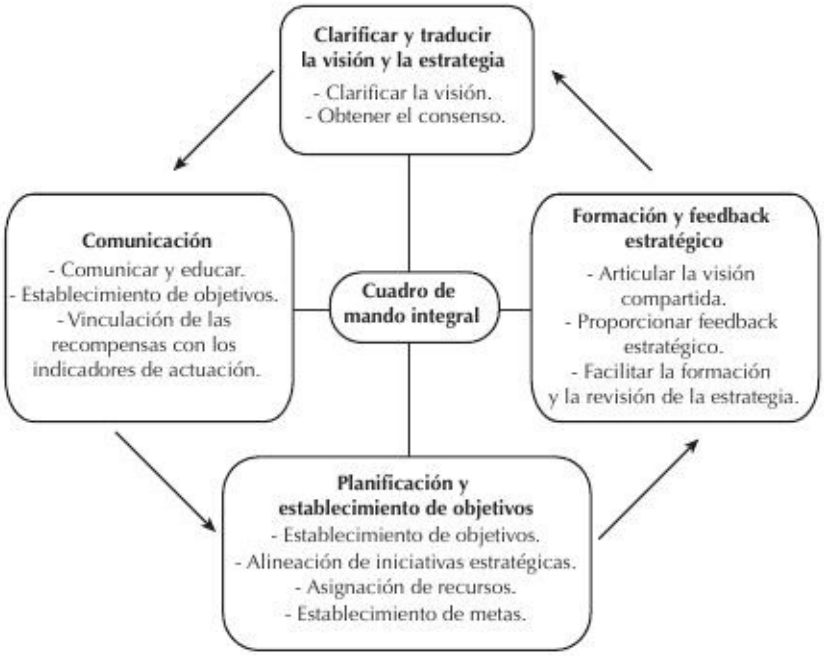
Incluye:

1. La especificación de:
   - Inversión.
   - Distribución.
   - Procedimientos.
   - Equipos.
   - Materiales.

2. Comunicación a todos los responsables de la decisión, la creación, la administración, el mantenimiento, la transferencia tecnológica y la resistencia al cambio producto de la solución escogida.
3. Poner en marcha la solución propuesta significa, realmente, lograr los beneficios esperados en:
   - Aumento de producción.
   - Mejora de calidad.
   - Reducción de costos.
   - Disminución de fatiga del operario.
   - Mayor seguridad para personas materiales, máquinas e instalaciones.



Gráfica 57. Especificación de la solución preferida
Fuente: *elaboración propia*



Gráfica 58. Planeación prospectiva
Fuente: *prospectivamarketing.blogspot.com*

No es común que la tarea del diseñador de métodos termine con las especificaciones de la solución, ya que su responsabilidad incluye:

- Lograr la aceptación del diseño entre el personal directivo, ejecutivo y de operación, lo cual requiere que el diseño sea algo más que técnica y que sea económicamente aceptable y que no comprometa los intereses de quienes tienen poder de veto.
- Vigilar la instalación y uso conforme a las especificaciones.
- Observar y evaluar el diseño una vez en uso.

- Decidir o contribuir cuando sea aconsejable rediseñar.

Casi sin excepción el ingeniero de métodos tiene una función de consejero o consultor del resto del personal.

6. ESTRATEGIA DE APLICACIÓN

En esta etapa se requiere el diseño de una estrategia de aplicación, de tal manera que la puesta en marcha de la solución genere:

- La menor resistencia entre el personal.
- El menor traumatismo a la producción y al personal.
- Los menores costos de aplicación.

Para lograr estos puntos se debe:

- Informar a los interesados.
- Seleccionar, formar, capacitar y remunerar a los operarios.
- Motivar e incentivar.

La estrategia consiste en evaluar las consecuencias del cambio, con el fin de tomar la decisión que beneficie a la mayor cantidad de personas y resolver lo que se hará con aquellas que no se involucren en el correspondiente cambio. Es preciso prepararlas para pensionarlas o para que generen su propio empleo, ubicarlas en otras posiciones u otras empresas, indemnizarlas y despedirlas sin afectar su afiliación al patrono, etc.

Para la especificación del método se recomienda usar un documento como el del cuadro 7

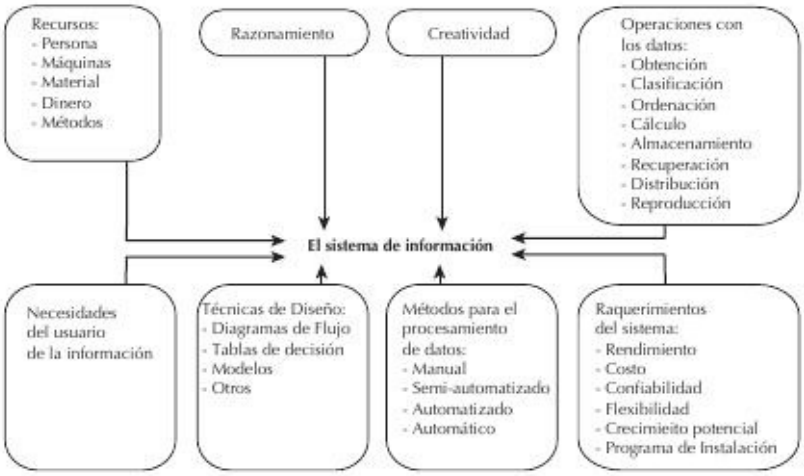
Cuadro 7. Descripción estándar del método

identificación del diseño:	
fecha del diseño original **fecha última verificación**	**aprobación**
distribución	
equipo	
procedimiento	

Con esta forma se logra:

- Indicar las características de ejecución que sean de importancia para mejorar el método que se especifica y para la programación y control de la producción.
- Comunicar en forma clara el diseño, procedimiento, distribución, equipo y herramientas que se usarán.
- Facilitar con la ayuda de un diagrama mano derecha - mano izquierda la comprensión y ejecución de la operación.
- Conviene utilizar auxiliares como fotografías, videos, gráficos y bosquejos que

contribuyan a una completa información.



Gráfica 59. Sistema de información
Fuente: *monografías.com*

7. SEGUIMIENTO

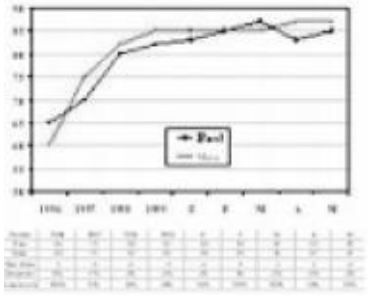
Es el proceso de monitorear la aplicación de la solución preferida y así se ajuste a lo previsto, planeado y esperado; lo cual comprende:

- Control de la calidad de la aplicación.
- Control de los costos presupuestados en la aplicación.
- Previsión en la seguridad de las personas, los equipos y las instalaciones.
- Cuidar el ambiente holístico entre el personal de la organización, con el fin de ganar la aceptación del cambio y disminuir la resistencia.
- Cuidar el no hacer daño al medio ambiente general.
- Controlar y disminuir los desperdicios de todos los factores utilizados en la aplicación de la solución.
- Otras fases de las actividades.
- Tiempo de producción y aprendizaje.
- Mantenimiento del sistema.
- Esfuerzos necesarios, fatiga y monotonía.
- Actitud, moral y motivación.

Cuadro 8. Ejemplos de procesos de solución de problemas

general motor	**general eletric corporation**
1. Determinar la naturaleza del problema por resolver o el objetivo a lograr.	1. Identificar los problemas.
2. Estudiar las condiciones, causas y efectos relacionados.	2. Definir el problema.
3. Planear todas las soluciones posibles.	3. Buscar los métodos de solución.

4. Evaluar las soluciones posibles.	4. Evaluar los métodos por medio del Análisis, experimentación o prueba.
5. Recomendar la acción que debe tomarse.	5. Seleccionar los métodos apropiados.
6. Vigilar para asegurarse que la acción ha sido tomada.	6. Realizar el diseño preliminar.
7. Comprobar los resultados para asegurarse que el problema ha sido eliminado.	7. Interpretar los resultados preliminares.
	8. Realizar el diseño final
Este método asegura mejores resultados porque: • Pone énfasis en el análisis de problemas • Estimula la búsqueda de soluciones posibles • Asegura la evaluación de cada solución • Comprueba los resultados	Aseguran que es importante disponer de un método correcto para la solución de problemas de ingeniería.

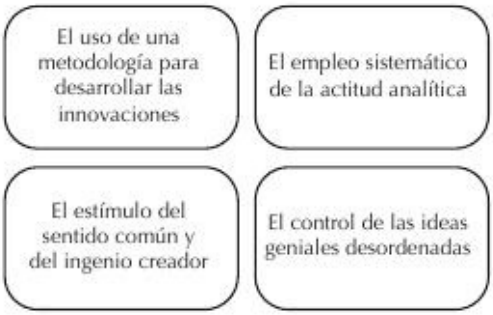
Analisis de Gestión, C.A.	**Cuadro de control**	
	Unidad de negocios:	Unidad funcional:
	Indicadores/Variables	Periodo de control:
Síntomas	Causas de las desviaciones	Correctivos viables
Gráfico de control 		
Preparado por: Fecha:	Revisado por: Fecha:	Aprobado por: Fecha:

Fuente: *monografías.com*

SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO

1. MEJORAR EL MÉTODO DE TRABAJO

El desafío consiste en hacer aquellos cambios que nos permitan un método mejor, más fácil y más seguro para realizar el trabajo.



Gráfica 60. Características de la simplificación de trabajo
Fuente: *es.slideshare.net*

Existen varios caminos para abordar el problema del análisis de operaciones y su simplificación, como los que se exponen a continuación:

- Dibujar esquemáticamente el lugar de trabajo y hacer una relación de los detalles correspondientes a las distintas operaciones tal y como vienen realizándose actualmente.
- Relacionar detalladamente todas las partes o elementos que componen el método, como visión de conjunto.
- Registrar todos los materiales para estudiar la posibilidad de:
  - Sustituir.
  - Normalizar.
  - Especificar.
  - Utilizar (uso de residuos o desperdicios).
  - Reducir inventarios.

- Estudiar las manipulaciones de materiales para: reducir manipulación, acortar distancias. Y lograr el recibo, almacenamiento y transporte adecuados.
- Controlar retrasos en entregas.
- Usar equipos de manejo de materiales.
- Flujo sin retrocesos.
- Distribuir adecuadamente la planta.

Tener una mente abierta. Mantener una actitud interrogativa. Trabajar sobre las causas y no sobre los efectos. Trabajar sobre los hechos, no sobre las opiniones. Aceptar las razones, no las excusas. Eliminar el miedo a la crítica. Lograr vencer la resistencia al cambio.

Gráfica 61. Requisistos para simplificar el trabajo
Fuente: *es.slidershare.net*

2. ESCOGER EL TRABAJO PARA MEJORAR

Consiste en hacer un estudio sistemático para determinar el método de mayor economía para cada operación o tarea, considerando todos los factores que lo pueden afectar en métodos, materiales, herramientas, equipos, instalaciones y ← 81 | 82 →movimientos. Para llevarlo a cabo se debe tener un cuadro o gráfico del trabajo, el cual debe comprender:

- Relación detallada de todas las partes o elementos del proceso en estudio, hasta tener una visión de conjunto.
- Registrar y estudiar cada operación del proceso, según criterios de selección escogidos.
- Preferir la operación con mayor efecto de mejoramiento:
  - Cuellos de botella.
  - Manipulación.
  - Desperdicios.
  - Diferencias en cargas de trabajo.
  - Hacer aquello que agregue valor.
  - Simplificar diseño.
  - Orden y aseo.
  - Disminuir fatiga.

- Estudiar cada detalle de las máquinas utilizadas:
  - Preparación.
  - Mantener las máquinas en buenas condiciones.
  - Herramientas, plantillas y dispositivos de fijación.
  - Herramientas adecuadas, buen uso y corte.
  - Cambio de herramientas y plantillas simples.
  - Reducir tiempos perdidos.
  - Mejorar preparación y sujeción de piezas.
  - Usar deslizaderos, eyectores y dispositivos de sujeción.
  - Planos herramientas y calibres.
  - Inspección.
  - Aumentar velocidad.
  - Avance automático.

- Revisar cada operación con el fin de:
  - Eliminar las operaciones que no agreguen valor.
  - Simplificar y normalizar las múltiples piezas.

ESCOGER EL TRABAJO A MEJORAR
Selección a través del análisis de pareto
Detectar procesos de poca importancia económica
pero que constituyan cuellos de botella
ANALIZAR EL TRABAJO EN TODOS SUS DETALLES
Hojas de descripción, diagramas de flujo
y diagramas de proceso
CRÍTICA DE SUS ELEMENTOS
Listas de verificación
ESTUDIO DE NUEVOS MÉTODOS

Uso del diagrama de avance
APLICACIÓN DEL NUEVO MÉTODO
Uso del balance de propuesta

Gráfica 62. Procedimientos para el estudio del trabajo
Fuente: *slideplayer.es*

Modalidad de automatización flexible más utilizada
Aplicación: Programados
para fabricar lotes
pequeños de piezas de
formas complicadas.
Control: programación
basada en lista de
instrucciones con tareas /
velocidad que cambian
según la información
alfanumérica introducida
por el operador
Software parametrizado
por variables de control
adaptativo para comprobar
y reajustar si necesario:
- temperatura
- desgaste herramientas
- condiciones materiales
Dotadas con: - cartucheras giratorias
- carrusel de herramientas.

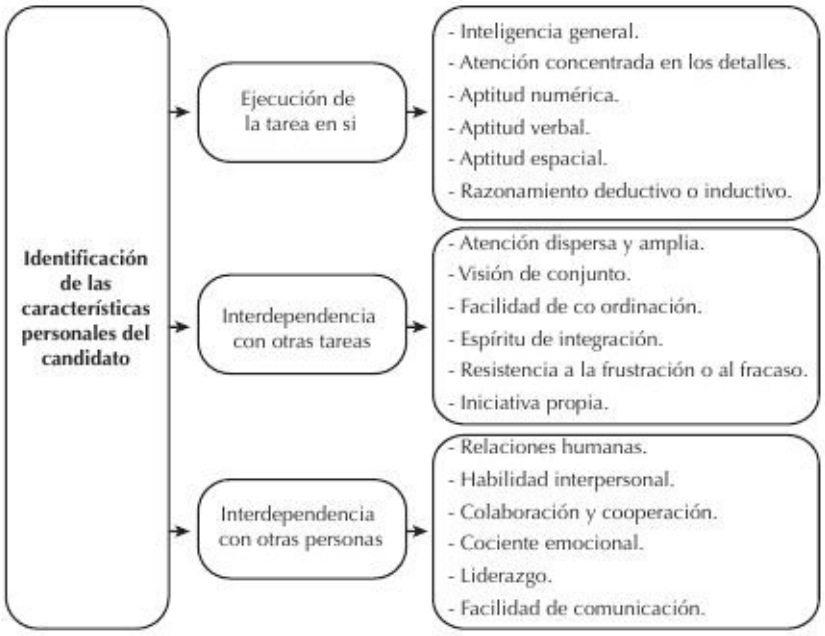
Gráfica 63. Automatización
Fuente: *slideplayer.es*

- Dividir operación en elementos menores.
- Combinar dos o más operaciones.
- Cambiar orden de operaciones.
- Previa posición de piezas y herramientas.
- Reducir o eliminar interrupciones.
- Combinar operación e inspección.

- Seleccionar el operario:
  - Calificarlo mental y físicamente.
  - Eliminar fatiga cambiando ambiente, herramientas, plantillas y puestos de trabajo.
  - Diferencias en cargas de trabajo.
  - Utilizar ambas manos.
  - Alistar el trabajo, lugar de herramientas, materiales y partes.
  - Salarios e incentivos estimulantes.
  - Capacitación.

- Observar las condiciones de trabajo:
  - Iluminación, calefacción, ventilación y ruido.

- Adecuados baños, zonas de descanso, de recreación y vestuario.
- Seguridad industrial.
- Trabajo de pie o sentado.
- Jornadas y periodos de descanso adecuados.
- Orden y limpieza.



Gráfica 64. Características personales del candidato
Fuente: *slideplayer.es*

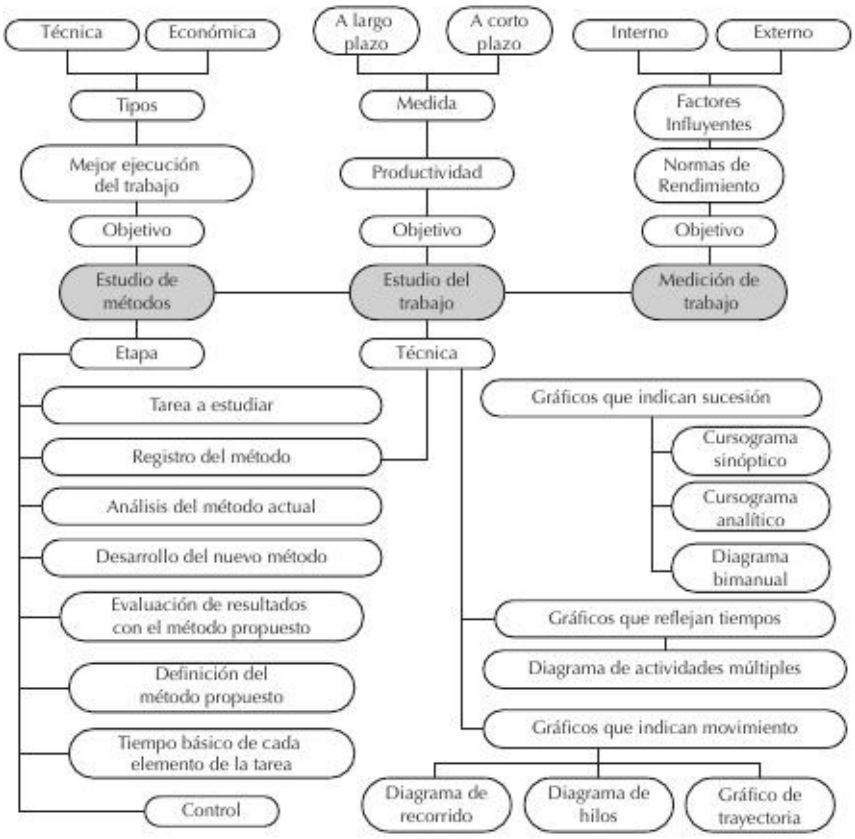
3. DESCOMPONER EL TRABAJO AL ELIMINAR DESPERDICIOS Y MEJORAR LOS MÉTODOS

Seleccionar la operación especificando los movimientos; el tamaño, calibres, dimensiones; forma y calidad de los materiales; los equipos; herramientas; plantillas y dispositivos de fijación; distribución adecuada de las áreas de trabajo y diseño de los puestos de trabajo. Específicamente conviene estudiar:

- Movimientos.
- Transportes.
- Esperas.
- Inspecciones.
- Distribución y localización de equipos, máquinas, herramientas y materiales.
- Condiciones ambientales como iluminación, temperatura y espacio.
- Diagramas para material o para operario, actual y propuesto:
  - Descripción telegráfica de cada paso de la operación
  - Medir la distancia recorrida y el tiempo empleado
  - Seleccionar el diagrama y los símbolos apropiados.

4. PREGUNTAR EN CADA DETALLE:

- ¿Por qué se está haciendo el trabajo?
- ¿Por qué es necesario?
- ¿Qué sucede si no se hace?
- ¿Qué fin persigue?
- ¿Qué agrega al producto?
- ¿Dónde se está haciendo?
- ¿Dónde más podría hacerse?
- ¿Cuándo se hace?
- ¿Quién lo hace?
- ¿Quién más podría hacerlo?
- ¿Se requiere entrenamiento o habilidad?
- ¿Cómo se hace? ¿Hay otro método?



Gráfica 66.
Fuente: *es.slideshare.net*

5. COMPONENTES DE LA OPERACIÓN:

- ¿Los materiales se pueden sustituir o disminuir?
- ¿Los transportes y manipulaciones se pueden disminuir o eliminar?
- ¿En las máquinas se puede aumentar la velocidad y mejorar los sistemas de carga y

descarga?

- ¿Las operaciones se pueden hacer de otra manera, cambiar o eliminar?
- ¿El puesto de trabajo se debe adaptar ergonómicamente?
- ¿Las herramientas son adecuadas, se pueden cambiar o mejorar?
- ¿El operario se debe capacitar?

6. DESARROLLO DEL MÉTODO MEJORADO

Describir las características o especificaciones con el propósito de eliminar todo trabajo innecesario, cambiar las operaciones o sus elementos, cambiar el orden de las operaciones, simplificar las operaciones necesarias, en cada uno de los siguientes factores:

1. Mano de obra.
2. Materiales.
3. Métodos.
4. Máquinas.
5. Medio ambiente.
6. Mantenimiento del sistema.
   - Diseñar las funciones de las personas al transportar, medir, manipular, etc.
   - Evaluar la competencia de la persona y la máquina, para hacer más eficiente el proceso total de manufactura. Para un auxiliar en esta evaluación se usaría el cuadro comparativo de competencias.
7. Manufactura.



Gráfica 67. Análisis de un sistema de operación

Fuente: *maria-diaz-medina.blogspot.com*

8. Medios económicos.
9. Mercados.
10. Gráficos utilizados.
11. Tablas.
12. Análisis de movimientos .
13. Ahorros por mano de obra, materiales, máquinas y espacio.

7. DISEÑO DE MÉTODOS DE TRABAJO

Se basa en factores anatómicos, biomecánicas y fisiológicos que constituyen la base científica de la ergonomía, el diseño del trabajo, el uso de los principios de economía de movimientos y la información recolectada en:

Tablas y gráficas para análisis del proceso.

- Diagrama del proceso de ensamble.
- Diagrama de flujo o recorrido.
- Diagrama del proceso del grupo.
- Utilización y aprovechamiento del equipo:
  - Gráficas de actividad múltiple.
  - Diagrama hombre-máquina.

- Análisis de la operación:
  - Diagrama de la operación.
  - Diagrama mano izquierda mano derecha.

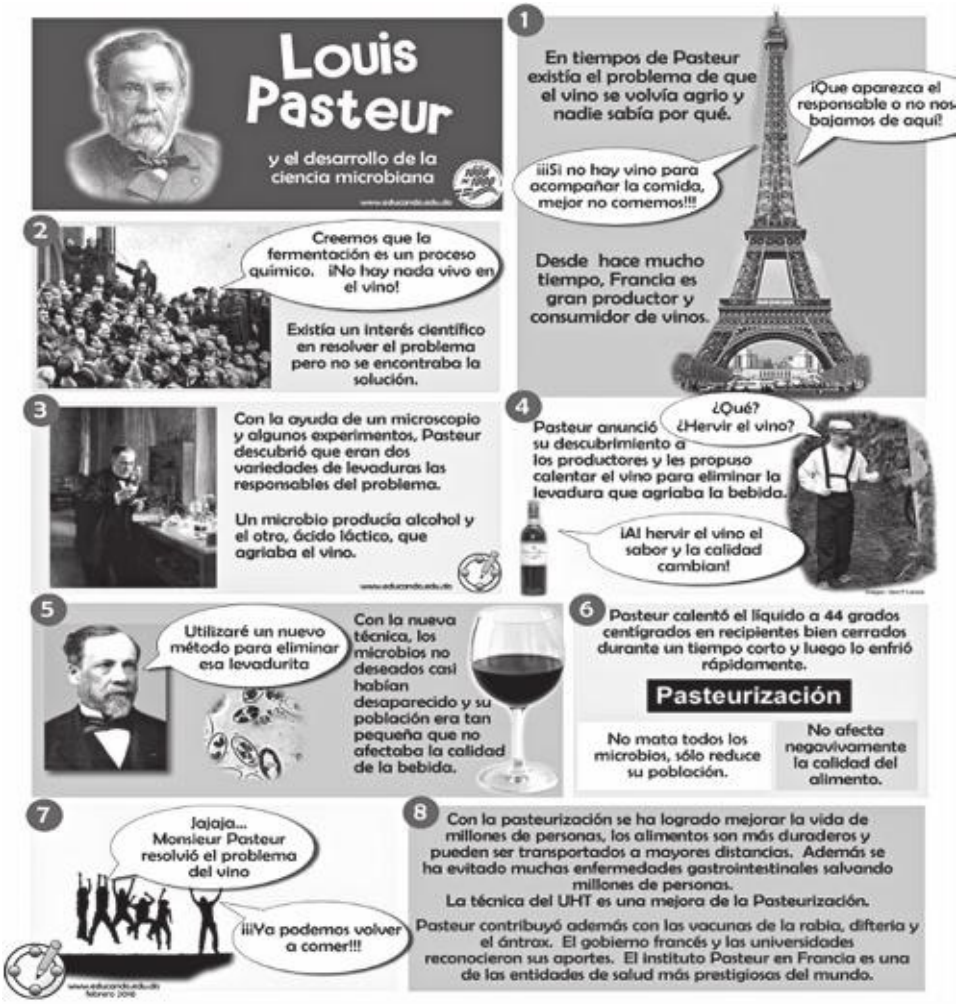
- Diagrama de precedencia.

Es necesario entonces, realizar la normalización de la operación, que consiste en hacer una anotación como registro permanente de la operación para vigilarla y mantenerla conforme a las especificaciones normalizadas y así pueda servir como base para los planes de incentivos salariales. Se debe describir los elementos de la operación, plano del producto, esquema del sitio de trabajo, la descripción de los materiales, máquinas, herramientas, depósitos, plantillas, recipientes y equipos de manejo de materiales, empaques y embalajes utilizados, así como los tiempos estándar de la operación y demás elementos auxiliares necesarios para realizar el trabajo.

Esta información, además de servir como registro permanente de la operación, se utiliza también como una hoja de instrucción para el entrenamiento y capacitación del operario. Se requiere una vigilancia estrecha y constante para mantener la norma y asegurar la producción y la calidad.

Las decisiones y pasos al diseñar una instalación completa para producir incluye:

- Decidir lo que debe hacerse para fabricar el producto.
- Establecer qué operaciones deben efectuarse con máquinas, con personas, o con una combinación de personas y máquinas.



Gráfica 68. Mejora de métodos
Fuente: *educando.edu.do*

- Diseñar las funciones de las personas al transportar, medir, manipular, etc.
- Evaluar la competencia de la persona y la máquina, para hacer más eficiente el proceso total de manufactura. Un auxiliar en esta evaluación es el cuadro comparativo de competencias.

Cuadro 10. Formato para mejora de métodos

IDENTIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN:	FECHA: NO DE OPERACIÓN: NO DEL OBJETO: OBSERVADO POR:
NOMBRE DEL OBJETO: NOMBRE DEL OPERARIO:	
	A: ¿SE PUEDE ELIMINAR? B: ¿SE PUEDE CAMBIAR?

	C: ¿SE PUEDE CAMBIAR EL ORDEN DE EJECUCIÓN? D: ¿SE PUEDE SIMPLIFICAR?
ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN	SUGERENCIAS DE MEJORA
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	

¿Por qué no se utilizan en los negocios, la industria y el estado, a las personas y a las máquinas de acuerdo con sus capacidades?

La respuesta está en un balance de costos para una situación dada.

Encontrar la forma más económica de realizar la operación es analizar el proceso a través de:

1. Análisis mediante:
   - Diagrama del proceso de ensamble.
   - Diagrama del recorrido o flujo.
   - Diagrama del proceso del grupo.

2. Utilización del equipo mediante:
   - Diagrama de actividad.
   - Diagrama hombre-máquina.

3. Análisis de la operación mediante:
   - Diagrama de la operación.
   - Diagrama mano izquierda mano derecha.
   - Estudio de micro movimientos.

Cuadro 11. Hoja de normalización

OPERACIÓN:_____ DEPARTAMENTO:_____ OPERARIO: _____ SUPERVISOR:_____	FECHA:_____ MINUTOS/ PIEZA:_____ TIEMPO ESTÁNDAR:_____
	ZONA DE APLICACIÓN:_____
	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO NORMALIZADO: _____
ESQUEMA DEL SITIO DE TRABAJO:	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO: _____
	RECORRIDO DEL MATERIAL O SUMINISTRO:

	_____
HERRAMIENTAS Y PLANTILLAS DISPONIBLES: _____ _____	MÁQUINA: VELOCIDAD_____AVANCE_____ HERRAMIENTA_____ REFRIGERANTE_____ FIJACIÓN _____
ELEMENTOS DE LA TAREA 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____ 9. _____ 10. _____ 11. _____ 12. _____ 13. _____ 14. _____ 15._____ 16. _____	ESQUEMA DEL PRODUCTO AUXILIARES: _____

8. DETERMINAR EL TIEMPO ESTÁNDAR

Se determina mediante el estudio de tiempos por los métodos existentes, las consideraciones del ambiente de trabajo y las causas de retrasos y fatiga de los operarios.

Para determinar con mayor exactitud posible el tiempo estándar del proceso u operación las técnicas mas habituales son:
- Estudio de tiempos con cronómetro.
- Método de observaciones instantáneas.
- Datos estandar.

Seleccionar → El trabajo que va a ser objeto de estudio.

Registrar → Todos los datos relativos a las circunstancias en que se realiza el trabajo, a los métodos y a los elementos de actividad que suponen.

Examinar → Los datos registrados y el detalle de los elementos con sentido crítico para verificar si se utilizan los métodos y movimientos más eficaces, y separar los elementos improductivos o extraños de los productivos.

Medir → La cantidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo, mediante la técnica más apropiada de medición del trabajo.

El tiempo estándar de la operación previendo, en caso de estudio de tiempos con cronómetro, suplementos para



breves descansos, necesidades personales, etc.



Con precisión la serie de actividades y el método de operación a los que corresponde el tiempo computado y notificar que ese será el tiempo estándar para las actividades y métodos especificados.

Gráfica 69. Técnicas para medición de tiempos
Fuente: *slideplayer.es*

9. INSTRUCCIÓN Y CAPACITACIÓN AL OPERARIO

Para lograr esta tarea se deben conocer los propósitos y objetivos del programa, así como los principios utilizados en los métodos de trabajo los cuales deben ser previamente comunicados a la dirección de la empresa para su aprobación.

Los operarios deben capacitarse para seguir el método prescrito y alcanzar el estándar fijado, con la calidad deseada. Asimismo, se deben utilizar instrucciones escritas, gráficos, fotografías, videocintas, simulaciones para ejercitarse y lograr la coordinación física y mental.

En plantas sindicalizadas es muy importante que los representantes entiendan la necesidad e importancia del estudio de métodos de trabajo, establecimiento de estándares de desempeño, aplicación de suplementos, evaluación del trabajo y pago de salarios e incentivos.



Se desarrollara en el propio puesto de trabajo y mientras el interesado ejecuta sus tareas. La ejecutara el Jefe Inmediato, la instrucción se hará individual o en grupos.



Consistirían en eventos de capacitación sobre técnicas o temas académicos, científicos, tecnología, u otro tema de interés empresarial, se organizarán en la Sede Central de la empresa, debe tener como mínimo 40 horas de duración.



Son eventos de corta duración, 14 horas en tres fechas y sobre temas puntuales que sirvan para reforzar o difundir aspectos técnicos o administrativos.



Se realizan en universidades, escuelas especializadas, institutos y otras instituciones, estos eventos más recomendados son los seminarios y talleres en los que se dictan técnicas nuevas para

personal de nivel jerárquico de la empresa.

Gráfica 70. Finalidad de la capacitación
Fuente: *es.slideshare.net*

La administración debe proporcionar la capacitación para familiarizar a los diferentes miembros de la operación y supervisión con la filosofía y técnicas del estudio de métodos, movimientos y tiempos.

Cualquier compañía que planee un programa de simplificación del trabajo o del análisis de métodos, estudio de tiempos, medición del trabajo y pago de incentivos debe incluir un programa de capacitación continuo.

IMPORTANCIA DE LA PRODUCTIVIDAD

Los cambios continuos deben estudiarse económica y prácticamente, los cuales son provocados por:

- Globalización del mercado y la manufactura.
- Esfuerzo de las organizaciones por ser más competitivas.
- Incremento en el uso de las computadoras.
- Expansión de las aplicaciones informáticas.
- Técnicas de información y comunicaciones (TIC).

La única posibilidad para que una empresa o negocio crezca y aumente su rentabilidad es aumentar la productividad y ésta se refiere a:

- Aumento de la producción por hora-hombre y hora-máquina.
- Disminución del tiempo por unidad producida.
- Economía del material consumido.

Las técnicas usadas para incrementar la productividad son:

- Métodos y diseño del trabajo.
- Economía de movimientos.
- Medida del trabajo.
- Capacitación del recurso humano.
- Pago de salarios e incentivos.

La distribución de los costos en la mayoría de las empresas oscila alrededor de los siguientes porcentajes:

- 20% como costo de mano de obra directa.
- 45% como costo de materiales.
- 35% como costos generales y administración.

Una comparación de ésta distribución de costos con los de una organización nos indicará las medidas a tomar para ajustarnos a tales indicadores. Las áreas de oportunidad en producción son:

- Métodos y diseño del trabajo.
- Medida del trabajo.
- Ergonomía y seguridad.
- Distribución en planta.
- Programación y control de la producción.
- Administración de salarios.
- Control de calidad, inventarios y desperdicios.
- Costos y presupuestos.



Gráfica 71. La cooperación
Fuente: *ilo.org*

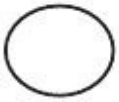
En general, en producción se ordena y controla el material para producir, se determina la secuencia de las actividades, se investigan las herramientas y equipos adecuados para producir, se programa despacha y da seguimiento al trabajo, se asignan estándares de tiempo y pagos e incentivos, y se satisface a los clientes con entregas oportunas y productos de calidad a costos justos.

EL LENGUAJE Y LOS SÍMBOLOS EN INGENIERÍA DE

MÉTODOS

Para facilitar el estudio del proceso de fabricación se usan diagramas simplificados que utilizan un lenguaje y unos símbolos que incluyen varios conjuntos y estándares de elementos, a partir de los cuales es posible describir más rápida y efectivamente la secuencia de una actividad productiva. Dichos lenguaje y símbo ← 95 | 96 → los fueron propuestos y publicados por ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), el 21 de mayo de 1.947 y son hoy ampliamente utilizados por su facilidad de comprensión.

Para entender y lograr un adecuado uso de estos símbolos, vamos a definir claramente cada uno de ellos:



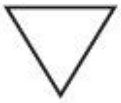
Operación: El símbolo utilizado para la operación es un círculo. Ocurre cuando se cambian intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto; cuando dicho objeto es montado junto con otro, o desmontado de otro objeto y cuando se arregla o prepara para realizar otra actividad.



Inspección: El símbolo de la inspección es un cuadrado. Tiene lugar cuando un objeto es examinado para ser identificado o para verificar su conformidad de acuerdo a estándares establecidos de calidad o cantidad.



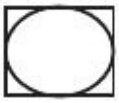
Transporte: El símbolo del transporte es una flecha cuya orientación se usa algunas veces para indicar el sentido del movimiento. Sucede cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, excepto cuando dicho traslado forma parte de una operación o es realizado por el operario en su sitio de trabajo durante una operación o una inspección



Almacenaje: El símbolo de almacenaje es un triángulo equilátero con uno de sus vértices hacia abajo. Ocurre cuando un objeto se resguarda y protege contra un traslado no autorizado. Para que el objeto pueda ser sacado de este almacenaje, es necesaria una orden.



Demora: El símbolo de una demora es una letra D mayúscula Se origina cuando las condiciones, excepto aquellas que cambian intencionalmente las características físicas o químicas del material, no permiten la inmediata realización de la siguiente acción planificada.



Actividad combinada: Para indicar actividades realizadas conjuntamente se combinan sus símbolos.

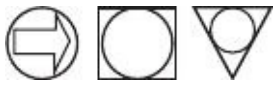
Gráfica 72. Símbolos usados en ingeniería de métodos
Fuente: *monografías.com*

Cuadro 13. Resumen de símbolos para representar un trabajo

Clasificación	Resultado predominante
Operación	Produce o realiza
Transporte	Mueve
Inspección	Verifica
Demora	Retraso
Almacenamiento	Guarda

Pueden combinarse dos símbolos cuando, se ejecutan actividades en el mismo lugar de trabajo o cuando se realizan a la vez formando parte de una sola actividad.

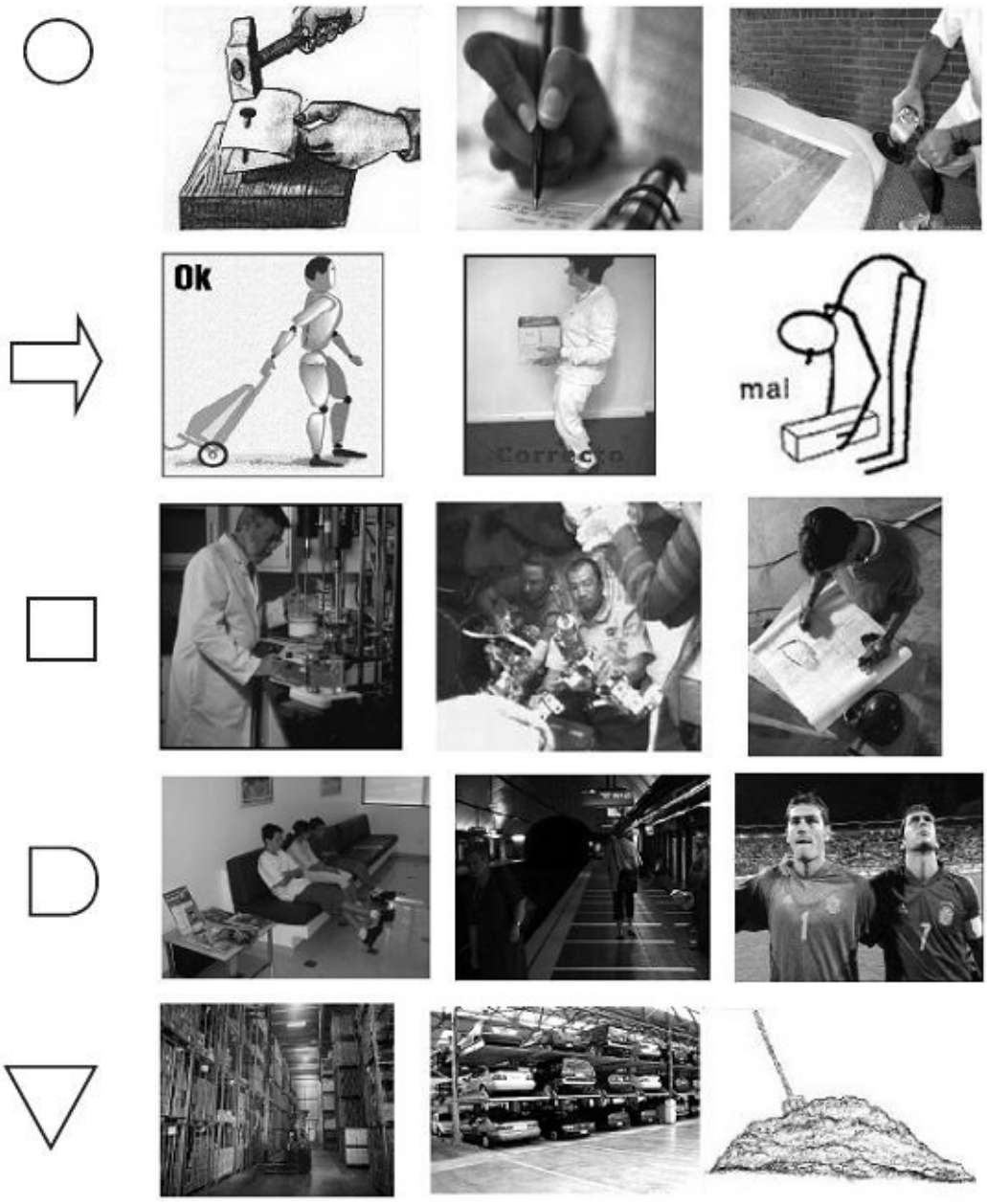
Actividad combinada



Cuadro 12. Lenguaje y símbolos de ingeniería de métodos

EL MÁS LARGO	LONGITUD RELATIVA	ELEMENTOS	SÍMBOLOS	USOS
	A. ELEMENTOS DE UN PROCESO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN DEMORA ALMACENA-MIENTO		ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
	B. LOS ELEMEN-TOS MÁS GRAN-DES DE UNA OPERACIÓN	ATENCIÓN A LA MÁQUINA. MÁQUINA EN OPERACIÓN	S R	
	C. ELEMENTOS DE TAMAÑO INTER-MEDIO DE UNA OPERACIÓN	TOMAR COLOCAR ENSAMBLAR USAR SOSTENER	G P A U H	ESTUDIO DE MOVIMIENTOS
EL MÁS CORTO		ALCANZAR SUJETAR MOVER UBICAR SOLTAR GIRAR RETARDAR SOSTENER	R G M P RL T D H	

Cuadro 14. Símbolos que representan un trabajo



OTROS SÍMBOLOS

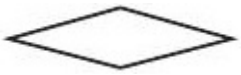
Se usan para realizar diagramas de procedimiento informativo y administrativo, donde se muestra el flujo de la documentación, junto con algunas acciones realizadas por las personas en cada unidad administrativa. La simbología básica de flujo-grama es:

TERMINAL

Indica la iniciación y terminación del proceso.

OPERACIÓN

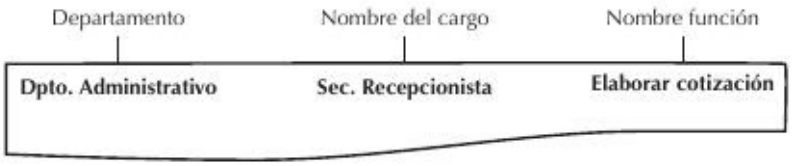
Representa la acción necesaria para transformar una información recibida o crear una nueva.

DECISIÓN O ALTERNATIVA 

Indica un paso, dentro del flujo, en el cual son posibles caminos alternativos; la tendencia es suprimir cada vez más éste símbolo ya que se considera que el proceso se diseña de manera correcta.

DOCUMENTO 

Representa cualquier tipo de información que se utilice en el proceso y aporta información adicional para que se desarrolle el documento; si tiene copias se ubica el original en primera instancia, luego la primera copia, la segunda copia, etc., tal como se muestra en la gráfica. El nombre del documento debe aparecer en el símbolo y sólo se indican cuando aparecen por primera vez en el procedimiento para no recargar innecesariamente el cronograma.



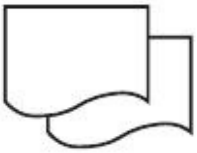
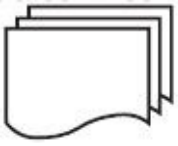
Gráfica 73. Identificación de las operaciones en el flujo grama
Fuente: *elaboración propia*

CONECTOR DE RUTINA 

Es un símbolo que facilita la continuidad de las rutinas de trabajo, con lo cual se evita la intersección de líneas; la continuidad de un paso a otro se indica a través de letras o números insertos en el símbolo.

Puede asumir dos formas:

- De rutina: Representa una conexión o un enlace en un paso final de página con otro paso dentro de la misma página. Lleva inserto un número.

terminal 	**operación** 	**alternativa** 
documento 	**documento con copia** 	**DOC. CON 2 COPIAS** 
conector de rutina 	**conector de página** 	**sentido de circulación** 

- De página: Representa una conexión o enlace en un paso de final de página con otro paso en el inicio de la página siguiente, donde continúa el flujo-grama. Lleva inserto una letra mayúscula.

SENTIDO DE CIRCULACIÓN ⟶

Conecta los símbolos al señalar el orden en que se deben ejecutar los distintos pasos, con lo que define, de esta manera, la secuencia del proceso.

CONECTOR DE PÁGINA 

Representa una conexión o enlace en un paso de final de página con otro paso en el inicio de la página siguiente, donde continúa el flujo grama. Lleva inserto una letra mayúscula.

Con estos símbolos se levantan procesos administrativos con lo cual se obtiene una gran claridad de este tipo de trabajo.

MEDIOS DE DESCRIPCIÓN Y COMUNICACIÓN USADOS EN INGENIERÍA DE MÉTODOS

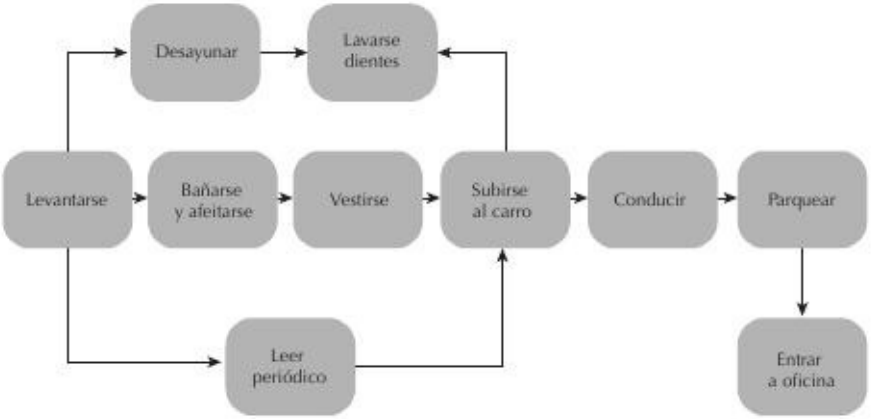
Los principales medios de descripción y comunicación utilizados en ingeniería de métodos se resumen en la tabla siguiente, en donde se señala el tipo de diagrama y su principal utilidad como herramienta de mejoramiento continuo en los diferentes procesos de manufactura o prestación de servicios.

A continuación se trata en forma más detallada la elaboración de cada uno de los medios de descripción y comunicación de los procesos de manufactura o prestación de servicios:

DIAGRAMA DE PRECEDENCIA

Es la representación cronológica de un sistema de producción en donde ciertas tareas o elementos de trabajo preceden a otras. Sirve para identificar las restricciones de precedencia en el evento de modificar una secuencia de tareas o cuando se trata de equilibrar las asignaciones de trabajo a lo largo de una línea de producción.

Este diagrama indica que una persona debe levantarse, antes de cualquier otra actividad; que debe bañarse y afeitarse antes de vestirse; debe vestirse antes de subirse al carro, pero puede desayunar, cepillarse los dientes y leer el periódico en un tiempo cualquiera comprendido entre levantarse y subirse al carro.

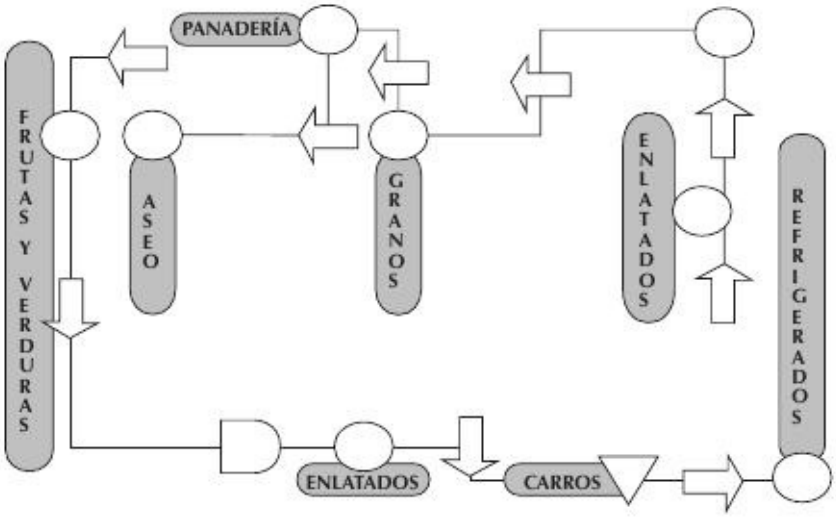


Gráfica 74. Diagrama de precedencia
Fuente: *elaboración propia*

DIAGRAMA DE FLUJO O RECORRIDO

Es un plano del área de trabajo donde se indica la trayectoria seguida por el objeto o actividad que se estudia, acompañado de los símbolos de análisis de procesos de la ASME, colocados sobre el plano, para indicar lo que sucede al objeto o actividad a su paso por el proceso.

Este diagrama es particularmente útil porque proporciona una vista global compacta y general de un proceso en existencia o propuesto. Es un auxiliar valioso en el trabajo de distribución de la planta. Su elaboración familiariza rápida y efectivamente al ingeniero con el proceso completo y el lugar donde se desarrolla cada actividad.



Gráfica 75. Diagrama de flujo de supermercado
Fuente: *elaboración propia*

Un estudio sistemático de todos los trabajos y movimientos sirve para proyectar cambios, ahorrar tiempo y espacio, utilizar herramientas adecuadas y colocar tanto las herramientas como los suministros en lugares apropiados.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE ENSAMBLE

El diagrama del proceso de ensamble es la representación gráfica de las fases que se desarrollan durante la ejecución de un trabajo o actividad y muestra, por lo general:

- Los materiales al entrar al proceso.
- Las operaciones que se realizan.
- El orden de ensamble.

Puede también recoger la marcha del proceso en uno o varios departamentos, hasta quedar convertido en una actividad terminada. Este diagrama se caracteriza porque proporciona una vista de ensamble general de todo el sistema de operaciones relacionadas con la manufactura del producto o la prestación de un servicio.

El estudio cuidadoso de esta gráfica sugiere, mejoras sustanciales en los siguiente ámbitos:

1. En el proceso de operaciones:
   - Eliminar totalmente ciertas operaciones.
   - Combinar una operación con otra.
   - Simplificar algunas operaciones.
   - Eliminar retrasos en las operaciones.

2. En la distribución en planta:
   - Aprovechamiento del espacio.
   - Mejor recorrido para los materiales.

3. Al planear y programar:
   - Las fechas oportunas de llegada de los materiales comprados.
   - Las fechas en que se deben terminar las piezas manufacturadas.
   - Las operaciones de ensamble intermedias.
   - Los despachos.
   - Entrenamiento del nuevo personal técnico, de vendedores o del personal de mantenimiento.
   - Demostración para clientes y visitantes.
   - Auxiliar educativo para operarios.

GRAFICA DE ACTIVIDAD MÚLTIPLE

Describe gráficamente las relaciones de dos o más secuencias simultaneas de actividades para la misma escala de tiempo. Cobra importancia especial en el análisis ← 103 | 104 →de tareas ejecutadas por una serie de personas que trabajan en grupo y en operaciones donde el trabajo esta desequilibrado, por lo cual se genera tiempo inactivo.

Una gráfica de este tipo que describe la actividad de un hombre y de la máquina o las máquinas que atiende, se conoce con el nombre de gráfica hombre-máquina.

En algunas clases de trabajo, el operario y la máquina trabajan intermitentemente. Esto es, la máquina está en periodo de inactividad, mientras el operario la carga o la descarga y el operario está inactivo, mientras la máquina está en funcionamiento. No solo conviene eliminar el tiempo inactivo del operario, sino también mantener la máquina en su óptimo funcionamiento, ya que una máquina inactiva puede costar tanto como otra en funcionamiento.

Hombre	Máquina
Reparando	Reparación
Ocioso	Trabajando
Ocioso	Trabajando
Ocioso	Trabajando

Ciclo = 4.0 Min.
Un operador
Una máquina

Hombre	Máquina 1	Máquina 2
R1	Repara	Trabaja
R2	Trabaja	Repara
Ocioso	Trabaja	Trabaja
Ocioso	Trabaja	Trabaja

Ciclo = 4.0 Min.
Un operador
Dos máquinas

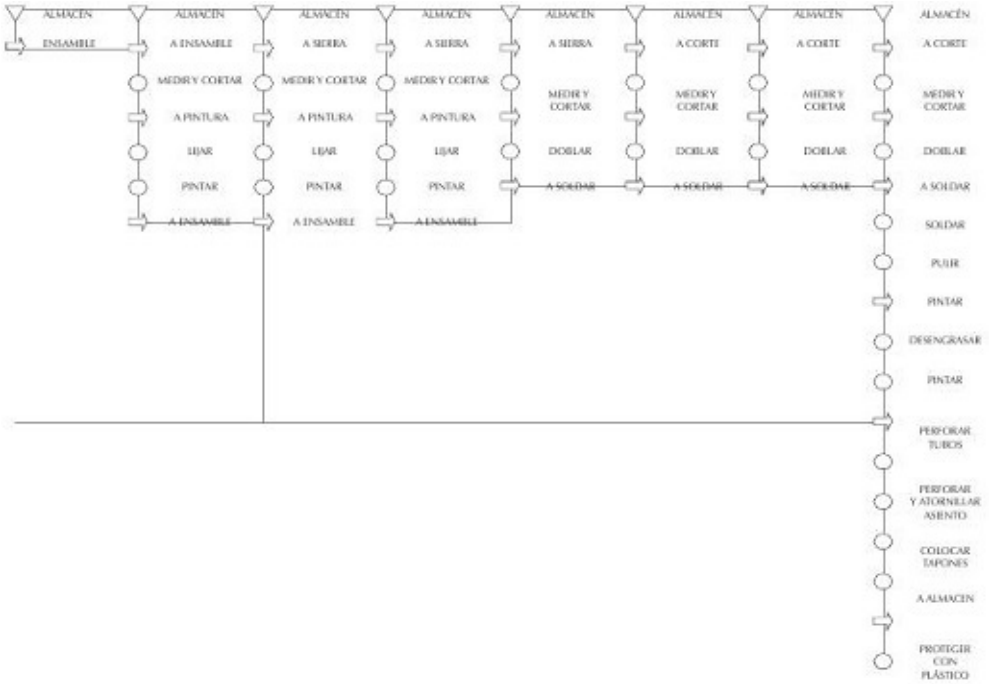
Hom.	Máq 1	Máq. 2	Máq. 3
R1	Repa	Trabaja	Trabaja
R2	Traba	Repa	Trabaja
R3	Traba	Traba	Repa
R4	Ocios	Traba	Repa

Ciclo = 4.5 Min.
Un operador
Tres o más máquinas

Gráfica 77. Gráfica hombre – máquina
Fuente: *elaboración propia*

Lo primero que hay que hacer para eliminar los tiempos de espera del operario y de la máquina es anotar, con gran exactitud, cuándo trabaja el operario y cuándo la máquina, y lo que cada uno hace. La mayor parte de las operaciones incluyen tres fases principales: preparar, hacer y guardar o limpiar. Se usa para:

- Señalar las consecuencias de variar las asignaciones de maquinaria antes de decidir cuál es el número de máquinas que una persona puede operar y hacer asignaciones de máquinas múltiples.
- Incrementar o hacer mantenimiento durante la porción del ciclo en el que se esté operando y revisar que no existan riesgos en caso de que el operador se retrase.
- Equilibrio entre las asignaciones de trabajo a los miembros de una cuadrilla, en relación adecuada con la duración de los tiempos de las tareas efectuadas por ellos. Balances de líneas de producción.



Gráfica 76. Diagrama del proceso de ensamble
Fuente: *elaboración propia*

GRÁFICA SIMO

Es otra versión de la gráfica de actividad múltiple que describe las actividades simultáneas de las manos de un trabajador durante una operación. Se construye así:

- Se filma la operación estudiada y se registra simultáneamente, con un reloj de alta velocidad el tiempo, las acciones del trabajador.
- La película se inspecciona cuadro por cuadro, para determinar las acciones que se efectúan y su tiempo de ejecución.
- Estos tiempos se grafican en la forma usual.

La utilidad de la gráfica SIMO es:

- Descubrir las mejoras posibles de la operación en estudio al revelar cuándo las manos están innecesariamente ociosas.
- Descubrir las secuencias óptimas de movimientos.
- Reducir el tiempo de ejecución cuando la operación es muy costosa y el volumen de producción es alto.
- Entrenar personal para inculcar la economía de los movimientos.

Este procedimiento tiene la desventaja de que consume mucho tiempo y dinero y, por consiguiente, su uso sólo se justifica en volúmenes de producción altos y operaciones muy costosas.

Cuadro 16. Gráfica SIMO

Identificación: Operación:						
Pieza: Dpto.:				Opr: Fec:		
Análisis:						
Mano izquierda	Tpo. Min.	Simb.	Esc. Tpo.	Símb	Tpo. Min.	Mano derecha

GRÁFICA MANO IZQUIERDA MANO DERECHA

Este diagrama es en realidad una gráfica SIMO, pero usa los elementos de tomar y colocar para aprovechar el conocimiento de tiempos previamente determinados, a fin de obtener el tiempo de la actividad. Su elaboración es como sigue:

- Dibujar un esquema del lugar de trabajo e indicar el contenido de los depósitos y la ubicación de las herramientas y materiales.
- Observar al operario y hacer un cuadro mental de sus movimientos al revisar una mano cada vez.
- Anotar en una hoja los movimientos o elementos ejecutados por la mano izquierda en la parte izquierda de la hoja y después hacer otro con la mano derecha en la parte derecha de la hoja.

Mano izquierda	Simb	Simb	Mano derecha
Tomar papel			Tomar la pluma
Sostener papel			Colocarse la pluma
Sostener papel			Mover la pluma hacia el papel
Presionar el papel			Colocar la pluma para escribir
Presionar papel			Firmar la carta
Soltar el papel			Mover la pluma a un lado
Movimiento de traslado			Colocar la pluma en el escritorio

Gráfica 78. Mano izquierda – mano derecha
Fuente: *elaboración propia*

La gráfica de operación indica los movimientos detallados de las manos de un trabajador durante cada paso. Se pretende que esta gráfica indique los movimientos de la mano izquierda y la mano derecha durante la tarea de firmar una carta.

Se usan los símbolos de “tomar G y colocar P”. Sin embargo los símbolos de tamaño mayor o menor son igualmente aceptados en esta gráfica.

Es útil como medio de comunicación del procedimiento de trabajo, para quienes deben juzgar, mejorar o usar el procedimiento. Es particularmente útil como un auxiliar en el adiestramiento de operarios y medio de comunicación del procedimiento de trabajo.

DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE VIAJES

Cuando los productos siguen trayectorias de flujo completamente diferentes, como artículos en reparación, el trabajo en la cocina, en la lavandería o en la oficina, se requiere acondicionar el proceso de tal forma que sea óptimo para la mayoría de artículos, servicios o productos.

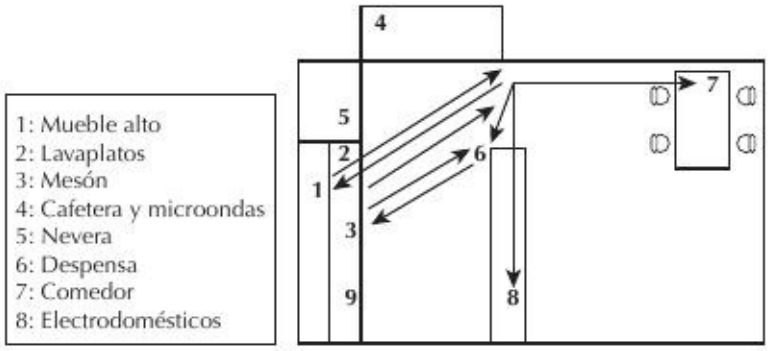
El diagrama de frecuencia de viajes es útil para analizar la trayectoria de flujo en este tipo de operaciones y, así, estimar el recorrido total.

Por ejemplo, para lograr una distribución aceptable en la cocina es necesario observar un gran número de alimentos y menús diferentes. La distribución final se deberá basar en la mayoría de las observaciones. Se supone que el objetivo principal consiste en minimizar la distancia total recorrida. Para lograrlo, los componentes del sistema deben arreglarse de tal manera que la suma sea un mínimo.

Distancia total recorrida = f12 × d 12 + f13 × d13+ f14 × d14+.....+.fnm × dnm en donde:

Sumatoria $f_{nm} \times d_{nm}$

f_{nm} = frecuencia relativa de viajes efectuada entre dos centros de trabajo n y m
d_{nm} = distancia entre los centros de trabajo n y m.



Gráfica 79. Frecuencia de viajes
Fuente: *elaboración propia*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2									
3									
4					|	||	|		
5							|		
6									
7									
8							|		
9									

Gráfica 80. Centros de trabajo
Fuente: *elaboración propia*

FLUJOGRAMA

Los flujogramas son ideales para representar procesos complejos que exigen una serie de decisiones, con diversas acciones como resultado de cada decisión y describen individualmente los procedimientos para diversas porciones del sistema.

Los diagramas de flujo no son sólo valiosos en los manuales sino también una herramienta técnica muy importante para guiar la ejecución del proceso en forma ordenada y esquemática, al mostrar la secuencia lógica y dinámica del trabajo; con lo cual permite conocer y comprender las unidades administrativas y cargos que intervienen en ella y el proceso que se describe a través de documentos e instructivos.

Al escribir sobre el procedimiento general de la empresa, resulta útil organizar las diversas etapas en un diagrama de flujo antes de iniciar la elaboración y redacción de los manuales de funciones y de procedimientos. Así mismo, elaborar diagramas de operación o curso gramas analíticos donde se indica la secuencia de las actividades mediante su simbología normalizada y el tiempo de cada una de ellas.

Objetivos de los Flujogramas:

- Identificar los aspectos más relevantes del trabajo.
- Facilitar el análisis y mejoramiento de los procesos.
- Mostrar la dinámica del trabajo y los responsables del mismo.
- Evitar la distorsión de las prácticas de la empresa.
- Proveer elementos que faciliten el control del trabajo.
- Normalizar la representación gráfica de los procesos para facilitar la ubicación de puestos y procedimientos de trabajo para la elaboración de los manuales de funciones y procedimientos.

Ventajas:

- Describe en forma sencilla el paso a paso de cada proceso y complementa la descripción literal, con lo cual facilita su consulta.
- Verifica el desarrollo del proceso y representa objetivamente aquello que ocurre en la rutina normal del trabajo.
- Facilita la visualización rápida e integrada de un proceso, la secuencia, el examen de los pasos y las responsabilidades de los ejecutantes.
- Identifica rápida y fácilmente los puntos débiles y fuertes del proceso.
- Describe cualquier proceso desde el más simple hasta el más complejo.
- Facilita la visualización de la distribución del trabajo en y entre dependencias.

DIAGRAMA DEL PROCESO DEL GRUPO

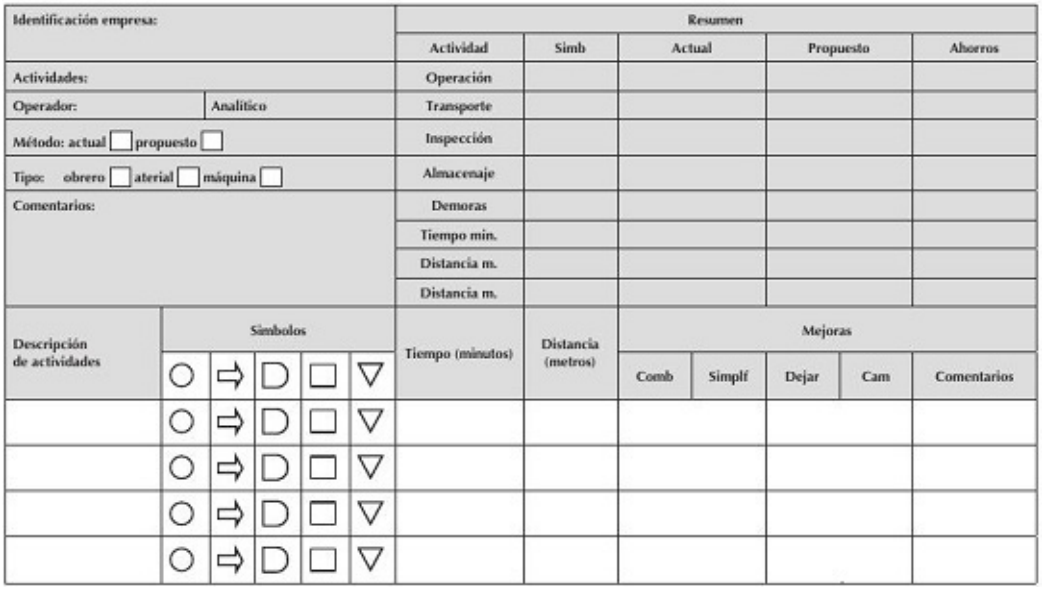
El diagrama del proceso del grupo es similar al del proceso individual, pero dispuesto de tal forma que permite un análisis minucioso de cada uno de los miembros que participa en las actividades de un grupo que trabaja conjuntamente. Esto puede ser usado en el caso en el que ya no es un trabajador que atiende varias máquinas, sino que es una máquina atendida por varios trabajadores.

El objetivo de este diagrama es el estudio del grupo de personas con el fin de analizar las actividades del grupo para luego componer la cuadrilla, de tal forma que se reduzcan los tiempos de espera y los retrasos.

Para su construcción, en la misma fila, se indican las operaciones ejecutadas simultáneamente por los miembros de la cuadrilla, siguiendo los pasos que se nombran a continuación:

1. Utilizar los mismos símbolos que los del diagrama del proceso.

2. Cubrir el ciclo o recorrido seguido por cada miembro de la cuadrilla, presentando los diagramas hermanos uno al lado del otro, teniendo en cuenta que las actividades simultáneas queden representadas en la misma fila.
3. Se enumeran las actividades en los símbolos y la descripción se anota en la columna de la derecha.



Gráfica 81. Diagrama del flujo del proceso
Fuente: *elaboración propia*

- El diagrama debe cubrir un ciclo completo del miembro que ejecuta mayor número de fases.
- Registrar las actividades simultáneas en una misma fila aunque la operación ejecutada por un miembro de la cuadrilla prosiga mientras otro realiza más de una operación. En este caso se repite el símbolo en cada fase de la operación que precise de una cantidad mayor de fases.
- Se pueden omitir en el diagrama aquellos elementos que no se presentan en cada ciclo.
- En los resúmenes de cuadrillas se usan las fases por unidas antes y después del estudio. Esta relación se obtiene dividiendo el número total de fases expuestas en el diagrama por el número total de unidades manipuladas en los ciclos representados.
- Se deben construir varios ciclos porque de un ciclo a otro puede variar la cantidad de tiempo de espera. El diagrama debe reflejar la condición media.

Operación:	Día: ____ mes____ año____			
Tema:	Actual ☐ Propuesto ☐			
Departamento:	Hoja: _____ De: _____			
Diagramado por:	N° del grupo Pasos Descripción			
N°				
	Resumen			
	Total unidades	Actual	Propuesto	Reducción
Observaciones	Pasos por unidades			

Gráfica 82. Diagrama del proceso del grupo

Al analizar un diagrama del proceso del grupo se deben seguir cuatro pasos:

1. Formular a la totalidad del proceso las seis preguntas: ¿Qué?, ¿Por qué?, ¿Quién?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿Cómo?
2. Formular las mismas preguntas a cada inspección y operación.
3. Estudiar los almacenamientos y transportes que quedan.
4. Formular la forma como debe estar compuesta la cuadrilla para reducir los tiempos de espera. Para equilibrar la cuadrilla se debe rebajar actividad al operario que tiene la mayor cantidad y agregársela al que tiene la mayor cantidad de esperas.

GRÁFICA GANTT

La gráfica Gantt es un instrumento efectivo de planificación y programación para operaciones de producción que impliquen un mínimo de interrelaciones. Consta de una gráfica de doble entrada donde las filas representan máquinas, personas, departamentos o cualesquiera recursos que sea necesario para cumplir una tarea. Las columnas definen los periodos en horas, días, semanas o meses.

Ejemplo:

ORDEN DE TRABAJO	ACTIVIDAD	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
001	ACTIVIDAD 1					
002	ACTIVIDAD 2					
003	ACTIVIDAD 3					
004	ACTIVIDAD 4					
005	ACTIVIDAD 5					

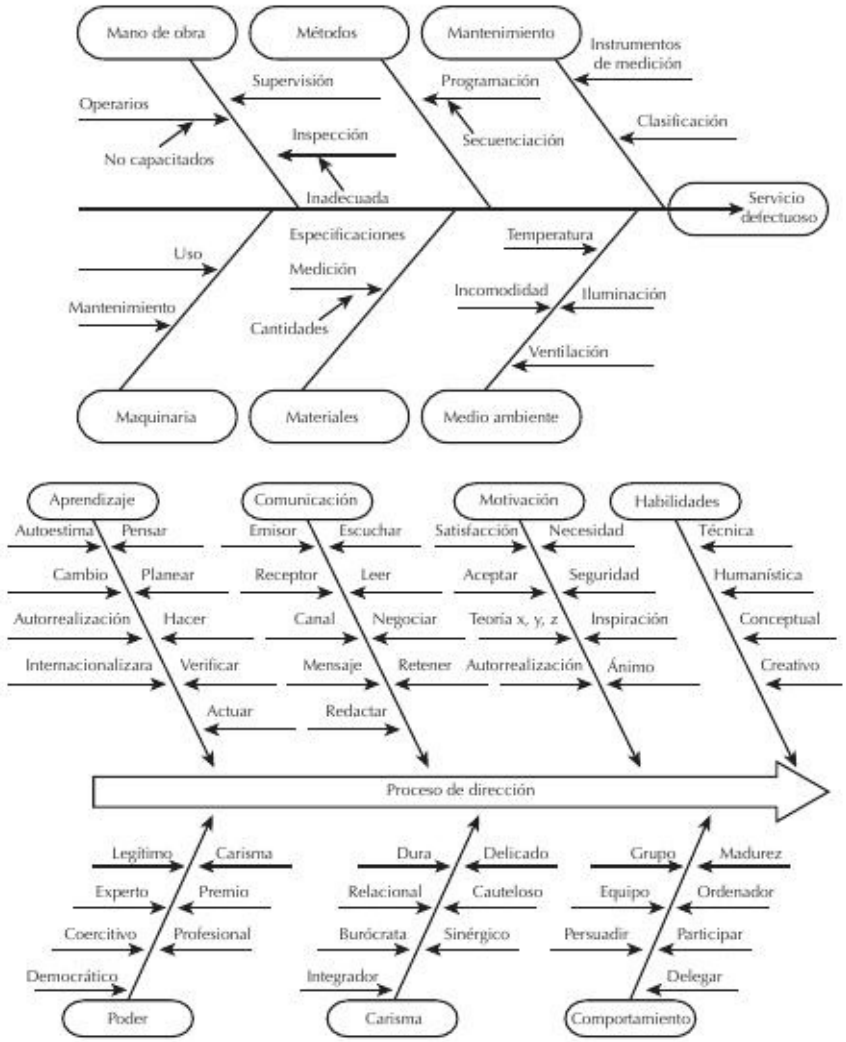
Se dibuja una línea horizontal sobre la cual se muestran los pedidos u órdenes programadas para su proceso en el recurso correspondiente. Una segunda línea, que representa el progreso en comparación con el programa, se dibuja a medida que se avanza.

MÉTODO PERT

El método Pert es usado para planificar, acompañar y evaluar el avance de los programas y los proyectos en relación con los estándares de tiempo predeterminados e integrar adecuadamente las actividades para lograr la ejecución del proyecto sin retrasos. Además de ser una herramienta de planeación, sirve para localizar los desvíos y aplicar las acciones correctivas necesarias.

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO, ESPINA DE PESCADO O ISHIKAWA

El diagrama causa efecto procura, a partir de los efectos (síntomas de los problemas), identificar todas las causas posibles que provocan esos efectos. La metodología se basa en diferentes categorías de problemas, cada una de las cuales se analiza según la incidencia de diferentes factores.



Gráfica 83. Diagrama causa – efecto
Fuente: *elaboración propia*

Cuadro 17. Resumen de los medios de descripción de procesos

N°	TIPO DE DIAGRAMA	PRINCIPAL APLICACIÓN
1	PRECEDENCIA	Sirve para identificar restricciones de precedencia en el evento de modificar una secuencia de tareas.
2	FLUJO O RECORRIDO	Se utiliza para hacer mejoras en la distribución en planta y disminuirlos flujos o recorridos.
3	PROCESO DE ENSAMBLE	Proporciona una vista ordenada del ensamble general de todo el sistema de operaciones del material o de las actividades de una persona.
4	ACTIVIDAD MÚLTIPLE	Se usa para: • Eliminar los tiempos de espera tanto del operario como de la máquina. • Asignar máquinas. • Hacer mantenimientos en tiempos de espera. • Equilibrar procesos.
5	GRÁFICA SIMO	Sirve para: • Eliminar manipulaciones. • Descubrir secuencias óptimas de movimientos. • Reducir tiempos de ejecución. • Entrenar personal.
6	MANO IZQUIERDA MANO DERECHA	Útil como medio de comunicación de procesos y auxiliar en el entrenamiento de personal.
7	FRECUENCIA DE VIAJES	Usado para acondicionar procesos en artículos y servicios analizando el flujo de operaciones para conocer el recorrido total.
8	FLUJOGRAMAS	Representan procesos complejos útiles en la elaboración de los manuales de funciones y de procedimientos.
9	PROCESO DEL GRUPO	Se usa para el análisis del trabajo de cuadrillas para ordenarlos de forma que se reduzcan los retrasos y tiempos de espera.
10	GRÁFICA GANTT	Sirve para planear y programar las operaciones o actividades necesarias para atender compromisos oportunamente.
11	PERT	Se usa para planear, acompañar y evaluar el avance de los programas y proyectos en relación con los estándares de tiempo predeterminados de suerte que no se presenten retrasos.
12	CAUSA-EFECTO	Se usa para identificar las causas sobresalientes que generan determinados efectos en un proceso.

RESISTENCIA AL CAMBIO Y RECOMENDACIONES PARA EVITARLA

Las innovaciones tecnológicas afectan a poblaciones enteras y frecuentemente origina grandes problemas económicos y sociales. No obstante aunque estos cambios sean relevantes, son diferentes comparados con los cambios diarios en el ← 115 | 116 →producto, proceso, materiales, equipo, mantenimiento, procedimientos, etc., con los que un ingeniero se enfrenta constantemente. En consecuencia, un ingeniero debe estar preparado para saberlos manejar ya que afectan tanto a las personas con autoridad como a las que no tienen ni voz ni voto para aceptar o rechazar una nueva tecnología, un nuevo método o un nuevo material.

El cuadro siguiente muestra algunas de las causas de resistencia al cambio y las recomendaciones para evitarlas:



Gráfica 84. Resistencia al cambio
Fuente: *slideshare.es*

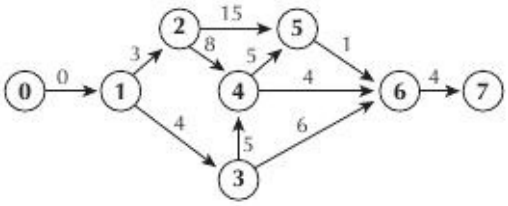
Cuadro 18. Resistencia al cambio y su tratamiento

CAUSAS DE RESISTENCIA AL CAMBIO	RECOMENDACIONES PARA EVITARLAS
1. Inercia, especialmente cuando el cambio es repentino o radical.	Explicar conveniencias y necesidad del cambio.
2. Incertidumbre por la naturaleza del cambio.	Explicar detalladamente la naturaleza del cambio.
3. Ignorancia de la necesidad o propósito del cambio.	Estimular la participación o por lo menos la sensación de participación.
4. No comprender el nuevo método, lo cual origina sospechas de inseguridad.	Consultar al personal involucrado en la solución. Dar crédito a las sugestiones valiosas de otras personas.
5. Una disminución del contenido de trabajo que implique reducción en la habilidad, importancia y responsabilidad.	En algunos casos es conveniente incluir la idea de una persona por mala que sea, con el fin de hacerla participar.
6. Presión por parte del grupo de trabajo.	Introducir con tacto el nuevo método.
7. Temor por inseguridad económica.	Ser oportuno al proporcionar ideas.
8. Reducción en el grado de clasificación del trabajo.	Ofrecer participación en los beneficios del cambio.
9. Ajuste en el tiempo estándar.	Sólo cuando se demuestre que el cambio es trascendental.
10. Falta de habilidad para dominar el nuevo método.	Proporcionar capacitación en el nuevo método.
11. Alteración de las relaciones sociales.	Introducir los cambios por etapas.
12. Actitud antagónica hacia la persona que introduce el cambio.	Tratar de capitalizar las características que proporcionan mayor beneficio personal a quienes se trata de convencer.
13. Creación o introducción realizada por un	Tratar de hacer que, quien pueda rechazar la idea la
extraño.	medite y la tome como suya.
14. No participar en la formulación del nuevo método.	Dar garantía respecto a la seguridad del empleo y del salario.
15. Falta de tacto de la persona que introduce el cambio.	Demostrar interés personal en el bienestar de la persona afectada por el cambio.
16. Un cambio propuesto inoportunamente.	Ser oportuno al proporcionar ideas. No cuando esté ocupado, molesto.
17. Falta de confianza en la persona que propone el cambio.	Apoyarse en personas con experiencia.

18. Temor a la crítica.	Cuidarse de hacer críticas u observaciones inoportunas.
19. Problema personal entre quien propone el cambio y quien debe aceptarlo o rechazarlo.	Resolver primero los conflictos personales.
20. El deseo de conservar la estimación del grupo de trabajadores.	Comunicar claramente la importancia del cambio.

EJERCICIOS

1. Calcule el camino crítico de la *red pert* que se ilustra a continuación:



2. Construir un diagrama del proceso y un diagrama de flujo o recorrido de las siguientes actividades:
   a. Preparar un sándwich en una sandwichera eléctrica y servirlo a la mesa del comedor en plato con servilleta.
   b. Despinchar un automóvil de la llanta delantera derecha.
   c. Ranquear un automóvil en una bomba de gasolina.

En cada caso sugiera las posibilidades de mejorar el método de trabajo.

3. Realice el diagrama de precedencia para la manufactura de sillas universitarias compuestas por tubo de 1” calibre 14, asiento, espaldar, brazo, tapones plásticos, portalibros en lámina cr calibre 20, tornillos y remaches.
4. Aplicar el procedimiento para el estudio de métodos de la silla universitaria y describir en cada paso las partes, elementos, cálculos, acciones etc., que sean necesarios (Suponga los equipos, herramientas e instalaciones que sean necesarios).
5. Construir un diagrama de mano derecha mano izquierda para hacer un jugo de naranja en un exprimidor manual. Analice el diagrama y sugiera otros métodos más expeditos.
6. Construir un diagrama de actividad múltiple para lavar ropa con una operaria y tres lavadoras. Suponga que preparar la ropa para lavar demanda un minuto; cargar la lavadora hasta 25 kg., demanda 0.5 minutos; colocar detergente y seleccionar el ciclo demanda 0.5 minutos; el ciclo de la lavadora demanda 20 minutos y sacar y extender la ropa, demanda 5 minutos ¿Qué conclusiones puede extraer de este diagrama?
7. Para aumentar la cantidad de trabajo a un operario se debe:
   a. Lograr el ritmo máximo de producción en el trabajo.
   b. Eliminar inconvenientes, aumentar ritmo, mejorar condiciones y diseñar métodos de trabajo.
   c. Trabajar exactamente con el mismo método.
   d. Analizar el trabajo, la metodología y la productividad.

8. Los métodos para seleccionar alternativas de solución de problemas son:
   a. CAT, PAC, R/I.
   b. POP, CO, CI.
   c. APO, AP, I/R.
   d. ABC, AT, LV.

9. ¿Qué diagrama utilizaría primero para estudiar una mejora en un banco de empaque?
10. ¿Cuál sería su primer tema a analizar si le encargaran la elaboración de una hoja de chequeo?
11. ¿Qué diagrama utilizaría para estudiar el trabajo de un ensamblador de tuercas y tornillos en cantidad superior a 800 veces cada día?
12. ¿Qué nombre reciben movimientos tales como sostener y coger?
13. ¿En procesos alternativos, la numeración de las actividades va de izquierda a derecha?
14. ¿Cómo se indica que la unidad en proceso ha cambiado de tamaño?
15. ¿Qué información de resumen contiene un diagrama de proceso?
16. ¿Qué se entiende por balance de línea?
17. Al estudiar una operación, además de analizar los movimientos ¿qué otros factores se tienen en cuenta?
18. Dar un ejemplo de cada uno de los 8 therblibs más usuales, por medio de una operación con la que esté familiarizado.
19. Nombre tres factores importantes en la determinación sobre utilizar hombres o máquinas en una actividad determinada.
20. ¿Por qué son útiles los símbolos para el análisis de los procesos?
21. ¿Es útil fijar un estándar antes de mejorar un nuevo método?
22. ¿Cómo puede afectar la localización de la planta a los métodos de trabajo?
23. ¿Son preferibles para efectos de rapidez de interpretación los indicadores de información cualitativa o los de información cuantitativa?
24. ¿Qué relación hay entre el punto de utilización y la herramienta?
25. ¿Hay alguna diferencia entre los principios de economía de movimientos y los de ingeniería humana?
26. ¿Cómo podría definirse un oficio en términos de las actividades y de las personas?
27. Diga cuáles son los principales factores intangibles a considerar en la evaluación de alternativas sobre métodos de trabajo
28. El sentido del propio esfuerzo realizado por el operario está influenciado por varios factores propios del trabajo ¿cuáles son?
29. ¿Cómo se determinaría el costo de aprendizaje para un nuevo método de trabajo?
30. ¿Cuáles son los errores más comunes al evaluar alternativas sobre métodos de trabajo?
31. ¿El costo unitario de mano de obra aumentará al pasar de un sistema de pago constante a un sistema de incentivos?
32. La hoja de normalización es útil en actividades tales como:_____
33. ¿Qué condición existe que relacione los métodos de trabajo con los salarios?
34. ¿Los ingresos de un trabajador aumentarán necesariamente luego de un estudio de tiempos?

CAPÍTULO III

Procesos de manufactura

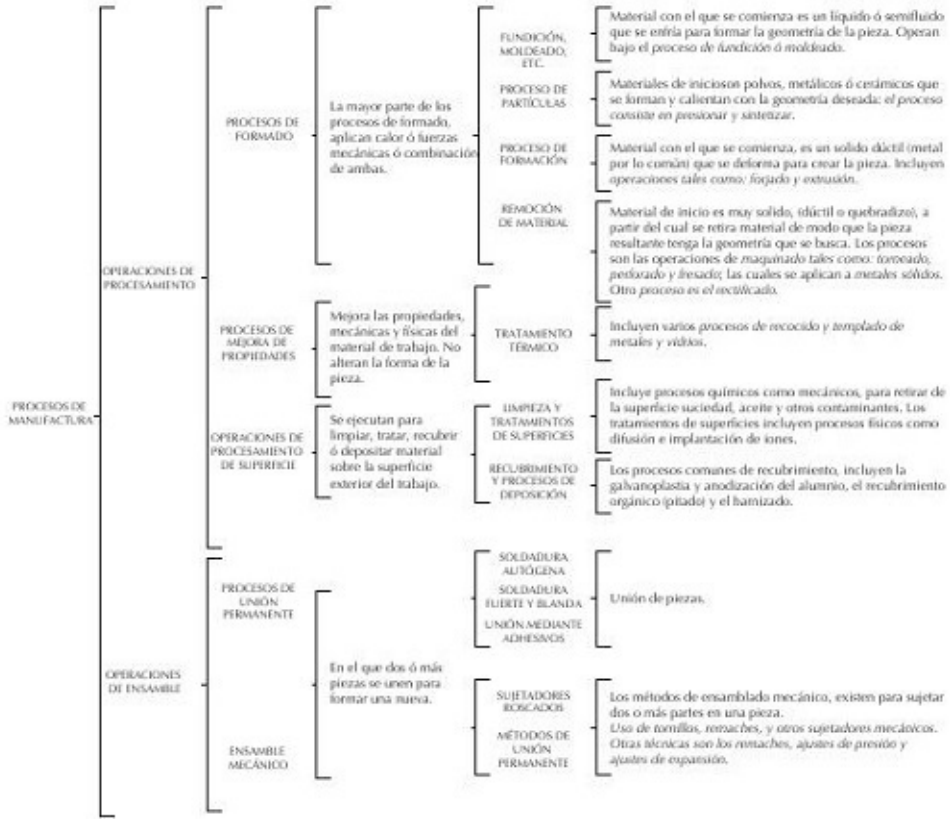
Introducción

El empleo de herramientas y técnicas para fabricar objetos, la capacidad para organizarse, mejorar el entorno y alcanzar mejores niveles de vida son características que diferencian al hombre de los animales. La manufactura es una actividad que existe desde las primitivas fases de la humanidad. La economía de manufactura se relaciona con el tiempo, el costo y la calidad.

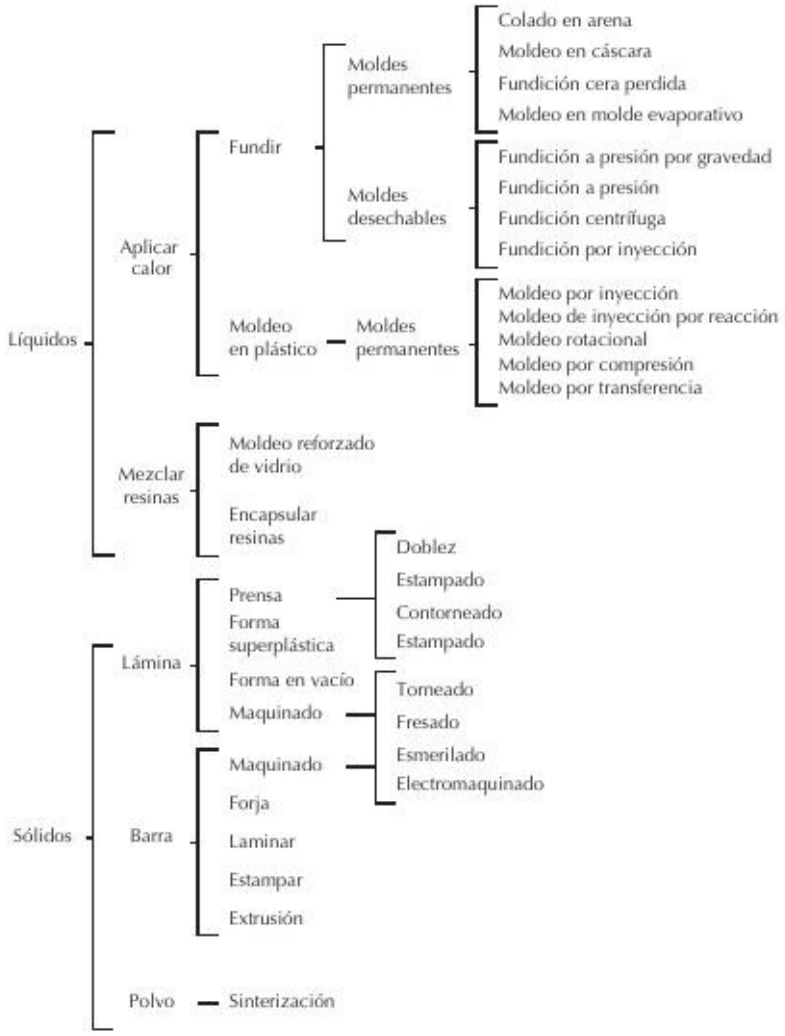
Todos los objetos que rodean al hombre: con lo que se viste, donde vive, en lo que viaja, con lo que se alimenta, los medicamentos para la salud, entre otros, han sido parte de un proceso de manufactura con lo cual originan productos para diversos usos.

La palabra manufactura se deriva del latín *manu factus* que significa hecho a mano. En sentido moderno, la manufactura involucra la fabricación de productos a partir de materias primas mediante varios procesos de maquinado y operaciones previamente planificadas para cada actividad requerida.

La manufactura se ha practicado durante miles de años; se inició con la producción de artículos de madera, piedra, cerámica y metal. Los procesos de fundición y forja han venido desarrollándose a través de los siglos, utilizando operaciones complejas con nuevos materiales, tasas de producción crecientes y altos niveles de calidad.



Gráfica 85. Proceso de manufactura
Fuente: *slideshare.es*



Gráfica 86. Proceso de manufactura

La producción se utiliza de manera intercambiable con manufactura y en diferentes países se le ha llamado procesos de manufactura o ingeniería de la producción.

Debido a que un producto ha pasado por numerosos procesos en los cuales la materia prima se ha convertido en un elemento útil, de valor y con un precio en el mercado, hace que la manufactura tenga una importante función de valor agregado.

El conocimiento de los principios y aplicaciones de los procesos, servomovimientos, levas, electricidad, electrónica y los computadores, permiten al hombre la fabricación de ingeniosas máquinas.

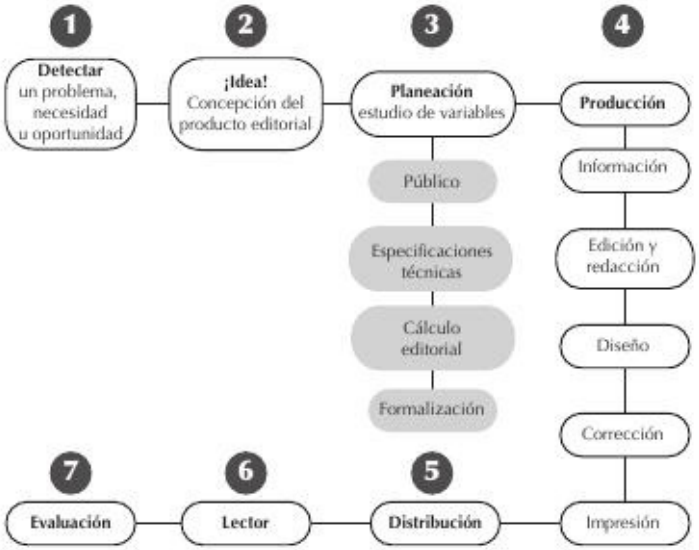


Gráfica 87. Proceso de manufactura
Fuente: *monografias.com*

DEFINICIÓN DE MANUFACTURA

La manufactura es un sistema que consta de una serie de actividades y operaciones interrelacionadas que se involucran en la transformación de materias primas en productos manufacturados, elaborados o terminados para su distribución y consumo, que incluye:

1. El diseño, especificaciones y estándares del producto.
2. Selección de materiales, máquinas, equipos y herramientas.
3. Planeación de los procesos.
4. Selección de proveedores y compra de la materia prima.
5. Secuencia de los procesos a través de los cuales será manufacturado el producto.
6. Administración, supervisión y control del sistema de producción.
7. Servicios de apoyo.
8. Mantenimiento y reparación de las máquinas.
9. Cuidado del medio ambiente.
10. Calidad total.
11. Flexibilidad para atender a los cambios en la demanda del mercado.
12. Evaluar nuevos desarrollos en materiales, métodos de producción e integración por computadora.
13. Alto nivel de productividad con calidad.
14. Empaque, embalaje y embarque.
15. Servicio al cliente.

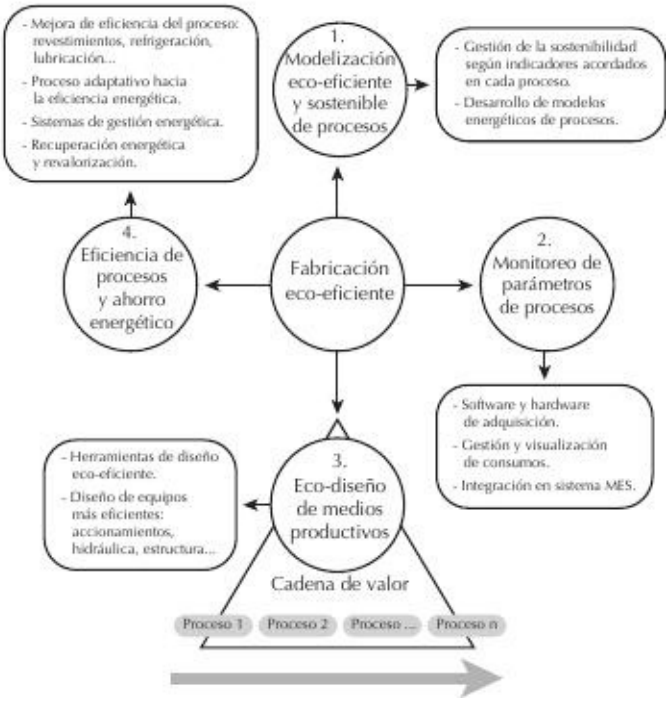


Gráfica 88. Proceso editorial

DISEÑO

El diseño comprende diferentes interacciones entre la selección del material, la elección del proceso y el diseño de la pieza. Una lista de acciones representativas puede ser:

1. Funciones a satisfacer como condiciones de operación, seguridad, requisitos legales, facilidad de mantenimiento, requisitos de empaque, vida útil e impacto sobre el ambiente (almacenamiento y eliminación).
2. Configuración que cumplirá con las funciones requeridas y sus dimensiones.
3. Confiabilidad en relación con las cargas y esfuerzos a los que se someterá.
4. Servicio que prestará.
5. Materiales alternativos que se emplearán según sea: el costo, la resistencia, el peso, etc.
6. Tolerancias permitidas.
7. Proceso o secuencia de operaciones
8. Costo total.
9. Desperdicios del material.
10. Energía que se consumirá.
11. Abastecimiento oportuno.



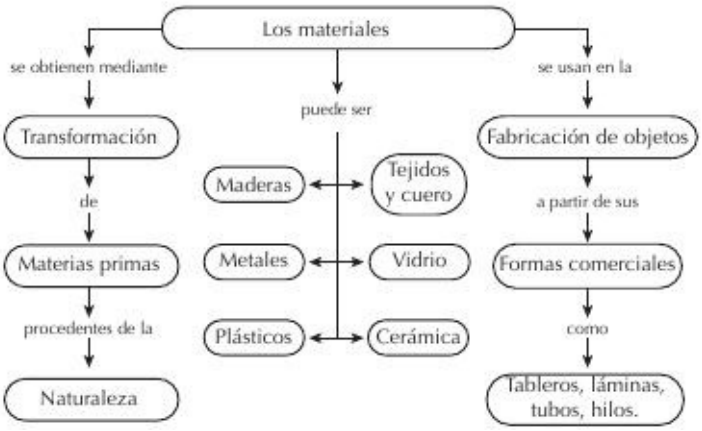
Gráfica 89. Fabricación Eco-eficiente
Fuente: *ideko.es*

TIPOS PRINCIPALES DE MATERIALES

Los materiales tienen diversidad de propiedades: resistencia a los esfuerzos, resistencia a la corrosión, ser más económicos y aleaciones que permiten propiedades especiales: tensión, corte, compresión, torsión, ductilidad, dureza, entre otras. En general los materiales se clasifican en:

- Metálicos:
- Ferrosos:
- Fundición hierro gris.
- Hierro maleable. He matita, mena rojo, Magnetita, mena negro, siderita, mena café. Limonita, mena café.
- Acero.
- Fundición hierro blanco.
- Hierro forzado.
- No ferrosos.
  - Aluminio. Bauxita (mezcla de gibsita y diásporo) y criolita
  - Cobre. Calcosita. Bornita.
  - Magnesio. Cloruro de magnesio. Dolomita. Agua de mar
  - Níquel. Varios sulfuros. Pentlandita.
  - Estaño. Casiterita.
  - Plomo. Galena
  - Plata. Argentina

- Platino.
- Manganeso.
- Vanadio
- Titanio.
- Fundición zinc. Esfalerita.

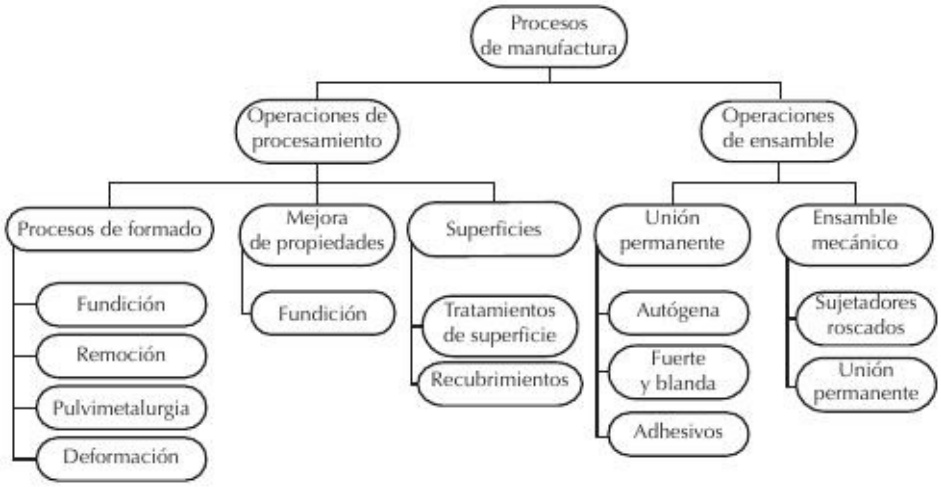


Gráfica 90.
Fuente: *slideshare.net*

- No metálicos:
- Orgánicos:
  - Plásticos.
  - Productos de petróleo.
  - Madera.
  - Papel.
  - Hule.
  - Piel.
  - Textiles.

- Inorgánicos.
  - Minerales.
  - Cemento.
  - Cerámica.
  - Vidrio.
  - Grafito.

PROCESOS DE MANUFACTURA

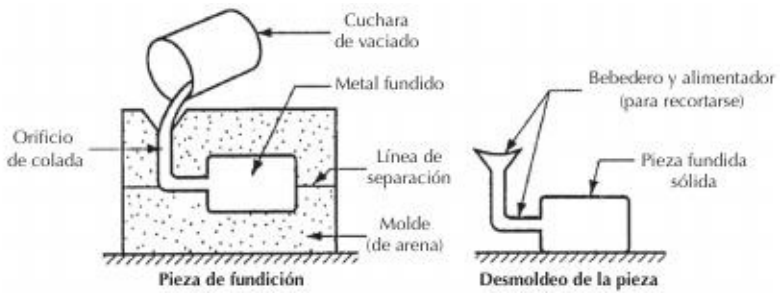


Gráfica 91. Tipos de procesos de manufactura
Fuente: *es.slideshare.net*

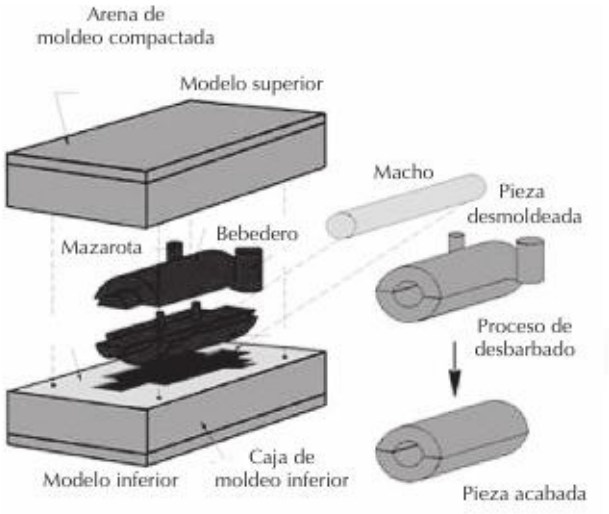
Fundición: Es el proceso de vaciar un material en forma líquida en un molde y dejar que se solidifique para obtener el objeto deseado. Esta transición de líquido a sólido se puede lograr por calentamiento o enfriamiento, por disolución y precipitación o por reacción química de acuerdo a las características del material que se trabaje.

Existen diversos procesos de fundición:

- Arena: moldeo a patrón desmontable. Se apisona arena alrededor del molde de manera que la cavidad se pueda partir y retirar el modelo.
  - Moldeo desechable. Se comprimen en arena y permanecen en su posición y son destruidos por el metal caliente cuando este se vacía.



Gráfica 92. Fundición en arena
Fuente: *monografías.com*



Gráfica 93. Moldeo desechable
Fuente: *monografías.com*

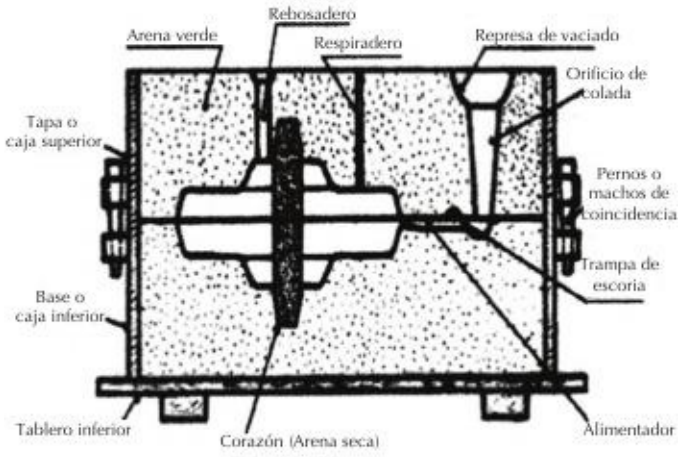
Usualmente estos modelos están hechos de materiales como el poliestireno que se vaporiza al contacto con el metal fundido.

Los moldes se clasifican según los materiales empleados para su fabricación:

- **Moldes de arena verde curada.** Es hecho en una caja de moldear que tiene dos partes: el semimolde superior y el semimolde inferior. Si la parte es más compleja, se requiere molde en tres partes, la de en medio se llama parte central.
- **Moldes secados superficialmente.** Se introduce un material aglutinante a la arena alrededor del moldeo y se seca con aire caliente o flama para endurecer la superficie y eliminar la humedad, mediante dos técnicas: la arena alrededor del modelo se mezcla con el aglutinante y el resto de la caja se rellena con arena verde, o el modelo se hace de arena verde y la superficie se rocía con aglutinante líquido. Los aglutinantes son aceite de linaza, almidón con gelatina y otros materiales con solución.
- **Moldes de arena seca.** Es una extensión del proceso de molde de arena seca superficialmente. Antes de usarse los moldes se secan en horno para endurecerlos. Los moldes de arena seca conservan mejor su forma cuando se hace el vaciado y causan menos problemas con gases debidos a la presencia de humedad.
- **Moldes de CO_2.** En este proceso el material aglutinante mezclado con arena es silicato de sodio. Después de formar el molde se introduce CO_2 a presión en el molde, lo que hace que la mezcla se endurezca.
- **Moldeo en concha o cascara.** Si se agrega una resina y un acelerador a la arena seca y angulosa y se mezcla bien el material se endurece en cierto tiempo y resulta un molde duro. Esta mezcla es costosa y por eso se utiliza para dar forma a una cáscara alrededor del modelo. Esta cascara es soportada con arena seca que ocasionalmente se usará como material completo de moldeo si las partes son pequeñas.

Esta técnica se ha convertido en un proceso mecanizado, en cuyo caso el modelo se hace de

metal y las dos mitades forman la parte que se monta en láminas separadas. La mitad del modelo se calienta previamente a 230ºC, se rocía con un material liberador de silicio, luego se le agrega una mezcla de arena y resina, o se pone en una caja de volteo que contenga la mezcla de arena y resina, en donde la caja se invierte y cubre el molde con la mezcla y poco después se voltea otra vez, cuando la mezcla que no se encuentre en contacto con el molde caliente vuelva a caer en la caja de volteo y deje una capa de mezcla que se adhiere al modelo.



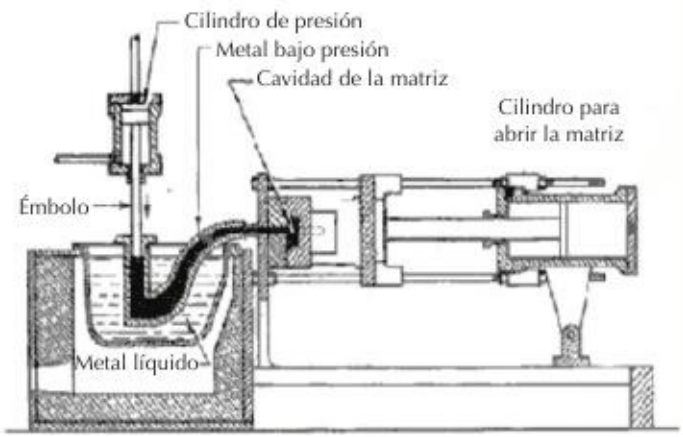
Gráfica 94. Modelo en concha
Fuente: *Sites.upiicsa.ipn.mx*

En cualquiera de los casos, el modelo con la cascara se cura en una estufa y luego se quita la cascara. Las mitades superior e inferior se ensamblan con grapas de apriete y adhesivo de resina, y quedan listas para el vaciado.

Los tipos de fundición de molde desechable son:

- Fundición en arena.
- Molde de cáscara (caja de volteo).
- Molde de yeso.
- Moldes cerámicos.
- Moldeo evaporativo.
- Revestimiento.

Fundición a presión: es una técnica de fundición en la que se inyecta a presión el metal fundido en moldes de metal, compuestos por dos dados que se separan para liberar la parte fundida. Se pueden poner bebederos y partes sueltas para obtener formas complejas, agujeros y cortes. Se utilizan pernos expulsores para garantizar la separación de la parte fundida del molde.



Gráfica 95. Fundición a presión
Fuente: *es.slideshare.net*

Existen varios procesos de esta técnica:

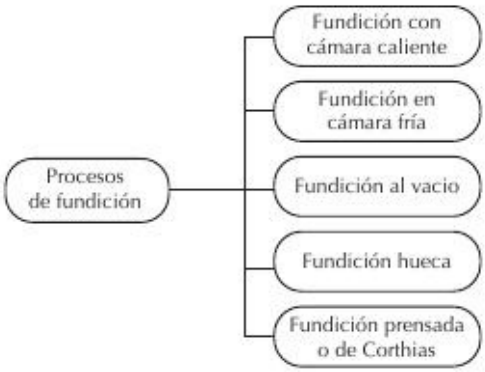
Colado a presión. Aquí el metal fundido es forzado bajo presión a entrar en el molde. Como el metal se mantiene a presión mientras se enfría, la pieza resultante se ajusta a las dimensiones del molde y al acabado superficial deseado.

Fundición a baja presión. El molde de metal se coloca sobre un horno de inducción. Se introduce un gas inerte a la olla del horno y esto empuja al metal fundido hacia arriba por un alimentador hasta el molde, en donde se enfría. Se puede aplicar vacío al molde para ayudar al llenado y eliminar aire atrapado.

Fundición a presión por gravedad. El molde metálico se afianza y se calienta, luego, el metal se vacía directamente al molde. No se utiliza presión aun cuando el molde puede estar previsto con un cuello largo para obtener una columna de metal que será un depósito de metal caliente y una pequeña columna de presión para ayudar a eliminar las contracciones.

Colado en hueco. Es una variante del proceso de fundición por gravedad. Se vacía metal fundido en el molde, que luego se invierte para permitir que escurra cualquier metal que no se haya enfriado en el dado y resulta una pieza fundida hueca, cuyo grosor de pared dependerá de la rapidez de enfriamiento del molde.

Fundición prensada. Una cantidad predeterminada de metal se vacía en el dado y se introduce un émbolo en la cavidad y se fuerza el metal contra las paredes de la cavidad. Cuando el metal está frío se quita el émbolo y se abre el molde, se obtiene así una pieza fundida con macho.



Gráfica 96. Procesos de fundición
Fuente: *es.slideshare.net*

Colado centrífugo. Se cuela una cantidad medida de metal fundido en un molde giratorio y la fuerza centrífuga lo extiende de manera homogénea alrededor de las paredes del molde. Es una variante del colado en hueco.

Moldes de yeso o de cerámica. Se pueden hacer empleando un modelo removible si primero se soporta el modelo en una artesa y se vacía yeso en esta para sumergir el molde hasta la mitad de su altura; enseguida se pone el conjunto en una cámara de vacío para eliminar el aire atrapado. Cuando el yeso haya fraguado, la superficie se cubre con un producto químico para facilitar la extracción del molde, luego, se vacía más yeso para cubrir por completo el modelo. Se vuelve a hacer vacío al conjunto.

Cuando haya fraguado, las dos mitades se separan y se quita el modelo, se insertan canales de colada, las dos mitades se sujetan y se vacía el material en el molde. La pieza fundida resultante tiene buen acabado.



Gráfica 97. Moldes de yeso
Fuente: *es.slideshare.net*

Fundición a la cera perdida. El modelo se hace de cera o a veces de plástico y se une a un bebedero o canal de bajada de cera para formar un árbol, sobre él se coloca un cilindro metálico y se sella a la base de la cera. Después, se llena el cilindro con el refractario, que es un yeso de fórmula especial, se deja fraguar al vacío y se hace vibrar la cámara de vacío para ayudar a la expulsión del aire atrapado.

Invención
Es uno de los procesos más antiguos. Fue inventado por los egipcios y perfeccionado por los romanos

Aplicaciones
Se utiliza para laborar objetos artísticos e incluso para la producción de piezas industriales.

Ventajas e inconvenientes
La principal ventaja es que se pueden fabricar piezas con muchos recovecos.

Su principal inconveniente es que resulta caro, aunque a veces puede ser rentable pues no necesita mecanizado posterior.

Gráfica 98. Moldeo a la cera perdida
Fuente: *es.slideshare.net*

Otra técnica consiste en formar una capa de refractario mediante sucesivas inmersiones de la cera en el refractario líquido, con lo cual se evita la necesidad del recipiente metálico.

Los moldes se calientan en un horno poco a poco para secar el refractario y derretir la cera, luego se aumenta la temperatura para hornear el refractario y quemar cualquier residuo de cera. Después, se reduce la temperatura del molde, adecuada para el colado por gravedad o centrifugación.

Después de enfriarse, se quita el refractario de las piezas fundidas mediante chorro a presión o limpieza por vibración.

Moldes de caucho los modelos son de bronce y se colocan en discos de caucho sin vulcanizar y sus superficies se espolvorean con tiza para que la parte superior no se vulcanice con la inferior, luego el conjunto se prensa en caliente. El caucho fluye alrededor de los modelos y se cura para formar las dos mitades de un molde. Los discos se separan y se quitan los modelos, después se cortan canales de bajada para permitir el flujo de material del centro del disco a las cavidades. Los discos se sujetan entre placas de acero, se hacen girar a alta velocidad y se vacía material en el centro, de donde es lanzado a las cavidades por acción de la fuerza centrífuga.

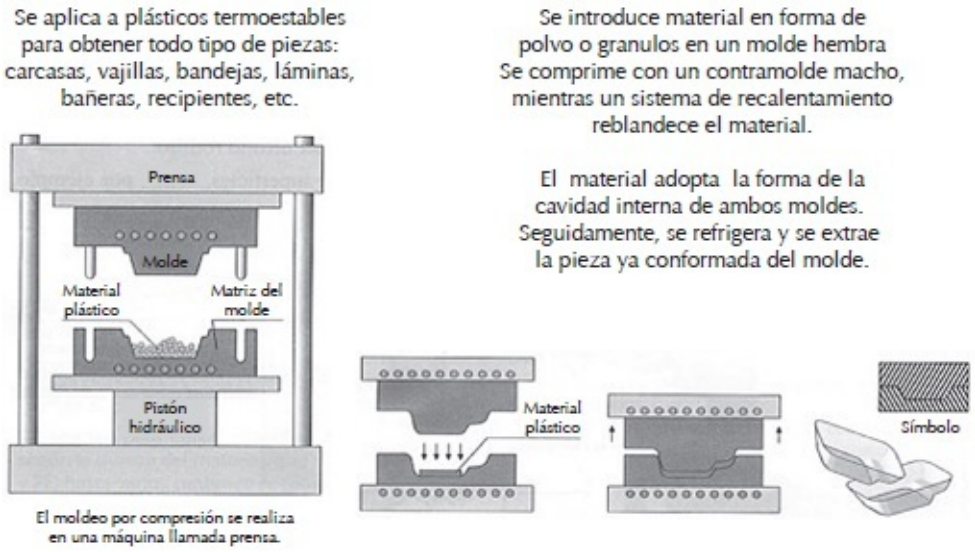


Gráfica 99. Molde de caucho
Fuente: *youtube.com*

MOLDEO

El material se trabaja en estado plástico que se alcanza mediante calor, presión, aplicación de productos químicos o una combinación de estos. Existen:

Moldeo por compresión. Es el más antiguo de los procesos. Se utiliza principalmente para moldear materiales termo fraguados, en su mayoría fenólicos y aminos (ureas y melanina) en combinación con una amplia gama de rellenos inertes, alquílicos y poliésteres, también se pueden moldear de esta manera.



Gráfica 100. Moldeo por compresión
Fuente: *slideplayer.es*

Para moldeo por compresión es indispensable poner la cantidad exacta de material directamente en el molde de dados hembra y macho; el material debe estar en forma de polvo o perdigones, o preformado por lo general calentado a 135ºC antes de poner el molde. Se cierra entonces la prensa hidráulicamente, lo que hace que el material fluya para llenar la cavidad del molde. El calor es conducido desde las paredes del molde (hasta 200ºC) y por la acción de calor y presión (30 a 50N/mm^2) el material de moldeo se polimeriza en una masa sólida que no puede volver a moldearse.

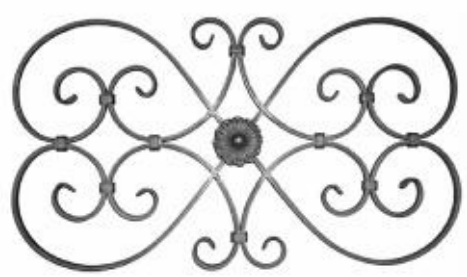
Moldeo por inyección. El proceso exige una inyección a alta presión de una cantidad predeterminada de material calentado y plastificado en un molde relativamente frío, donde el material se deja solidificar antes de abrir el molde y expulsar la pieza hecha. Se moldea en máquina horizontal de apriete e inyección.

FORJA

Es el proceso de deformación de metales que puede ser en frío para piezas pequeñas y con calor para piezas grandes. Se deduce de las deformaciones a temperatura ambiente, ya que es inevitable la recuperación elástica que ocurre al liberarse los esfuerzos de deformación y habrá cambios en las dimensiones. Durante la deformación plástica cada incremento de alargamiento incrementará el trabajo.



Gráfica 101. Forjado en caliente
Fuente: *forjasur.es*

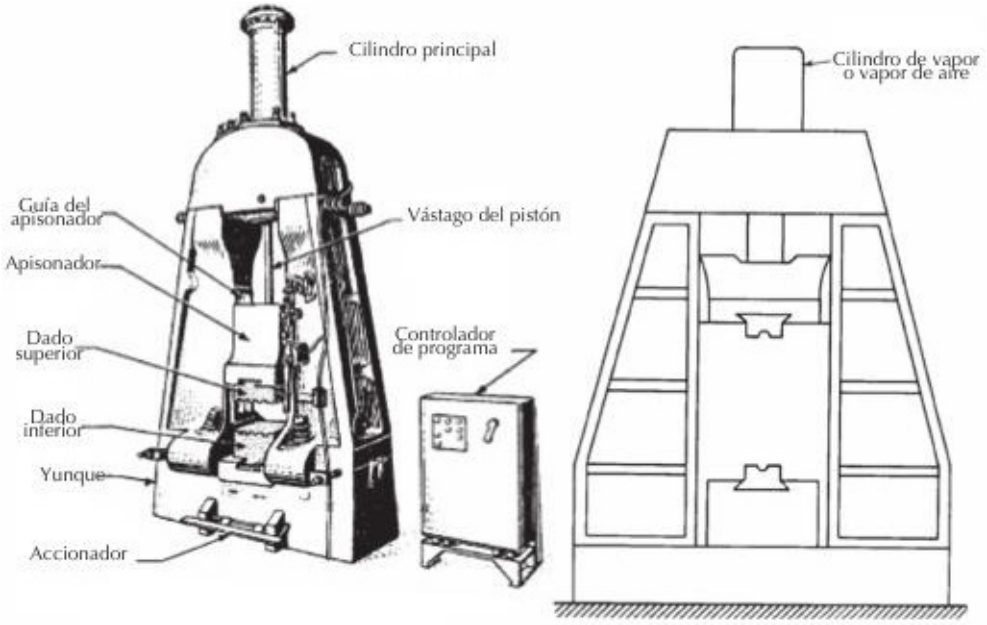


Gráfica 102. Forjado
Fuente: *indonesian.alibaba.com*

En la deformación en caliente se experimentan cambios en los esfuerzos de fluencia y ductilidad y se obtienen las siguientes ventajas: se reduce la cantidad de trabajo; el límite de ductilidad del metal se amplía notablemente y la elasticidad, al retirar el esfuerzo deformante, es muy pequeña debido al bajo punto de fluencia.

El trabajo en caliente es más fácil que en frío, pero el proceso secundario de manufactura tiene las siguientes desventajas: los componentes terminales se contraen al enfriarse; las temperaturas de trabajo causan oxidación y descamación que provoca superficies ásperas y ocurren cambios y desgastes dimensionales en las herramientas debido al calentamiento que reducen la precisión. Los principales procesos de forja son:

Forja con martinete. El lingote de metal caliente se golpea con un martillo ya sea con herramienta de mano o entre dados planos en un martillo de vapor. solo se pueden hacer formas sencillas cuando se emplea el proceso básico y se requiere considerable habilidad del operador.



Gráfica 103. Forja con martinete
Fuente: *es.slideshare.net*

Estampado giratorio. Es una forma especializada de forja. Los dados se ponen dentro de un anillo de rodillos. Los dados giran alrededor de la pieza de trabajo y abren y cierran rápidamente. La forma de las caras del dado es tal que produce una entrada que se reduce, seguida por una porción paralela, y el material alimentado en los dados es terminado en punta hasta un diámetro reducido mediante golpes de forja. Esta técnica se utiliza mucho para reducir los extremos de tubos y permitir que un tubo embone en el extremo de otro.

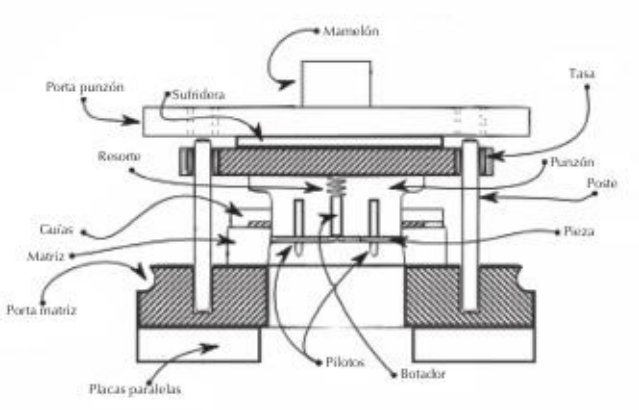


Gráfica 104. Estampado rotativo
Fuente: *vender cosas.com*

Estampado con troquel es un perfeccionamiento de la forja simple que utiliza dados de impresión cerrada en lugar de martillos.

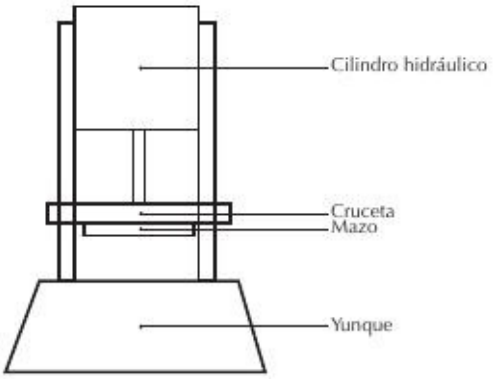
El material se pone entre dados acoplados y el impacto de un troquel de estampado obliga al metal caliente a amoldarse a la forma del dado; se aplican varios golpes, cada uno cambia progresivamente la forma y se puede usar más de un conjunto de dados para obtener forjas

complejas.



Gráfica 105. Estampado con troquel
Fuente: *es.wikipedia.org*

Forja en prensa. Se utiliza solo una operación de apriete lento; se requiere de altas presiones, pero la precisión resultante de la pieza es alta y el trabajo se puede hacer en caliente o en frio. La operación puede ser forja pura o puede haber también extrusión.



Gráfica 106. Forja con prensa
Fuente: *es.slideshare.net*

Forja en frio del acero. Las técnicas de extrusión se han combinado con técnicas de prensas hidráulicas de forja por apriete para obtener el proceso que ahora se conoce como forja en frío del acero. El objetivo es formar un componente a partir de un bloque de metal adecuado sin tener que maquinar material sobrante; un tornillo de cabeza hueca forjada en frio y rosca laminada es un producto típico de esta técnica. El proceso depende de los aceros especiales para herramientas capaces de resistir esfuerzos de compresión y de prensas de 300 toneladas para extrusión hidráulica de doble acción diseñada para este tipo de trabajo.



Gráfica 107. Forjado en frío
Fuente: *www.youtube.com*

Forja de recalcado o encabezado. Es una forma de forja donde solo una parte del material se deforma en un dado y el resto de la pieza permanece en su forma original. Tornillos y clavos se hacen por formado en frío de las cabezas en el extremo de la barra a muy altas velocidades, en lugar de cortar al largo de cada uno, pero los componentes mayores de 12mm de diámetro se les calientan a altas temperaturas la parte por forjar.



Gráfica 108. Tipos de forjado
Fuente: *slideshare.net*

Acuñado. La operación de marcar con punzón es una aplicación especial de la forja. Punzón y dados llevan formas diferentes y el exterior del punzón ajusta en la parte superior de la cavidad del dado. El material se restringe así de flujo lateral. Un solo impacto forma el diseño de relieve de cada lado de la pieza.



Gráfica 109. Acuñado
Fuente: *www.elvocerous.com*

PUNZONADO

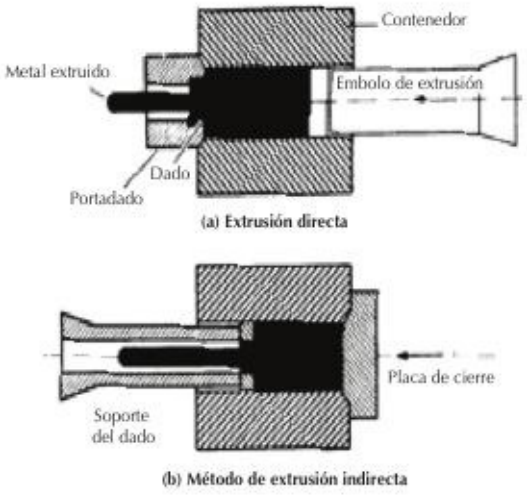
Es una técnica de flujo plástico empleada para obtener cavidades de molde para moldeo de plásticos y fundición a presión. Una forma de acero endurecido o punzón se hace penetrar en un bloque de acero suave para formar la cavidad. Varias operaciones como esta, realizadas en una prensa hidráulica, con recocido intermedio, pueden hacerse necesarias antes que la cavidad sea satisfactoria. Durante la operación de punzonado el flujo de metal del material en bruto es restringido de movimiento lateral mediante un fuerte anillo retenedor alrededor del bloque. La ventaja del punzonado es que se puede obtener varias cavidades idénticas de buen acabado superficial con un punzón.



Gráfica 110. Máquina de punzonado
Fuente: *www.directindustry.es*

EXTRUSIÓN POR IMPACTO

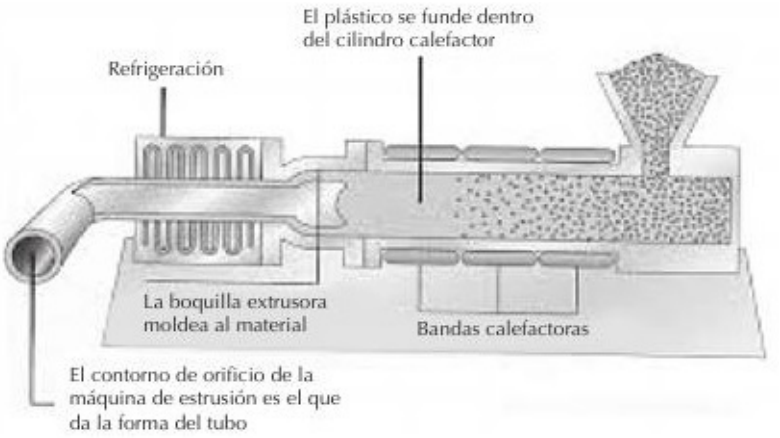
Es una técnica para obtener recipientes de paredes delgadas con bases formadas. Se usa para tubos de pasta dental y latas de alimentos. Normalmente es un proceso en frío, pero algunos materiales exigen ser calentados. El bloque metálico se coloca en una cavidad del dado y es impactado por un punzón una sola vez con fuerza considerable, sin ajuste preciso pero con huelgo igual al grosor de pared deseado. Bajo presión, el metal se hace plástico y es extruido en este hueco para formar el cuerpo del recipiente que en el asiento requiere una operación de forjado concurrente.



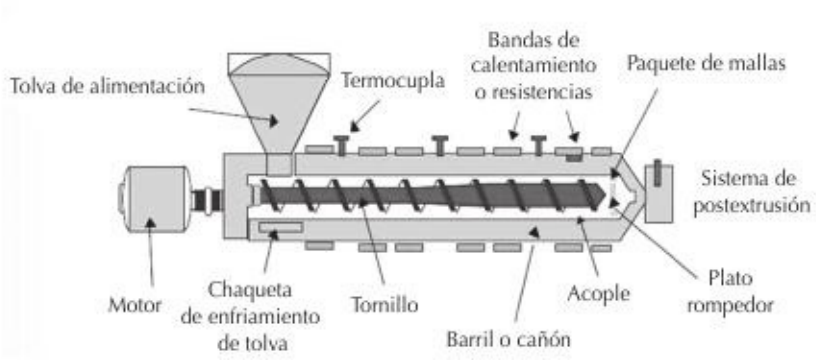
Gráfica 111. Extrusión por impacto
Fuente: *slideplayer.es*

EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS

El material plástico en forma de pequeñas pastillas o de polvo se alimenta desde una tolva hacia un tornillo helicoidal que lo hace pasar por un barril caliente hasta el dado. El plástico fundido es forzado a pasar por el orificio de forma especial del dado, con lo cual toma el perfil necesario y luego se enfría rápidamente mediante un chorro de aire frio, agua atomizada o inmersión en agua fría. Cuando está suficientemente frío, es transportado por un mecanismo y se corta a la longitud deseada.



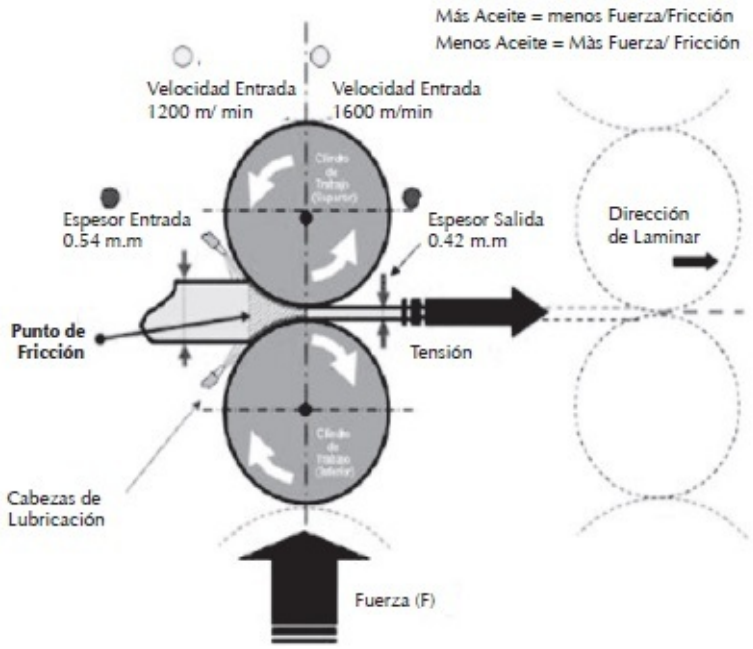
Gráfica 112. Extrusión de plástico
Fuente: *aristequi.info*



Gráfica 113. Extrusora
Fuente: *tecnologiadelosplasticos.bloqspot.com*

LAMINADO

Esta técnica de deformación plástica se hace en dos categorías: caliente y fría. En caliente se hace a una temperatura superior a la de recristalización, en donde las fuerzas para deformación son menores y puede haber mayor deformación sin fractura manteniendo las propiedades mecánicas sin cambio relativamente. Este tipo de laminado se utiliza para fabricar secciones y material en lámina a partir de lingotes. El lingote de acero fundido se hace pasar entre rodillos, ya sean lisos que tengan una separación progresivamente menor en el caso de hojas, o formas que cambian progresivamente si se necesita laminado en secciones.



Gráfica 114. Laminado
Fuente: *profmgodoy.wordpress.com*

El efecto de laminación es producir una refinación de la estructura granular para eliminar la porosidad. Como resultado de esto las propiedades físicas del material mejoran. Debido a las

altas temperaturas, se produce oxidación en la superficie y se necesita eliminar los óxidos superficiales.

El laminado en frío necesita mayores fuerzas y la resistencia y dureza del material aumentan. Se utiliza después del descamado y mediante pequeñas reducciones para producir tolerancias pequeñas y buenos acabados superficiales; también, se utiliza para inducir el endurecimiento por trabajo.

ESTIRADO

El proceso de deformación plástica es una inversión del proceso de extrusión en que el material en vez de ser empujado, es jalado; se utiliza en caliente o en frío y se puede emplear en secciones sólidas o huecas. La parte del material que pasa por el dado es estirado, reduciéndolo hasta darle una menor dimensión y mejor acabado. Se utilizan operaciones repetidas de estirado, con recocido intermedio, para obtener alambres y tubos finos.

La porción reducida se sujeta al mecanismo de estirado, que puede tomar la forma de un carro tirado por una tracción de cadena. El material es jalado constantemente y pasa por el dado, reduciendo su sección.

Otra técnica es estirar el tubo sobre un alambre, que después se quita.

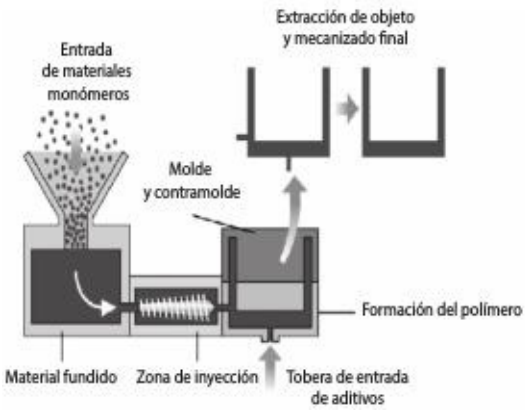
El estirado se realiza en un banco de trefilar. Un extremo del material por estirar se reduce por estampado hasta que pueda pasar por el dado.



Gráfica 115. Proceso de estirado en frío
Fuente: *www.quiminet.com*

MOLDE POR SOPLADO (MOLDEO A PRESION DE AIRE)

Esta técnica se utiliza para hacer artículos huecos de plástico de una sola pieza. El método consiste en alargar un tubo termoplástico caliente mediante presión de aire y luego enfriarlo contra un molde relativamente frío. Cuando el molde esté suficientemente frío se abre y se separa el producto. La forma del molde determina el grueso de la pared en cualquier punto.



Gráfica 116. Modelo a presión de aire
Fuente: *eloditecnologia.blogspot.com*

CONFORMADO HIDRÁULICO

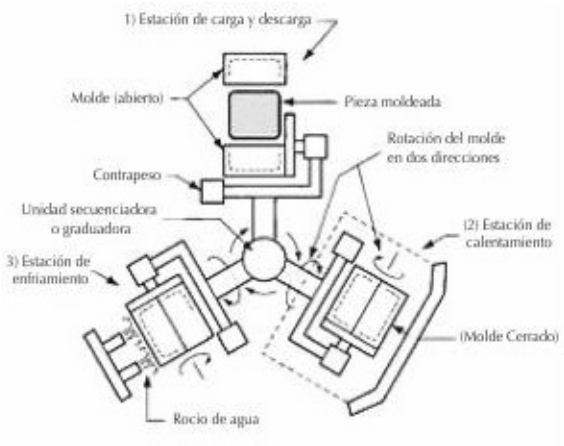
Es un proceso similar al del moldeo por soplado que se utiliza para producción de partes metálicas de formas huecas complejas, como son fuelles y piezas T. El material base es cobre recocido o tubo de bronce que se pone dentro de un molde correspondiente al objeto determinado y se sujeta firmemente en sus extremos. Posteriormente se bombea líquido hidráulico por un extremo, lo que hace que el tubo se expanda para llenar la cavidad.



Gráfica 117. Conformado hidráulico
Fuente: *spanish.alibaba.com*

MOLDEO ROTACIONAL

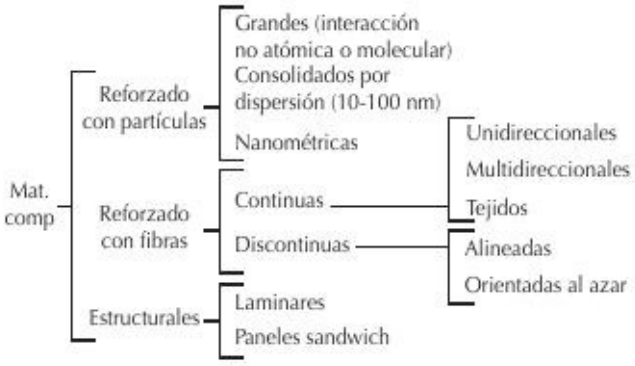
En esta técnica se utiliza un molde partido hembra, tipo cáscara, que sirve para dar forma a piezas de plástico huecas, que luego se calienta y gira simultáneamente ← 145 | 146 →alrededor de dos ejes ortogonales, lo que hace que el material fluido se disperse sobre la superficie del molde. Este se enfría cuando todavía está girando y se abre para producir el artículo terminado. Este proceso es apropiado para piezas grandes. 1) Estación de carga y descarga



Gráfica 118. Modelo rotacional

MOLDEO DE MATERIALES REFORZADOS

El material de refuerzo está en forma de mazos o fibras paralelas cortas, mezclado o inyectados en el material portador. Se usa un molde macho o hembra de una sola superficie, dando un buen acabado superficial en un solo lado. Los moldes son de madera o yeso. La técnica consiste en aplicar una capa de gelatina a la superficie para garantizar un buen acabado superficial y luego continuar con capas de refuerzo y más resina, la cual impregna por completo el material.



Gráfica 119. Modelo de materiales reforzados

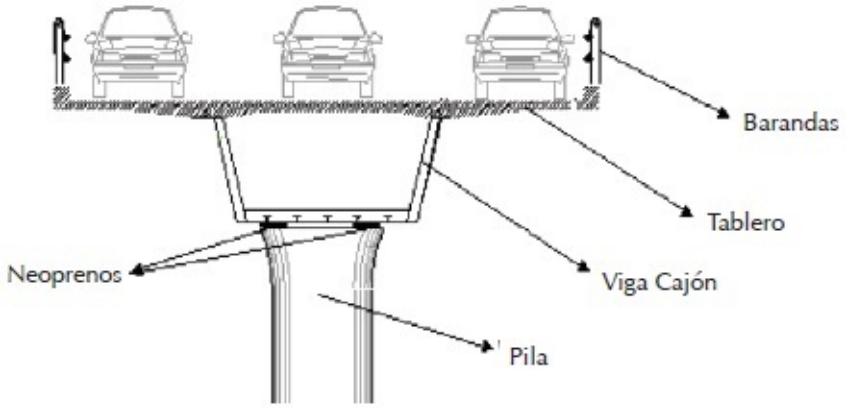
CONFORMADO POR VACÍO O TERMOFORMADO

El proceso de conformado por vacío consiste en dar forma a una lámina termo-plástica para obtener un objeto tridimensional. La lámina es ablandada por calor, luego es forzada contra un molde mediante vacío o presión de aire, o una combinación de estos y finalmente se enfría. Se utilizan varias técnicas:

- Conformado por vacío.
- Conformado por presión con ayuda de tapón.
- Conformado colgado.

CONFORMADO SOBRE ALMOHADILLA DE CAUCHO

El proceso equivalente para láminas metálicas es el de conformado sobre almohadilla de caucho. La lámina recocida se coloca sobre un molde y sobre éste se prensa un plato con base de caucho duro y se conforma la lámina en el molde, según si se utiliza de macho o hembra.

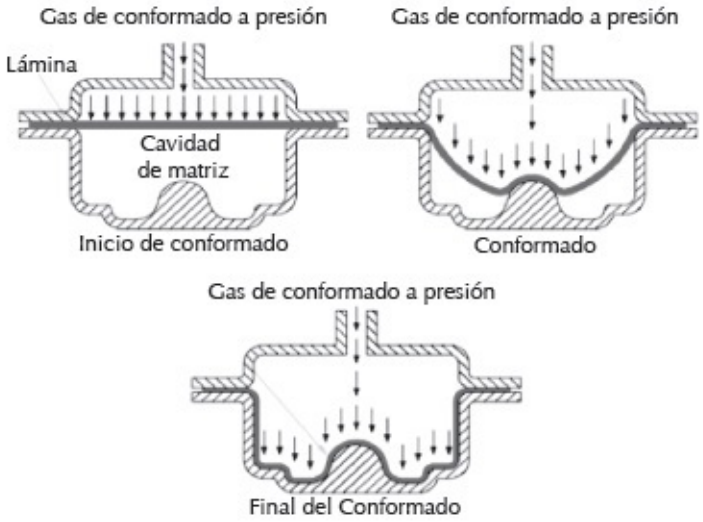


Gráfica 120. Conformado sobre almohadilla de caucho
Fuente: *app.idu.gov.co*

CONFORMADO SUPERPLÁSTICO

Metales de grano extremadamente fino (aleaciones de cinc y aluminio o titanio) muestran características superplásticas en ciertas condiciones de temperatura y permiten tener alargamientos muy grandes con fuerzas de deformación muy pequeñas.

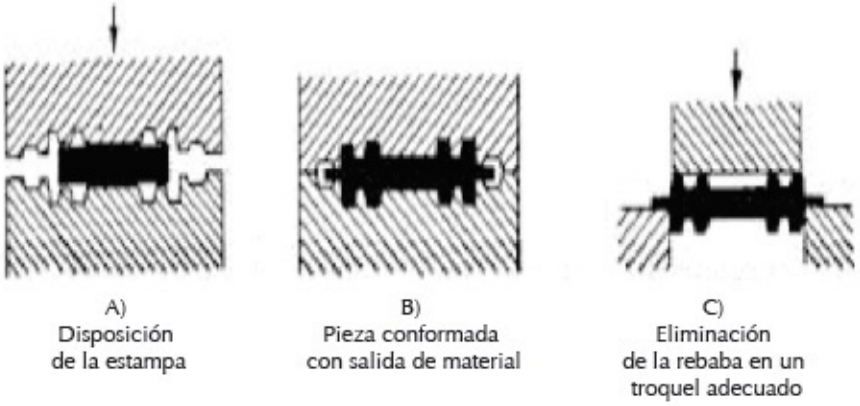
Aun así presenta alta resistencia a temperaturas normales. Estos materiales se pueden constituir en formas complejas mediante procesos que usualmente se limitan a polímeros.



Gráfica 121. Conformado superplástico
Fuente: *interempresas.net*

ESTAMPADO

En esta técnica el punzón y el dado se maquinan para acoplarlos entre sí, con tolerancia para que el espesor del material entre. La operación es de embutido o de estirado, y un lado es el reverso del otro.



Gráfica 122. Estampado
Fuente: *conformadomecanicodepiezasdtc.weebly.com*

CORTE

El corte sencillo de una lámina de material metálico o de otro material a lo largo de una recta es ejecutado mediante una guillotina manual o eléctrica.



Gráfica 123. Corte de lámina
Fuente: *laminasenmonterrey.com*

DOBLEZ

El doblez en lámina se hace en dobladora o plegadora, donde el material se sujeta a la cama de la máquina con la línea de doblez situada a lo largo del borde y una placa embisagrada dobla la parte que sobra del borde.



Gráfica 124. Doblez de lámina
Fuente: *www.laminaacrilica.com.mx*

DOBLADO DE TUBO

El doblez puede hacerse manual o en máquinas de control numérico. Manualmente se coloca el tubo en un molde con radio de doblez requerido y un formador que sirve de apoyo en el punto de doblez y se aplica la carga mediante un patín con ranuras progresivas alrededor del doblez.



Gráfica 125. Doblado de tubo
Fuente: *www.youtube.com*

ABRASIÓN

A diferencia de la mayoría de los procesos de corte, el acabado por abrasión es el proceso más empleado para dar gran exactitud dimensional y acabado superficial.

Un abrasivo es una partícula dura, pequeña y no metálica que tiene aristas agudas y forma irregular; son capaces de quitar pequeñas cantidades de material de una superficie mediante un proceso de corte que produce virutas diminutas.

El uso de abrasivos es útil para rodamientos de bolas, rodillos, pistones, válvulas, cilindros, levas, engranajes, herramientas de corte, matrices, afilar cuchillos y todos los instrumentos que suelen requerir gran precisión dimensional y acabado superficial, así como el uso de lija para alisar superficies y aristas agudas.



Gráfica 126. Abrasivos
Fuente: *www.investigacionyciencia.es*

Los tipos de abrasivos usados en procesos de manufactura son:

Abrasivos convencionales:

- Óxido de aluminio (AI_2O_3).
- Carburo de silicio (SiC).

Superabrasivos:

- Nitruro de boro cúbico (cBN).
- Diamante.

Abrasivos aglomerados (piedras abrasivas):

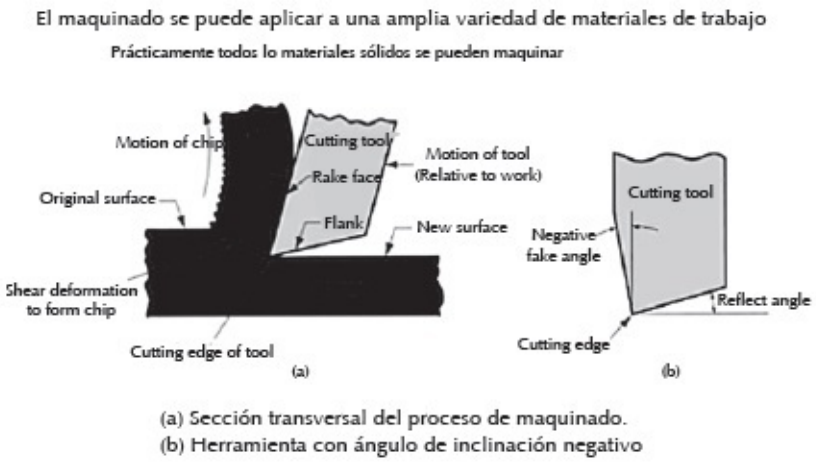
- Vitrificados.
- Resinoides.
- Hule.
- Aglomerantes metálicos.
- Otros aglomerantes de silicatos, goma laca y oxicloruro.

MAQUINADO

El proceso de dar forma a un producto mediante eliminación de material tiene varias técnicas basadas en una operación de corte por medio de una herramienta o cuchilla. Las operaciones de maquinado se dividen en dos categorías: la primera, en donde la pieza de trabajo se mueve mientras que la herramienta esta fija, que corresponde al torneado; en la segunda ocurre lo contrario, ya que la herramienta se mueve mientras la pieza permanece sujetada, lo que corresponde al fresado, cepillado, taladrado y rectificado. Las principales máquinas para esta clase de trabajos son:

- Torno básico.
- Torno revolver.
- Torno automático.
- Torno de control numérico.
- Fresadora.

- Fresadora vertical o ranudadora.
- Cepillo.
- Rectificado.
- Sierra de brazo superior.
- Sierra de corte.
- Taladro.



Gráfica 127.
Fuente: *es.slideshare.net*

PROCESOS AVANZADOS DE MAQUINADO Y NANOFABRICACIÓN

Hay casos en que los procesos de maquinado no son satisfactorios ni económicos ni posibles, por diferentes razones:

- Dureza y resistencia del material.
- Material o pieza demasiado flexible.
- Formas complejas como perfiles internos y externos, y orificios para inyección de combustible.
- Acabado superficial y tolerancia dimensional
- Aumento de temperatura y esfuerzos residuales.

En estos casos se utilizan los siguientes procesos:

- Maquinado químico.
- Maquinado electroquímico.
- Maquinado con electroerosionadora de penetración.
- Maquinado de electrosionadora de hilo.
- Maquinado con rayo láser.
- Maquinado con haz de electrones y corte con arco de plasma.
- Maquinado con chorro de agua.
- Maquinado con chorro abrasivo.
- Nanofabricación.

- Micromaquinado.



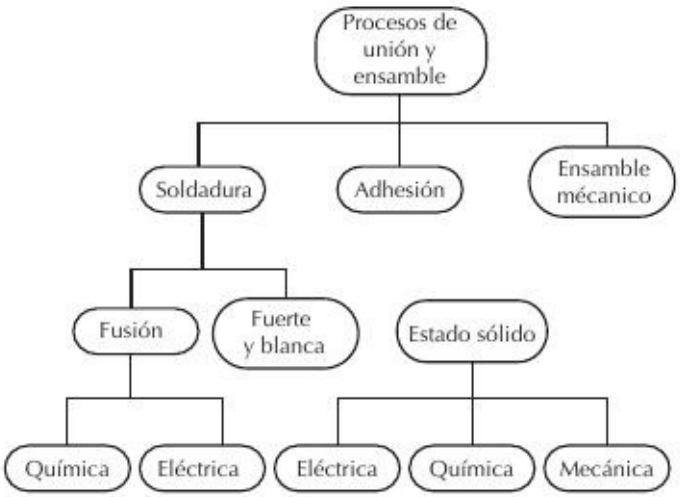
Gráfica 128. Maquinado
Fuente: *serch-ruizea.blogspot.com*

PROCESOS DE UNIÓN

Las piezas producidas por cualquier método se pueden unir para formar cuerpos más grandes y complejos. Algunas uniones son puramente mecánicas; dentro de esta categoría, los dispositivos que establecen uniones semipermanentes (como tornillos y pernos) son adecuadamente considerados como medios de ensamble. Las uniones permanentes se derivan de los procesos de trabajo de metal, las técnicas de estado sólido se basan en la adhesión y en la deformación, las soldaduras de fusión están relacionadas con los procesos de fundición, y los procesos líquidos/sólidos recurren a las tecnologías de solidificación, adhesión y de polímeros. Sin embargo, existen diferencias sustanciales en la forma en que se llevan a cabo estos procesos y estas serán el centro de atención. Donde sean aplicables, los procesos se identificaran por los nombres y abreviaciones dadas por la American Welding Society.

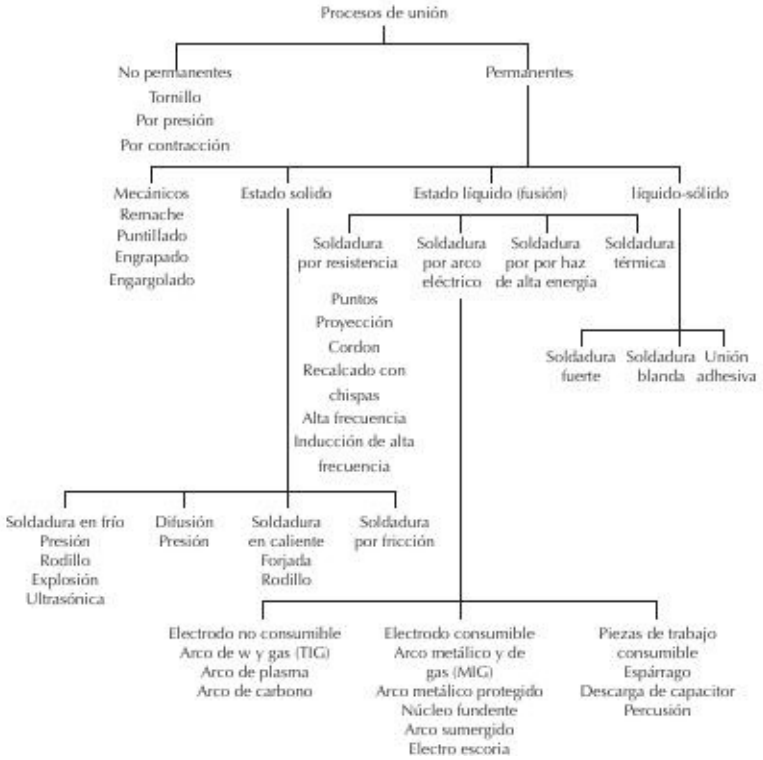
Los procesos de unión exigen una habilidad considerable. Los humos, los altos voltajes eléctricos y las altas temperaturas requieren protección del operador. Por estas razones, los esfuerzos tienen como objetivo eliminar la participación del operador para mejorar la

productividad y los costos.



Gráfica 129. Clasificación de los procesos de union y ensamble
Fuente: *slideplayer.es*

Los procesos se muestran en el gráfico siguiente siguiente:



Gráfica 130. Procesos de unión

Se han desarrollado diversos procesos de soldadura que difieren ampliamente en el modo de aplicar:

- Soldadura fuerte:

- Soplete.
- Horno.
- Inducción.
- Resistencia.
- Inmersión.
- Infrarrojo.
- Soldadura por forja:
  - Manual.
  - Máquina.

- Por laminado.
- Con martinete.
- Con matriz.
  - Soldadura con gas:

- Aire acetileno
- Oxiacetileno.
- Oxihidrógeno.
- Bajo presión
- Soldadura por resistencia:
  - De puntos.
  - De costura.
  - De resaltes.
  - A tope.
  - Chisporroteo.
  - Percusión.

- Soldadura por inducción:
  - Alta frecuencia.

- Soldadura por arco:
  - Electrodo de carbón:
    - Protegido.
    - No protegido.

  - Electrodo metálico:
    - Protegido:
      - Arco protegido.
      - Arco por puntos.
      - Hidrógeno atómico.
      - Gas inerte.
      - Arco sumergido.

    - De espárragos.
    - Electro escoria.

- No protegido:
  - Metal desnudo.
  - De espárragos.

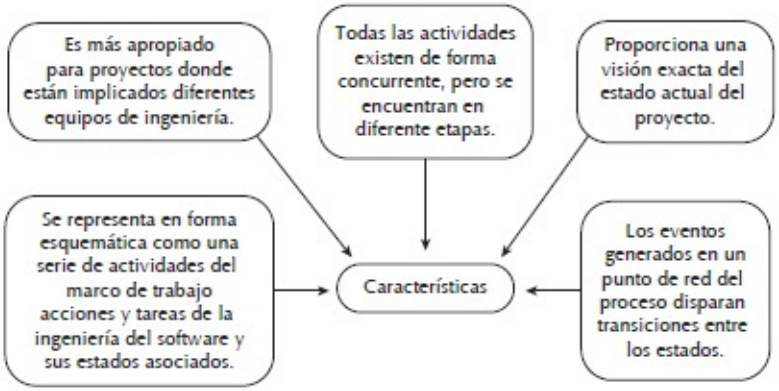
- Haz de electrones.
- Soldadura por láser.
- Soldadura por fricción.
- Soldadura aluminotérmica.
  - Bajo presión.
  - Sin presión.

- Soldadura por vaciado.
- Soldadura en frio:
  - Bajo presión.
  - Por ultrasonido.

- Soldadura por explosión.

INGENIERÍA CONCURRENTE O SIMULTÁNEA

Es un procedimiento sistemático que integra el diseño y la manufactura de los productos, y mantiene a la vista la optimización de todos los elementos involucrados en el ciclo de vida del producto: el diseño, la producción, la distribución, el uso y la eliminación/reciclado, los cuales se consideran de una manera simultánea.



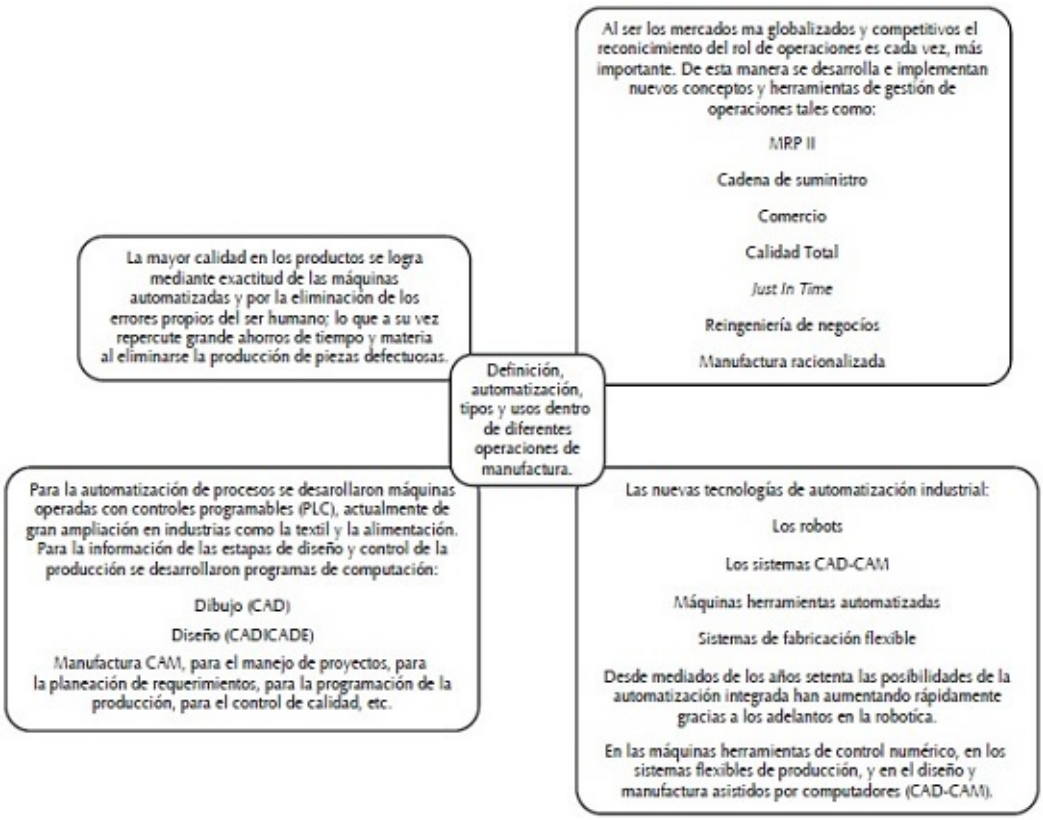
Gráfica 131. Características ingenieria concurrente
Fuente: *elaboración propia*

Las metas básicas de la ingeniería concurrente son reducir los cambios en diseño, ingeniería de producto, tiempo y costos involucrados en el proceso de tomar el producto de su concepto

de diseño a su producción e introducción en el mercado.

La función económica de la manufactura es proporcionar abundancia y crear la base económica para mejorar la calidad de vida.

Es claro que el PIB visto como la suma de los bienes y servicios que se producen puede tomarse como la tasa del bienestar material y como una medida de la calidad de vida. Es evidente que la riqueza material proviene de distintas fuentes: los recursos materiales, los insumos, la energía y la mano de obra empleada; pero hoy hay una gran participación de los servicios de investigación, el diseño, el financiero, la hotelería, el mantenimiento, la consultoría y el turismo. La riqueza se genera con mayor abundancia produciendo artículos y servicios en donde el conocimiento esté implícito.



Gráfica 132. Automatización
Fuente: *Itescam.com*

MANUFACTURA SECUENCIAL

ANTECEDENTES

La manufactura secuencial es un proceso revolucionario en la producción industrial cuya base es la línea de ensamble de producción. Su idea teórica nace en el taylorismo, pero madura en el siglo XX con Henry Ford. A finales del siglo XX es superada por una nueva forma de organización industrial llamada taylorismo que se ha profundizado en el siglo XXI. La

división del trabajo no bastó para aumentar la velocidad en la producción, por lo que fue necesario eliminar el tiempo inútil o mal gastado en el proceso productivo.

La manufactura secuencial es un sistema integrado por máquinas-herramientas enlazadas mediante un sistema de manejo de materiales automatizados operados automáticamente con tecnología convencional. Consta de una línea de producción con varias estaciones de trabajo donde solo se completa una parte del ensamble en cada estación y el sistema pasa a la próxima estación para continuar con el proceso de ensamble.

Las tareas se disponen unas a continuación de otras siguiendo el orden necesario para transformar los materiales en productos terminados.

Un proceso continuo se caracteriza porque las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema, al mismo tiempo que en el otro extremo se obtiene de forma continua el producto elaborado.

Características:

- Alto volumen de producción.
- Equipo de uso especializado.
- Mezcla de productos restringida.
- Operaciones de capital intensivo.
- Productos estandarizados.
- Seguimiento de una secuencia de elementos encadenados.

Diagramas de bloque:

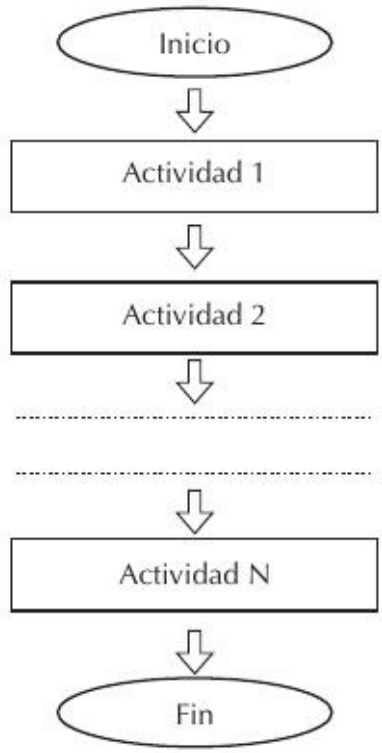
Visión global

Actividad secuencial normal

Representación simplificada de un proceso

No requiere decisiones

Los organigramas son diagramas de bloque



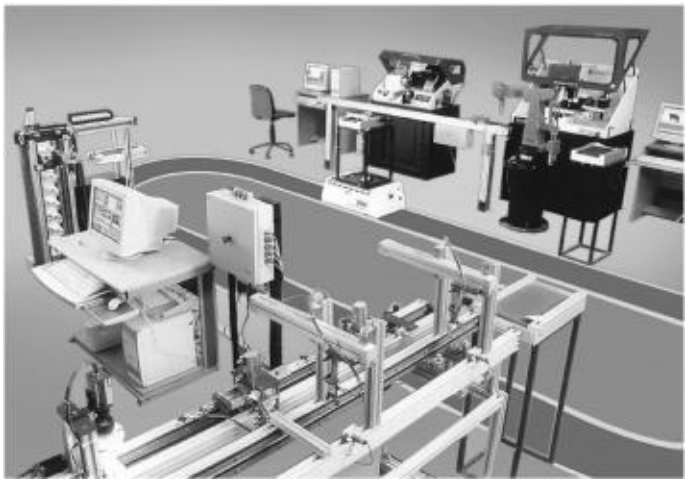
Gráfica 133. Procesos y su representación
Fuente: *es.slideshare.net*

MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR

La ingeniería asistida por computador sirve para ayudar en las tareas de análisis de ingeniería que incluyen Análisis de Elementos Finitos (FEA, por sus siglas en inglés de *Finite Element Analysis*), Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), Sistemas Multicuerpos (MDB) y optimización.

Diseño Asistido por Computador (CAD).

Este diseño implica un desarrollo tecnológico computacional para llevar a cabo tanto el diseño de un producto como su documentación de esta fase, que se encuentra dentro del proceso de ingeniería. El CAD puede facilitar la fabricación a fuera y transferir los planos detallados de los materiales, procesos, tolerancias y dimensiones del producto. Es posible usarlo para generar esquemas 2D o 3D, los cuales pueden rotarse para ser vistos desde cualquier ángulo, incluso desde dentro hacia afuera.



Gráfica 134. Manufactura integrada por computador
Fuente: *www.mtabindia.com*

El diseño asistido por computador es el uso de sistemas computacionales para asistir la creación, modificación y optimización de un diseño. Usualmente, se le considera un programa de ingeniería.

Los programas CAD pueden:

- Incrementar la productividad del ingeniero.
- Mejorar la calidad del diseño.
- Mejorar la comunicación a través de la documentación.
- Crear una base de datos para la manufactura.

CAD es una de las muchas herramientas empleadas por ingenieros y diseñadores; es una pieza clave en las actividades de Desarrollo del Producto Digital (DPD), que a su vez forma parte de los procesos de gestión del Ciclo de Vida del Producto (CVP). Los programas CAD son

empleados con otras herramientas, ya sea integradas como módulos al sistema o como productos independientes, tales como:

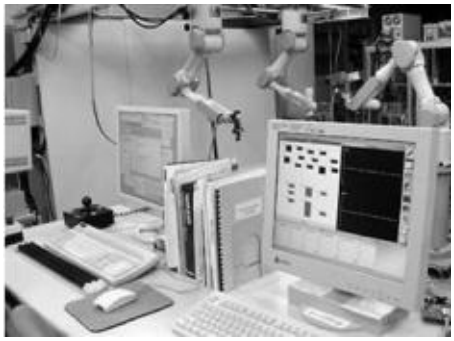
- Ingeniería Asistida por Computador (Computer Aided Engineering - CAE por sus siglas en inglés).
- Fabricación Asistida por Computador (CAM).
- Render foto realístico.
- Gestión de documentación y control de revisiones a través de la Administración de Datos del Producto (PDM).

CAD ha probado ser efectivo, gracias a cuatro propiedades:

- Historia, para ver las características del modelo y trabajar solamente en un punto, en lugar de revisar todo el prototipo.
- Características.
- Definición de parámetros, para determinar el tamaño, forma, etc.
- Restricciones de alto nivel.

Diseño Asistido para Ingeniería (CAE).

Este diseño es utilizado, por ejemplo, para analizar la solidez y el rendimiento de los componentes y ensambles. El término abarca simulación, validación y optimización de productos y de herramientas de fabricación. En el futuro, los sistemas CAE serán los mayores proveedores de información para el soporte de los equipos de diseño en la toma de decisiones.



Gráfica 135. Diseño CAD y CADE
Fuente: *www.arqhys.com*

Con respecto a las redes de información, los sistemas CAE son considerados nodos individuales en el total de la red y cada nodo puede interactuar con otro. Estos juegan un papel en el método de elementos finitos que utiliza la geometría del modo existente para construir una red nodal a lo largo de él. Entonces, esto es empleado para determinar cómo se desempeñará, basado en la introducción de parámetros que la pieza experimentará en el mundo real. Los siguientes parámetros son usados frecuentemente en la ingeniería mecánica para

simulaciones:

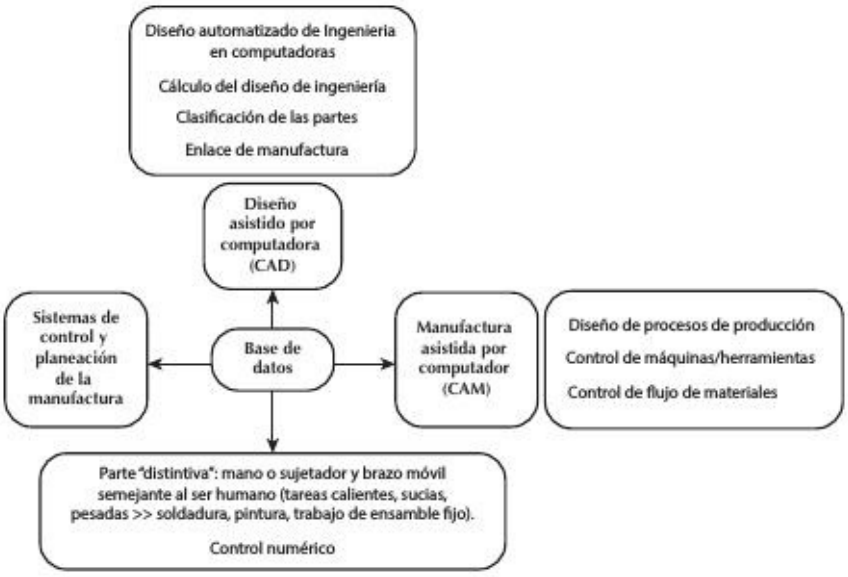
- Temperatura.
- Presión.
- Interacciones de los componentes.
- Fuerzas aplicadas.

La mayoría de parámetros que se utilizan para la simulación están basados en el ambiente y en las interacciones que el modelo debería experimentar una vez que empiece a operar. Estos son introducidos en el programa CAE como una manera de ver si la pieza examinada podría manejar teóricamente las limitaciones del diseño.

Los sistemas CAE pueden asistir a los negocios como arquitectura de referencia y sus capacidades para colocar información en el proceso del negocio. La arquitectura de referencia es la base del modelo de información, especialmente del producto y de la manufactura.

Las áreas que CAE cubre son:

- Análisis de estrés y dinámica de componentes y ensambles con empleo de FEA.
- Análisis termal y de fluidos gracias al uso de CFD.
- Sistemas Multicuerpos (MBD) y cinemática.
- Herramientas de análisis para simulación de procesos de fabricación.
- Optimización del proceso de documentación.
- Optimización del desarrollo del producto.
- Verificación inteligente de las inconformidades.



Gráfica 136. Bases de datos
Fuente: *slideplayer.es*

Diseño Asistido para Manufactura (CAM).

Este diseño se define por el uso de un programa computacional para controlar las máquinas -

herramienta y otra maquinaria involucrada en el proceso de manufactura. Técnicamente, no es considerada un sistema para programas de ingeniería, sino una suerte de maquinista en la fabricación. Sin embargo, a menudo, los ingenieros son expuestos a ella. CAM puede referirse también al uso de la computadora para asistir todas las operaciones de una fábrica, incluyendo la planeación, administración, transporte y almacenamiento. Su propósito principal es crear un proceso de producción más rápido con componentes y herramientas más precisos, así como con consistencia del material. CAM es posterior a CAD y algunas veces ocurre después de CAE, pues un modelo generado en CAD y verificado en CAE puede introducirse en un programa CAM, que controlan las máquinas-herramienta.

El empleo de CAM en Control Numérico por Computadora (CNC) incluye:

- Fresadoras.
- Tornos.
- Grabadoras.
- Lijadoras de superficies.
- Soldadoras.
- Electroerosión o manufactura por descarga eléctrica.

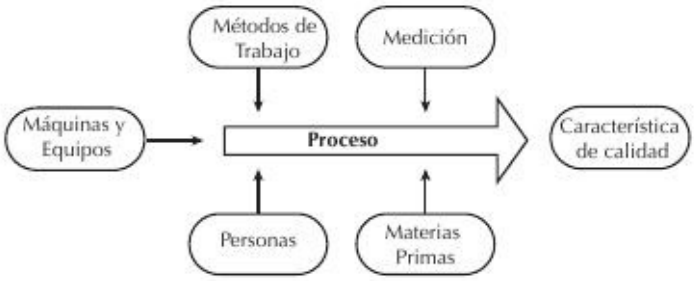
Todo lo que se le pedirá a un operador con máquinas herramientas convencionales es susceptible de programación con máquinas de CNC.

CAM provee instrucciones paso a paso para las máquinas herramienta, de manera que se complete la fabricación del producto. Antiguamente un maquinista tenía que capturar las instrucciones en el código antes de implementar el programa; esta introducción manual podía ser muy laboriosa, dependiendo de la complejidad del producto final. CAM simplificó el proceso gracias a la incorporación de un programa inteligente que desarrolla el código basado en la plataforma de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI). Esto hizo que la escritura del código de fabricación fuera más sencilla, y casi que la tarea se resume en hacer clic en el botón del proceso deseado para generar el código de la máquina CNC.

ESTRATEGIAS DE CONTROL DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA

CONTROL MANUAL

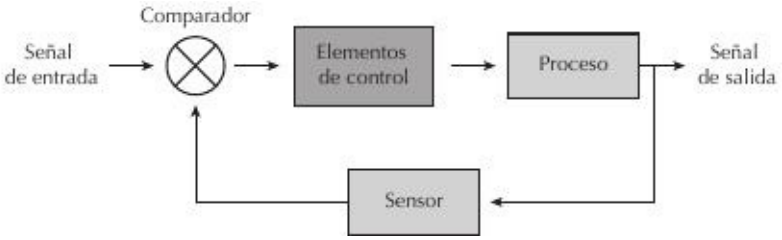
Estas estrategias consisten en examinar el estado de la máquina, determinar los cambios necesarios y comunicar al sistema. Dentro del proceso es necesario montar y fijar la pieza a trabajar y fijar la velocidad, la alimentación, el soporte de la herramienta y el desgaste de la herramienta se cambiarán cuando sea necesario.



Gráfica 137. Control de procesos
Fuente: *controlproductos.blogspot.com*

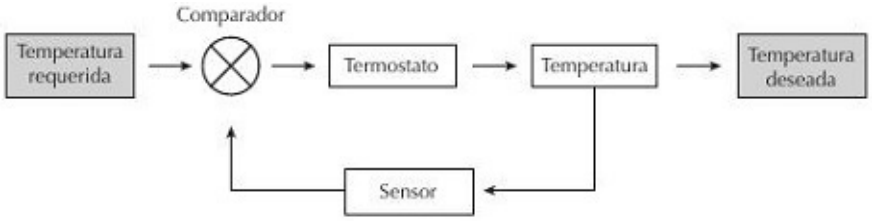
CONTROL DE LAZO CERRADO

En este proceso las acciones se toman mediante servomotores que pueden ser mecánicos (leva, palanca, eslabonamiento), electromecánico (motor de corriente alterna o directa, motor de paso), hidráulicos o neumáticos (motor o cilindro); para cualquiera de estos aún es necesario un operario.



Gráfica 138. Control de lazo cerrado
Fuente: *guinea-edeso.blogspot.com*

El circuito de control está cerrado cuando los detectores proporcionan retroalimentación al sistema. La señal se procesa por un computador que la coteja con la señal de control y después emite una señal de error para corregir la posición. En otras aplicaciones, el control mantiene la velocidad u otro parámetro en un nivel fijo.

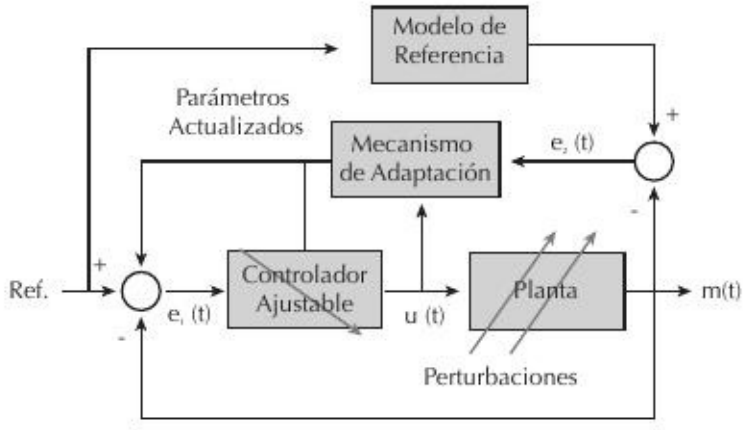


Gráfica 139. Control de lazo cerrado
Fuente: *www.emaze.com*

CONTROL ADAPTATIVO

Es un nivel de control más alto; puede llegar a remplazar completamente al operador. Se usan

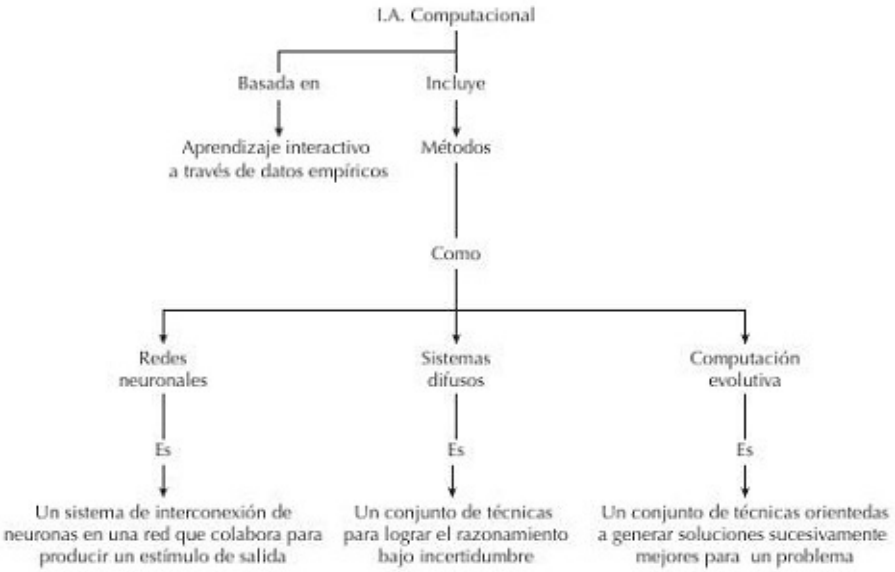
detectores para proporcionar retroalimentación de entradas secundarias que se procesa de manera que la unidad de control pueda aplicar una acción correctiva apropiada, lo cual será exitoso solo si se formula un modelo suficientemente cuantitativo del proceso o sistema.



Gráfica 140. Control Adaptativo con Modelo de Referencia (MRAC)
Fuente: *es.slideshare.net*

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Consiste en dotar al control de alguna medida de inteligencia, la cual se diseña para resolver un problema de la forma como las personas lo hacen; es capaz de algún razonamiento, puede aprender de la experiencia y hacer una auto programación.



Gráfica 141. Inteligencia artificial
Fuente: *cursa.ihmc.us*

AUTOMATIZACIÓN

Indica aspectos de manufactura en los que la producción, el movimiento y la inspección se realizan por máquinas que se operan así mismas sin la intervención humana. Hay varios niveles de automatización:

- **Mecanización:** Significa que algo opera por maquinaria, no a mano.
- **Automatización:** Se utilizan dispositivos programables, cuya flexibilidad puede ser muy diferente, como por ejemplo:
- **Automatización dura:** Son métodos de control que requieren un esfuerzo considerable para reprogramar las diferentes operaciones.
- **Automatización suave o flexible:** Implica reprogramación con un cambio de software.



Gráfica 142. Automatización
Fuente: *www.ideasautomatizacion.com*

CONTROL NUMÉRICO (CN)

El control número es el uso de instrucciones codificadas simbólicamente para el control automático de un proceso. Se han desarrollado varias formas de CN:

Control numérico básico.

Incluye la Unidad de Control de la Máquina (UCM) que contiene la lógica que se requiere para traducir información a una acción apropiada; servomotores o dispositivos de retroalimentación y circuitos asociados. El plan de acción es proporcionado por los UCM en forma de un programa preparado por un programador o por el operador de la máquina y leídos en el UCM equipado para realizar varias funciones, como por ejemplo:

- Máquina herramienta equipada con dos servomotores colocados en las coordenadas *x-y*: La UCM puede realizar cortes en sentido x de un punto a otro y luego en sentido *y* de un punto a otro.
- En los sistemas de contorno curvo: La UCM se programa para descomponer el contorno en segmentos más cortos y para interpolar entre los puntos extremos de los segmentos. La

interpolación lineal aproxima el perfil curvo en pequeñas longitudes rectas, para cortar el contorno de la figura curva.



Gráfica 143. Control numérico
Fuente: *macrodidactica.wordpress.com*

Control Numérico por computadora (CNC)

Las funciones de la UCM son parcial o totalmente asumidas por una computadora. El programa se lee en la memoria del computador, obteniendo una mayor flexibilidad ya que se puede reprogramar fácilmente. Por ejemplo, se puede trazar una curva compleja sin ningún rompimiento en la continuidad, con lo cual se obtiene la aproximación más cercana al contorno deseado. Se puede, también, agregar programas que proporcione funciones tecnológicas. Los micro procesadores, usados en lugar de los circuitos CN, son más confiables y pueden tener características de autodiagnóstico. La computadora tiene memoria suficiente para almacenar los programas necesarios para una operación programada.

Tanto el CN como el CNC elevan la productividad, aumentan la precisión, la calidad y la confiabilidad del producto final. El CNC minimiza los errores y reduce los costos generales.

Control Numérico Directo (DNC)

Con este control varias máquinas herramienta se conectan a una computadora central, la cual almacena todos los programas y emite los comandos de CN a todas las máquinas. Actualmente cada máquina tiene su propia computadora y la ← 169 | 170 →central solo se emplea para almacenar, bajar, editar y monitorear programas, así como para proporcionar funciones de supervisión y administración.

Es un concepto que une un computador con varias máquinas CNC para controlarlas y recibir información de ellas, para poder administrar la manufactura de la mejor manera

Esta información puede ser de conteo de piezas, tiempo de desuso de la máquina o información sobre el control de calidad

Gráfica 144. Controles Computacionales Control numèrico o distributed numerical control - DNC
Fuente: *Dr. Benito Zárate Otálora*

Controladores Lógicos Programables (CLP)

Con estos controladores la ventaja es que la memoria se puede reprogramar con un tablero de programación o una computadora. Con frecuencia la integración de los aspectos mecánicos y electrónicos se les denomina mecatrónica.

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC, siglas en inglés) o autómata programable a todo aparato electronico diseñado para controlar en tiempo real en el medio industrial, procesos sucenciales.

Se lo puede definir como una caja negra en la existen:

Terminales de entrada a los que se conectan pulsadores, finales de carrera, fotocédulas, detectores;

Terminales de salida a los que se conectan bobinas de conectores, electroválvulas, lámparas.

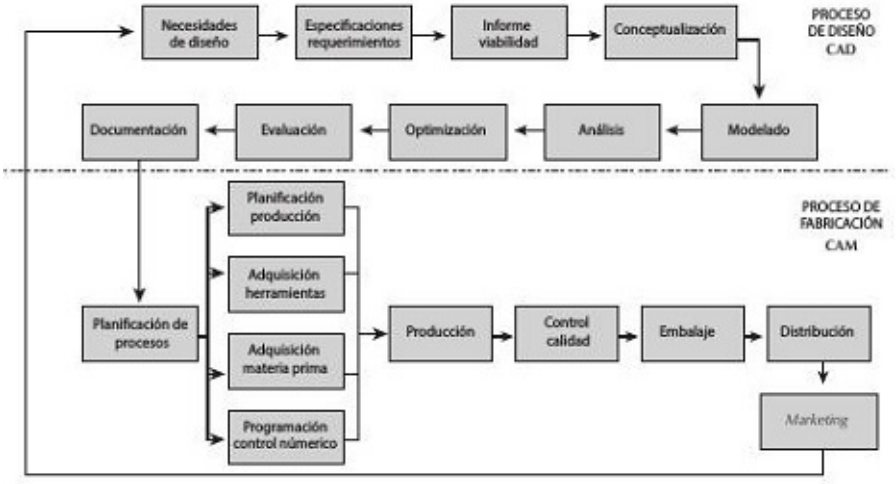
Gráfica 145. ¿Que es un PLC?
Fuente: *slideplayer.es*

Programación del control numérico

Esta programación comienza definiendo la secuencia óptima de operaciones y las condiciones del proceso para cada una. Las características geométricas de la pieza se usan para calcular la trayectoria de la herramienta. El programa resultante puede ser muy general y se debe convertir, con la ayuda de un programa denominado post-procesador, en una forma aceptable para el control particular de máquina herramienta. Básicamente existen cuatro aproximaciones:

1. Programación manual: todos los elementos del programa se calculan por un programador calificado de partes, quien los pone en instrucciones generales estandarizadas. La programación es laboriosa y actualmente está limitada en gran parte a programas de punto a punto.
2. Programación asistida por computador: el programa se comunica con un sistema de software en un lenguaje de propósito especial. Los lenguajes de programación traducen la información de entrada en una forma entendible para el computador, de manera que pueda realizar los cálculos necesarios, incluyendo la compensación para las dimensiones de la herramienta.
3. CAD/CAM*:* cuando las piezas se diseñan en CAD la base de datos numérica puede ser usada para generar el programa en la terminal de gráficas, ya sea por un programador o por el diseñador de la pieza, con la ayuda del software CAD/CAM. El programa se puede verificar de inmediato viendo en un terminal la presentación de video la

trayectoria de la herramienta en relación con la pieza. La programación es rápida y relativamente económica.



Gráfica 146. CAD/CAM
Fuente: *elaboración propia*

4. Entrada manual de datos: muchas máquinas herramientas de CNC están equipadas con una pantalla de VDT y software que prepara el programa de la pieza. El operador introduce información para definir la geometría de la pieza, el material y las herramientas. La técnica es económica porque permite la programación mientras otra aplicación está corriendo.

EJERCICIOS

- ¿Qué diferencia existe, desde el punto de vista de manufactura, entre el hombre y los demás animales?
- ¿Con qué se relaciona la economía de manufactura?
- ¿Qué involucra, en el sentido moderno, la manufactura?
- ¿Con qué se inició la manufactura?
- Defina y enumere los pasos de un proceso de manufactura de su elección.
- ¿Qué interacciones comprende el diseño de procesos de manufactura?
- ¿En qué consiste la fabricación eco-eficiente?
- ¿Cuáles son los principales tipos de materiales usados en los procesos de manufactura?
- Enumere los principales tipos de procesos de manufactura.
- ¿En qué consiste el proceso de fundición?
- Enumere los principales procesos de fundición.
- ¿En qué consiste el molde de yeso y cuál es su uso?
- ¿En qué consiste la fundición a la cera perdida y cuál es su principal aplicación?
- ¿Qué es el moldeo y cuantos tipos de moldeo existen?
- ¿En qué consiste el proceso de forjado y cuantas clases de forjado existen?

- Defina el punzonado.
- ¿En qué consiste la extrusión por impacto?
- ¿Cómo se realiza la extrusión de plástico?
- ¿En cuántas categorías se hace la técnica de deformación por laminado plástico?
- ¿Cómo se hace el proceso de estirado?
- Explique brevemente como se hace el pos formado hidráulico.
- ¿En qué consiste el moldeo rotacional?
- Clasifica el moldeo de materiales reforzados.
- Explique brevemente en que consiste el corte y el doblez de lámina.
- En que consiste el proceso de acabado por abrasión.
- Explique en que consiste el proceso de maquinado y enumere las principales clases de máquinas en que se hacen estos procesos.
- Enumere las razones por los cuales los procesos de maquinado no son posibles, ni económicos, ni satisfactorios.
- ¿Qué otros procesos se pueden utilizar para satisfacer las dificultades, economía y calidad de productos terminados?
- Enumere los principales procesos de unión que existen actualmente.
- ¿Cuáles son las características de la ingeniería concurrente?
- ¿En qué consiste la manufactura secuencial y cuáles son sus principales características de utilización?
- ¿En qué consiste la manufactura integrada por computador?
- ¿Para qué sirven los programas CAD?
- ¿Qué son los sistemas CAE y que áreas cubre?
- ¿Cómo se define el programa CAM y que maquias los pueden usar?
- ¿En que se basa el Control Numérico (CN), como se desarrolla, que funciones utiliza y cuál es su propósito?
- ¿Qué es un PLC?
- ¿Cuántas aproximaciones existen en la programación de control numérico?

CAPÍTULO IV

Localización o emplazamiento de empresas

Introducción

La eficacia, eficiencia, productividad, calidad y crecimiento de las empresas están en directa relación con la competitividad de las empresas. La innovación en productos, procesos y tecnología provoca una reacción en cadena sobre el aprovechamiento y conocimiento de la localización física.

Conforme al plan estratégico y desarrollo de los objetivos en las empresas es de gran importancia disponer de instalaciones próximas al campo de actividad y entorno de clientes externos e internos, proveedores, competidores, parques tecnológicos, etc., que ofrezcan ventajas competitivas por localización, infraestructura y cercanía al mercado.

Las causas de localización obedecen a diferentes razones dentro de las cuales encontramos las siguientes:

- Mercados en expansión.
- Nuevos productos o servicios.
- Contracción de la demanda.
- Agotamiento de fuentes de abastecimiento.
- Cambio de la demanda.
- Obsolescencia de la planta.

La empresa uo puede considerarse como un ente autónomo sino que además de los factores asociados a su emplazamiento o área industrial perimetral. deben considerarse factores relacionados con su entorno geográfico en un sentido más amplio.

Al plantear la ventaja competitiva de las naciones. Porter (1990) considera la existencia de lo que denomina *"el diamante"* formado por cuatro elementos:



- Las condiciones de los factores (disponibilidad y coste de los recursos necesarios para la actividad)
- Las condiciones de la demanda.
- La estructura, estrategia y rivalidad de las empresas.
- Los servicios conexos y de apoyo.



Gráfica 147. El entorno geográfico
Fuente: *slideplayer.es*

- Posición del mercado.
- Posición de la competencia.
- Cambios socio-políticos.
- Fusiones y adquisiciones de empresas.

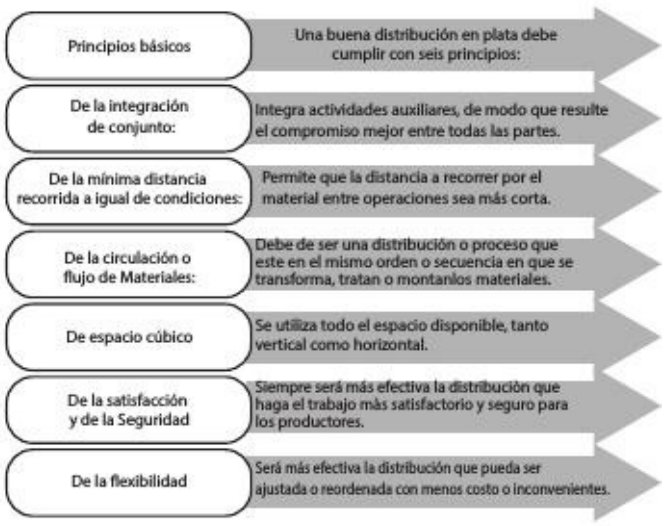
Los principios que se tienen en cuenta incluyen:

- El lugar donde los costos de producción y distribución sean mínimos.
- El volumen de venta y los precios deben conducir a la maximización de los beneficios.
- El impacto de la localización y un ágil servicio influirán sobre las decisiones de compra.
- La competitividad debe ser el balance de criterios de eficiencia, eficacia y productividad frente a los competidores.

Analizar todos los factores y variables a enfrentar usando los criterios que mejor convengan a los intereses empresariales es la tarea propuesta en este capítulo.

OBJETIVO

La localización de las empresas es la selección de un sitio que al funcionar genere la mayor seguridad, la menor inversión, los menores costos operativos y la mayor rentabilidad, favorable al desarrollo de las operaciones.



Gráfica 148. Principios básicos
Fuente: *slideshare.net*

Determinar el emplazamiento óptimo de los componentes que forman parte de un sistema productivo que permita y promueva eficiencia con el fin de:

a. Minimizar los tiempos muertos de los empleados y maquinas resultantes de movimientos innecesarios utilización dispareja y "embotellamientos".
b. Minimizar los inventarios en proceso.
c. Minimizar los costos de manipulación de materiales.
d. Minimizar los costos de operación y mantenimiento del equipamiento.
e. Proveer un lugar de trabajo seguro y placentero.

Factores de decisión

- Objetivo del layout es alcanzar un volumen determinado de producción y servicio a un nivel aceptable de costos.
- Estimación de la demanda del producto.
- Exigencias de manipulación de los materiales.
- Disponibilidad de espacio.

Tarea

- Traducir factores de decisión en estimaciones cuantitativas equivalentes a la capacidad deseada y ala capacidad disponible.
- Capacidad deseada es el volumen de posibilidades de producción que se desearía disponer para atender la demanda inmediata y demanda futura.
- Capacidad disponible es la que se podría conseguir con una distribución apropiada de los medios de producción existentes.

Problema

Elegir una medida adecuada y determinar el nivel de capacidad requerido,

comparando el existente con el necesario, para cumplir con las exigencias presentes y futuras.

Gráfica 149. Objetivos del *layout*
Fuente: *slideplayer.es*

El cumplimiento de este objetivo enfrenta algunos problemas alternativos de decisión, como

los siguientes:

- Requerimientos de localización
- Alternativas de localización:
  - Localizar el sitio para una empresa nueva.
  - Conservar el sitio actual y localizar un nuevo sitio.
  - Abandonar el sitio actual y recomendar uno nuevo.

- Evaluación de alternativas.
- Selección según criterios de insumos, procesos, producto, mercado y formas combinadas.

LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

La búsqueda del sitio apropiado puede abarcar la investigación de:

- Continente.
- País.
- Región.
- Ciudad.
- Barrio.
- Terreno.

La decisión dependerá de las ventajas que ofrezca el lugar frente a los factores seleccionados para cada caso en particular.



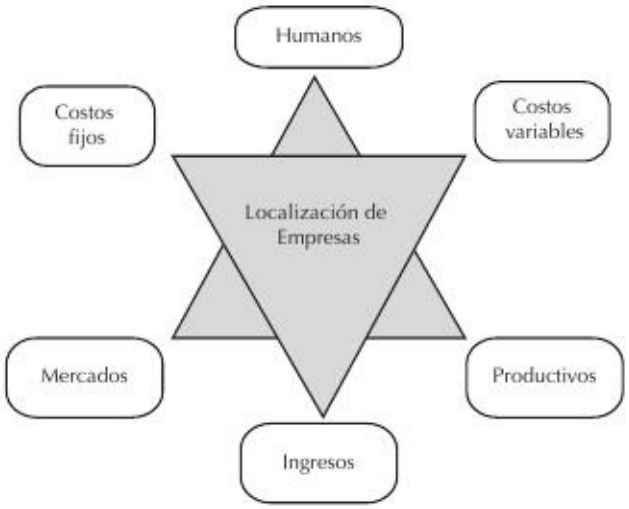
Gráfica 150. Principales áreas industriales del mundo
Fuente: *aprenderapensar.net*



Gráfica 151. Errores y prejuicios de las decisiones
Fuente: *slideshare.net*

FACTORES DE LOCALIZACIÓN

Los factores de localización pueden ser cualitativos o cuantitativos. Los factores de evaluación cualitativa son:



Gráfica 152. Factores de localización
Fuente: *elaboración propia*

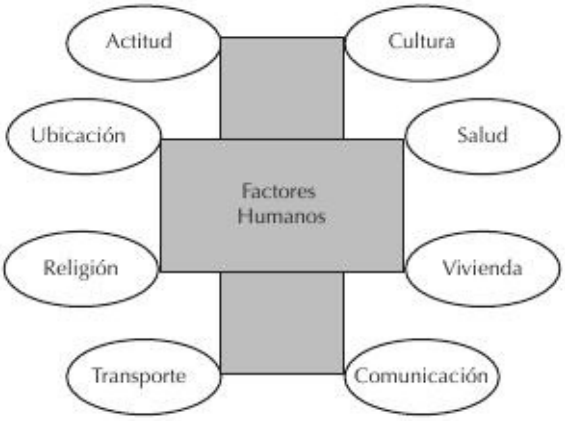
1. HUMANOS

Este factor comprende la actitud que la comunidad tenga frente a la empresa que se desea localizar. También abarcan aquellos factores que pueden influir, de alguna manera, tanto a la comunidad, como al personal que formará parte de la empresa; como son los factores de

distribución, ruido, olor, tensión, temperatura, vibración y, en general, las condiciones climáticas.

Igualmente se deben considerar la disponibilidad y costo de vivienda, aspectos culturales y religiosos (bibliotecas, teatros, cines, iglesias, etc.) la existencia de escuelas y centros de formación, así como hospitales, servicios médicos, laboratorios, etc. Asimismo, es importante tener en cuenta hoteles, restaurantes, instituciones recreativas, transporte para el personal y medios de comunicación en general (radio, televisión, servicio de correo electrónico, telefónico, celular, etc.)

Aceptación social. Que no perturbe ni genere conflictos con personas o entidades o grupos sociales que obliguen a la empresa a asumir costos extras.



Gráfica 153. Factores de localización cualitativos humanos
Fuente: *elaboración propia*

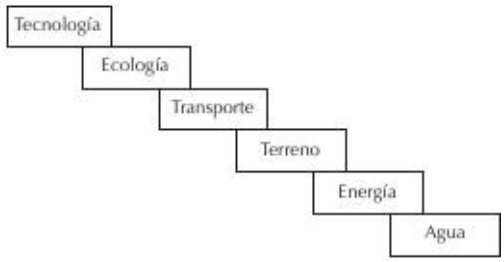
Se debe analizar el flujo de la circulación peatonal, calles llenas o vacías; monumentos famosos en las proximidades; si en frente hay un semáforo; otras empresas de categoría; comodidad de parqueo y fácil acceso. Antes de realizar un negocio o firmar un contrato de arrendamiento se debe preguntar:

- ¿Ha cerrado o quebrado algún negocio en este lugar?: Abrir un negocio donde otros han fracasado puede reducir las probabilidades de éxito. En este caso sólo una renovación espectacular en las inmediaciones del emplazamiento podrían contribuir al triunfo de una nueva empresa.
- ¿Está restringido el aparcamiento?
- ¿Hay transporte público bien situado?
- ¿Existen restricciones con respecto al diseño de la fachada?

2. PRODUCTIVOS

Este factor hace referencia principalmente al desarrollo de la tecnología, indispensable para determinar la productividad de la empresa en función de la capacidad real de la planta.

Así mismo tiene en cuenta las fuentes de energía en lo referente a su disponibilidad tanto eléctrica como combustible (carbón, petróleo, gas, fuel oíl, etc.); así como la cantidad de agua; la calidad; la confiabilidad y las características biológicas y químicas. También se focaliza en el análisis de los medios de transporte como ferrocarriles, carreteras, vías fluviales y marítimas, transporte aéreo, etc.



Gráfica 154. Factores de localización productivos
Fuente: *elaboración propia*

En este factor podemos incluir todo lo relacionado con el control ambiental, con el fin de evitar la destrucción del medio ambiente, situación que es controlada por el Estado mediante leyes y reglamentación oficial; lo cual acarrea tecnología especial para el tratamiento de desperdicios y control ambiental general.

3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:

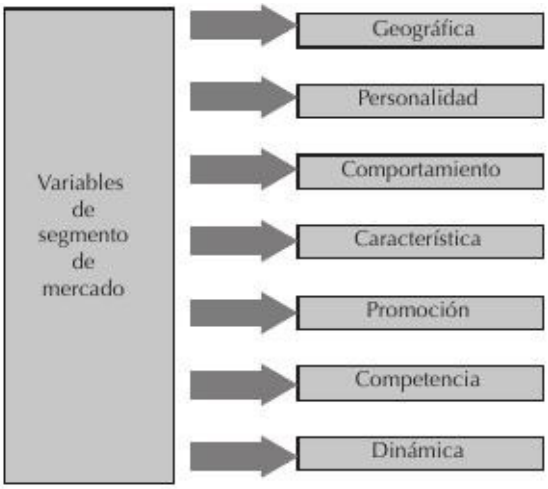
En esta característica se tienen en cuenta situaciones como la superficie requerida, la resistencia del terreno, la topografía, el drenaje, las restricciones legales, acceso de transporte, las facilidades de eliminación de desperdicios, la altura sobre el nivel del mar, la exposición a temblores y huracanes, etc.

4. MERCADOS

En este factor se estudia la segmentación del mercado. Que consiste en dividir la población en grupos significativos de compradores para encontrar el más atractivo para el servicio, producto o productos de la empresa que se estudia. Esta división de grupos puede hacerse según las variables siguientes:

- Socioeconómica: edad, sexo, ocupación, educación, ingresos, nacionalidad, clase social, etc.
- Geográfica: región, extensión, tamaño, densidad, clima, etc.
- Personalidad: autónoma, conservadora, líder, imperiosa, etc.
- Comportamiento: índice de uso, clase de comprador, motivo de compra, lealtad, sensibilidad al precio, servicio, publicidad, etc.
- Característica del producto: tamaño, peso, composición, seguridad, embalaje, y otras características constituyen pautas decisivas a la hora de localizar una planta.
- Promoción de exportaciones: colocar una planta en un sitio que ofrezca facilidades de

exportación le permitirá una posición competitiva por la amplitud del mercado que puede lograr la empresa en estudio.



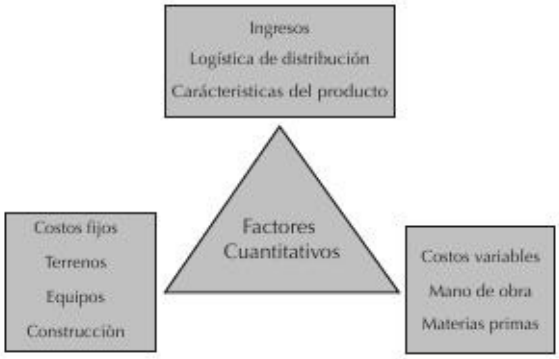
Gráfica 155. Variables del segmento del mercado
Fuente: *elaboración propia*

- Competencia y concentración industrial: la eficiencia y la efectividad de la planta exige tecnología y mano de obra calificada que debe ofrecer el medio en donde se localice una empresa.
- Dinámica de la demanda: la localización debe adaptarse a las necesidades y conveniencias del cliente y su desarrollo. Enfocarse en la distribución y proximidad de los mercados. Lo ideal es que la localización permita atender clientes con la prontitud que lo requiera sin incrementar su costo y con la mayor seguridad y cuidado para el producto.

Los factores cuantitativos son los referentes a:

1. *Costos fijos*

Generalmente ocurren sólo una vez y deben recuperarse a partir de los ingresos. Si la inversión es rentable se procede a la evaluación de disponibilidad y costos de instalación acorde con las decisiones de producto y proceso. Se deben tener en cuenta las adquisiciones de terrenos, las construcciones nuevas, adicionales, las reformas, arriendos, compras de equipos y herramientas, costos por instalación de servicios y pago de los mismos (Energía, agua, teléfono, recolección de basuras y deshechos, etc.).



Gráfica 156. Factores de localización cuantitativos
Fuente: *elaboración propia*

La legislación local —tales como los impuestos, las obligaciones fiscales y los incentivos estatales— pueden ser determinantes en la decisión de localizar la empresa. Es necesario tener en cuenta elementos como transporte, facilidad, cantidad, tarifa, demoras en entregas y seguridad industrial y física.

2. *Costos variables*

Aquí se contempla la disponibilidad, calidad y costos de:

- Disponibilidad de mano de obra calificada: Considera niveles de sueldos y salarios, oferta suficiente, calidad dada por empresas competidoras y centros de formación, capacitación y desarrollo, poder sindical y productividad de los trabajadores.
- Materias primas: Considera costos, fuentes de suministros, disponibilidad presente y futura, y sustitutos presentes o futuros.

3. *Ingresos*

La subsistencia de las empresas está asegurada según el nivel de ingresos que pueda tener. Estos, a su vez, pueden variar según la localización y la aceptación que el producto o servicio tenga. Por esta razón es necesario estudiar:

- Logística de distribución:
  - Distancia y cercanía al mercado.
  - Tiempos de entrega.
  - Medios o infraestructura física como carreteras, servicios aduaneros o comunicaciones.
  - Costos de fletes en función del peso, volumen y transferencia de materias primas y productos terminados.
  - Insumos según el tipo de producto y durabilidad, servicio post venta.
  - Acceso a información empresarial.

- Características del producto:

- Calidad.
- Cantidad.
- Diseño.
- Proceso.

Factores	Técnicos Económicos Humanos	Etapas:	Búsqueda del sitio apropiado Determinación de la localidad Selección del sitio específico

Gráfica 157. Factores de diseño productivo
Fuente: *elaboración propia*

PROCESO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN EN PLANTA

Usualmente se inicia con un tamizado para identificar los lugares factibles, y se tienen en cuenta algunos factores como:

- Disponibilidad de terrenos, construcciones y sus costos.
- Disponibilidad presente y futura de materias primas y fuentes así como costos, sustitutos y forma de entrega.
- Facilidades de transporte (carreteras, ferrocarriles, aéreos, fluviales, marítimos) capacidad, versatilidad, seguridad, tiempo, articulación y costos.
- Mercado, clientes potenciales, productos perecederos o frágiles y estabilidad de la moneda.
- Disponibilidad de servicios públicos y sus tarifas.

Factores de localización	Puntos	Fuentes de información
HUMANOS: Actitud de la comunidad Disponible de viviendad Costo de vivienda Medios culturales Escuelas, bibliotecas Centros de informaciòón TEATROS CINE		ANDI CAMACOL DANE BANCO DE LA REPÚBLICA BIBLIOTECA LUIS A. ARANGO SECRETARIA DE EDUCACIÓN ICFES ICETEX COLCULTURA SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES

Gráfica 158. Evaluación de la localización de instalaciones
Fuente: *elaboración propia*

- Condiciones climáticas que afecten productos, procesos, costos por calefacción, refrigeración y filtrado de aire.
- Receptividad de la comunidad.

- Costos de construcción.
- Calidad de vida, clima, vivienda, recreación, colegios y lengua.
- Política gubernamental, actitud, autoridad, incentivos, impuestos, opinión pública, normatividad y administración.
- Disponibilidad de la mano de obra, habilidad, productividad, tasa de empleo, poder sindical, nivel de sueldos y salarios, vivienda, nivel de ausentismo, actitud, cultura, etc.
- Internacionalización de la economía.
- Automatización y flexibilidad de los procesos.
- Desarrollo informático y comunicaciones.

Se realiza un análisis más detallado con una encuesta en cada uno de los lugares factibles para evaluar actitudes, diseñar estrategias de aceptación y analizar costos de transporte y distribución.

Se evalúan los lugares potenciales usando modelos que han sido empleados para resolver problemas de localización, como los siguientes:

- Modelo de la mediana simple: Si los costos de transporte son proporcionales a la distancia estos costos se calculan sumando el número de despachos, multiplicado cada uno por la distancia que se debe recorrer:

  Costo de transporte = $\Sigma ni = i$ # despachos i x distancia i

- Mediante un gráfico de coordenadas cartesianas se ubican las fuentes de materias primas y las bodegas de distribución. Como todos los despachos deben hacerse siguiendo rutas rectangulares, la distancia total se mide por la longitud del movimiento en la dirección X y en la dirección Y:

  $D i = (X - X i) + (Y - Y i)$

- Las variables X y Y representan las coordenadas de cualquier ubicación que pueda proponerse. Lo que se quiere es encontrar los valores de X y Y que produzcan el menor costo de transporte.

DESTINO →→→ 1				CANTIDADES DISPONIBLES
				X
ORIGEN →→→ 2				Y
				Z
CANTIDADES REQUERIDAS →→→ 3	A	B	C	

Gráfica 159. Método del transporte
Fuente: *elaboración propia*

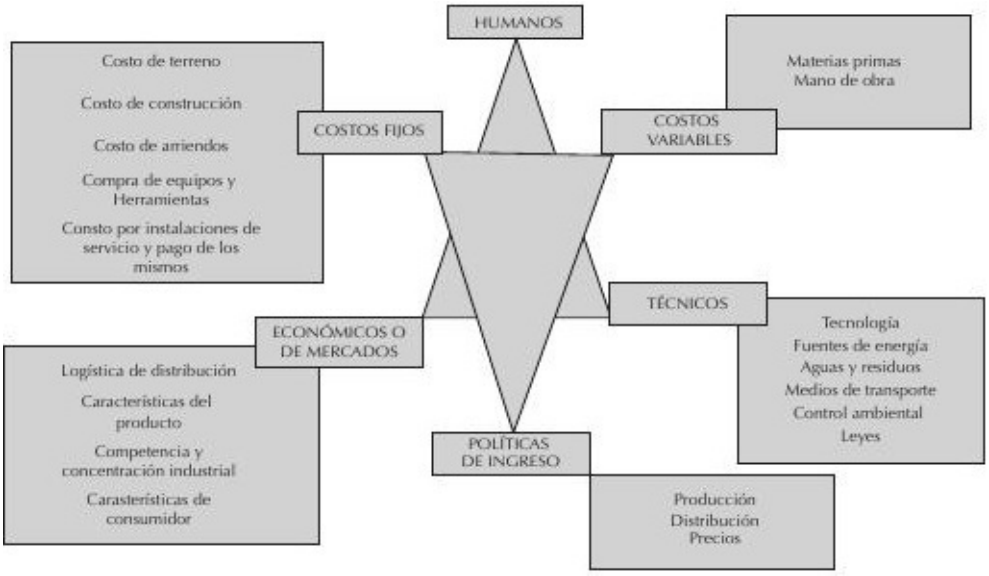
PROGRAMACIÓN LINEAL

El método del transporte, usando el costo total de transporte como criterio para evaluar la mejor alternativa de localización.

SIMULACIÓN

Se usa para casos complejos. La simulación puede evaluar los costos de distribución, las distancias óptimas a recorrer y los tiempos de ciertas actividades. Aunque la simulación maneja problemas muy complejos, su aplicación exige información ← 187 | 188 → que puede ser difícil de obtener y costosa. Es recomendable para sistemas grandes, donde las economías pequeñas se traducen en grandes soluciones de costos de operación, por su volumen.

servicios actitud de la comunidad	Transporte y medios de comunicación
	Vivienda, hoteles y restaurante
	Bibliotecas, teatros, iglesias y centros de recreación
	Escuelas, colegios, universidades, centros de formación
	Hospitales, servicios médicos y laboratorios
	Facilidades de manejos residuales
	Ruido, olor tensión, polución, temperatura, vibración, forma del edificio



Gráfica 160. Resumen de localización de empresas
Fuente: *elaboración propia*

PREGUNTAS

1. Al localizar una empresa el sitio debe reunir los siguientes requisitos:
   - Terreno, barrio, ciudad, región, país y continente.
   - Montar sucursal, cambiar localización y montar empresa nueva.
   - Seguridad, inversión, costos y rentabilidad.
   - Ventaja, decisión, aprovechamiento y ubicación.

2. Los factores de localización son de carácter:
   - Variable, sistémico, sensible y orgánico.
   - Humanos, productivos, de costos, de mercado y de ingresos.
   - Técnicos, económicos, sociales y funcionales.
   - Orgánicos, estructurales, divisionales y económicos.

3. El proceso de análisis y evaluación de la localización en planta comprende:
   - Disponibilidad de las autoridades, comunidad y dirección
   - Facilidades de transporte, vivienda, hospitales, teatros y colegios.
   - Receptividad de la comunidad, grado de integración y sensibilidad.
   - Calidad de vida, costos, disponibilidad de terreno, materias primas y servicios.

4. La distribución en planta tiene como objetivos:
   - Hallar el ordenamiento de las áreas de trabajo, equipo y materiales que sean funcionales, económicos, estéticos y seguros.
   - Usar bien los materiales, las máquinas, la mano de obra y las herramientas.
   - Lograr instalaciones sólidas, estables, funcionales y agradables.
   - Obtener el máximo aprovechamiento de los materiales, las máquinas y la tecnología.

5. Los principios básicos de la distribución en planta son:
   - Integración de conjunto, iluminación adecuada, seguridad, costo y circulación.
   - Uso del área, ajustes y reordenamiento de equipos, materiales y personas.
   - Circulación y flujo, integración de conjunto, mínima distancia recorrida, uso del espacio cúbico, condiciones ambientales y flexibilidad.
   - Flexibilidad para crecer, organizar, mejorar, utilizar y circular.

6. Los factores que influyen en la distribución en planta son:
   - El producto y las materias primas, las máquinas, sus herramientas, las personas, y las comunicaciones.
   - La maquinaria y su forma, el producto, las materias primas, los procesos, los servicios y el personal
   - Forma de la planta, los pisos, el personal, el peso y los procesos.
   - El personal, las máquinas, la temperatura, los servicios, los medios de comunicación y bienestar general.

7. Clasifique los materiales definiéndolos y dando ejemplos de cada uno.
8. Haga una lista y defina la importancia de cada uno de los factores que determinan la localización de una planta.
9. Cuando hay fuentes de materias primas en varios lugares y tenemos que escoger un sitio considerando todos los lugares, ¿qué técnicas se deben utilizar para minimizar el costo de transporte según los factores de peso, volumen y riesgo?
10. ¿Qué aspectos se deben considerar al seleccionar el tipo de transporte que utiliza una planta?

PROBLEMAS

1. Indique en un cuadro de coordenadas cartesianas los costos de transporte por kilómetro en los distintos sistemas de transporte existentes en Colombia (camión, tren, barco y avión).
2. Indique en un mapa de Colombia los distintos sistemas de transporte con el kilometraje entre las ciudades que cruce (carreteable, ferroviario, fluvial y aviación).
3. Identifique, conforme a los distintos factores, la localización adecuada que deben tener empresas dedicadas a la fabricación de los siguientes productos:
   - Deteriorables (panaderías, lecherías, etc.).
   - Frágiles (avícolas, artesanías, etc.).
   - Bajo órdenes de pedido para otras industrias.

4. ¿Dónde se debe localizar una planta cuando solo maneja materiales puros que son generalmente materiales que no pierden peso como el agua y la arcilla?
5. Cuando una planta manejan materiales que pierden peso, o sea que una fracción del peso de la materia prima no forma parte del producto, como el hierro y la madera, ¿dónde debe quedar ubicada la planta?
6. Las plantas que utilizan artículos comunes o generales, o sea aquellos que siempre se encuentran disponibles en muchas partes, ¿dónde deben quedar localizadas? Explique sus razones.

CAPÍTULO V

Distribución en planta

Introducción

El presente capítulo nos muestra en qué consiste la distribución en planta de manera teórica y práctica. Para el efecto se presenta la justificación, la definición, la importancia, los objetivos, los principios y la naturaleza de los problemas.

A continuación se estudian los tipos clásicos de la distribución en planta, así como los factores que influyen en dicha distribución. Por último, se analizan los fundamentos que guían hacia una correcta planeación en la distribución y se presentan aplicaciones a empresas manufactureras y de servicios, así como también las conclusiones del tema y la bibliografía consultada.

Es de gran importancia un reconocimiento total del tema de distribución en planta en el estudio de métodos, movimientos y tiempos, porque constituye la base para implementar nuevos procedimientos y técnicas en la ejecución de los procesos productivos, lo que da como resultado una distribución adecuada y, así mismo, un beneficio óptimo para el mejoramiento continuo de las empresas, tanto industriales como de servicios.

La distribución en planta es el sistema aplicado para determinar el emplazamiento óptimo de los componentes que forman parte de un sistema productivo. La necesidad de diseñar una distribución en planta se da en los siguientes casos:

- Cuando se proyecta a una nueva instalación productiva.

- Cuando en una instalación productiva en funcionamiento se observan inconvenientes.

- Cuando se modifican los productos que se fabrican.

Tipos de distribución en planta:

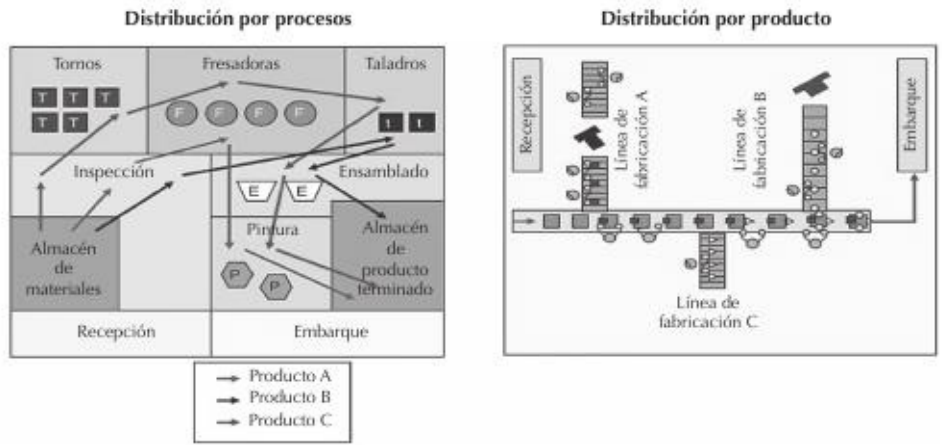
- Las orientadas al producto.

- Las orientadas al proceso.

- Las distribuciones por la posición fija.

Si se utilizan distribuciones combinadas, nos encontramos ante distribuciones híbridas, siendo frecuente la que combina las primeras dos

Gráfica 161. Distribución en planta
Fuente: *monografías.com*



Gráfica 162. Principales tipos de distribución en planta
Fuente: *es.slideshare.net*

Las primeras distribuciones fueron producto del hombre que llevaba a cabo el trabajo o del arquitecto que proyectaba el edificio, se mostraba un área de trabajo para una misión o servicio específico pero no reflejaba la aparición de ningún principio.

Las primitivas distribuciones eran principalmente la creación de un hombre en su industria particular; había pocos objetivos específicos o procedimientos reconoci ← 192 | 193 → dos de distribución en planta. Con el advenimiento de la revolución industrial se transformó en objetivo económico para los propietarios el estudiar la distribución en planta de sus fábricas. Las primeras mejoras fueron dirigidas hacia la mecanización del equipo. Se dieron cuenta también de que un taller limpio y ordenado era una ayuda tangible.

Desarrollado por Muther como un procedimiento sistémico, multicriterio.

Cinco tipos de datos son necesarios como entradas del método:

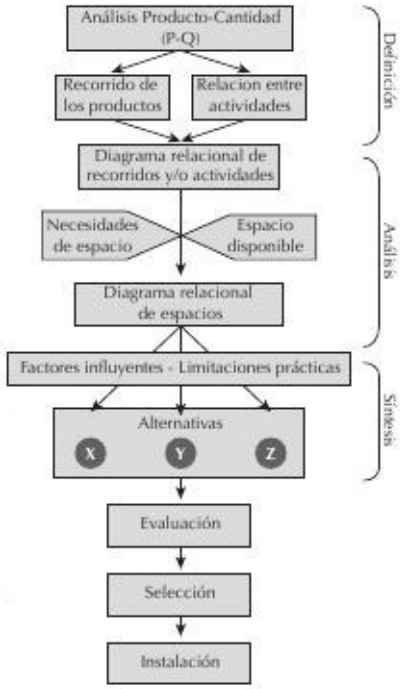
PRODUCTO (P): materias primas, productos en curso, productos terminados, pzs adquiridas de terceros.

CANTIDAD (Q): Cantidad de producto o material tratado durante el proceso.

RECORRIDO (R): Secuencia y orden de tes operaciones que siguen los productos.

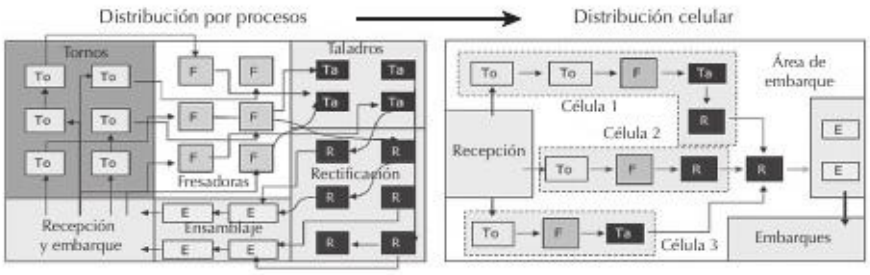
SERVICIOS (S): Auxiliares de producción, servicios para el personal, etc.

TIEMPO (T): Unidad de medida, para determinar las cantidades de producto.



Gráfica 163. *Sistematic layout planning*
Fuente: *es.slideshare.net*

La especialización del trabajo empezó a ser tan grande que el manejo de los materiales comenzó a recibir una mayor atención por lo que se refiere a su movimiento entre dos operaciones: los almacenamientos temporales y de almacenamiento propiamente dicho. Con el tiempo, los propietarios o sus administradores empezaron a crear conjuntos de especialistas para resolver los problemas de distribución. Con ellos llegaron los principios que se conocen hoy en día.



Gráfica 164. Principales tipos de distribución en planta
Fuente: *es.slideshare.net*

JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista teórico la distribución en planta es útil porque contribuye al éxito de la gestión empresarial.

Es el esquema de distribución del arreglo físicode los elementos con que se cuenta la industria

Incluye los espacios requeridos para el movimiento de materiales almacén servicios equipo personal.

El proceso Layout depende
del tipo de proceso del sistema de producción

Layout x Producto	línea de Ensamble
Layout x Proceso	Taller (*job shop*)
Layout x Grupos	Taller (*job shop*)

Layout x Posición fija de proyectos

Gráfica 165. *Layout*
Fuente: *es.slideshare.net*

Asimismo, se puede afirmar que la distribución en planta es de vital importancia ya que por medio de ella se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios y costos. También se orienta a los directivos en su tarea de dirigir las actividades y caminos a seguir y se señalan los peligros que se deben evitar en la producción.

Los motivos que hacen necesaria la redistribución se deben a tres tipos de cambios:

- En el volumen de la producción.
- En la tecnología y en los procesos.
- En el producto.

La frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso, puede ser periódicamente, continuamente o con una periodicidad no concreta.

FIN

Diseñar la Estructura Diseñada Organizativa y Distribución Física de Planta, siendo esta significativa, por ser el primer paso que debe dar cualquier organización en su proceso de mejora y una condición básica e impredesible para optar por la norma ISO90012008.

IMPORTANCIA

Nace la necesidad de realizar estudios y tomar las medidas necesarias y adecuadas, enfocadas al mejoramiento continuo de los procesos internos, mejoras en el cumplimiento de los requisitos de seguridad y salud ocupacional.

ALCANCE

Realizar un estudio sobre la documentación de la Empresa a ROMLCA, el diseño de la estructura

organizativa y distribución física de la planta, los cuales son necesarios para la implementación y puesta en marcha de los manuales de organización y de normas y procedimientos.

Gráfica 166. Justificación
Fuente: *monografias.com*

Los síntomas que ponen de manifiesto la necesidad de recurrir a la redistribución de una planta productiva son:

- Congestión y deficiente utilización del espacio.
- Acumulación excesiva de materiales en proceso.
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo.
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo.
- Trabajadores cualificados realizando demasiadas operaciones poco complejas.
- Ansiedad y malestar de la mano de obra.
- Accidentes laborales.
- Dificultad de control de las operaciones y del personal.

Finalmente, una buena distribución en planta es importante porque evita fracasos productivos y financieros, y contribuye así a un mejoramiento continuo en los procesos, tanto en las empresas industriales como en las de servicios.



Gráfica 167. Necesidades de distribución en planta
Fuente: *elaboración propia*

DEFINICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Es el proceso de ordenamiento físico de los espacios necesarios para el equipo de producción, los materiales, el movimiento, el almacenamiento de los productos terminados, el trabajo del personal y los servicios complementarios, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.

Es una actividad de la industria que determina la eficiencia y en algunos casos la supervivencia de las empresas. Este ordenamiento físico incluye también los trabajadores

indirectos y todas las otras actividades o servicios como el equipo de trabajo, los elementos de empaque y embalaje y el personal de taller de mantenimiento.

Definición
Implica la odenación física y racional de los elementos productivos garantizando su flujo óptimo al más bajo costo. Esta odenación, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, máquinas, equipos de trabajo, trabajadores y todas las otras actividades o servicios.

Intereses de la distribución en la planta
1) Interés económico, con el que se busca aumentar, la producción y reducir los costos; 2) interés social con el que se busca darle seguridad al trabajador y satìsfacciòn por el trabajo que realiza.

Gráfica 168. Definición
Fuente: *slideplayer.es*

Para llevar a cabo una distribución en planta ha de tenerse en cuenta cuáles son los objetivos estratégicos y tácticos que aquella habrá de apoyar y los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos.

La mayoría de las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partida, pero a medida que la organización crece debe adaptarse a cambios internos y externos, lo que hace que la distribución inicial se vuelva menos adecuada hasta que llega el momento en que la redistribución se hace necesaria.

IMPORTANCIA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

Por medio de la distribución en planta se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones. Se aplica a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, ya esté prefijado o no. Su utilidad se extiende tanto a procesos industriales como de servicios y contribuye a la reducción del costo de fabricación.

Su utilidad se extiende tanto a procesos industriales como de servicios. La distribución en la planta es un fundamento de la industria, determina la eficiencia y en algunas ocaciones la supervivencia de una empresa. Contribuye a la reducción del coste de fabricación.

Gráfica 169. Distribución en planta
Fuente: *es.slidershare.net*

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es lograr el ordenamiento de las áreas de trabajo, equipo y materiales, con el fin de que sea el más funcional, económico, estético, seguro y satisfactorio para el personal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Organizar integralmente los medios de producción en una unidad racional, equilibrada y rentable.
- Hacer mínimos pero fáciles los movimientos de materiales y personal. • Usar bien el espacio tanto horizontal como vertical.
- Lograr instalaciones sin riesgos de accidentes para las personas ni daños para los equipos y materiales.
- Estudiar los tipos clásicos de distribución existentes, así como los factores más relevantes que influyen en esta.
- Determinar la manera correcta de aplicar la distribución en planta a empresas industriales y de servicios.
- Obtener el máximo aprovechamiento de la maquinaria, mano de obra y servicios.
- Dar flexibilidad para posteriores cambios y ajustes en el diseño de productos, métodos de fabricación, redistribución o cambio de equipo y expansión de la empresa.
- Permitir una supervisión fácil y efectiva • Lograr instalaciones estéticas que eleven la moral y satisfacción del personal.
- Asegurar espacios adecuados para el manejo y almacenamiento de materiales, accesorios y productos.
- Elevar la productividad eliminando retrasos; desperdicio de material y pérdida de tiempo en el proceso de fabricación, enel trabajo administrativo y en el trabajo indirecto en general.
- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Elevar la moral y la satisfacción del obrero.
- Incremento de la producción.
- Disminución de los retrasos en la producción.
- Ahorro de área ocupada.
- Reducción del manejo de materiales.
- Reducción del material en proceso.
- Acortamiento del tiempo de fabricación.
- Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.
- Logro de una supervisión mejor.
- Disminución de la congestión y confusión.
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.

A. Unidad

Alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que se funcione como una unidad de objetivos.

B. Circulación mínima

Procurar que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos sea óptimos lo cual requiere económia de movimientos, de equipos, de espacio.

C. Seguridad

Garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disimulación en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo.

D. Flexibilidad

La distribución en planta necesitará, con mayor o menor frecuencia adaptarse a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, las que hace aconsejable la adopción de distribuciones flexibles.

Gráfica 170. Objetivos básicos
Fuente: *es.slideshare.com*

Para llegar a una solución óptima hay que analizar detenidamente las distribuciones alternativas, con sus ventajas e inconvenientes a la luz de los objetivos citados.

Cuadro 19. Problemas de distribución en planta

Problemas a resolver con la distribución en planta	Diseño de una nueva planta
	Expansión o traslado de una planta ya existente
	Adaptaciones
	Ajustes en distribuciones ya existentes

PRINCIPIOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

1. Principio de la integración de conjunto

La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte un mejor compromiso entre todas las partes.

2. Principio de la mínima distancia recorrida

A igualdad de condiciones es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer entre operaciones sea la más corta.

3. Principio de la circulación o flujo de materiales

En igualdad de condiciones es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.

Principio del espacio cúbico

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal.

Principio de la satisfacción y de la seguridad

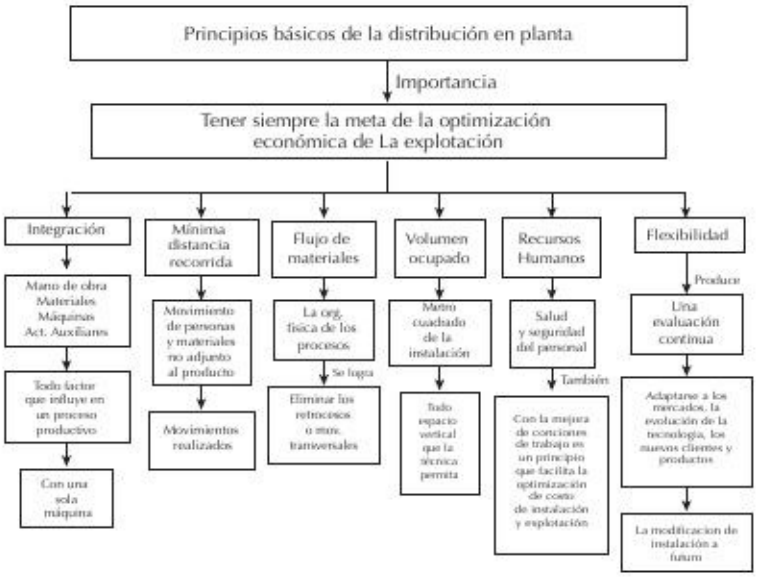
A igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que contribuya a obtener el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.

Principio de la flexibilidad

A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

Cuadro 20. Principios de distribución en planta

Principios básicos de la distribución en planta	Integración de conjunto. La mejor distribución es la que integra hombres, materiales, máquinas y métodos para lograr la mejor coordinación entre ellos.
	Mínima distancia recorrida entre operaciones. Todo movimiento sólo le agrega costo al producto.
	Circulación y flujo de materiales y personas ordenados.
	Uso del espacio cúbico. Reduce costos en el uso por metro cuadrado de construcción.
	Condiciones ambientales. Con luz, temperatura, ruido y temperatura apropiados, sin contaminantes para lograr la seguridad, eficiencia y satisfacción del personal.
	Flexibilidad. Que permita ajustes y reordenamientos sin paradas de equipos a costos económicos.

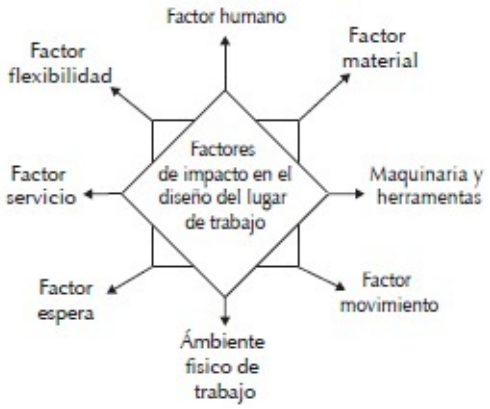


Gráfica 171. Principios de la distribución en planta
Fuente: *es.slideshare.net*

NATURALEZA DE LOS PROBLEMAS

Estos problemas deben ser de cuatro clases:

- Proyecto de una planta completamente nueva.
- Expansión o traslado de una planta ya existente.
- Reordenación de una distribución ya existente.
- Ajustes menores en distribuciones ya existentes.



Gráfica 172. Factores de impacto
Fuente: *seguridadindustrialapuntes*

ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN LA PRODUCCIÓN

Antes de empezar a clasificar y analizar la distribución para una producción es importante comprender claramente las relaciones existentes entre los elementos involucrados en dicha producción: hombres, materiales y maquinaria (incluyendo utillaje y equipo).

Existen modos de relacionar los elementos fundamentales de producción:

- Movimiento de material: es probablemente el elemento más comúnmente movido.
- Movimiento del hombre: los operarios se mueven de un lugar de trabajo a otro, con el fin de llevar a cabo las operaciones necesarias sobre cada pieza de material.
- Movimiento de maquinaria: el trabajador mueve diversas herramientas o máquinas para actuar sobre una pieza grande.

Generalmente es demasiado caro e innecesario moverlos a los tres. Téngase en cuenta que al menos uno de los tres elementos debe moverse, pues de lo contrario no puede haber producción en un sentido industrial. Pero lo más común, industrialmente hablando, es mover el material.

Al material pueden sucederle tres cosas en la obtención de un producto:

- Cambio de forma (elaboración o fabricación).
- Cambio de características (tratamiento).
- La adición de otros materiales a una primera pieza o material (montaje).

TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Aunque pueden existir otros criterios, es evidente que la forma de organización del proceso productivo resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta.



Gráfica 173. Tipos de distribución en planta
Fuente: *elaboración propia*

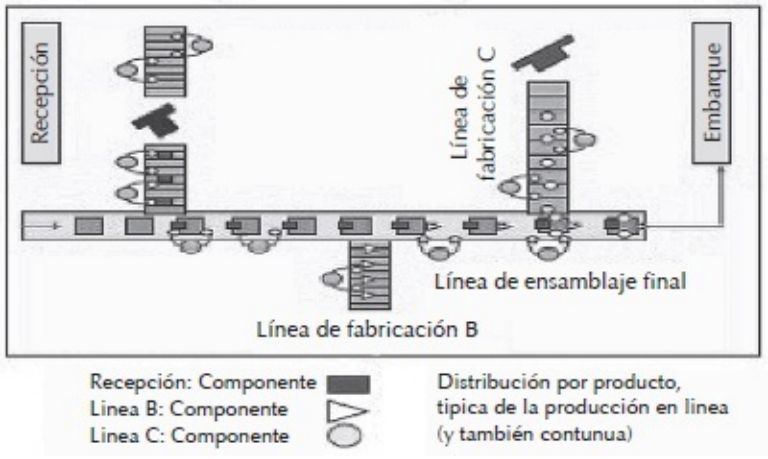
Suelen identificarse tres formas básicas de distribución en planta:

- Por producto: asociado a la configuración continua o repetitiva.
- Por proceso: asociado a configuraciones por lotes.
- Por posición fija: correspondiente a las configuraciones por proyecto.

Sin embargo, a menudo, las características del proceso hacen conveniente la utilización de distribuciones combinadas llamadas distribuciones híbridas, de las cuales la más común es aquella que mezcla las características de las distribuciones por producto y por proceso, llamada distribución por células de fabricación.

DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO, LÍNEA O CADENA

Esta distribución se adopta cuando la producción está organizada, si es de forma continua, en cuyo caso la distribución es relativamente sencilla, se trata de colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. La maquinaria y los servicios auxiliares se disponen en la secuencia de las operaciones a lo largo de la cadena de producción (refinerías, fábricas de cemento, centrales eléctricas, etc.).



Gráfica 174. Distribución por producto, línea o cadena
Fuente: *cmapspublic2.ihmc.us*

En la producción repetitiva o de productos estándar también se usada la distribución en cadena (electrodomésticos, cadenas de lavado de vehículos, etc.). Las máquinas se sitúan unas junto a otras a lo largo de una línea en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción de una estación a otra a medida que sufre las operaciones necesarias.

Solo una operación del proceso se hace en cada posición o con cada pieza de equipo, es poco flexible, se usa para producción en masa, tiene poco manejo de materiales, permite mejor utilización del espacio y equipo de la planta. Además el equipo es especializado y los costos de operación son menores aunque los de capital son mayores.

Las desventajas más sobresalientes son:

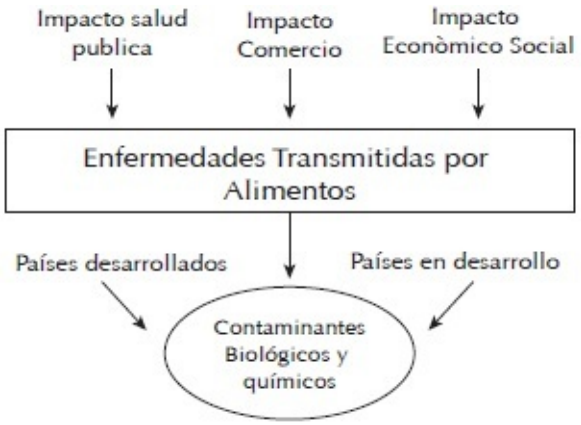
- Requiere un excelente programa de mantenimiento preventivo para evitar paradas del proceso o adelantar el mantenimiento con la línea en funcionamiento, ya que esto conlleva riesgos de accidente. Un buen ejemplo de este sistema es el ensamble de vehículos.
- Manejo de materiales reducido.
- Escasa existencia de trabajos en curso.
- Mínimos tiempos de fabricación.
- Simplificación de sistemas de planificación y control de la producción.
- Simplificación de tareas.
  - Ausencia de flexibilidad en el proceso.
  - Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación.
  - Inversión muy elevada.
  - El conjunto depende de cada una de las partes.
  - Trabajos muy monótonos.

EXIGENCIAS DE LA PRODUCCIÓN EN CADENA

1. Cantidad de producción y economía de la instalación: El mover los puestos de trabajo y la maquinaria cuesta dinero. Por lo tanto, la línea o cadena de producción debe ahorrar más de lo que cueste instalarla.
2. Equilibrio: Es la base de la economía de operación. Si la operación 1 necesita dos veces más tiempo que la operación 2, los obreros de la segunda y su maquinaria permanecerán la mitad de su tiempo ocioso y se presentará lo que se conoce como “cuello de botella”, ya que su capacidad la más baja de todos los centros de trabajo, restringe la del proceso completo; esto resultará demasiado costoso. Este problema suele solucionarse mediante el equilibrado de la cadena, que consiste en subdividirla en estaciones de trabajo cuya carga se encuentre bien ajustada o equilibrada. La asignación de trabajo a las distintas estaciones se realiza de modo que se consiga la producción deseada con el menor número de estaciones.

Los pasos a seguir para un equilibrio en las operaciones productivas son:

- Definición de tareas e identificación de precedencias: Se comienza por descomponer el trabajo en tareas que pueden ser realizadas en forma independiente. Luego para cada una de ellas se identifican las actividades precedentes. Este ordenamiento queda recogido en el diagrama de precedencia.



Gráfica 175. Inocuidad alimentaria
Fuente: *bmeditores.mx*

- Cálculo del número mínimo de estaciones de trabajo:

1. Se comienza calculando el Tiempo de ciclo (Tc en segundos/unidad) de la línea, que representa el tiempo máximo permitido a cada estación para procesar una unidad de producto.

   Tc = (1/q) (horas/unidad) × 3600 (segundos/hora)

   Donde “q” es la producción deseada expresada en unidades/hora y se obtiene por cociente entre la producción deseada por período productivo y el número de horas de trabajo disponibles por período. El ideal de equilibrio se da cuando la suma de

los tiempos de ejecución de las tareas de cada estación coincide con el tiempo de ciclo.

2. Luego, se busca realizar el equilibrio con el menor número de estaciones de trabajo posible. Este concepto se conoce como Mínimo teórico (Mt) y se expresa así:

   Mt= S ti / q

   Siendo ti el tiempo de ejecución de la tarea i y S ti el tiempo de ejecución total requerido para elaborar una unidad de producto.

3. Se calcula el Tiempo ocioso (To) que es el tiempo improductivo total en la fabricación de una unidad para el conjunto de todas las estaciones de trabajo. Este tiempo ocioso se calcula mediante:

   To = nc - S ti

   Donde nc es el tiempo total necesario por unidad.

4. Posteriormente, se calcula la eficiencia: Expresada como la relación por cociente entre el tiempo requerido y el tiempo realmente necesario o empleado:

   E(%)= 100 S ti / nc

En tanto la eficiencia alcanzada no llegue al 100 por 100 existirá un retraso del equilibrado:

R(%)= 100 – E

- Asignación de las tareas a las estaciones de trabajo:

1. Se comienza con la primera estación a formar a la que se le asigna el número.
2. Se elabora una lista con todas las posibles tareas que podrían ser incluidas en la estación. Se selecciona de entre las candidatas de la lista una tarea. Luego se calcula el tiempo acumulado de todas las tareas asignadas hasta ese momento y se resta al tiempo de ciclo para obtener su tiempo ocioso. Si queda alguna tarea por asignar no puede ser asignada a la estación que se está formando en ese momento, debe crearse una nueva estación.
3. Evaluación de la eficacia y eficiencia de la solución y búsqueda de mejoras:
   - La solución será eficaz si alcanza la capacidad deseada, lo cual puede depender de la producción deseada.
   - La solución será eficiente si minimiza el tiempo ocioso.

DISTRIBUCIÓN POR PROCESO O FUNCIONAL

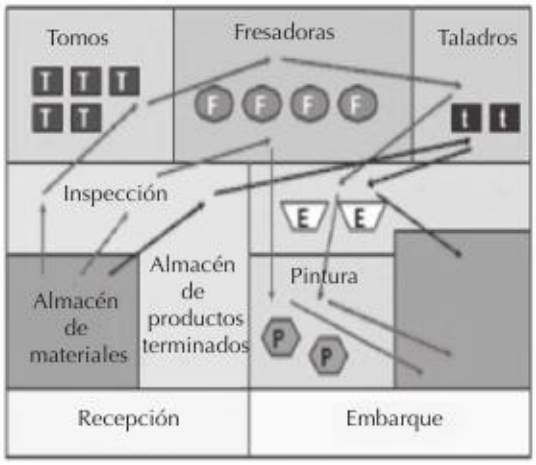
Esta distribución se adopta cuando la producción se organiza por lotes (muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). Aquí la maquinaria, el personal y los servicios se agrupan por similitud o igualdad de los procesos en departamentos; por ejemplo,

el torneado, la soldadura, la pintura, etc. Esta distribución se usa principalmente en la distribución bajo pedido o en lotes.

De acuerdo con el producto y el proceso cada máquina puede participar o no en la manufactura de cualquier producto. Es un proceso flexible que se usa cuando hay muchos productos diferentes o cuando el pedido es muy pequeño. En este proceso el flujo no se interrumpe por la descompostura de una máquina, pues se supone que el proceso puede continuar con otra máquina similar. Tiene la desventaja que tiene muchos movimientos y las rutas son variadas y por lo tanto confusas para pasar por todos los distintos procesos. Los costos de operación son mayores y los de capital menores. La decisión se toma en función de los tipos y volumen de productos.

DISTRIBUCIÓN POR PROCESO

En este tipo de producción la máquinaria y los servicios se agrupan según sus características funcionales es decir, de acuerdo con la función que desempeñar; por ejemplo, el torneado, la soldadura, la pintura, etc. Se efectúan en departamentos separados



Gráfica 176. Tipos de distribución de planta
Fuente: *es.slideshare.net*

Algunas de sus ventajas son:

Cuadro 21. Ventajas y desventajas de la distribución por proceso

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Flexibilidad. • Menor inversión en equipo. • Mayor fiabilidad. • Reducción de la monotonía	• Baja eficiencia en el manejo de materiales. • Elevados tiempos de ejecución. • Dificultad en planeación y control. • Alto costo por unidad de producto. • Baja productividad.

- Diversidad de tareas asignadas a los trabajadores reduce la insatisfacción y desmotivación de la mano de obra.

Los inconvenientes que presenta este tipo de distribución son:

- Baja eficiencia en el manejo de materiales.
- Elevados tiempos de ejecución.
- Dificultad de planificar y controlar la producción.
- Costo por unidad de producto más elevado.
- Baja productividad.

El proceso de análisis se compone, en general, de tres fases:

- Recolección de información.
- Desarrollo de un plan de bloque.
- Diseño detallado de la distribución.

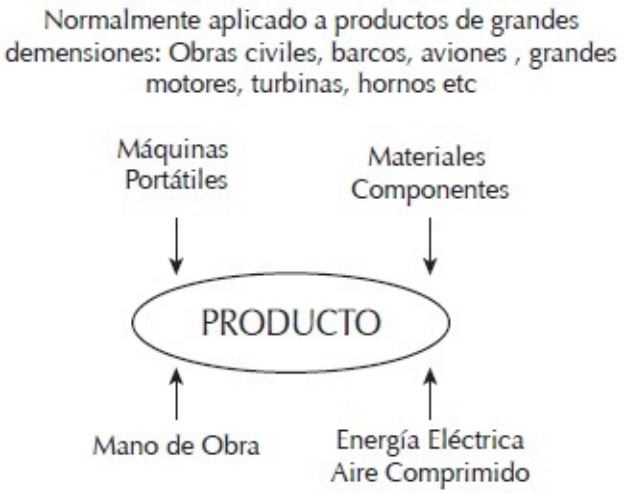
La recolección de información consiste básicamente en conocer los requerimientos de espacio de cada área de trabajo y el espacio disponible, para lo cual bastará con identificar la superficie total de la planta, y así poder visualizar la disponibilidad para cada sección. El desarrollo de un plan de bloque hace referencia a que una vez determinado el tamaño de las secciones habrá que proceder a su ordenación dentro de la estructura existente o a determinar la forma deseada que dará lugar a la construcción de la planta. que haya de englobarlas, teniendo en cuenta criterios cuantitativos o cualitativos. Por último, la distribución detallada se basa en la ordenación de los equipos y máquinas dentro de cada departamento, con lo cual se obtiene una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos.

DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA

Esta distribución ocurre cuando el producto es demasiado grande o pesado para pasar de un proceso a otro, por lo que permanece fijo en un lugar. La maquinaria y la mano de obra se desplazan hasta el producto para efectuar las operaciones precisas. Esta distribución es característica de la producción por pedidos como por ejemplo en la construcción de edificios, barcos, tanques, naves, etc.

Este tipo de distribución es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Esta situación ocasiona que el material base o principal componente del producto final permanezca inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren los desplazamientos son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que no son necesarios en la elaboración del producto como lo son los clientes.

Todo lo anterior ocasiona que el resultado de la distribución se limite, en la mayoría de los casos, a la colocación de los diversos materiales y equipos alrededor de la ubicación del proyecto y a la programación de las actividades.



Gráfica 177. Distribución por posición fija
Fuente: *elaboración propia*

Cuadro 22. Ventajas de los tipos de distribución en planta

Línea o cadena	Funcional o proceso	Posición fija
1. Menor transporte de materiales.	1. Mejor utilización de maquinaria.	1. El transporte de materiales se reduce al mínimo.
2. Menor cantidad de materiales en proceso y menor espacio temporal.	2. Flexibilidad en la asignación de equipo.	2. Asegura continuidad por asignación de equipo de operarios responsables.
3. Uso efectivo de la mano de obra por especialización, facilidad de entrenamiento y mayor oferta a menor costo.	3. Se adapta a demanda intermitente con gran variedad de productos.	3. Se adapta a demanda intermitente con gran variedad de productos.
4. Mayor facilidad de control	4. Mayor incentivo al operario por la diversidad de funciones.	4. Permite cambios en el diseño de productos y secuencias de operaciones.
5. Se simplifica la planeación, control y supervisión de la producción.	5. Más fácil continuidad de producción por avería de maquinaria, escasez de material o ausencia de operarios.	5. Es más flexible.

DISTRIBUCIONES HÍBRIDAS POR CÉLULAS DE PRODUCCIÓN

En el contexto de la distribución en planta la célula puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones. Este tipo de distribución permite el mejoramiento de las relaciones humanas y de las pericias de los trabajadores. También disminuye el material en proceso, los tiempos de fabricación y de preparación, lo que facilita a su vez la supervisión y el control visual. Sin embargo, este tipo de distribución potencia el incremento de los tiempos inactivos de las máquinas, debido a que estas se

encuentran dedicadas a la célula y difícilmente son utilizadas de manera ininterrumpida.

Para llevar a cabo el proceso de formación de células se deben seguir tres pasos fundamentales: seleccionar las familias de productos, determinar las células y, por último, detallar el orden de las células.

FACTORES QUE AFECTAN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

En la distribución en planta es necesario conocer la totalidad de los factores que la afectan. La influencia e importancia relativa de estos factores puede variar de acuerdo con cada organización y situación concreta. Estos factores que influyen en la distribución en planta se dividen en ocho grupos:



Gráfica 178. Factores de influencia de la distribución en planta
Fuente: *elaboración propia*

A cada uno de ellos se le analizarán diversas características y consideraciones que deben ser tomadas en cuenta en el momento de llevar a cabo una distribución en planta. Al examinar cada uno de los factores se establece un medio sistemático y ordenado para poder estudiarlos, sin descuidar detalles importantes que pueden afectar el proceso de distribución en planta.

FACTOR PRODUCTO Y MATERIALES

Es el factor más importante en una distribución e incluye los siguientes elementos:

- Materias primas.
- Material entrante.
- Material en proceso.
- Productos acabados.
- Material saliente.
- Empaques y embalajes.
- Materiales accesorios empleados en el proceso.

- Piezas rechazadas a recuperar o repetir.
- Material de recuperación.
- Chatarras, viruta, desperdicios y desechos.

1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO (Diseño)
Composición (materiales, productos)
Propiedades mecánicas (abrasión, compresión, tensión, resistencia)
Propiedades microbiológicas, organolépticas
Diseño del producto basado en símplicidad
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
Propiedades físicas (tamaño, forma y volumen, peso, dureza, densidad, humedad)
Características especiales (material delicado, quebradizo frágil, inflamable, volátiles, explosivos)
Propiedades químicas (concentración)

Gráfica 179. Materiales para mantenimiento, taller de utillaje u otros servicios
Fuente: *slideplayer.es*

Su incidencia en la distribución en planta ocurre por:

- Las características físicas y químicas de los materiales y productos como: tamaño, forma, volumen, peso, líquido, sólido, gaseoso, etc.
- La cantidad y volumen de productos y materiales.
- Componentes y frecuencia de operaciones que dictan el ordenamiento de las áreas de trabajo y equipo, las relaciones de unos departamentos con otros y la localización de las áreas de servicio.

El objetivo de producción es transformar, tratar o montar material de modo que se logre cambiar la forma o características del producto; por esta razón la distribución de los factores de producción depende del producto que se desee y el material sobre el que se trabaje.

Correcto diseño del sistema productivo	Disminuye los costes Elimina todo lo que no añade valor al producto: • Retrasos • Proceosos • Stock • Movimientos inútiles • Piezas defectuosas • Otros
Diseño de planta	Mejora la seguridad Mejora en rendimiento de los trabajadores Mejora el rendimiento del espacio Aumenta la capacidad productiva Evita retrasos

Manipulación de materiales	Disminuye el tiempo de duración del proceso productivo Reduce coste

Gráfica 180. Diseño de la distribución en planta
Fuente: *blogspot.com*

Las consideraciones que afectan el factor material son:

- El proyecto enfocado hacia la producción: para conseguir una producción efectiva un producto debe ser diseñado de modo que sea factible fabricar.
- Especificaciones del producto cuidadosas y al día: errores u olvidos que pueden pasar a los planos o a las hojas de especificación, pueden invalidar por completo una distribución en planta. Las especificaciones deben ser las vigentes. El uso de planos o fórmulas que no estén al día o hayan sido substituidos por otras, puede conducir a errores que costará semanas corregirlos.
- Calidad apropiada: la calidad es relativa; no es ni buena ni mala si no se compara con el propósito que se desea.
- Las características físicas y químicas: cada producto, pieza o material tiene ciertas características que pueden afectar la distribución en planta.

Incluye los siguientes elementos:
Materias primas
Insumos
Productos en proceso
Productos terminados
Empaque y embalajes
Reprocesos
Desperdicios, desechos

Gráfica 181. Factor material
Fuente: *slideplayer.es*

Las consideraciones de este factor son:

- Tamaño: es importante porque puede influir de muchas maneras una distribución.
- Forma: ciertos productos o materiales que tengan formas extrañas e irregulares pueden crear dificultades para manipularlos.
- Volumen: el volumen de un producto tendrá un efecto muy importante sobre el manejo y el almacenamiento al planear una distribución. La cantidad de producción es la suma de los pedidos, lotes, hornadas o tandas. En cambio, en una producción en cadena se debe pensar en términos de velocidad de flujo o ritmo de producción.
- Peso: afectará a muchos otros factores de distribución tales como maquinaria, carga de pisos, equipo de transporte y métodos de almacenamiento.
- Condición: fluido o sólido, duro o blando y flexible o rígido.

- Características especiales: algunos materiales son muy delicados, quebradizos o frágiles. Otros pueden ser volátiles, inflamables o explosivos.
- Características especiales: tienen que ver con cambios de temperatura, luz solar, polvo, suciedad, humedad, transpiración, atmósfera, vapores, humos, vibraciones, sacudidas o choques.
- Variedad de productos o materiales: afecta los espacios que se requieran.
- Número de artículos distintos: una industria que fabrique un solo producto debe tener una distribución completamente diferente de la que fabrique una gran variedad de artículos. Una buena distribución depende, en parte, de lo bien que la industria pueda manejar la variedad de productos o materiales que han de ser trabajados en ella.
- Cantidad de producción de cada artículo, la distribución varía según la cantidad de producción. No es suficiente conocer cifras correspondientes a las cantidades globales, si se tiene que enfrentar con variaciones en el volumen de producción.
- Materiales componentes y secuencia de operaciones.
- La secuencia u orden en que se efectúan las operaciones: el cambio de una secuencia o la transformación de alguna operación en un trabajo de sub-montaje hará variar la distribución. Por lo tanto, el fraccionamiento del producto en grupos principales de montaje, sub-montajes (o subgrupos) y piezas componentes constituye el núcleo de todo trabajo de distribución de montaje.
- La secuencia de las operaciones de transformación o de tratamiento: muchas veces se puede eliminar por entero una operación completa, otras veces se pueden combinar unas con otras y en otros casos es mejor el dividir o seccionar una operación.
- Posibilidad de mejoras: debe comprobarse cada operación, cada inspección, cada transporte, cada almacenamiento y cada demora. Asimismo, determinar si es necesaria cada fase de la producción o si puede ser eliminada alguna, determinar también si las fases se pueden combinar entre sí o dividirse para un mejor provecho. Luego se debe revisar si la secuencia puede ser cambiada para mejorar la producción. Por último, es ideal comprobar las posibilidades de mejorar o simplificar el método actual.
- Piezas y materiales normalizados o intercambiables: la normalización de piezas y materiales puede proporcionar grandes economías de producción. Cuando es posible intercambiar piezas similares, los costos de montaje decrecen. Además, existe una infinidad de maneras de combinar piezas o materiales normalizados.

FACTOR MAQUINARIA

La información sobre la maquinaria (incluyendo las herramientas y equipos) es fundamental para una distribución apropiada de la misma. Los elementos de la maquinaria requeridos son:

- Dispositivos especiales.
- Herramientas manuales y eléctricas, moldes, patrones, plantillas y montajes.
- Aparatos, galgas de medición y de comprobación y unidades de prueba.
- Máquinas y equipos de manejo de materiales.
- Controles o cuadros de control.

- Maquinaria de repuesto o inactiva.
- Maquinaria para mantenimiento.
- Taller de utillaje u otros servicios.

Incluye los siguiente elementos:
Máquinas y herramientas de producción
Equipos de proceso
Moldes, patrones, formatos
Instrumentos de medición
Repuestos
Utensilios para producción

Gráfica 182. Factor maquinaria
Fuente: *slideplayer.es*

Las consideraciones sobre el factor maquinaria incluyen:

- Proceso o método: Los métodos de producción son el núcleo de la distribución física, ya que determinan el equipo y la maquinaria a usar, cuya disposición, a su vez, debe ordenarse. La mejora de métodos y la distribución en planta van estrechamente unidos.
- Maquinaria: El escoger un proceso y la selección de maquinaria no es generalmente una parte del trabajo de distribución. Usualmente, los ingenieros del proceso seleccionan la maquinaria cuando escogen el proceso que mejor se adapta al producto. Esta selección de la maquinaria y del utillaje óptimo es el resultado de un balance económico que puede afectar por entero a la economía de la operación industrial.
- Siempre que se tenga un elemento importante de equipo se debe centrar la máxima atención en el mismo, determinando cuál debe ser su capacidad, cómo encajará en las condiciones ya existentes y cómo cambiar el que ya se tiene por el nuevo.

Los puntos a tener en cuenta en la selección del proceso, maquinaria y equipo son los siguientes:

- Volumen o capacidad.
- Calidad de la producción.
- Costo inicial de instalación.
- Costo de mantenimiento o de servicio.
- Costo de operación.
- Espacio requerido.
- Garantía.
- Disponibilidad.
- Cantidad y clase de operarios requeridos.
- Riesgo para las personas, material y otros elementos.
- Facilidad de remplazo o reposición.
- Incomodidades inherentes (ruidos, olores, etc.).

- Restricciones legislativas.
- Enlace con maquinaria y equipo ya existente.
- Necesidad de servicios auxiliares.

MRP II

Funciones (II)

Planificación de Necesidades de Capacidad (Capacity Requeriments Planing)

Planifica las necesidades de capacidad de las ordenes de fabricación emitidas por el MRP. Su mecánica integra cinco pasos fundamentales:

1. Determinación de las cagas generadas por los pedidos planificados en cada centro de trabajo.
2. Periodificación de las mismas a lo largo del tiempo de suministro.
3. Inclusión de la carga generada por las recepciones programadas.
4. Determinación de la capacidad necesaria por periodo en cada centro de trabajo.
5. Comparación con la capacidad disponible y determinación de desviaciones.

Gráfica 183 Capacidad de planta
Fuente: *es.slideshare.net*

Para determinar el número de máquinas necesarias y la capacidad de cada una se requiere:

- Los tiempos de operación de las diversas máquinas, lo cual se obtienen de los ingenieros de venta de la maquinaria.
- El estudio de tiempos.
- Los cálculos de velocidades de corte, avances, golpes por minuto, etc.

$$\text{Máquinas requeridas} = \frac{\text{Piezas por hora para cubrir las necesidades de producción}}{\text{Piezas por hora y máquina}} = \frac{\text{Tiempo de operación por hora y máquina}}{\text{Tiempo por pieza para cubrir necesidades de producción}}$$

- Al seleccionar la maquinaria adecuada se debe asegurar el poder disponer de la cantidad de máquinas necesarias del tipo adecuado, cuando se necesiten.
- Utillaje y equipo: se debe procurar obtener el mismo tipo de información que para la maquinaria en proceso.
- El tipo de utillaje y equipo necesarios: el ingeniero de distribución deberá averiguar si el utillaje y equipo escogido por el ingeniero de proceso le forzarán de algún modo a realizar una distribución menos favorable, que podría evitarse. Un equipo estándar puede facilitar el trabajo de la distribución. Unas dimensiones estándar también simplifican la tarea de proyectar una distribución. El tiempo requerido para medir cada unidad de un modo individual y para realizar modelos a escala se reduce en gran manera. El tamaño y forma óptima de las unidades estándar variarán para cada industria. Cantidad de utillaje y equipo requerido: La selección de maquinaria, herramientas y equipo va directamente unida a la selección de operaciones y secuencias.
- Utilización de la maquinaria.

- Operaciones equilibradas: una buena distribución deberá usar las maquinas en su completa capacidad. Es menos sensible perder dinero a través de la mano de obra ociosa, de una manipulación excesiva del material o por un espacio de almacenamiento atestado, siempre y cuando se consiga mantener la maquinaria ocupada. Los métodos de equilibrado aplicables a las operaciones de transformación del material son:
  - Mejora de la operación: muchas veces se puede mejorar la producción de una máquina; este es el mejor modo de equilibrar las cadenas de transformación de material. Concentrar la atención en las operaciones que producen embotellamiento y trabajar en ellas.
  - Cambio en las velocidades de las máquinas: es a veces fácil y rápido, cuando se puede ajustar la velocidad de una operación lenta a la de la cadena más rápida. Cambiar la velocidad de una máquina de modo que sea más lenta para que así se ajuste a la velocidad de las otras operaciones, puede ser práctico.
  - Acumulación de material y actuación adicional de las máquinas más lentas durante horas extras o turno extra.
  - Desviación del exceso de piezas a otras máquinas fuera de la cadena.
  - Multitud de artículos o combinación de cadenas: la teoría consiste en combinar los tiempos de inactividad de las máquinas para los diversos productos, con el fin de lograr mayor índice de utilización.
  - Relación hombre-máquina: el problema de utilización del hombre y de la máquina se centra en la determinación del número de máquinas que puede manejar un operario.

- Requerimientos relativos a la maquinaria (espacios-forma y altura): El trabajo de distribución en planta es el ordenamiento de ciertas cantidades específicas de espacio, en relación con la forma de las máquinas (larga y estrecha, corta y compacta, circular o rectangular) lo cual afecta la distribución de las mismas y su relación con otra maquinaria. Es preciso conocer las dimensiones de cada máquina, la longitud, la anchura y la altura.
- Peso: algunos procesos requieren pisos resistentes.
- Requerimientos del proceso: muchos procesos requieren atenciones especiales como, por ejemplo, ventilación.

FACTOR DE PERSONAL

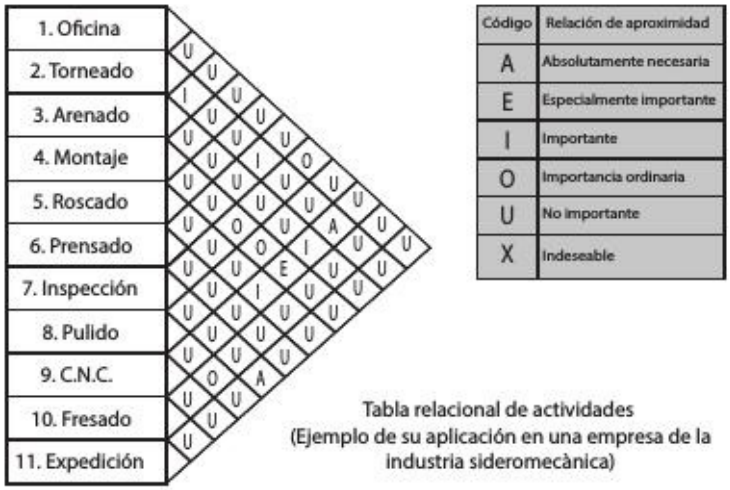
- Como factor de producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarle para nuevas operaciones y, generalmente, encajarle en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas.



Gráfica 184. Planeación de la distribución en planta
Fuente: *gestiopolis.com*

El trabajador debe ser considerado como el principal factor de producción. Los elementos y particularidades del factor hombre abarcan:

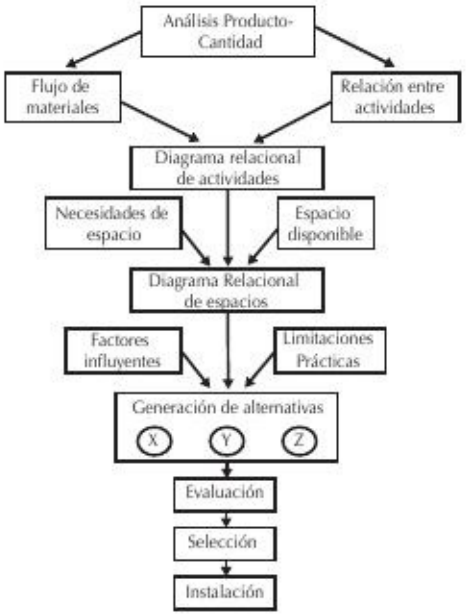
- Mano de obra directa.
- Jefes de equipo.
- Jefes de sección o encargados.
- Jefes de servicio.
- Personal indirecto o de actividades auxiliares.
- Condiciones específicas de trabajo y seguridad.
- Clase y cantidad de operarios.
- Turnos de trabajo.
- Puestos de trabajo.
- Satisfacción del operario (retribución).



Gráfica 185. Sistema relacional
Fuente: *slideshare.com*

Su incidencia radica en:

- Distribución confortable, con luz, ventilación, calefacción, control del ruido y la vibración.
- Señalización, accesos adecuados, salidas de emergencia, extintores, primeros auxilios, etc.
  - Diseño de los puestos de trabajo en donde se debe usar:
    - Los principios de economía de movimientos.
    - Los diagramas hombre-máquina.
    - Los diagramas mano derecha-mano izquierda.
    - Satisfacción de expectativas económicas.



Gráfica 186. Systematic Layout
Fuente: *sliderplayer.es*

- Consideraciones sobre el factor de personal: En cualquier distribución debe considerarse la seguridad de los trabajadores y empleados. Las condiciones específicas de seguridad que se deben tener en cuenta son:
  - Suelo libre de obstrucciones y que no resbale.
    - No situar operarios demasiada cerca de partes móviles de la maquinaria que no estén debidamente resguardadas.
    - Que ningún trabajador esté situado debajo o encima de alguna zona peligrosa.
    - Que los operarios no tengan la necesidad de usar elementos especiales de seguridad.
    - Accesos adecuados y salidas de emergencia bien señalizadas.
    - Elementos de primeros auxilios y extintores de fuego cercanos.
    - Que no existan en las áreas de trabajo ni en los pasillos, elementos de material o equipo puntiagudos o cortantes, en movimiento o peligrosos.

- Cumplimiento de todos los códigos y regulaciones de seguridad.

- En cuanto a las condiciones de trabajo, la distribución debe ser confortable para todos los operarios. En estas condiciones de bienestar influyen: la luz, ventilación, calor, ruido y vibración.

Las ventajas que resultan de una eficiente distribución en planta que no sólo abarque la ordenación más económica de las áreas de trabajo y equipo sino también una ordenadora segura y satisfactoria para los empleados, son las siguientes:

1. Se reducen los riesgos de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo, eliminandose lugares inseguros, pasos peligrosos y materiales en los pasillos.
2. Se mejora la moral y se da mayor satisfacción al obrero evitando áreas incómodas y que hacen tedioso el trabajo para el personal.
3. Se Aumenta la producción, ya que cuanto mas perfecta es una distribución se disminuyen los tiempos de proceso y se aceleran los flujos.
4. Se obtiene un menor número de retrasos, reduciéndose y eliminándose los tiempos de espera, al equilibrar los tiempo de trabajo y cargas de cada departamento.

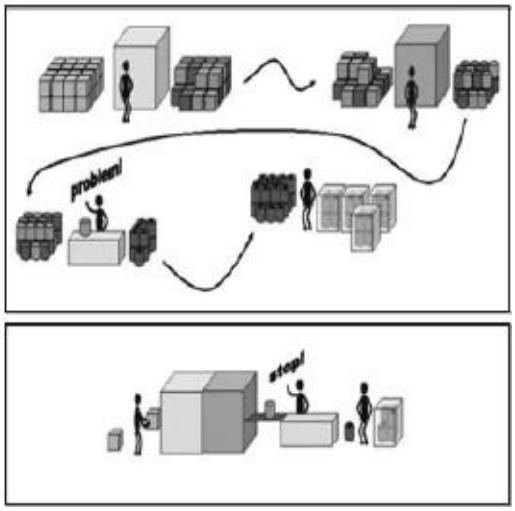
Gráfica 187. Ventajas de una eficiente distribución en planta
Fuente: *sliderplayer.es*

FACTOR MOVIMIENTO

Tiene en cuenta los procesos de operación y su incidencia radica en:

- El transporte que se incluye en todo el manejo de productos y materiales e incide en la distribución por áreas requeridas para accesos como: pasillo, rampas, sótanos, embarques, parqueo, etc.
- Resistencia de paredes y pisos.
- Manejo de materiales, principalmente en lo referente a:
  - Reducir tiempos en el manejo de materiales.
  - Usar equipo mecanizado o automático.
  - Uso adecuado del equipo de manejo de materiales.
  - Manejo eficiente de los materiales utilizando los principios de manejo de materiales.

1. Materiales
2. Maquinaria
3. Trabajadores
4. Movimientos (de personas y materiales)
5. Espera
6. Servicios
7. Edificio
8. Versatilidad, flexibilidad y expansión



Gráfica 188. Factores que afectan la distribución en la planta
Fuente: *utel.edu.mx*

FACTOR ESPERA

- Las demoras o esperas comprenden las áreas de recepción de materiales y productos, áreas para esperas o demoras durante el proceso.
- El almacenamiento.
- La inspección.
- La recepción de materias primas y materiales.
- Los despachos del producto terminado.

FACTOR ESPERA (ALMACENAMIENTO)
Incluye los siguiente elementos: Área de recepción de material entrante. Almacenamiento de materia prima, producto en proceso y prod. Terminado. Almacenamiento de suministros, empaques. Almacenamiento de herramientas y equipos.
CONSIDERACIONES
1. Método de almacenaje 2. Equipos para almacenaje

Gráfica 189. Factor espera (almacenamiento)
Fuente: *sliderplaer.es*

LOS SERVICIOS

Comprenden los servicios para el personal como:

- Oficinas y cafetería.

- Servicios sanitarios y de seguridad.
- Recreación.
- Capacitación y desarrollo.
- Servicios relativos al material:
  - Laboratorios de calidad.
  - Recepción, almacenamiento de materiales y despacho de productos terminados.
  - Control de producción, rechazo, norma y eliminación de desperdicios.

- Servicios relativos a la maquinaria:
  - Talleres de mantenimiento.
  - Manejo de combustibles y lubricantes.
  - Conservación de instalaciones.

Proximidad a los clientes.
Costos de transporte y proximidad a los mercados.
Localización de los competidores.
Factores específicos del lugar.

Gráfica 190. Factores a considerar en los servicios
Fuente: *slideplayer.es*

FACTOR EDIFICIOS

Con mucha frecuencia el diseño de la distribución de una planta se inicia con el sistema de circulación y flujo alrededor del cual se disponen los recursos y servicios.

El flujo de los materiales es uno de los factores que determina el tipo de distribución porque informa sobre la cantidad de material empleado en el proceso, el ← 223 | 224 →espacio que el proceso ocupa, los cuellos de botella y la duración o tiempo total de la producción.



Gráfica 191. Diseño de plantas
Fuente: *es.slideshare.net*

El flujo puede ser horizontal o vertical.

FLUJOS HORIZONTALES

FLUJO EN I:

Es la forma de planta más simple.

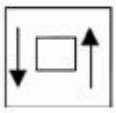


FLUJO EN S: Se adapta cuando el proceso de producción es largo y precisa recorrido en zigzag que ocupe el espacio de la planta.

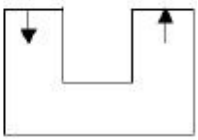


FLUJO EN O: se emplea cuando las operaciones se realizan sobre mesas rotatorias pasando de una fase a otra y luego a otro círculo de operaciones.

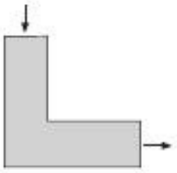
FLUJO EN O



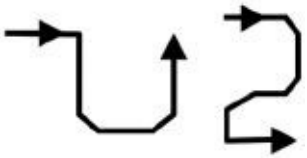
FLUJO EN U:



FLUJO EN L:



FLUJO COMBINADO:



I + U o S + L (L + L)

FACTORES DE DECISIÓN PARA USAR UN EDIFICIO

- Costo inicial y posibilidad de venta posterior por:
  - Beneficio.
  - Una mejor ubicación.
  - Hipoteca.

- Cambios en productos, materiales, maquinaria, equipo, procesos o métodos, y rapidez en poner la distribución en condiciones de producción.
- Uso de edificio cuadrado cuando se requiere:
  - Cambios en el diseño del producto.
  - Reordenamiento de la distribución.
  - Mejoras en los métodos de procesos.
  - Redistribuciones de materiales de construcción y economía de los mismos.

- Uso de otras formas y edificios separados por:
  - Limitaciones de terreno.
  - Límites de propiedad con formas caprichosas.
  - Operaciones que den lugar a suciedad, malos olores, ruido excesivo y vibración.
  - Operaciones con riesgo de incendio o explosión.

- Un edificio industrial influirá en la distribución sobre todo si ya existe en el momento de proyectarlo.
  - Edificio especial o de uso general.
  - Edificio de uno o varios pisos.
  - Forma del edificio.
  - Sótanos y altillos.
  - Necesidad de ventanas.

- Se usan edificios de un solo piso cuando el producto es pesado, grande o barato por libra de peso y el costo del terreno es económico.
- Cubiertas y techos afectan la distribución sobre todo por lo que respecta a su altura por encima del suelo:
  - Suspender equipos de manejo de materiales y desechos.
  - Tuberías de servicio o redes eléctricas.
  - Luz natural.
  - Conducción del calor.
  - Acumulación de polvo.

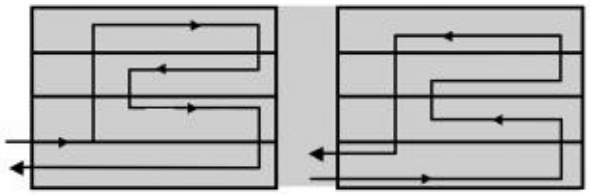
- Excedente en altura para:
  - Máquinas de producción.
  - Equipos de manejo: grúas, montacargas, etc.
  - Tuberías de escape.
  - Distribución eléctrica.
  - Transformadores, compresores y ventiladores.
  - Cimientos sólidos, paredes impermeables y suelos libres de filtraciones.

- Paredes y columnas:
  - Alineadas tienden a configurar los patrones de flujo.
  - Su situación limita la ubicación principalmente de equipos grandes.

FLUJOS VERTICALES

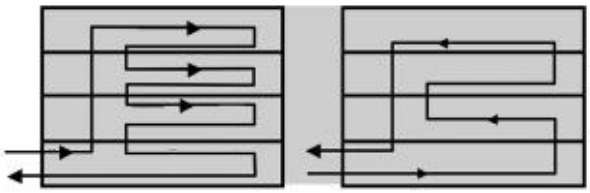
PROCESO ASCENDENTE Y DESCENDENTE

En procesos descendentes hay que transportar las materias primas hasta la última planta, mientras que en los procesos ascendentes se acumulan en ella los productos finales.



ELEVACIÓN CENTRALIZADA Y DESCENTRALIZADA

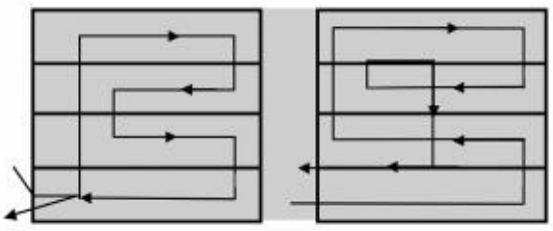
En la elevación centralizada todos los sistemas de transporte se concentran en un extremo del edificio, lo que facilitad la verificación y el mantenimiento del equipo.



Con la elevación descentralizada se puede reducir la cantidad de material y alcanzar mayor flexibilidad en el diseño de los circuitos, pero esto implica mayores costos de instalación, mantenimiento y espacio.

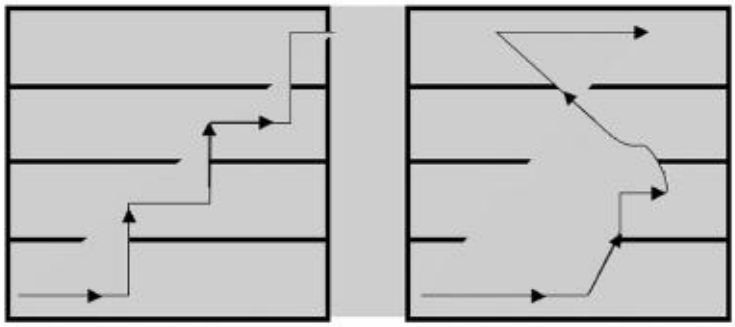
FLUJO UNIDIRECCIONAL Y RETROACTIVO

Se desarrolla de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo, recorriendo los pisos para aprovecharlos de la mejor manera.



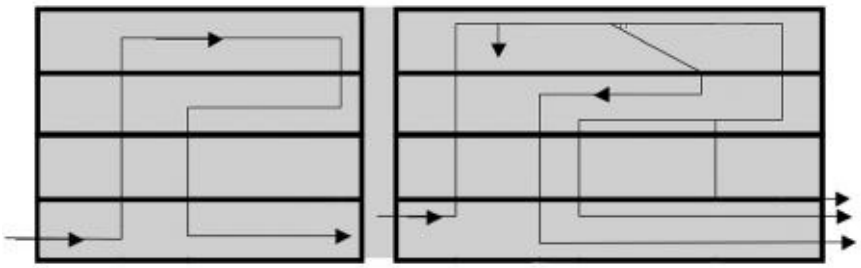
FLUJO VERTICAL E INCLINADO

Se desarrolla por medio de elevadores, canales de descarga y émbolos. El flujo inclinado que usa bandas de transmisiones resulta más adaptable a los diversos tipos de distribución.



FLUJO SIMPLE O MÚLTIPLE

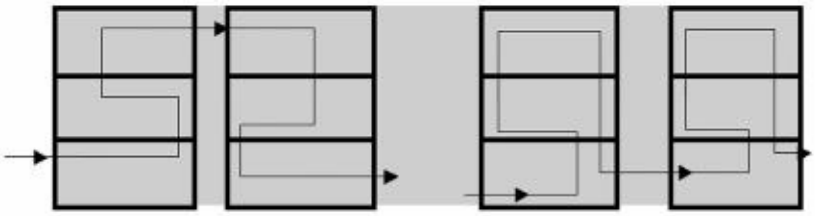
Un sistema de flujo simple consta de un solo proceso. En un sistema de circuito múltiple, varios circuitos de producción fluyen al proceso de montaje, y convergen en un único circuito. También el material puede dividirse en varias corrientes y dirigirse a procesos distintos para conformar diversos productos.



PROCESO CON DOS EDIFICIOS - ELEVADO A NIVEL DEL SUELO

Cuando son varios los edificios que integran una misma línea de producción, el circuito de unión puede hacerse en el primer piso o en uno alto. En el primer piso se puede usar cuando el proceso del segundo edificio es ascendente.

El primer piso alto se usa cuando el proceso es descendente. Tiene la ventaja de dejar libre el primer piso para uso de comercio y almacenamiento de productos.



FACTOR DE CAMBIO

PLAN GUÍA EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

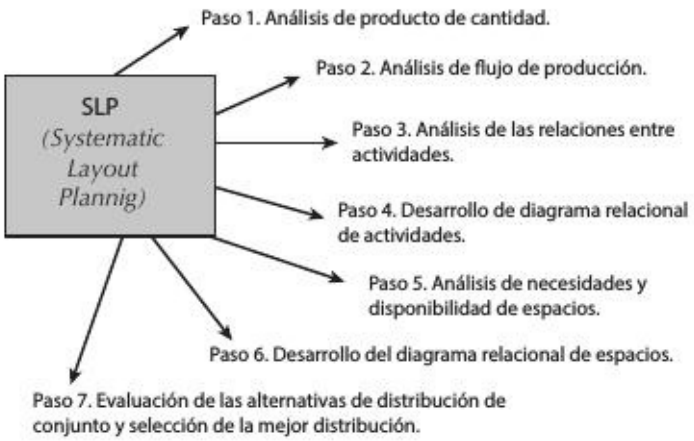
1. Planear el todo y después los detalles. Ir de lo macro a lo micro: primero determinar las necesidades generales conforme al volumen de producción previsto, después establecer la relación de cada una de las áreas considerando el movimiento del material para lograr un patrón básico de flujo y luego detallar una distribución general de conjunto.
2. Planear primero la distribución ideal y luego la práctica.
3. Deberá ser planeada como si no existiese nada en la planta y después intervendrán los factores que limitan la distribución.
4. Seguir los ciclos de distribución y superponer las fases:
   - Seleccionar una distribución integrada.
   - Realizar una distribución de conjunto.
   - Establecer un plan de distribución detallado.
   - Planear e instalar la distribución.

5. Planear el proceso y la maquinaria a partir de las necesidades del material. El diseño del producto, la materia prima y las especificaciones de fabricación determinan el tipo de proceso a emplear y éste junto con el conocimiento de las cantidades a producir nos permitirán seleccionar la clase de maquinaria.

DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO. + CANTIDAD DE PRODUCCIÓN. = CLASE Y CANTIDAD DE MAQUINARIA, UTILLAJE Y EQUIPO.

Planear la distribución basándose en el proceso y la maquinaria. El proyecto de distribución puede empezar una vez conocidos:

- Los procesos adecuados de producción.
- Los requisitos de instalación del equipo.
- El flujo o circulación de los materiales.



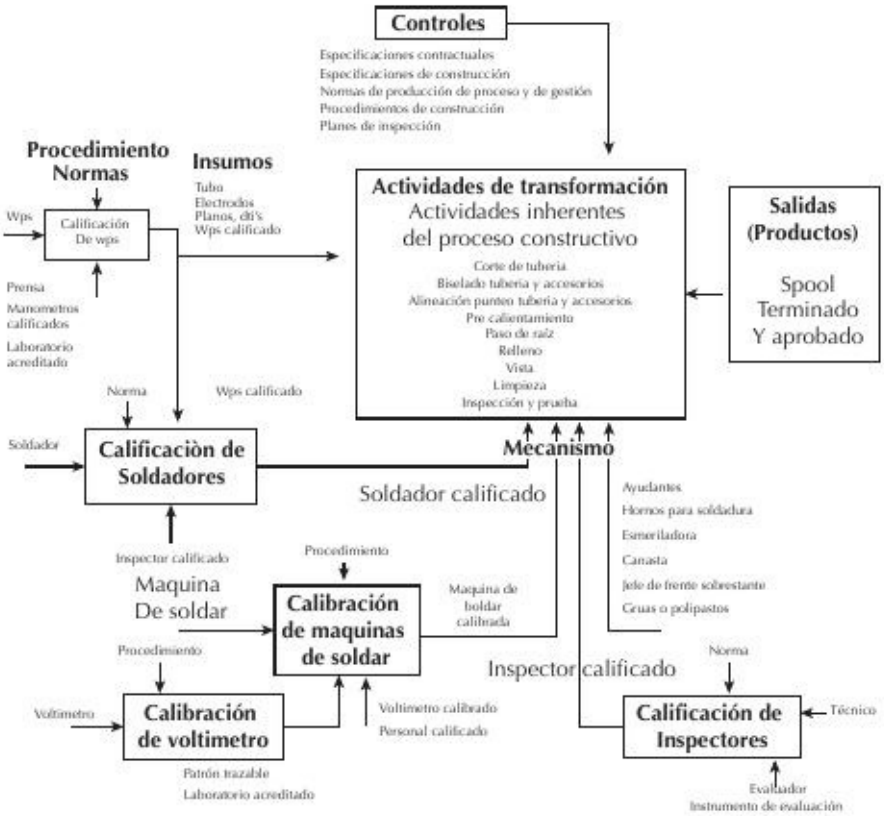
Gráfica 192. Metodología para la distribución en planta SLP

Fuente: *slideplayer.es*

1. Planear la distribución con base en el proceso y la maquinaria.
   - Procesos de producción idóneos.
   - Requisitos del equipo (pesado, voluminoso, etc.)
   - Movimiento del material según el proceso.

2. Proyectar el edificio a través de la distribución: La construcción del edificio para una factoría deberá proyectarse conforme a la distribución en una planta prevista. Cuando la factoría ya está construida, es con frecuencia el factor que limita la distribución.
3. Planear con una clara visualización:
   - Trazar alternativas.
   - Análisis y evaluación.
   - Funcionamiento.
   - Dibujos, modelos y maquetas.
   - Presentación.

4. Hacer la planeación con la colaboración del personal de la empresa: Se debe tener en cuenta a todos y cada uno de los departamentos, solicitarle las ideas e incluirlos dentro del proyecto. Así más tarde se ahorrarán esfuerzos en convencerlos del proyecto o en cambiar aquellas partes que no tengan de su aceptación.
5. Comprobar la distribución. Desarrollado el proyecto de distribución general se debe:



Gráfica 193.
Fuente: *gestiopolis.com*

- Comprobar el proyecto con una hoja de los objetivos de la distribución de la planta para asegurar que sea correcta o que hay futuras mejoras a realizar.
- Lograr la aprobación por parte del personal competente del proyecto, antes de iniciar su implementación.

11. Vender el proyecto de distribución: al igual que con cualquier producto o idea, la distribución en planta no tiene ningún valor hasta tanto alguien lo compre, es decir, la acepte. Por tanto es necesario hacer resaltar:
    - Los beneficios del proyecto de distribución.
    - La colaboración y participación del personal.
    - La preparación de la presentación para lograr la financiación que comprende:
        - Planos, diagramas de flujo y proceso, perspectivas, diseño del producto, esquemas del proceso, etc.
        - Cifras de costos y economías.
        - Secuencia en la realización con la distribución.

12. Instalaciones de la distribución en planta: La información necesaria para instalar una distribución en planta incluye generalmente:
    - Lista de maquinaria y equipo a ser instalados, con etiquetas a cada uno.
    - Un plan de movimientos y traslados.
    - Un plano que muestre la forma de desconectar, conectar, trasladar y situar cada máquina.
    - Un plano de la distribución que explique detalladamente las nuevas ubicaciones.
    - Tener en cuenta el equipo que ha de ser traslado.
    - Hacer un programa de instalación que evite paradas en producción, demoras en entregas al cliente, accidentes al personal y daños a los productos y materiales.
    - Asegurar buenas comunicaciones.
    - Trasladar el equipo, ojalá sin desmontarlo.
    - Instalar y verificar el funcionamiento
    - Poner en marcha
    - Inspeccionar y comprobar instalación y funcionamiento final.

Cuadro 23. Hoja de comprobación de la distribución en planta

OBJETIVOS Y CARACTERÍSTICAS	SI	NO
• ¿DA LUGAR A UN PRODUCTO MEJOR? • ¿REDUCE COSTOS? • ¿MEJORA LA MORAL? • ¿INCREMENTA LA PRODUCCIÓN? • ¿LIBERA SUPERFICIE? • ¿MEJORA LA ADMINISTRACIÓN?		

- ¿REDUCE DESPERDICIOS?
- ¿MEJORA LAS CONDICIONES SANITARIAS?
- ¿INTEGRA MANO DE OBRA, MATERIALES, MÁQUINAS Y MÉTODOS?
- ¿EL FLUJO DE TRABAJO ES RACIONAL?
- ¿LOS TRANSPORTES Y MOVIMIENTOS SON MÍNIMOS?
- ¿LA SEÑALIZACIÓN ES APROPIADA?
- ¿EL AMBIENTE FÍSICO ES AGRADABLE?
- ¿DISMINUYE EL MANTENIMIENTO?
- ¿TIENE FLEXIBILIDAD PARA CAMBIOS, MEJORAS, AMPLIACIONES, REFORMAS, ETC.?
- ¿HAY BENEFICIOS SEGUROS?
- ¿HAY BENEFICIOS POR IMPUESTOS?

EJERCICIOS

1. ¿Puede esperarse que los tipos de distribución en planta satisfagan los factores que influyen en la distribución en planta? Explique.
2. ¿Se puede esperar que ciertas distribuciones renuncien a algunas ventajas en beneficio de su funcionalidad? Explique.
3. ¿Dónde se requiere una mayor inversión de capital en una distribución en línea o en una por procesos? Explique.
4. ¿La mano de obra es más flexible en una distribución en planta en línea o por procesos? Explique.
5. La manipulación y el transporte no altera la forma ni las características del material que se traslada o maneja. Tampoco añade ningún material por lo tanto, no agrega valor al producto. ¿Por qué el movimiento y el transporte representan un factor tan importante en la distribución en planta?

PROBLEMAS

1. Haga la distribución en planta de un restaurante universitario para que pueda atender eficiente y eficazmente un número importante de estudiantes
2. Conforme a los principios de una buena distribución en planta ¿cuál debería ser el orden de prioridad para las siguientes industrias?
   - Una planta de confecciones
   - Un silo para almacenar granos.
   - Una industria metalmecánica.
   - Una fábrica de griferías.
   - Una fábrica de cerámica.
   - Una fábrica de muebles

3. Establezca una distribución en planta adecuada para una fábrica de muebles que atiende artículos construidos por encargo del cliente y que, al mismo tiempo, le permita fabricar lotes económicos de cantidades de pequeñas series.

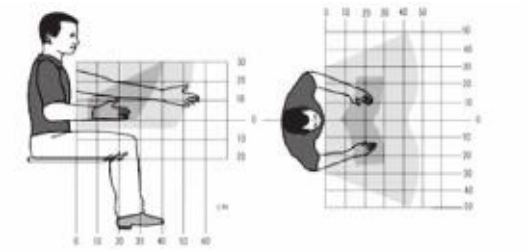
CAPÍTULO VI

Estudio de movimientos

El ser humano

El ser humano es el factor dominante en el diseño del trabajo ya que tiene características fisiológicas, sicológicas y sociológicas que definen tanto sus habilidades como sus limitaciones en el trabajo.

Análisis mano Derecha- Mano Izquierda - Principios de la económia de movimientos



Pasos a seguir:

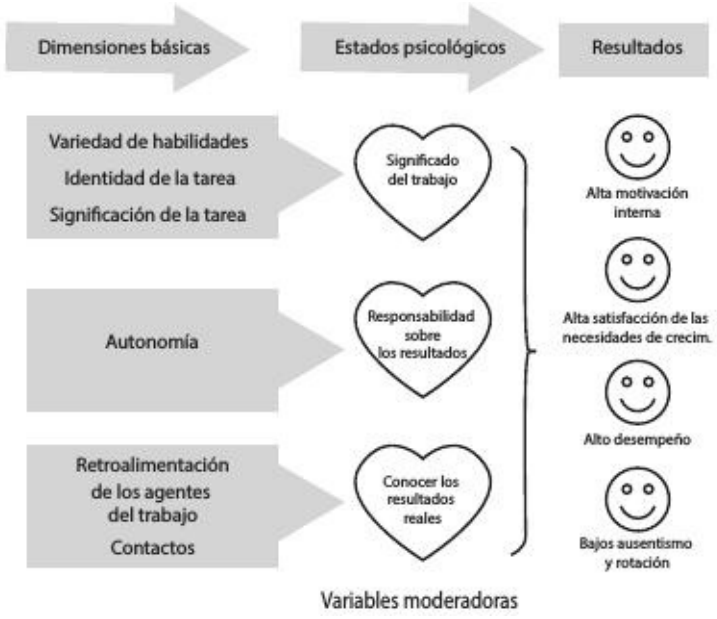
1. Eliminar tantos movimientos de manos como sea posibles.
2. Combinar movimientos para suprimir otros.
3. Efectuar movimiento tan cortos como sea posible y desalentar la inclinaciones debidas al alcance excesivo.
4. Reducir tanto como sea posible la fuerza requerida.
5. Mantener ambas manos igual de ocupadas.

Gráfica 194. Diseño, estudio, comprensión y medición del trabajo
Fuente: *slideplayer.es*

Un conocimiento de las capacidades humanas ayuda a mejorar las observaciones, evaluarlas, desearlas, diseñarlas y producirlas; tal conocimiento, caracteriza a las personas como benefactores y componentes de los sistemas que ellas mismas diseñan, construyen y emplean.

El sistema persona y máquina merece especial atención pues cada uno tiene habilidades para aprovecharlas y limitaciones para reducirlas, que se deben estudiar.

Las reflexiones que podemos extraer del cuadro siguiente representa la necesidad de aprovechar en forma más inteligente a las personas, con la comprensión de que todo aquello que puede hacer una máquina no lo debe hacer una persona, siempre y cuando no constituyan desperdicios que resulten costosos.



Gráfica 195. Diseño, métodos y medición
Fuente: *buluru87.wordpress.com*

En la ejecución del trabajo las funciones de la persona se pueden distribuir dentro de tres clasificaciones generales:

1. Recibir información a través de los órganos sensoriales como vista, tacto, oído, olfato y gusto.
2. Tomar decisiones basados en la información recibida y almacenada en la memoria del individuo.
3. Realizar una acción basada en las decisiones.

PREVENCIÓN, SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

La seguridad del personal en el trabajo crea bien estar, disminuya ausencias y costos.

Use la cabeza, póngase el casco de seguridad: El casco protege la cabeza del peligro de caída de objetos y resguarda contra golpes accidentales. Resiste y desvía el golpe y distribuye el impacto sobre un área mayor. La suspensión interna del casco actúa como amortiguador. Debe ser de la talla correcta y las bandas y las correas de la suspensión deben estar ajustadas debidamente. Cuide el casco, no lo deje caer y asegúrese diariamente que no tenga grietas ni

surcos.

En la actualidad existe una revalorización del trabajo humano, que se puede caracterizar en:

- La importancia concebida al saber y la inteligencia que el trabajador aplica y moviliza.
- Importancia de saber relaciones con las personas en el lugar de trabajo.
- Múltiples interaciones entre personas y equipos que facilitan el que hacer.
- Importancia de la capacitación y todo tipo de acciones educativas.
- Diseño de mecanismos de reconocimiento y valoración de las capacidades demostradas en el trabajo.

Gráfica 196. Actualidad del trabajo humano
Fuente: *slideplayer.es*

Cuidado de la espalda: Evitar lesiones a nivel cervical, dorsal y lumbar por sobre esfuerzos, caídas, golpes y cortes. Controlar el peso de la carga, su estado y su volumen. El espacio debe ser suficiente y el recorrido libre de obstáculos. Usar escaleras para alturas por encima de los hombros. Los movimientos repetitivos, posturas forzadas, levantamientos de cargas y transporte con movimientos incorrectos pueden provocar serios problemas de espalda. Para protegerse debe aproximarse a la carga, asegurar apoyo de los pies ligeramente separados, agacharse flexionando las rodillas y manteniendo la espalda recta, tomar firmemente la carga con las dos manos, levantar la carga utilizando los músculos de las piernas, mantener la carga próxima al cuerpo todo el trayecto.

La postura corporal adecuada beneficia la salud, la estética, la salud y la calidad de vida. Una mala postura dificulta la respiraciòn, crea lumbago, escoliosis, lordosis, comprime los órganos de digestión y provoca molestias digestivas.

Para mantener una buena postura se debe adaptar los ambientes de trabajo y estudio, evitar una vida sedentaria, fortalecer la musculatura y cuidar el peso.



Gráfica 197. Ejemplo de diseño de un centro de trabajo
Fuente: *prevencionseguridadysaludlaboral.blogspot.com*

Cuadro 24. Habilidades y limitantes de las personas y las máquinas

la persona excede a las máquinas	la maquina excede a las personas
1. Percibir pequeñas cantidades de luz y sonido.	1. Responder rápidamente a señales de control.
2. Recibir y organizar patrones de luz y sonido	2. Aplicar gran fuerza en forma continua.
3. Aprender y aprovechar la experiencia.	3. Ejercer fuerza considerable como la que se requiere para cortar y troquelar metales.
4. Improvisar y usar procedimientos flexibles.	4. Ejecutar diferentes funciones simultáneamente.
5. Generalizar.	5. Ejercer una fuerza en forma suave y/o precisa.
6. Enfrentarse a acontecimientos inesperados.	6. Realizar cálculos a alta velocidad.
7. Pensar creativamente.	7. Realizar operaciones rutinarias, repetitivas sin fatiga, aburrimiento o inseguridad.
8. Darse cuenta de los acontecimientos que	8. Moverse a altas velocidades.
ocurren a su derredor.	
9. La persona es una herramienta, por así Decirlo, fácilmente disponible, Extremadamente flexible, capaz de muchas y diversas aplicaciones, menos costoso que el uso de máquinas para el mismo propósito.	9. El hecho que, las máquinas puedan Producir con mayor eficiencia, velocidad, consistencia y calidad significa que si el volumen de producción es lo suficientemente alto, se justifica el costo de inversión en máquinas.
10. Almacenar grandes cantidades de información durante periodos largos y recordar factores relevantes en un tiempo apropiado.	10. Las máquinas ejecutan las tareas como sirvientes incondicionales.
11. Razonar inductivamente.	11. Almacenar información breve y después borrarla completamente
12. Hacer uso de su juicio.	
13. Desarrollar conceptos y crear métodos.	
14. Las personas reaccionan a su medio psicológico y sociológico, así como a su medio físico.	14. Las máquinas reaccionan principalmente a factores físicos.

La prevención de riesgos es una técnica orientada a reconocer, evaluar y controlar los riesgos ambientales que puedan ocasionar accidentes y/o enfermedades profesionales. Se entiende por prevención el conjunto de actividades y medidas adoptadas en todas las fases de actividad con el fin de evitar los riesgos derivados del trabajo.

Esto requiere analizar y evaluar, mediante un conjunto de técnicas, las modificaciones mecánicas, físicas, químicas, biológicas, psíquicas y sociales que se producen en el medio laboral, con el fin de determinar en qué grado afectan a la salud del trabajador.

Los principios básicos en la prevención de riesgos laborales son:

1. Proponerse en la empresa cero accidentes de trabajo.
2. Integrar desde la dirección la gestión de la seguridad y salud laboral con todas las medidas y mejoras necesarias.
3. Los trabajadores deben ser los verdaderos actores de la seguridad.

l. Dar la formación, información, participación, divulgación y consulta sobre el conocimiento de los riesgos y los modos de evitarlos.
. Diseño ergonómico de tareas, de equipos y del entorno laboral, regulación de horarios de trabajo, reducción de estrés, tanto físico como psicosocial, y todas las mejoras organizativas proyectadas integralmente.
. Control de riesgos para evitar las pérdidas económicas en lesiones y deterioro de materiales.
. Integrar la seguridad en todas las fases de la concepción, producción y explotación de la empresa.
. Todo accidente e incidente ha se ser investigado hasta detectar las causas inmediatas y básicas para prevenirlas a futuro.
. Fijar, conocer, cumplir y hacer cumplir las normas y prácticas operativas y disposiciones jurídicas existentes en materia de seguridad, higiene y salud laboral.
. Prevención y evolución de la técnica adaptada a las características de los procesos productivos.

CLASIFICACIÓN DE RIESGOS

Los riesgos se pueden clasificar de la siguiente forma:

Riesgos materiales

Traen como consecuencia golpes, cortes, aplastamientos, caídas, quemaduras, asfixias, descargas eléctricas, entre otros accidentes:

- Lugar de trabajo.
- Normas y señales de seguridad.
- Protección personal y de las máquinas.
- Manipulación, transporte y almacenamiento de material.
- Riesgos de contacto eléctrico.
- Riesgos de incendio y explosión.

Riesgos higiénicos y contaminantes físicos

Con consecuencias como pérdidas de audición, pérdidas de visión y enfermedades de la piel:

- Ambiente térmico, humedad y presión atmosférica.
- Ruido.
- Iluminación.
- Vibración.
- Radiaciones.

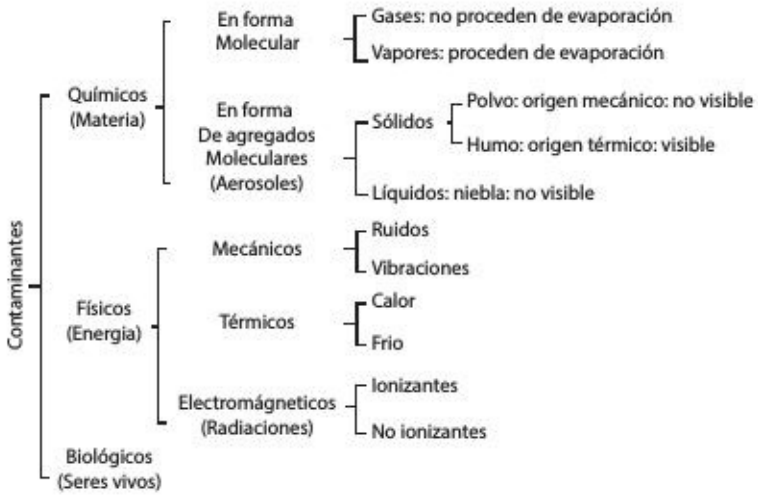
Riesgos higiénicos

Contaminantes químicos (derivados de materia muerta):

- Destrucciones de tejidos.
- Irritaciones en la piel y mucosas.
- Alteraciones respiratorias y pulmonares.
- Disminución del nivel de oxígeno en la sangre.
- Depresión del sistema nervioso central.

Y biológicos (derivados de materia viva):

- Infecciones por bacterias.
- Infecciones por parásitos.
- Infecciones por hongos.
- Infecciones por virus.

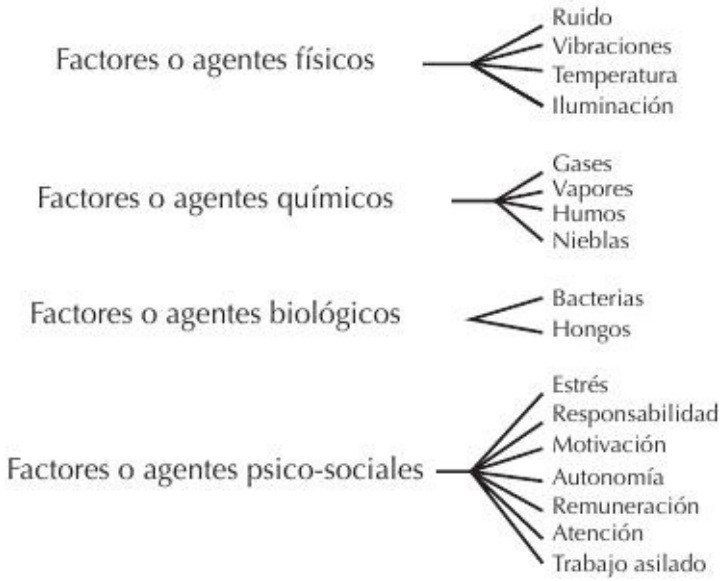


Gráfica 198. Riesgos económicos y organizativos
Fuente: *camarazaragoiza.com*

Riesgos ergonómicos y organizativos

Generan insomnio, fatiga, estrés, problemas digestivos, cardiovasculares, y lesiones por movimientos repetitivos e inadecuados:

- El diseño del puesto de trabajo.
- Las herramientas y útiles que se requieren.
- La planificación y toma de decisiones.
- La organización del trabajo.



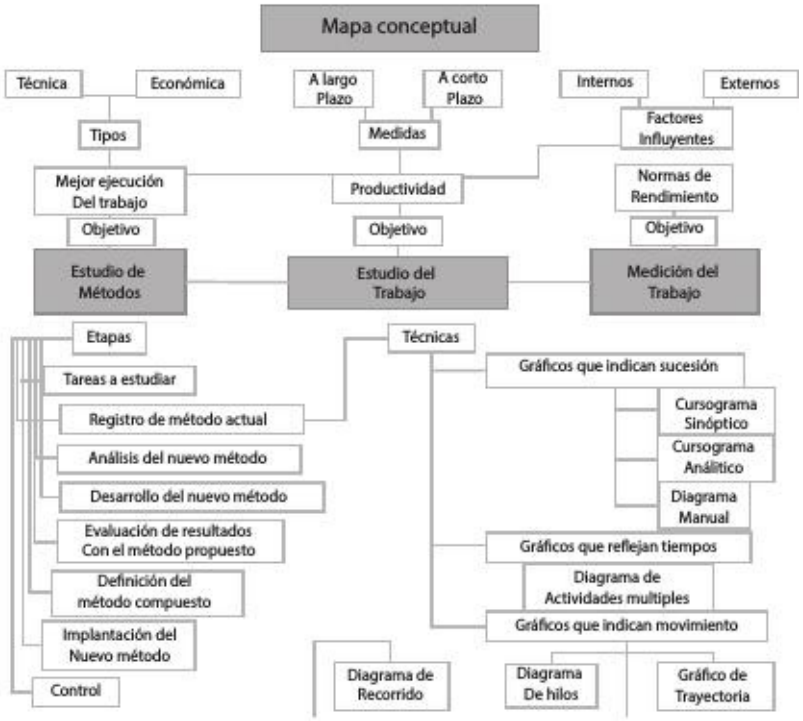
Gráfica 199. Factores físicos, químicos, biológicos y psicosociales
Fuente: *camarazaragoza.com*

DISEÑO DEL TRABAJO

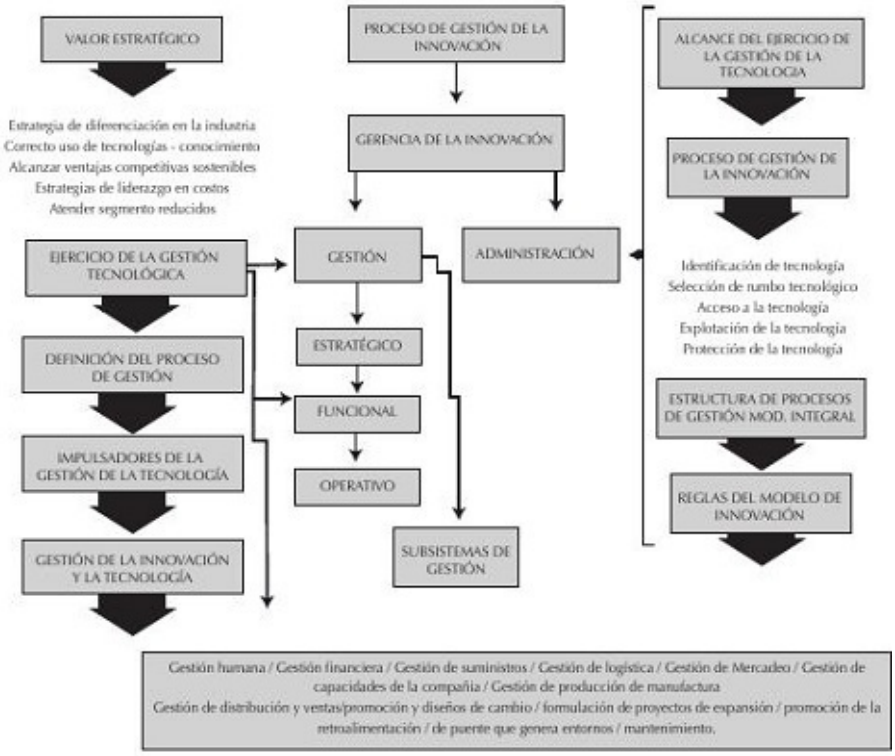
El diseño del trabajo consiste en determinar la combinación óptima de las tareas y de los métodos que den por resultado la cantidad de trabajo esperado. En este diseño juega un papel importante el proceso, la máquina, la disposición física, el medio ambiente, el tiempo, el transporte, el diseño del producto, el lote de producción, la destreza del trabajador, la capacitación y el grado de inversión comprometido. Su efectividad debe reflejarse en la subsistencia del sistema, la ganancia obtenida y el grado de satisfacción.

El diseño de trabajo tiene que ver con su contenido y se divide en:

1. Diseño del producto que comprende:
   - Diseño de las máquinas y herramientas.
   - Distribución física del trabajo.
   - Cuotas de producción.
   - Destreza del trabajador.
   - Satisfacción.



Gráfica 200.
Fuente: *monografías.com*



Gráfica 201. Gestión de la innovación
Fuente: *tecnologyinnovation.bligoo.com.co*

2. Métodos de ejecución como:
   - Control del medio ambiente.
   - Medidas fisiológicas del cuerpo.
   - Factores sicológicos y principios de acuerdo.
   - Flujo.
   - Programación.

3. Datos sicofisiológicos:
   - Áreas normales de trabajo.
   - Diseño de implementos, escalas y exhibidores.
   - Principios del uso efectivo de las manos y del cuerpo.



Gráfica 202. Diseño del trabajo Fuente: *elaboración propia*

   - Datos antropológicos, como medida del tamaño físico del cuerpo humano y su fortaleza física.
   - Diseño de puestos de trabajo, altura de sillas y mesas.
   - Límites de áreas de trabajo con trabajador sentado o de pie.
   - Fortaleza y fuerza de los movimientos del cuerpo.
   - Velocidad y precisión.

4. Entre los dispositivos y mecanismos modernos que el hombre ha inventado para compensar sus limitaciones físicas y mentales tenemos:
   - Medios para aumentar sus facultades sensitivas: el radar, el altoparlante, el telescopio, el termómetro, entre otros.
   - Medios para ampliar sus facultades mentales: calculadoras, computadoras y grabadoras.
   - Medios para aumentar sus facultades motrices: la palanca, la prensa, cilindros neumáticos e hidráulicos, la bicicleta, el motor, el vehículo, el avión, etc.

Una elección inteligente entre el hombre y la máquina para una tarea dada, requiere información cuantitativa, la experiencia, costos y métodos de lo que se puede esperar del hombre razonablemente. Pero la información disponible al respecto es escasa, dispersa e inédita.

Integrar al hombre dentro del proceso productivo y al mismo tiempo determinar el procedimiento de trabajo, distribuir la estación de trabajo y diseñar el equipo óptimo, requiere la aplicación de algunos principios.

Una actitud es una creencia, opinión, convicción o tendencia emocional que caracteriza a todos y cada uno de los eventos en donde intervienen las personas. La actitud es el valor con el cual se juzgan las sensaciones e identifican las personas. Ya sea consciente o no, las personas encuentran actitudes de gusto o disgusto, de aprobación o desaprobación, de deseo o no, o la sensación positiva o negativa con respecto a todo lo que encuentra.

La habilidad para razonar, juzgar y manejar ideas es el más grande y valioso talento desarrollado por las personas.

Cuadro 25. Función de apoyo al ser humano

Función	Descripción física	Medio ambiente
Datos del medio ambiente	Estímulo energía	Alto, alarma sirena, ondas luminosas, ondas sonoras.
Captación de datos	Órganos receptores y sensoriales	Tacto, ojos, oídos, olfato, gusto.
Procesamiento de datos	Identificación, interpretación, discriminación y decisión	Color, forma, tono, intensidad. Alto, sirena, alarma. Merecen atención y acción. Detener, tomar acción.
Transmisión de datos.	Ejecución	Aplicación de fuerza a los frenos. Reportar condiciones.

DISEÑO DE LOS LUGARES DE TRABAJO Y MÁQUINAS QUE SE AJUSTEN MEJOR AL OPERADOR HUMANO

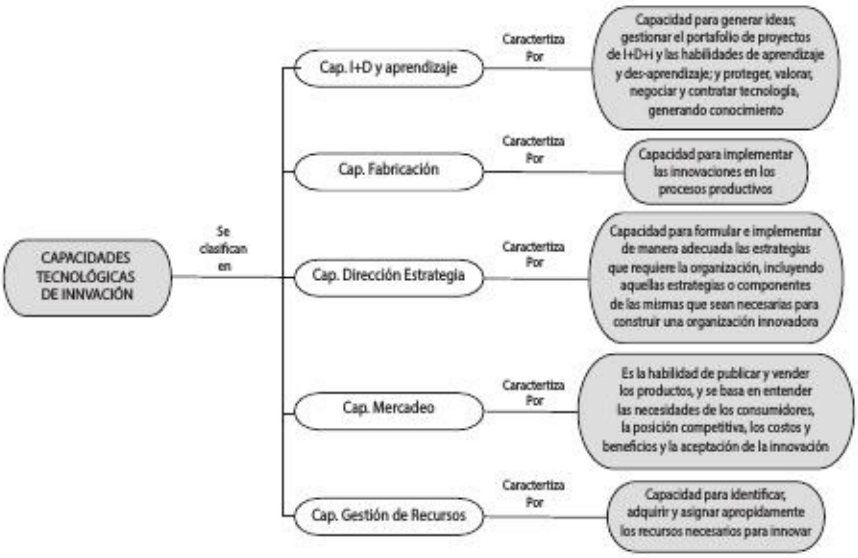
Los pasos que deben darse al diseñar una instalación son:

1. Decidir lo que debe hacerse para fabricar el producto.
2. Decidir cuáles de las operaciones han de efectuarse con máquina, con personas o con una combinación de los dos. El hombre es una herramienta, por así decirlo, fácilmente disponible, extremadamente flexible, capaz de muchas y diversas aplicaciones, y para ello solo basta un periodo de entrenamiento y práctica, que con frecuencia resulta menos costoso que la fabricación en máquinas. Ventajoso en tareas que impliquen pequeño volumen de producción. La máquina puede producir con mayor eficiencia, velocidad, consistencia y calidad principalmente cuando los volúmenes son altos.
3. Diseñar las funciones que realizarán las personas y el trabajo de las máquinas. Se dividirán según el grado de seguridad, eficiencia, eficacia y productividad que represente una ventaja.

Cuadro 26. Grado de automatización

Grado de trabajo	Grado de automatización
1	Trabajo manual sin herramientas.

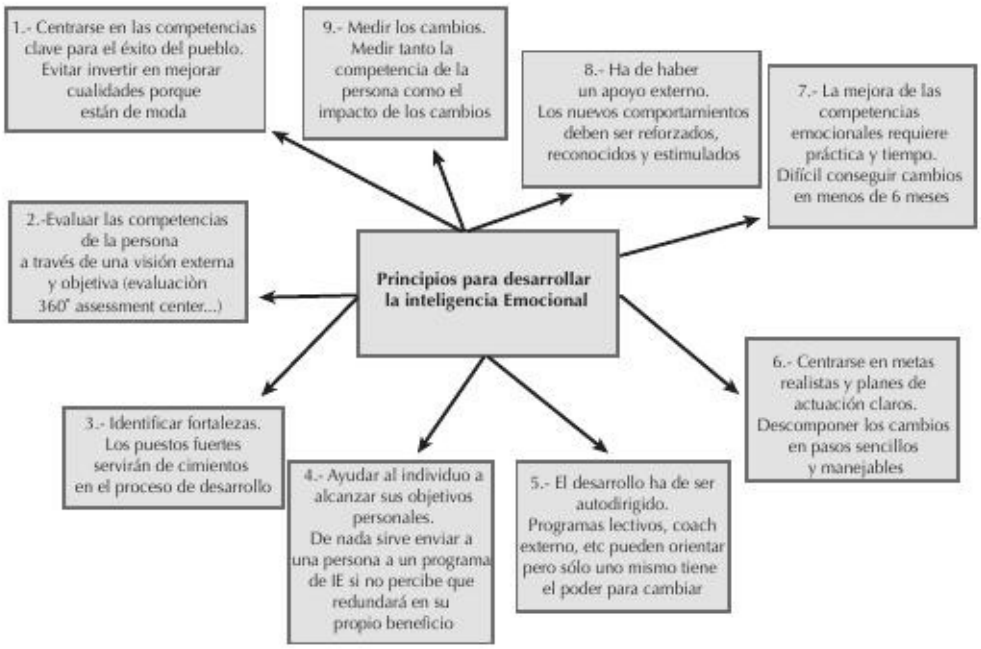
2	Trabajo con herramientas manuales como pinzas, alicates, atornillador, etc.
3	Trabajo con herramientas manuales eléctricas, como atornillador eléctrico, taladro manual, etc.
4	Trabajo con herramientas eléctricas guiadas, como taladro de árbol.
5	Trabajo con herramientas eléctricas guiadas con ciclo controlado mecánicamente, como tornos, fresadoras, etc.
6	Trabajo con herramientas eléctricas guiadas, con ciclo controlado mecánicamente, carga y descarga mecánica, como una embotelladora.
7	Trabajo con herramientas eléctricas guiadas, con ciclo controlado mecánicamente, carga y descarga mecánica, auto verificación y auto corrección.
8	Trabajo automatizado completamente.



Gráfica 203. Innovación
Fuente: *intersoftware.org.co*

4. La actividad de las personas y de las máquinas varía desde un extremo en que todo el proceso es manual a otro en donde todo es automático.
5. Utilizar los datos sicofisiológicos para fijar los límites de las áreas normales de trabajo, escalas, exhibidores y establecer los principios del uso efectivo de las manos y del cuerpo humano. Los sicólogos y fisiólogos, después de la segunda guerra mundial, se volcaron sobre la industria y recopilaron gran número de datos del operador humano y su relación con la máquina.

Uno de los campos de la fisiología que suministra datos básicos para los diseñadores del trabajo es la antropometría, la cual trata de la medición del tamaño del cuerpo humano, su fortaleza física, entre otras características. Con estos datos se puede especificar los límites del área de trabajo, la altura de las sillas y mesas de trabajo y el diseño de máquinas, de manera que no se agote la fortaleza física del trabajador.



Gráfica 204. Inteligencia emocional
Fuente: *cineyeducacionemocional.blogspot.com*

Cuadro 27. Datos antropométricos

	estatura	metros
	hombre	mujer
Estatura	1.73	1.58
Altura sentado erecto	0.91	0.85
Ancho del hombro	0.45	0.335
Ancho de caderas sentado	0.383	0.365
Altura del tronco	0.595	0.615
Altura de la espalda	0.715	0.59
Hombro-codo	0.368	0.265
Antebrazo	0.47	0.43
Alcance del brazo al frente	0.88	0.795
Alcance total del brazo	1.788	1.50
Altura del codo	0.24	0.243
Nalga-rodilla	0.59	0.565

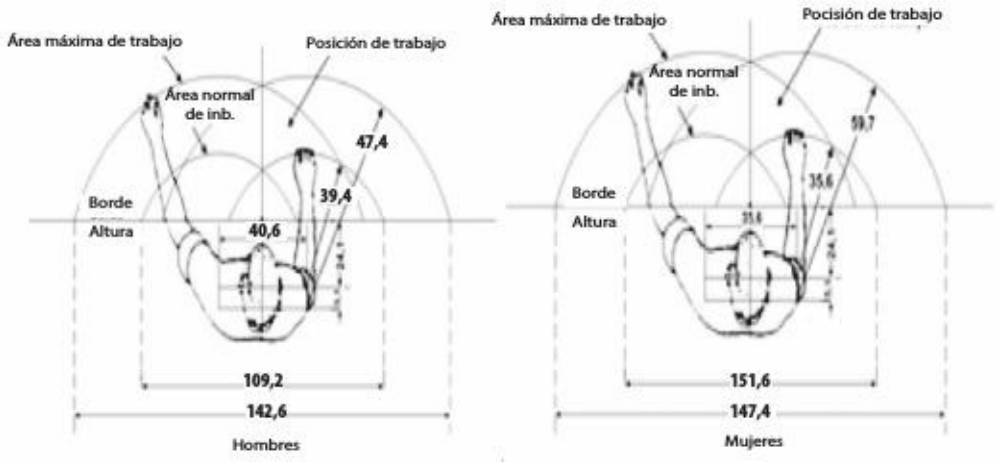
LÍMITE DE LAS ÁREAS DE TRABAJO

La mayoría de los trabajos se ejecutan mientras el trabajador está sentado o de pie frente a un banco, mesa o escritorio. Las áreas máximas y comunes de trabajo se muestran en la figura siguiente.

Cuadro 28. Plano horizontal

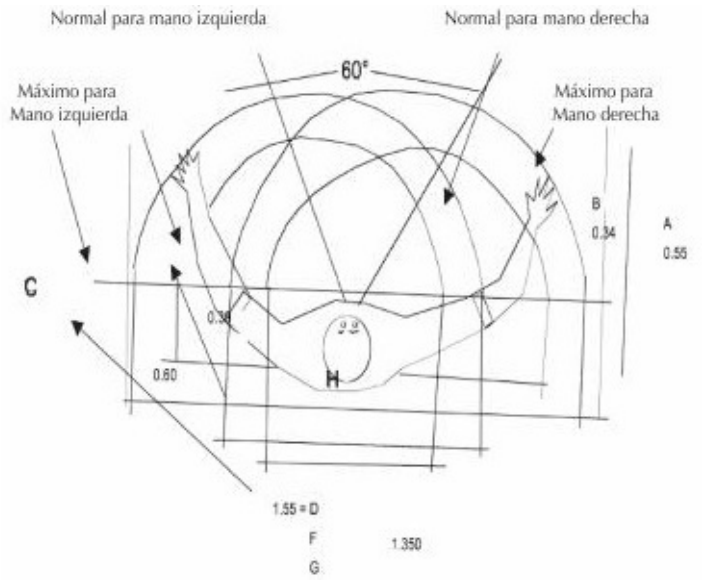
	MUJER ESTATURA = 1.59 M.	HOMBRE ESTATURA = 1.68 M.
A	0.48	0.55
B	0.30	0.34
C	0.20	0.24
D	1.37	1.55
E	1.10	1.35
F	0.64	0.72
G	0.55	0.60
H	0.20	0.14

Los movimientos que exceden del área máxima de trabajo exigen que se mueva el tronco del cuerpo y en operaciones repetitivas, estos movimientos son agotadores.



Gráfica 205. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal

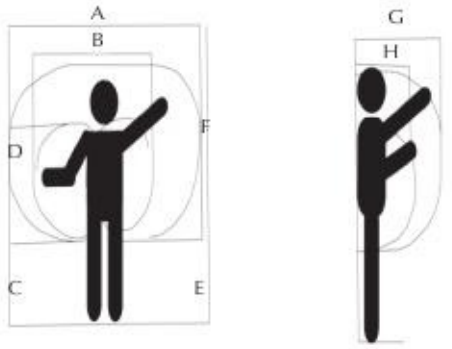
Según los principios de economía de movimientos, respecto a la utilización del cuerpo humano, los movimientos deben corresponder al orden o clasificación más baja posible; es decir, reducir al mínimo el esfuerzo empleado en ejecutar cada acción.



Gráfica 206. Áreas de trabajo

Las medidas similares en planos verticales sirven de guía tridimensional para localizar materiales, herramientas y controles.

Hay una zona máxima de trabajo para la mano derecha y otra para la mano izquierda, trabajando por separado y para ambas manos, y trabajando conjuntamente, de tal forma que permita movimientos de brazos naturales, fáciles y rítmicos.



Gráfica 207. Planos verticales
Fuente: *elaboración propia*

Existe una clasificación de estos movimientos la cual se basa en las partes del cuerpo que sirven de apoyo a las partes que se mueven en la ejecución de la operación, tal como se puede apreciar en el tabulado siguiente:

CLASE	PUNTO DE APOYO	PARTES DEL CUERPO EMPLEADAS
Clase 1	Nudillos	Dedo
Clase 2	Muñeca	Mano y Dedos
Clase 3	Codo	Antebrazo, Mano y Dedos

Clase 4	Hombro	Brazo, Antebrazo, Mano y Dedos
Clase 5	Tronco	Torso, Brazo, Antebrazo, Mano y Dedos

Como se puede observar, a medida que aumenta la clase de movimiento las partes del cuerpo que se emplean se incrementan de forma acumulativa; es decir, que mientras más baja sea la clase, más movimientos se ahorran. Por ende, es evidente que los esfuerzos se deben enfocar en disponer el lugar, las herramientas y el equipo de manera tal que la clase de movimientos necesarios para ejecutare la operación sea lo más baja posible.

Las partes se han de disponer de tal forma que permitan los movimientos de ojos más corto, la mejor fijación de la vista y el mejor orden de movimientos, para adquirir hábitos de movimientos automáticos y rítmicos.

Cuadro 29. Plano vertical

	MUJER	HOMBRE
A	1.440	1.55
B	1.10	1.35
C	0.68	0.77
D	0.72	0.88
E	0.63	0.70
F	1.26	1.40
G	0.73	0.80
H	0.43	0.50

DECISIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LAS PERSONAS EN UN PROCESO

Para hacer una elección inteligente entre el hombre y la máquina, deben conocerse los principios que sirven de guía al diseñador en la búsqueda de los mejores métodos de trabajo. Es importante integrar a las personas dentro del proceso ← 251 | 252 →productivo con el propósito de lograr el mayor aprovechamiento del esfuerzo humano con el mínimo de fatiga, determinar el procedimiento de trabajo adecuado, distribuir la estación de trabajo y diseñar el equipo óptimo. Esto originó el estudio de tres categorías de principios:

- Utilización del cuerpo humano, respecto a la clase de trabajos que se efectúan con las manos o con los pies.
- Cuál es el tipo y secuencia de los movimientos del cuerpo y de los miembros que se usarán.
- Distribución del lugar de trabajo y diseño de herramientas y equipo.

PRINCIPIOS DE ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS RELACIONADOS CON EL USO DEL CUERPO HUMANO

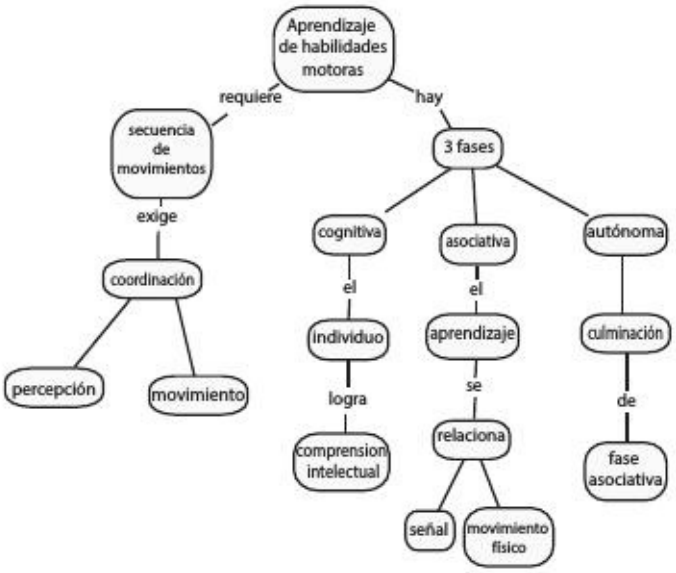
1. La secuencia de los movimientos deberá facilitar el aprendizaje, el ritmo y minimizar el número total de movimientos necesarios. Los movimientos de las manos deben quedar confinados a la clasificación más baja:

- Movimientos de los dedos.
- Movimientos que comprenden dedos y muñeca.
- Movimientos que comprenden dedos, muñecas y antebrazo.
- Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo y brazo.
- Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo, brazo y hombro.

Este principio sirve para realzar la importancia de localizar el material y las herramientas lo más cerca posible del punto de utilización y que los movimientos de las manos deban ser lo más cortos posible. El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de una operación; se debe disponer el área de trabajo para permitir un ritmo fácil y natural. El ritmo puede interpretarse de dos formas diferentes:

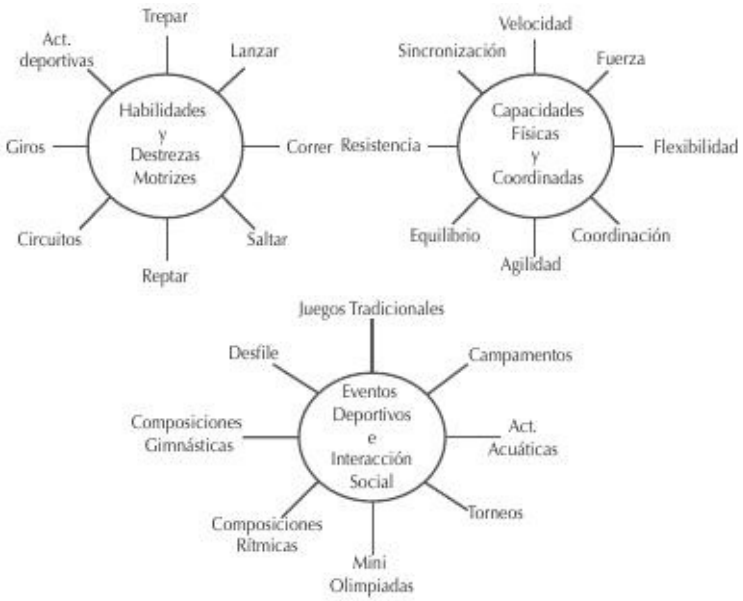
- Rapidez o velocidad con que se hacen los movimientos repetidos como andar o respirar.
- Un movimiento regular, uniforme y recurrente es rítmico, aunque no de tal impresión.

Un operario voluntariamente puede disminuir su ritmo, introducir movimientos extraordinarios para generar retrasos o interrupciones; por lo tanto, resulta difícil determinar el ritmo natural de cualquier persona y es necesario entrenarlo en el método, calificarlo y dar los suplementos necesarios para su recuperación.



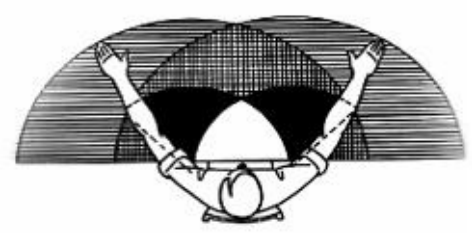
Gráfica 208. Aprendizaje de habilidades motoras
Fuente: *cursa.ihmc.us*

3. El trabajo deberá distribuirse lo más simétricamente posible, entre las dos manos y los dos pies:



Gráfica 209. Habilidades, destrezas, capacidades y eventos
Fuente: *colegio-citlali.edu.mx*

- Las ← 253 | 254 → manos deben comenzar y terminar sus movimientos a la vez.
- Las manos no deben permanecer inactivas a la vez, excepto durante los periodos de descanso.
- Los movimientos de los brazos deben hacerse simultáneamente en direcciones opuestas y simétricas.



Gráfica 210. Estudio y mejora de métodos
Fuente: *millarov.blospot.com*

- Son preferibles los movimientos suaves y continuos de las manos a los movimientos en zigzag o en línea recta con cambios de dirección repentinos y bruscos.
- Debe disponerse el trabajo de modo que permita un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.
- Los puntos en que se fija la mirada deben ser tan escasos en número y tan próximos entre sí como sea posible.
- Debe disponerse el trabajo de modo que permita un ritmo fácil y natural, siempre que sea

posible.

- Los movimientos de las manos deben quedar confinados a la clasificación más baja compatible con la posibilidad de ejecutar satisfactoriamente el trabajo

Estos principios están ligados entre sí y pueden estudiarse mejor a la vez. En estos casos, se logra distribuyendo trabajo similar a la izquierda y a la derecha del lugar de trabajo. Los movimientos simétricos de los brazos se tienden a equilibrar y reducen los choques sobre el cuerpo y permiten al operario ejecutar su tarea con esfuerzos mentales y físicos menores; éste equilibrio también genera menor tensión. Esto sucede, por ejemplo, en el montaje de perno, arandelas, guasa y tuerca:

$$\text{El incremento de producción en \%} = \frac{(\text{Piezas producidas por minuto, método nuevo}) - (\text{Piezas producidas por minuto, método antiguo})}{(\text{Pz producidas Por minuto método antiguo})} X100$$

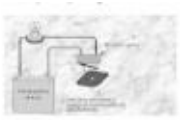
$$\text{Ahorro de tiempo en \%} = \frac{(\text{Tpo. Por pieza método antiguo}) - (\text{Tpo. Por pieza Nuevo método})}{\text{Tpo. Por pieza método antiguo}} X100$$

4. Los movimientos de encender-apagar y abrir-cerrar deberán ser efectuados por la acción del pie o la pierna, siempre que sea posible.

Accionar un juguete: impulsar piezas con un movimiento de vaivén



Encender y apagar un circuito



Gráfica 211. Levas y movimientos de vaivén
Fuente: *slideplayer.es*

5. Los movimientos de transportación deberán efectuarse con el movimiento natural de antebrazo y mantener al mínimo el movimiento de la parte superior del brazo.



Gráfica 212. Movimientos de transportación
Fuente: *es.slideshare.net*

6. Siempre que sea posible, debe usarse el movimiento por gravedad o dejar caer. En general se debe minimizar el número de movimientos.

Princípios
Utilizar canaletas por gravedad y entrega dejando caer para reducir los tiempos de alcanzar y mover
Arreglo óptimo de herramientas, controles y otras componentes para minimizar los movimientos.
- Considerar importancia y frecuencia de uso
- Funcionalidad y frecuencia de uso

Gráfica 213. Movimientos por gravedad
Fuente: *es.slideshare.net*

7. Se debe emplear la impulsión para ayudar al operario a vencer las cargas con el menor esfuerzo muscular:

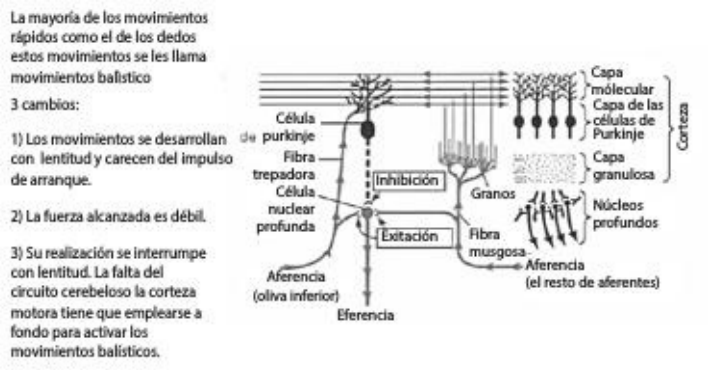
Impulsión = Masa x Velocidad

El peso consta de tres partes:

- El peso del material.
- El peso de la herramienta y dispositivos utilizados.
- El peso de la parte del cuerpo que se mueve.

Estos pesos se deben estudiar con el fin de reducir cada uno de ellos al mínimo. Igualmente, se debe mantener baja la velocidad de los movimientos con el fin de conseguir el máximo rendimiento.

Control cerebeloso de los movimientos balísticos



Gráfica 214. Control cerebeloso de los movimientos balíticos
Fuente: *es.slideshare.net*

10. Deben usarse los movimientos suaves, continuos, curvos y balísticos de las manos en lugar de los movimientos rígidos, en zigzag, forzados o de ángulos agudos, línea recta, con cambios de dirección, bruscos y repentinos.

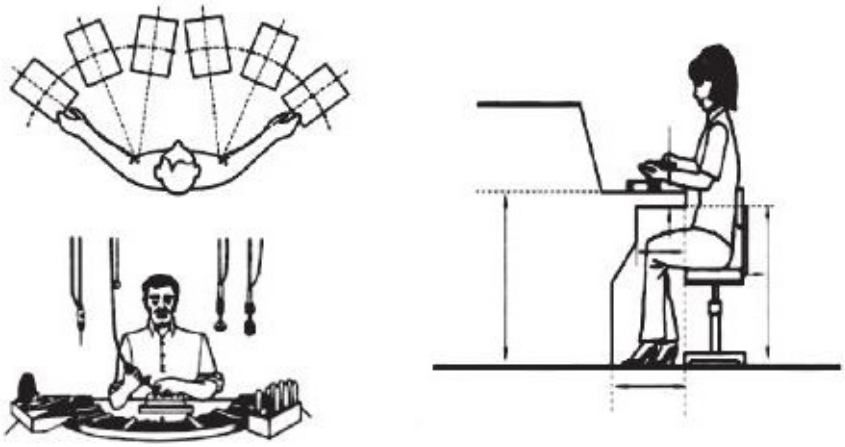
Los movimientos balísticos son más rápidos, fáciles y exactos que los restringidos o controlados.

PRINCIPIOS PARA DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO

1. Es esencial reubicar en orden las herramientas, los materiales, las partes acabadas y los controles en un sitio fijo y definido, cerca y frente al operario conforme a las zonas normales de trabajo tanto en el plano horizontal como vertical. Esto con el fin de crear hábito en los operarios, lo cual permite el rápido desarrollo del automatismo, la reducción de la fatiga y el ahorro de tiempo.

2. Es necesario al buscar los controles establecer claves respecto a colores, forma o tamaño, para maximizar la velocidad y minimizar los errores. Por ejemplo: en el control de la aleta de aterrizaje, en el tren de aterrizaje, en el control para la extinción de incendios, en el control de las RPM, en la reubicación de controles y en el uso de palancas.

Economía de movimientos: utilización de cuerpo humano, distribución del lugar de trabajo y modelo de maquinas y herramientas



Gráfica 215. Métodos y movimientos en el lugar de trabajo
Fuente: *es.slideshare.net*

Aplicación de Lean y Seis Sigma

Utilizar Lean para:

- Eliminar desperdicios o Muda
- Incrementar velocidad
- Minimizar inventarios
- Simplificar procesos
- Mejorar Flujos
- Hacer Procesos a prueba de error

Gráfica 216. Controles
Fuente: *slideplayer.es*

3. El uso de indicadores de tipo cualitativo ofrece información respecto a más de dos condiciones o estados discretos o de número limitado, como mecanismos de inspección. Es indispensable usar indicadores simples del tipo encender-apagar. Ejemplo de esto son los indicadores de luces altas en el tablero de un automóvil, los indicadores direccionales y de temperatura, la luz piloto de la radio, la cafetera eléctrica, la alarma, entre otros. Si no basta un indicador simple del tipo encendido - apagado, se puede usar, si es adecuado, un indicador del tipo cualitativo.

Un ejemplo pueden ser las luces direccionales de un automóvil.

Rojo	Amarillo	Verde
Desechar	Corregir	Aceptar

Un sonido de advertencia es probablemente el tipo más simple de tablero auditivo, dado que transmite información del tipo ‘’Encendido-apagado’’.



Oído maximamente sensible	500 a 300 Hz
Si el sonido tiene que viajar lejos	<1000 Hz
A través de obstaculos	<500 Hz

Gráfica 217. Tableros de advertencia
Fuente: *es.slideshare.net*

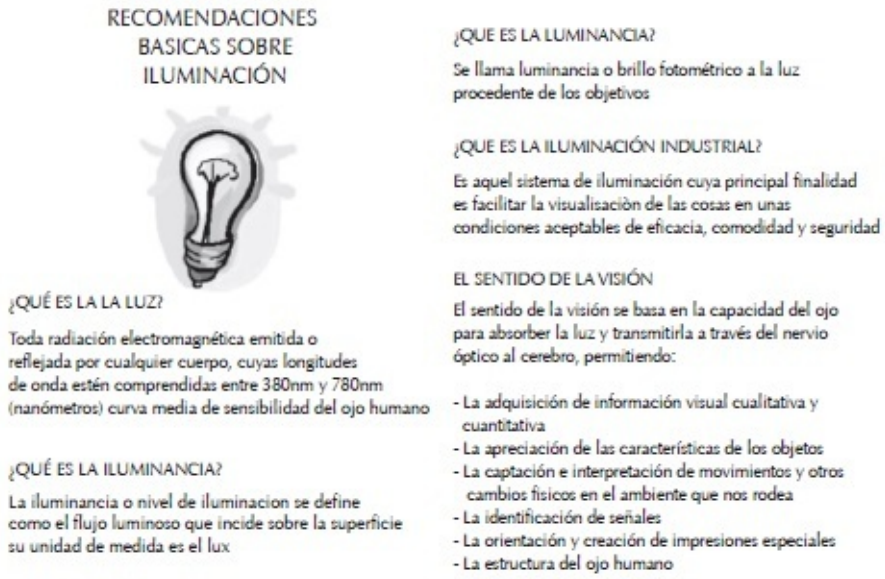
Únicamente cuando sea esencial se debe presentar una información cuantitativa continua, en vez de los tipos encendido - apagado y cualitativo.

4. Debe proporcionarse una iluminación adecuada y sin reflejos; es decir, condiciones adecuadas para ver. Para este propósito lo que se requiere es:

- Luz de intensidad suficiente para la tarea definida.
- Luz de color adecuado y sin deslumbramiento.
- Luz incidente en la dirección debida.

Se debe tener en cuenta que la visibilidad de un objeto viene determinada por las variables siguientes:

- Brillo del objeto.
- Contraste con el fondo.
- Tamaño del objeto.
- Tiempo disponible para ver.
- Distancia del objeto al ojo.
- Distracciones.
- Fatiga.
- Tiempo de reacción y deslumbramiento.



Gráfica 218. Recomendaciones básicas sobre iluminación
Fuente: *Es.slideshare.net*

5. Colocar los materiales en recipientes, dispensadores o depósitos con labios o suministro por gravedad, que faciliten localizar y sujetar las piezas. Esto ahorra tiempo y permite a las manos comenzar el ciclo siguiente simultáneamente sin romper el ritmo.



Gráfica 219. Categorías de equipo de manejo
Fuente: *es.slideshare.net*

6. Use un tornillo de acción rápida, una abrazadera o cualquier otro tipo de mecanismo para fijar el material sobre el cual se está efectuando un trabajo. Puede utilizar, por ejemplo: Tornillo operado con aire, tornillo de dos o tres hilos, mecanismos de levas, resortes, presión hidráulica, magnetismo, entre otros.



Gráfica 220. Prensa de tornillo
Fuente: *RIDQID.COM*

7. Use topes y guías que reduzcan la inspección con el propósito de dejar en libertad al operario para realizar otras actividades.



Gráfica 221. Tope trasero
Fuente: *rastromaquinas.com*

PRINCIPIOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO DE EQUIPO Y LUGAR DE TRABAJO

1. Deben combinarse dos o más herramientas: Generalmente es más rápido darle la vuelta a una herramienta de doble uso que dejar una herramienta y coger la otra.

2. La altura del lugar de trabajo y el asiento correspondiente a cada operación deberán combinarse de forma que permitan al operario trabajar alternativamente sentado, con apoyo para los pies o de pie. Así es posible que descansen ciertos músculos, cuyo cambio de posición influye favorablemente sobre el sistema circulatorio.

Normalmente se parte de la altura del codo del trabajador para establecer las alturas que deben corresponder a la mesa y silla para el trabajo. Para personas de estatura media, la altura del codo es de 0.75 metros para las mujeres y de un metro o más para los hombres.

Diseño de las herramientas y el equipo

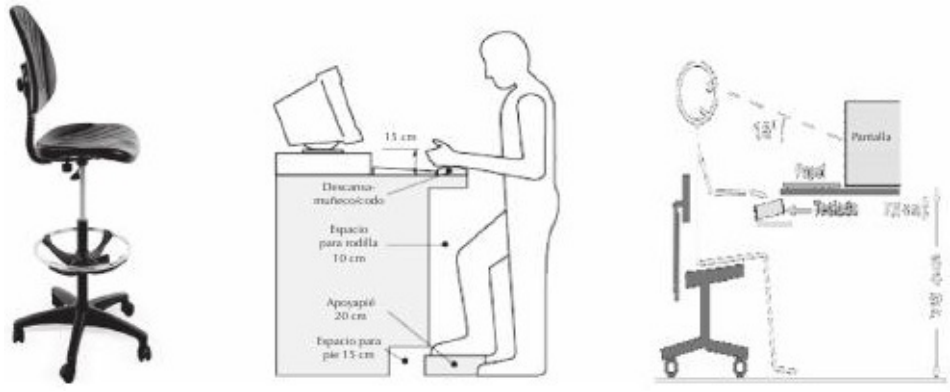
1. Deben efectuarse, siempre que sea posible, operaciones múltiples de las herramientas combinando dos o m's de ellas en una sola, o bien disponiendo operaciòn mùltiple en los dispositivos alimentadores, si fuera el caso (por ejemplo, en tornos con carro transversal y de torreta hexagonal)

2. Todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de manejo deben estar fácilmente accesibles al operario, y deben diseñarse de manera que proporcinen ventaja mecanica máxima posible y pueda utilizarse el conjunto muscular más fuerte

3. Las piezas en trabajo deben sostenerse en posiciòn por medio de dispositivos de sujeciòn

4. Se debe investigar siempre la posibilidad de utilizar herramientas mecanizadas (eléctricas o de otro tipo) o semiautomaticas, como aprietatuercas y destornilladores motorizados y llaves de tuercas de velocidad, etc

Gráfica 222. Diseño ergonómico de herramientas, maquinarias e instalaciones
Fuente: *slideplayer.es*



Gráfica 223. Silla y mesa de trabajo
Fuente: *archiexpo.es*

La silla deberá tener una altura de 0.625 a 0.775 m. De esta manera la posición del codo y la

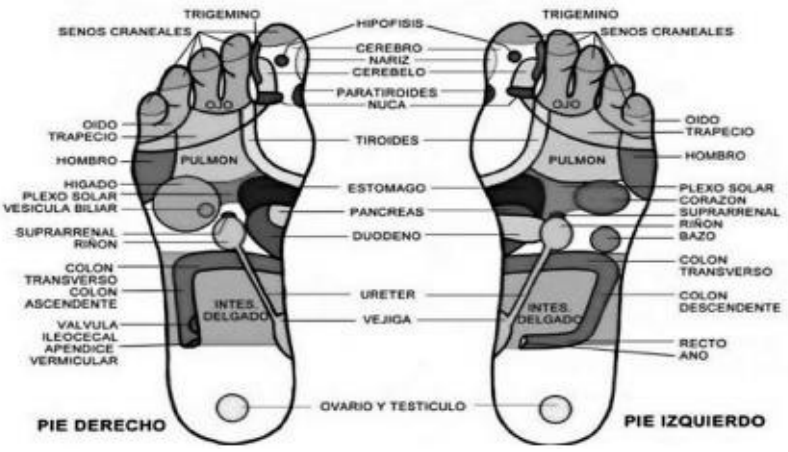
mano con respecto al lugar de trabajo, queda en condiciones de mantenerse en igual posición tanto si está de pie como sentado. Se debe instalar para cada operario una silla del tipo y altura adecuados para permitir una buena postura. Para trabajar de pie debe tener una postura en condiciones normales para que las funciones orgánicas, tales como respiración, circulación, digestión, etc. se lleven a cabo normalmente.

Para trabajar sentado el tronco debe permanecer derecho desde la cadera hasta el cuello. Un buen asiento (0.406 x 0.436 m.) debe permitir que tanto el asiento como el espaldar (la profundidad puede variar entre 0.33 a 0.356 m.) y ajustarse a la estatura de las personas.



Gráfica 224. Clases de sillas
Fuente: *archiexpo.es*

La utilización de plantillas y depósitos duplicados permite que ambas manos describan movimientos de brazos naturales, fáciles, rítmicos y un mejor orden de movimientos.



Gráfica 225. Reflexología podal
Fuente: *hualqui.saintclassifiedchile.com*

Debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser realizado más satisfactoriamente por una plantilla, aparato de sujeción o dispositivo accionado por el pie o electrónicamente. Para lograr economía de movimientos, las herramientas y dispositivos deben diseñarse de tal

forma que permitan mantener libres las manos para poder dedicarlas a movimientos indispensables.

En los ritmos de fabricación continua o progresiva se deben distribuir las máquinas, los aparatos de proceso y el equipo de forma que el operario pueda realizar la operación con la menor cantidad posible de movimientos.



Gráfica 226. Ritmo en fabricación continua
Fuente: *Apple-ideas.com*

Deben usarse entregas por gravedad: Se debe disponer el trabajo de tal forma que se suelten las unidades acabadas por gravedad. Esto ahorra tiempo y permite que las manos estén libres para iniciar el ciclo siguiente sin romper el ritmo.

Automatizaciòn y mecanización de los procesos

Paletización: La paletización de las cargas es muy adecuada para transportantes entre lugares diferentes
Grúas y carretillas elaboradas: Hay muchos tipos de carretillas elavoradas que se adaptan a las distintas necesidades y caracteristicas concretas de la manipulación
Sistemas transportadores: estos sistemas permiten que las cargas se puedan transportar automáticamente a lo largo del área de trabajo en el mismo nivel o niveles diferentes
Grúas y grúas pórtico: que pueden levantar y suspender automáticamente una carga

Utilización de equipos mecánicos contralados de forma manual

Carretillas y carros
Mesas elevadoras
Carros de plataforma elevadora
Cajas y estanterias rodantes

Gráfica 227. Manipulación de cargas
Fuente: *slideplaye.es*

Los materiales y las herramientas deben situarse de manera que permitan el mejor orden de movimientos. El material necesario al principio del ciclo se debe colocar próximo al punto donde se suelta la pieza acabada del ciclo precedente.



Gráfica 228. Economía de movimientos
Fuente: *métodos-y-tiempos.com*

La posición del movimiento en el ciclo afecta el tiempo de ejecución por los movimientos en vacío. Un orden de movimientos satisfactorio en una clase de trabajo puede ayudar a determinar el orden a seguir en otros tipos de trabajo.

En donde cada dedo realiza un movimiento específico debe distribuirse la carga de acuerdo con la cantidad o volumen de trabajo y las capacidades inherentes de los dedos y las manos. De esta manera se logra:

- Menor tiempo para llegar a un nivel definido de velocidad.
- Cometer menos errores.
- Menor fatiga por la adaptación de la carga en las manos.



Gráfica 229. Movimiento de dedos
Fuente: *artedinamicocomic.com*

22. Los mangos de las herramientas así como su longitud deben diseñarse para poder ejercer la fuerza que sea necesaria.



Gráfica 230. Mangos de herramienta

23. Las palancas, volantes de mando y barras cruzadas deben situarse en posiciones tales que el operario pueda manipularlos con un mínimo de movimientos.

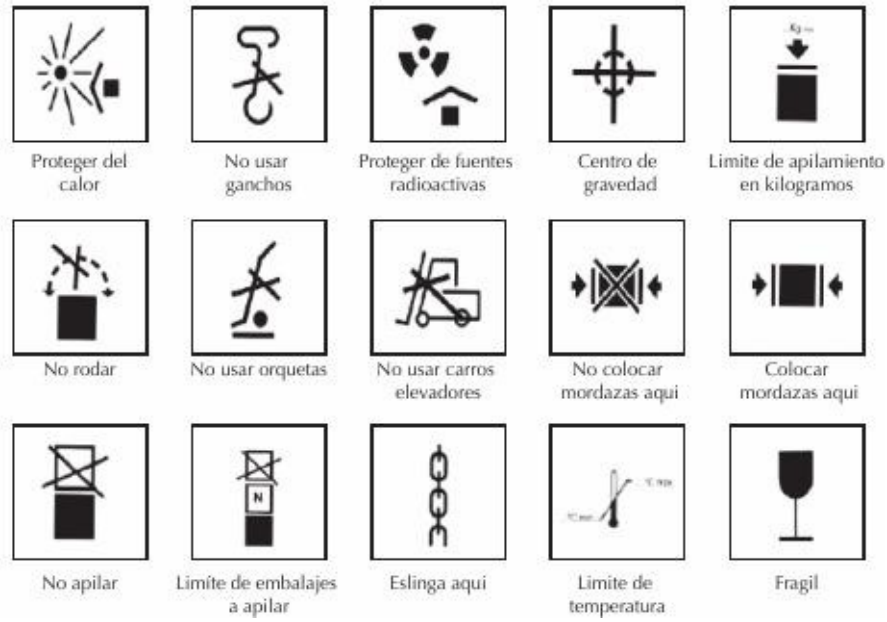
La palanca es una máquina consistente en una barra rígida que puede oscilar sobre un punto de apoyo. Puede usarse para:

1. Transmitir movimientos.
2. Transformar un moviento en otro sentido contrario
3. Transformar fuerzas grandes en fuerzas pequeñas
4. Transformar fuerzas pequeñas en fuerzas grandes
5. Transformar un movimiento pequeño en otro mayor
6. Transformar un gran movimiento en uno pequeño



Gráfica 231. Palancas, volantes y barras
Fuente: *slideplayer.es*

PICTOGRAMAS DE USO INTERNACIONAL



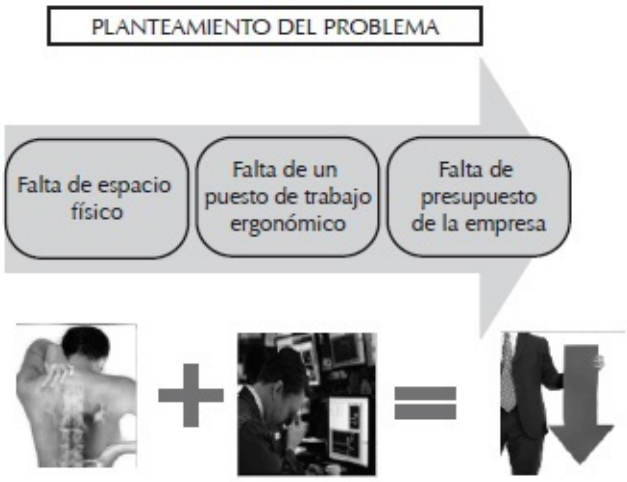
Gráfica 232. Etiquetado, marcado y codificacón
Fuente: *es.slideshare.net*

MEDIO AMBIENTE

ACCIDENTES DE TRABAJO

Un accidente es el resultado de un concurso de factores técnicos, fisiológicos y psicológicos y depende de:

- La máquina.
- Ambiente (iluminación, ruido, vibraciones, emanaciones de sustancias y falta de oxígeno).
- Postura del trabajador.
- Fatiga, malhumor, frustraciones, exaltación juvenil y otros estados físicos o mentales.
- Malnutrición y enfermedades endémicas.
- Inadaptación al trabajo.
- Comportamiento humano frente a los cambios continuos de la industria.
- Circunstancias relacionadas con el trayecto entre el domicilio y el lugar de trabajo.
- Otras actividades desarrolladas fuera de la empresa.



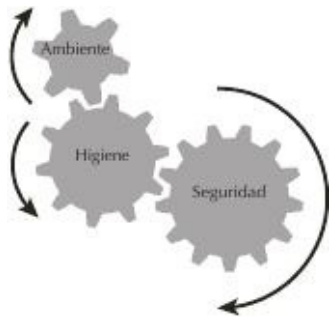
Gráfica 233. El problema
Fuente: *monografías.com*

ENFERMEDADES PROFESIONALES RELACIONADAS CON EL TRABAJO

Para prevenir las enfermedades relacionadas con el trabajo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

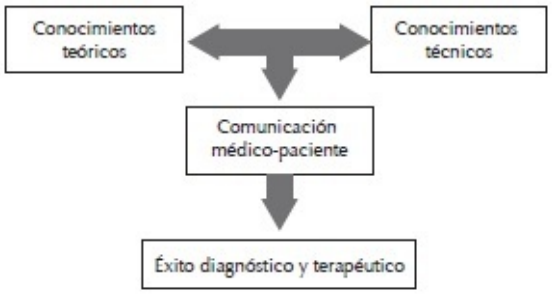
Diagnóstico: estudio y vigilancia del medio ambiente de trabajo.

Higiene en el trabajo: este factor se relaciona con el diseño del edificio, la instalación, el proceso de producción y elpuesto de trabajo. Se debe evitar la contaminación ambiental, el ruido, las vibraciones y las sustancias nocivas que puedan propagarse en el aire. También tiene que ver con el uso eficaz de las tecnologías de control o las medidas complementarias de organización del trabajo como reducción del periodo de exposición al riesgo. Finalmente, se relaciona con la importancia dedotar al trabajador de un equipo de protección personal adecuado.



Gráfica 234. Ambiente, higiene y seguridad
Fuente: *arqhys.com*

Conocimientos médicos y técnicos



Gráfica 235. Relación médico-paciente
Fuente: *es.slideshare.net*

Costos directos e indirectos de los accidentes de trabajo:

- Tiempo perdido por las víctimas, los testigos y los investigadores del accidente.
- Interrupciones de la producción.
- Daños materiales.
- Retrasos.
- Probables gastos judiciales y de otra índole.
- Disminución de la producción al sustituirse al accidentado y posteriormente cuando se reincorpora al trabajo.

COSTOS DE LOS ACCIDENTES

Costos Directos Aquel que es fácilmente medible en dinero	Subsidios durante la incapacidad Atención Médica Indemnización Rehabilitación Hospitalización
Costos Indirectos Aquel que es difícil de medir en dinero (que no absorbe la institución aseguradora, sino la empresa)	Pérdidas de tiempo Daños a equipos Daños a materias primas y materiales Daños productos Salarios de sustitución Horas extras Otros

Gráfica 236. Costos de los accidentes
Fuente: *es.slideshares.net*

La fatiga provocada por horarios de trabajo excesivos y malas condiciones de trabajo, como la mala iluminación y ventilación, afectan el rendimiento del trabajo; lo cual produce una disminución de la productividad y el aumento de piezas defectuosas y de descartes de la producción.

La tensión nerviosa impuesta por la tecnología industrial moderna es la causa de las formas de insatisfacción, principalmente en los trabajadores asignados a tareas elementales, monótonas y repetitivas.

Un medio ambiente de trabajo peligroso, condiciones de trabajo no adaptadas al nivel cultural

y social del trabajador provoca:

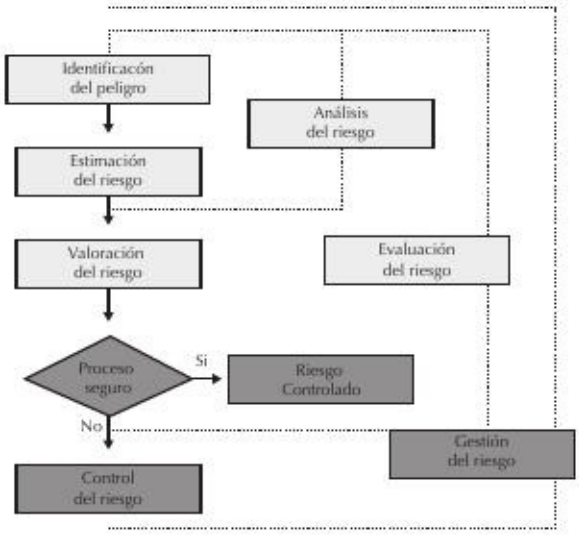
- Disminución de calidad y cantidad de producción.
- Rotación excesiva de mano de obra.
- Mayor absentismo.

CONDICIÓN PELIGROSA
Orden y limpieza deficiente en el lugar de trabajo
Protecciones y resguardos inadecuados
Equipos de protección inadecuados o insuficientes
Herramientas, equipos o materiales defectuosos

Gráfica 237. Condición peligrosa
Fuente: *es.slideshare.net*

Los métodos más eficaces para obtener buenos resultados en la prevención de accidentes son:

- Garantizar un lugar de trabajo seguro y sin riesgos para la salud de los trabajadores.
- Adoptar políticas y buena organización de seguridad e higiene.
- Estimular una amplia participación de los trabajadores en las actividades de seguridad e higiene.



Gráfica 238. Prevención de riesgos laborales
Fuente: *rincón del vago.com*

- Crear comités de seguridad y servicios de inspección e investigación de accidentes.
- Establecer señales y medios de información sobre los riesgos profesionales a los que se puede estar expuesto.
- Enseñar y capacitar, continuamente y a todo nivel, en seguridad e higiene.
- Orientar a trabajadores nuevos sobre el desempeño seguro de sus tareas.

Los métodos básicos para prevenir los riesgos de trabajo son:

1. Eliminar el riesgo:
   - Reducir el número de operaciones y trayecto de los productos.
   - Eliminar operaciones peligrosas.
   - Examen crítico de la operación de trabajo respecto de las reglas y normas técnicas.
   - Inspección y mantenimiento cuidadoso de la maquinaria.
   - Capacitación en materia de seguridad y establecimiento de buenas relaciones de trabajo.

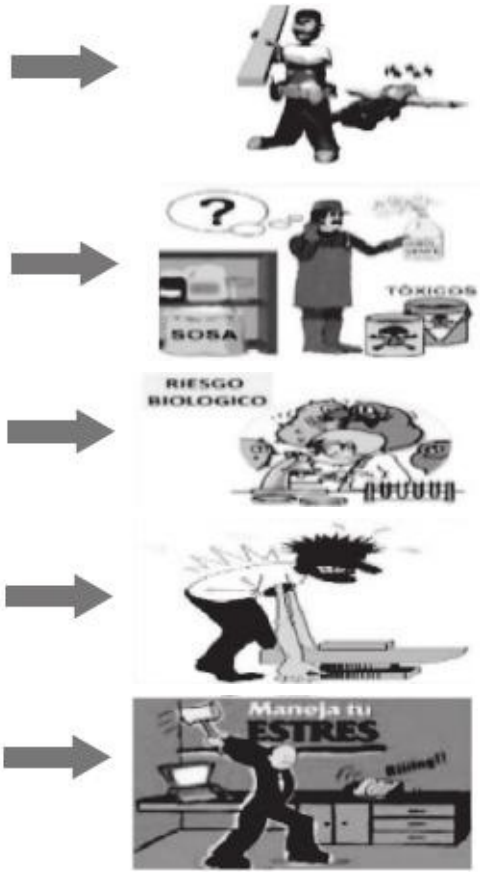
Riesgos Físicos: Su orden está en los distintos elementos del entorno de los lugares de trabajo. La humedad, el calor, el frio, el ruido, la iluminación, las presiones, las vibraciones, etc. Pueden producir daños a los trabajadores.

Riesgos Químicos: Son aquellos cuyo origen está en la presencia y manipulación de agentes químicos, los cuales pueden producir alergias, asfixias, etc.

Riesgos Biológicos: se pueden dar cuando se trabaja con agentes infecciosos.

Riesgos Ergonómicos: se refiere a la postura que mantenemos mientras trabajamos.

Factores Psicosociales: Es todo aquel que se produce por exceso de trabajo, un clima social negativo, etc., pudiendo provocar una depresión, fatiga profesional, etc.



Gráfica 239. Tipos de riesgo
Fuente: *es.slideshare.net*

2. Alejar el riesgo de la persona.
3. Aislar el riesgo.
4. Proteger a la persona.

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES INDUSTRIALES

Se debe ser cuidadoso en todas las áreas de trabajo y usar todos los elementos de protección.

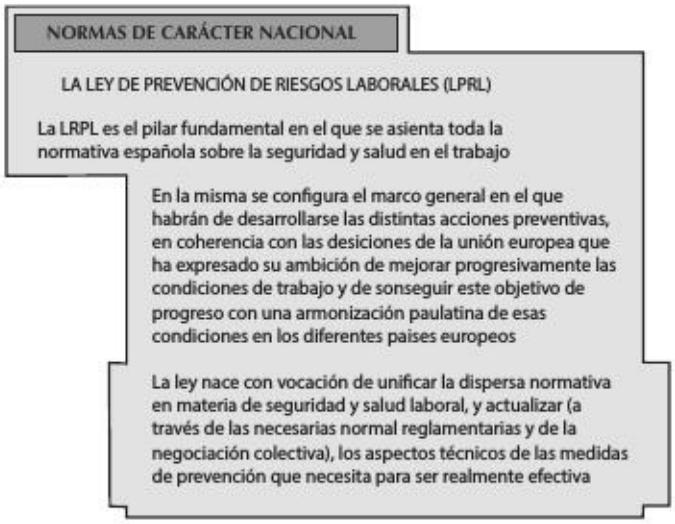
Además se debe tener el cuidado de:

1. Diseñar edificios, procesos e instalaciones de almacenamiento que limite la confluencia de oxígeno, combustible y aumento de temperatura.
2. Eliminar o reducir las fuentes de calor o ignición para limitar el aumento de temperatura como la llama de sopletes, humo de cigarrillos, calor derivado de los procesos, etc.
3. Prevenir todos los factores que puedan ocasionar incendios.

La dirección debe organizar:

1. Un plan de emergencia con información en el que se detalle lo que cada trabajador debe hacer en caso de incendio o situación de emergencia:
   - Preveer salidas libres, claras y adecuadamente marcadas, que conduzcan a lugares seguros.
   - Dispositivos para comunicar al personal la necesidad de evacuar.
   - Proveer de extintores de incendio del tipo adecuado para el riesgo de que se trate.
   - Capacitar a todo el personal en la utilización adecuada del extintor.
   - Instalar sistemas automáticos contra incendio, como aspersores de agua.

2. Lucha contra los principales peligros:
   - Mejoramiento de las instalaciones que entrañen riesgos.
   - Información acerca de la instalación industrial.
   - Medidas que se han de adoptar dentro de las instalaciones.
   - Plan de emergencia.



Gráfica 240. Normas de carácter nacional
Fuente: *www.jmcprl.net*



Gráfica 241. Señalización
Fuente: *www.dericosrl.com.ar*

PREGUNTAS Y PROBLEMAS

1. Normalizar es:

   a_____b _____ c _____

2. Los métodos de medición son:

3. En la ejecución del trabajo las funciones de un operario se pueden distribuir dentro de tres clasificaciones generales, ¿cuáles son?
4. La productividad se mejora cuando:
5. El diseño del trabajo se divide en:
6. Con los datos antropométricos se puede especificar:
7. Los principios de economía de movimientos sirven para:
8. La economía de movimientos se estudia bajo tres categorías de principios ¿cuáles son?
9. Las fases del proceso de diseño de métodos comprenden:
   a._____
   b._____
   c._____
   d._____
   e._____
   f._____
10. El jefe o supervisor es la persona clave en la aplicación de la técnica de simplificación del trabajo porque es responsable de:
11. El jefe debe conocer las características de la naturaleza humana en el intento de mejorar métodos.
12. Los cinco pasos para simplificar el trabajo son:

13. Los métodos en la elección del tiempo representativo son:
14. Si en una operación gastamos 70 segundos a calificación normal y los suplementos son de 32% entonces:

TN (TIEMPO NORMAL) = Coeficiente de recuperación X Tiempo estándar =

15. Los factores que se deben tener en cuenta en el cronometraje son:
16. Un jugador distribuye 52 cartas a cuatro jugadores en 30 segundos, con calificación normal. ¿Cuál es la calificación de un segundo jugador que las distribuye en 20 segundos?
17. Si el tiempo normal de una operación es 24 segundos, ¿cuál será el tiempo de un operario que trabaja a calificación óptima?
18. Si en una operación se gastan 24 segundos a calificación 75 y coeficiente de recuperación 1.28, cuáles serían:
19. El tiempo normal = _____
20. El tiempo estándar =_____
21. El ciclo =_____
22. Si tenemos tiempos de 30 segundos a calificación 40; 15 segundos a calificación 80 y 60 segundos a calificación 20. ¿Qué podemos concluir?
23. Caminar sobre un piso plano sin obstáculos y en condiciones normales a una rapidez de 1.25 metros / segundo es la definición de:

CAPÍTULO VII

Medida del trabajo

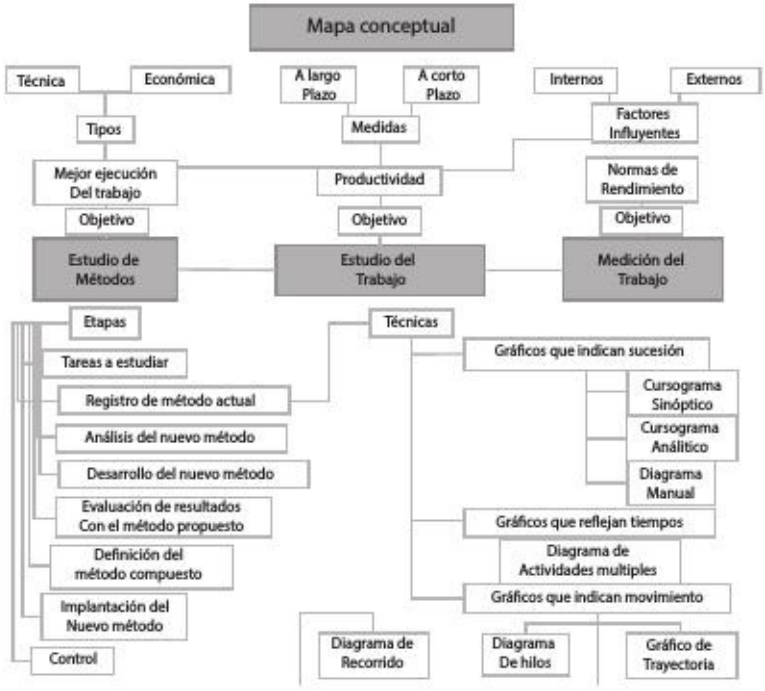
Estudio de tiempos y su importancia

El estudio de tiempos es el complemento necesario del estudio de métodos y movimientos. Consiste en determinar el tiempo que requiere un operario normal, calificado y entrenado, con herramientas apropiadas, trabajando a marcha normal y bajo condiciones ambientales normales, para desarrollar un trabajo o tarea.

El estudio de tiempos, iniciado por Taylor, se utilizó para determinar los tiempos estándar que corresponden a los tiempos de una persona competente para realizar el trabajo a marcha normal.

Las razones que hacen necesario tener estimaciones de tiempo son:

- Las compañías deben cotizar un precio competitivo.
- Para hacer una oferta se debe estimar el tiempo y costo de manufactura.
- Establecer un programa de fabricación.
- Evitar tiempos ociosos de máquinas y operarios.
- Cumplir las fechas de embarque a los clientes.
- Planear la llegada de las materias primas.
- Realizar mantenimiento de equipos, instalaciones, orden y aseo de las plantas.



Gráfica 242.
Fuente: *www.monografias.com*



Gráfica 243. Estudio de tiempos
Fuente: *blogspot.com*

- Predecir las necesidades de equipo y mano de obra; es decir,las horas-hombre y horas-máquina.
- Pagar según un plan de incentivo:
  - **Tiempo** oficial permitido × salario por día /tiempo real requerido
  - Decisión **entre hacer o comprar todo o partes**.

El estudio de movimientos, debido a los Gilbreth, se empleó en gran parte para el perfeccionamiento de los métodos. Actualmente se usan los métodos, los movimientos y los

tiempos juntos como herramienta de análisis con el fin de:

Encontrar la forma más económica de hacer el trabajo requiere: normalizar los métodos, movimientos, materiales, herramientas e instalaciones, luego determinar los tiempos estándar y finalmente entrenar a los operarios en el método nuevo.

> Según Hodson (2001), el estudio de tiempos es el el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado.
>
> En la práctica, el estudio de tiempos incluye, por lo general, el estudio de métodos.

Gráfica 244. Definición
Fuente: *slideplayer.es*

El estudio de tiempos comprende tres fases:

- Diseño de operación nueva o perfeccionada.
- Instalación, ajuste, aprendizaje y verificación.
- Estudio de tiempos estándar o representativo.

Una vez se establece el estándar no puede variarse arbitrariamente debido a los contratos obrero-patronales. Sólo se pueden variar cuando se efectúa un cambio considerable en la operación en sí, o si se cometió un error de oficina al determinar el estándar. Estos tiempos se deben actualizar por lo menos cada seis meses.

OBJETIVOS

- Medir el rendimiento de las máquinas y los operarios.
- Determinar la carga apropiada para las máquinas y las personas.
- Establecer el ciclo de producción para cumplir las fechas de embarque al cliente.

> **OBJETIVO GENERAL**
>
> Estudio de tiempos y procesos con definición de propuestas de mejora de área de Automóvil (siniestros)
>
> **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**
>
> 1. Conocer, ejecutar y analizar los procesos de Reclamos de Polizas de Automóvil
> 2. Revisar y analizar los puntos crìticos encontrados en cada uno de los procesos, para su documentación
> 3. Generar oportunidades de mejora en cada uno de los procesos críticos levantados
> 4. Elaborar y poner en práctica los Manuales de Normas y Procedimientos (incluidos flujogramas) de los procesos de Automóvil
> 5. Participar en la adaptación de dichos procedimientos a la estructura de Front y Back de Sede Principal (nueva)

Gráfica 245. Objetivos
Fuente: *www.monografias.com*

- Determinar las bases para una equitativa remuneración.
- Servir de base para determinar el costo de manufactura.
- Planear las necesidades de equipo, mano de obra y materias primas.

MÉTODOS DE MEDICIÓN

Los métodos más usados en la práctica para estimar el tiempo estándar de una operación son:

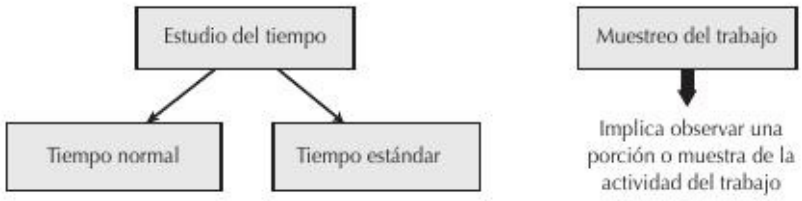
1. DEDUCCIÓN DE EXPERIENCIAS ANTERIORES

Se puede llevar a cabo de muchas maneras. Aaquí se describirán tres de las más corrientes:

- Hacer una estimación directa con base en la experiencia que en tales asuntos tenga quien determine los tiempos estándar. Este método tiene la enorme ventaja de la rapidez y el bajo costo. Se usa para trabajos de poca duración y bajo volumen.



Gráfica 246 Métodos de medición
Fuente: *www.monografias.com*



Gráfica 247. Técnicas de medición del trabajo
Fuente: *es.slideshare.net*

- Extraer los tiempos directamente de estadísticas de producción pasadas y sacar el promedio: horas/ unidad = promedio horas/unidad.
- Usar los mismos datos anteriores pero ajustados adecuadamente respecto a desempeños,

métodos y condiciones normales que caractericen los datos.



Métodos
Estudio de tiempos con crónometro
Muestreo
Tiempos determinados

Aplicación de software en el estudio de tiempos

Gráfica 248. Técnicas de estudio de tiempos
Fuente: *slideplayer.es*

2. MUESTREO DE TRABAJO

El muestreo tiene por objeto estimar la proporción del tiempo del trabajador que se dedica a actividades productivas e incluye los siguientes pasos:

- Decidir qué actividades son trabajo y cuáles no.
- Observar la actividad a intervalos instantáneos, intermitentes, espaciados y al azar, y se evita que el operador prevea las observaciones.
- Calcular la proporción de tiempo que el operario dedica al trabajo mediante la fórmula:

P = X / n en donde:
X: es el número de observaciones en las que se detectó trabajando al operario. n: número total de observaciones.

La representación de los estados de actividad trabajando u ocioso para una parte del día de un operador se pueden ubicar de la siguiente manera:

ocioso	Trabajando	ocioso	trabajando	ocioso	trabajando
8 a. m.	9 a. m.	2 p. m.	$2^1/_2$ p. m.	2.45 p. m.	4p.m.

CASO: Muestreo del trabajo aplicado a los almaceneros

Desde hace mucho se dice que una parte importante del tiempo de los almaceneros de un almacén se dedica a actividades ajenas al PICKING. Según este argumento, ello crea una aparente escazes de almaceneros capacitados, se desperdicia habilidad, se entorpece la eficiencia los costos operativos del almacén. Es más, cada vez esta más a presión para que el agente de Logística frene costos. Con lo anterior en mente, se usara la técnica del muestreo del trabajo para comprobar la hipotesis de que los almaceneros dedican una parte importante de su tiempo a tareas ajenas al picking.

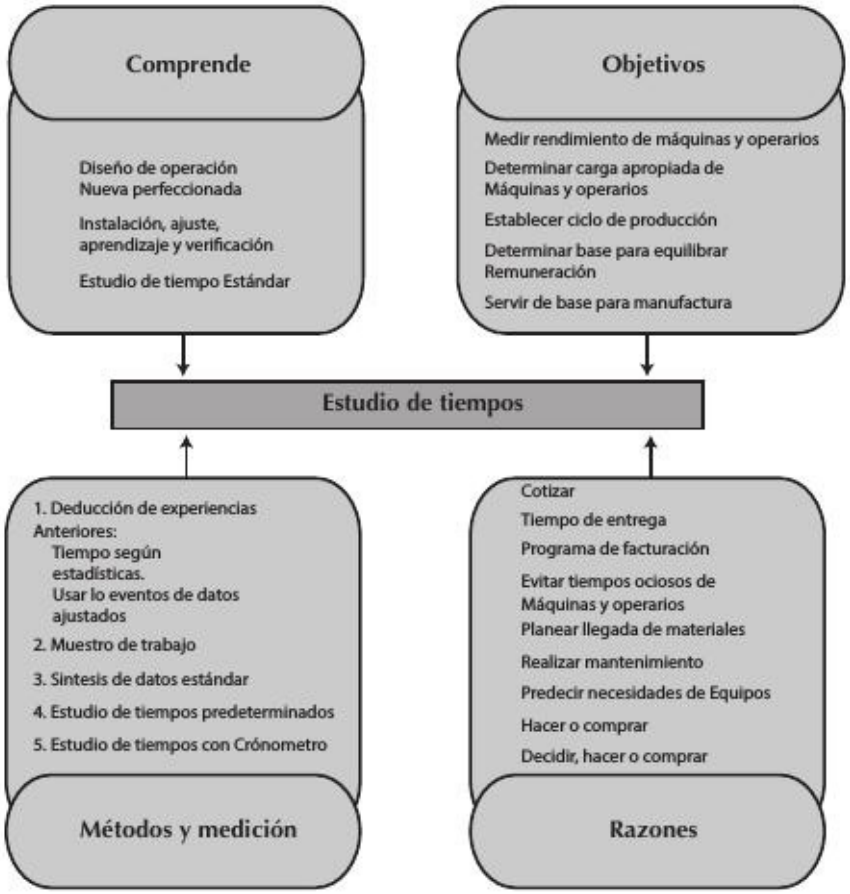


Planificación de un estudio de muestreo del trabajo

Identificar la actividad especifica que es el objeto central del estudio. Para nuestro caso, determinar el porcentaje de tiempo que los almaceneros se dedican a tareas ajenas al picking de pedidos.

Calcular la proporción de tiempo que la actividad en cuestión con relación al tiempo total. El analista puede hacer estos cálculos con base a su conocimento, en datos del pasado, en supuestos confiables de terceros o en un estudio piloto de muestro del trabajo. Para nuestro caso la asistente administrativa del almacén nos proporcionó esta información con un estudio piloto que indicó que los almaceneros no trabajan el 20% de su tiempo.

Gráfica 249: Muestreo de trabajo
Fuente: *es.slideshare.net*



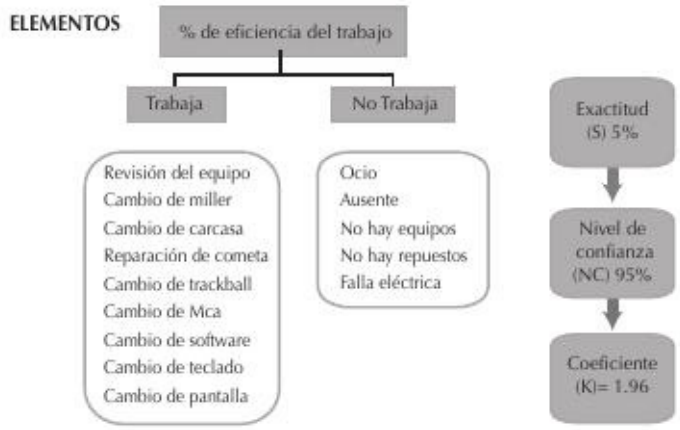
Gráfica 250. Estudio de tiempos
Fuente: *elaboración propia*

La forma como se realiza el estudio de muestreo del trabajo es como si cortáramos la barra de

la figura anterior en tiras y luego las colocáramos en una caja. Posteriormente, extraer un cierto número de ellas al azar y una vez obtenida una muestra razonable, la proporción de las tiras ociosas en la muestra nos da una idea de la proporción real de las tiras ociosas en la caja, o lo que es equivalente del tiempo invertido realmente en ese estado.

OBJETIVO

Determinar el porcentaje (%) de eficiencia del operario en el departamento de servicio técnico en la empresa MECANI-K CELULAR EXPRESS



Gráfica 251.
Fuente: *www.monografias.com*

Suponga que se extraen 100 tiras y que de estas 18 fueron ociosas; entonces una estimación de la proporción de tales tiras en toda la caja (la población) es:

18 tiras ociosas
X 100 = 18 %
100 tiras extraídas

Donde se puede concluir que el 18% del tiempo es ocioso.

En la práctica hay que seleccionar al azar los instantes en que deseamos observar y después ir al lugar de trabajo en el tiempo elegido a fin de observar lo que el operador está haciendo. Esto quiere decir que la equivalencia del proceso de muestrear tiras ya en la práctica es una serie de observaciones en el lugar de trabajo, instantáneas y espaciadas al azar o aleatorias.

Concretamente el muestreo de trabajo consiste en estimar la proporción del tiempo dedicado a un tipo de actividad dado, durante un cierto periodo de tiempo, empleando para ello observaciones instantáneas, intermitentes y espaciadas al azar.

Es el proceso de observar al azar el desenvolvimiento de los empleados para determinar cómo aprovechan su tiempo y se divide en tres técnicas:

- Estudio de razones o proporciones elementales
- Estudio de muestreo de desempeño.
- Estudio de establecimiento de estándares de tiempo.

1) *estudio de razones o proporciones elementales*

La tarea principal del trabajador (la que hace la mayor parte del tiempo) define el título de su puesto. Pero muchas otras actividades (productivas o improductivas) también ocupan tiempo. Cada unidad debe ser medida y comparada con el tiempo que requiere cada elemento del trabajo.

El procedimiento es el siguiente:

- Identifique el sujeto: Éste tiene, por ejemplo, un trabajo de mecánico con tolerancias totales del 26% del tiempo total. El % de tiempo productivo será:

  26% / (100 – 26) = 35%.

- Establezca el propósito y la meta del estudio. Indicar cómo se aprovecha una jornada de trabajo. Identificar los problemas y su extensión.

Proporción aritmética

proporción aritmética discreta

$$a - b = c \Rightarrow a + d = c + b$$

a y d: extremos

b y c: medios

Proporción aritmética continua

$$a - b = b - c \Rightarrow b = \frac{a+c}{2}$$

b: medida diferencial

o medida aritmética

Propoción Geométrica

proporción geométrica discreta

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow a.d = b.c$$

a y d: extremos

b y c: medios

Proporción geométrica continua

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c} \Rightarrow b^2 = a.c$$

b: medida proporcional

o medida geométrica

Gráfica 252. Razones y proporciones
Fuente: *slideplayer.es*

- Identifique los elementos. Trabajo ocioso (causado por el operador).
- Estime el % de razón de los elementos. División elemental y estimación de razones: Se deben listar los elementos del trabajo y estimar las razones mediante una muestra u observaciones rápidas que servirán para determinar la cantidad de observaciones que hay que hacer para llegar a un nivel de confianza y exactitud.

Determine el nivel de exactitud y confianza.

Mide que tanto se acerca nuestra razón a la razón real de un elemento. Una exactitud de ± 5% indica que la razón está dentro del 5% del verdadero tiempo del elemento. Si la razón

verdadera de una tarea al trabajo total es 25% y una exactitud de ± 5% permitiría que el observador registrara cualquier razón entre el 23,75% y 26,25% (25 x 0,05 = 1,25) y estar dentro de la tolerancia por exactitud.

El nivel de confianza se refiere a que tan seguro o confiado debe estar quien realiza el muestreo de trabajo sobre las razones resultantes. Un nivel de confianza de 95% indica que las razones son exactas (dentro de un grupo de ± 5%) el 95% de las veces. El 5% restante se está impreciso por exceso o por defecto.

Ejemplo: Los elementos de un trabajo mecánico y las razones elementales estimadas son como aparecen en la siguiente tabla:

# De elemento	Descripción del elemento		Razón del elemento	Suplementos
1.	Cargar y descargar	20%	Productivo	
2.	Tiempo de máquina	35%	Productivo	
3.	Puesta en marcha	15%	Productivo	
4.	Cambio de herramienta	7%	Productivo (retraso)	Tolerancias totales 26%
5.	Inspección	5%	Productivo (retraso)	
6.	Manejo de materiales	4%	Productivo (retraso)	
7.	Ocioso	14%	Improductivo	
Total		100%		

Para determinar el número de observaciones necesarias para alcanzar las metas de calidad se necesita lo siguiente:

- Muestra: Una muestra es una observación de un operador realizada una vez. La observación de 100 operadores una vez cada uno, es lo mismo que la observación de un operador 100 veces, porque representa 100 muestreos. Mientras más muestras se tomen se mejora la exactitud y la confianza previstas en el estudio. Las muestras se toman en momentos elegidos al azar, porque así tienden a exhibir las mismas características de toda la población.
- Aleatoriedad: Es un requisito del muestreo para evitar la rutina y los eventos predecibles que animan el estudio. La aleatoriedad puede generarse por:
- Tablas de números aleatorios
- Botón de calculadora de números aleatorios
- Sacando números de una bolsa
- Los últimos 4 dígitos de los números telefónicos del directorio: el primer dígito nos da la hora del día; el segundo dígito, los minutos; y el tercero, los segundos si se desea.
- Tamaño de la muestra o número de observaciones: Es el número elegido para alcanzar la exactitud y confianza que deseamos. Para ello usamos la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 (I - P)}{(P)(A)^2}$$

N = # de observaciones necesarias.
Z = # de observaciones estándares requeridas para cada nivel de confianza.
P = % del tiempo total en que los empleados ejecutan un elemento de trabajo.
A = Exactitud deseada

Ejemplo: ¿Cuántas observaciones hacer con exactitud del ± 5% y una confianza del 95% en un trabajo que sólo representa el 4% del día de trabajo?

$$N = \frac{(1{,}96)^2(1 - 0{,}04)}{0{,}04 \text{ x}(0{,}05)^2} = 36{,}879 \text{ observaciones}$$

También se puede seleccionar el tamaño de la muestra al especificar el máximo error de muestreo tolerable en términos del intervalo de confianza (I) y de un coeficiente de confianza © congruente con la naturaleza e importancia de la decisión para la que va a servir de base el resultado del estudio.

El cálculo se hace utilizando las siguientes fórmulas:

$$I = \frac{2 \text{ a} \sqrt{\text{Pi}(1 - \text{Pi})}}{N}$$

$$N = \frac{4 \text{ a2 Pi}(1 - \text{Pi})}{I2}$$

P: proporción del tiempo dedicado a la actividad “i”
a: factor obtenido de la tabla de probabilidad para la distribución normal para el valor elegido de “c”
c: nivel de confianza.

Programe las observaciones conforme a la aleatoriedad.

Hable con todos los participantes, operarios, supervisores y director de departamento.

Reúna los datos ordenados en tablas.

Resuma y enuncie las conclusiones y el qué hacer.

2) *estudio de muestreo de desempeño*

Un administrador puede medir con el cálculo anterior la proporción de tiempo que un trabajador dedica a actividades productivas; esta proporción puede después utilizarse como un estándar de desempeño.

El estudio de desempeño requiere observar al operador para calificarlo. La calificación o valoración es lo mismo que en el estudio de tiempos, y es lo que se debe hacer en el muestreo.

La observación de un operador ocurre en un momento en que el observador juzga la velocidad y ritmo del trabajo productivo. Luego, el total de observaciones del trabajo productivo normalizado se divide por el total de observaciones tomadas para obtener la calificación promedio del trabajo productivo.

El muestreo del trabajo puede ser muy útil para establecer los estándares de tiempo en las operaciones de mano de obra directa o indirecta. La técnica es la misma que la usaba para determinar suplementos. El analista debe tomar un gran número de observaciones aleatorias

De manera más especifica, el tiempo observado (TO) para un elemento dado se calcula a partir del tiempo de trabajo dividido entre en número de unidades producidas durante ese tiempo:

$$TO = \frac{T \times n_i}{P \times n}$$

Donde T= tiempo total
n_i = número total de ocurrencias para el elemento i
n = número de observaciones
p = producción total por periodo estudiado

Gráfica 253. Derminación de tiempos estándar
Fuente: *es.slideshare.net*

Ejemplo: El administrador de una biblioteca estaba preocupado por el porcentaje de tiempo que los empleados gastaban en los clientes en el mostrador. Entonces

decidió registrar cada media hora durante una semana si el empleado estaba o no trabajando. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

La proporción de tiempo invertido en el cliente es:

P = 48 / 83 = 0.5783

Día	No. Observaciones.	Observaciones. Trabajador
Lunes	16	8
Martes	15	8
Miércoles	20	12
Jueves	16	10
Viernes	16	10
Total	**83**	**48**

El administrador concluyó que el trabajo ejecutado tenía una proporción suficientemente baja que no ameritaba agregarle más trabajo.

3) *estudio de establecimiento de estándares de tiempo*

La calificación promedio obtenida anteriormente del trabajo productivo se multiplica por las

horas laborables y se divide por las unidades producidas para obtener las horas por unidad, al que le agregamos la tolerancia para obtener el tiempo estándar.

$$AS = \frac{Cp \text{ x horas jornada}}{N^{o} \text{ unidades}}$$

Ejemplo: Suponga que mediante un estudio del muestreo del trabajo 20% de una semana de trabajo se consumió en retrasos inevitables, y cada vez que se observó al operador se calificó y el promedio dio 110% de ritmo de trabajo observado durante un período de 40 horas el operador produjo 1.000 unidades. El tiempo estándar sería:

$$Ts = \frac{40 \text{ horas } (1 - 0.20)\ 1.10}{1.000 \text{ unidades}} = 0.035 \text{ horas / unidad}$$

Consiste, entonces,, en la extracción de muestras en forma intermitente y al azar durante un período de tiempo mayor al acostumbrado en el estudio de tiempo por el método con cronómetro. Con éste método se obtiene una estimación satisfactoria acerca de los requerimientos fuera del ciclo de trabajo. Se basa principalmente en la ley de probabilidades que se define como el grado de posibilidad de que se produzca un acontecimiento.

En general el muestreo de trabajo se usa para estimar la jornada en que se distribuye el tiempo (operario o equipo) entre dos o más tipos de actividades. Concretamente se aplica en:

Estimar tiempos por retrasos inevitables que sirvan de base para establecer las tolerancias por retrasos.

Estimar el porcentaje de utilización de las máquinas en un taller o de los camiones que surten y dan servicio a un almacén.

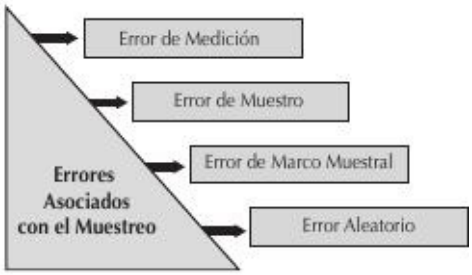
Estimar el porcentaje de tiempo consumido por varias actividades de trabajo por parte del taller a supervisores, ingenieros, reparadores, inspectores, enfermeros, médicos, profesores, personal de oficina, etc.

Estimar el tiempo estándar combinando la calificación y el muestreo de trabajo.

> Ejemplo: Suponga 25% de retrasos inevitables por semana. Cada observación de muestreo de trabajo se promedió en 105% de calificación y durante ese periodo de 40 horas se produjeron 500 unidades. ¿Cuál es la carga de trabajo por hora?

$$Ts = \frac{40 \text{ horas } (1 - 0.25)\ 1.05}{500 \text{ unidades}} = 0.063 \text{ horas / unidad.}$$

Errores en el muestreo de trabajo:



Gráfica 254. Tipos de errores
Fuente: *es.slideshare.net*

Error de muestreo

La elección del tamaño de la muestra "n" puede hacerse de diversas maneras, desde el simple sentido común hasta con una fórmula objetiva estadística. Con ésta última se puede especificar numéricamente el error de muestreo tolerable en términos del coeficiente e intervalo de confianza y, con ello, determinar el tamaño de la muestra necesaria para controlar el error de muestreo dentro de ese nivel mediante el tamaño de la muestra.

Sesgo en el muestreo de trabajo

Es la diferencia entre la probabilidad de observar un estado dado de actividad, un retraso, por ejemplo, y la probabilidad del tiempo realmente dedicado a esta:

Programación no aleatoria de las observaciones.

Criterio del observador.

Oportunidad de prever las observaciones (cambio en el comportamiento) y se controla mediante la manera de hacer las observaciones aleatorias.

Carácter no representativo del muestreo de trabajo:

- ¿Qué tan exacto el período de muestreo representa al período futuro en el que se aplican las estimaciones hechas?
- Debe tenerse en cuenta la diferencia entre estimación y pronóstico, lo que tiene que ver con lo cíclico del trabajo en el tiempo y se controla mediante la selección adecuada del período por estudiar.

3. DATOS ESTÁNDAR

Se aprovecha el volumen de tiempos estándar disponible:

- Se analizan estos estándares para determinar si el tiempo normal para una operación depende de las diversas características de la pieza (tamaño, forma, peso, dureza, etc.) con la que se efectúa la operación.
- A partir de aquí, el tiempo normal para cualquier nueva operación similar se establece al sustituir en la fórmula resultante las características particulares de la pieza y al calcular

el tiempo normal. El tiempo estándar se obtiene al añadir la tolerancia apropiada por retardos y fatiga. Bajo este sistema no es necesario medir directamente, ni observar la operación para poder establecer el estándar; lo único que se necesita es contar con las especificaciones de la pieza.

Ts = f (tamaño + forma + peso + dureza + N de operaciones) + suplementos.

Los datos estándar se usan para establecer las cuotas para clientes potenciales, para programar producción y para pagar incentivos.

4. TIEMPOS PREDETERMINADOS

Los tiempos predeterminados son el resultado de muchos estudios con cronómetro a operaciones que incluyen la gran mayoría de movimientos y que pueden usarse en otras operaciones mediante la suma de los tiempos de los movimientos similares que se ejecutan en estas. El método de aplicación de este sistema consiste en:

- Estabilizar la operación.
- Descomponerla en elementos básicos y asignar el grado de dificultad a cada una.
- Aplicarle los tiempos normales tomados con anterioridad a otras operaciones.
- Aplicarle los suplementos para obtener el tiempo estándar o de aplicación.



Gráfica 255. Datos estándar
Fuente: *eslideplayer.es*

Existen diferentes métodos para obtener los tiempos predeterminados, los principales son:

- **M T M** (*Motion Time Method*).

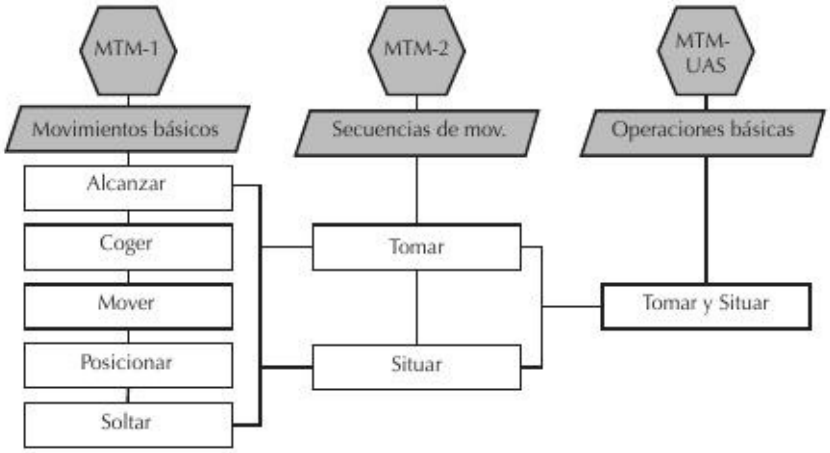
Para el desarrollo del sistema M T M sus creadores filmaron una gran variedad de operaciones manuales industriales, y un estudio cuidadoso de esas películas indicó que la mayoría de las trayectorias de los movimientos en operaciones industriales podrían

sintetizarse a partir de ocho movimientos básicos:

- Alcanzar (*reach*).
- Mover (*move*).
- Sujetar (*grasp*).
- Girar (*turn*).
- Soltar (*release*).
- Ubicar (*position*).
- Desacoplar (*disengage*).
- Apretar (*compress*).

Luego, se procede a determinar las variables de trabajo que afectan al tiempo de ejecución esperado para cada uno de los movimientos. Ejemplo: El tiempo necesario para mover un objeto se ve afectado por los siguientes movimientos:

- Distancia que recorre la mano.
- Mayor o menor control ejercido.
- Peso del objeto.



Gráfica 256. Sistema MTM
Fuente: *www.grupoitemsa.com*

A estas variables procedieron a darles valores de tiempos hasta que conformaron ocho tablas:

- Tiempos para alcanzar.
- Tiempos para mover.
- Tiempos para sujetar.
- Tiempos para girar.
- Tiempos para soltar.
- Tiempos para acoplar.
- Tiempos para ubicar.
- Tiempos para apretar.

Las cuales incluyen valores de tiempo para los movimientos de dedos, manos y brazos.

El procedimiento que se debe seguir al hacer un estudio MTM es:

24. Dividir la operación en elementos de tamaño intermedio que comprenda no más de 12 movimientos. Ejemplo: tomar la pieza, colocarla en mecanismo, cerrar mecanismo, iniciar alimentación, etc.
25. Identificar los movimientos MTM necesarios usando las tablas.
26. Registrar elementos y movimientos.
27. Dar los valores de tiempos según tablas.
28. Sumar los tiempos obtenidos para obtener el tiempo total de la tarea.
29. Registrar la distribución del lugar de trabajo y describir el equipo usado.

Las tablas no consideran ninguna corrección por fatiga, necesidades personales, retrasos o cualquier otro suplemento.

a. M T A (*Motion Time Análisis*) creado por Segur en 1.912.
b. T M S (*Time and Motion Study*).
c. W F (*Work Factor*) aplicado por Philco Corporation en 1.934.
d. M T M (*Meteds Time Mesurement*) creado por H. Maynard en 1.940.
e. Observación y medición directa.

ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONÓMETRO

DEFINICIÓN

El estudio de tiempos con cronómetro consiste en determinar el tiempo para realizar un trabajo especificado por una persona calificada que trabaja a una marcha normal. Se utiliza para medir el trabajo, y su resultado es el tiempo en minutos que necesitará una persona adecuada a la tarea, e instruida en el método especificado, para ejecutar dicha tarea si trabaja a una marcha normal. A esto es a lo que se le llama tiempo normal para la operación.

Se trata de medir con cronómetro el tiempo empleado en la operación que un trabajador ejecuta durante un cierto número de repeticiones consecutivas ajustado por la calificación o ritmo de trabajo:



ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE

DEPTO.: SECCIÓN:
OPERACIÓN: Carga de mercancía en el camión
Estudio de Métodos núm.: 1
INSTALACIÓN/MAQUINA: Núm.:
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES:
PRODUCTO/PIEZA: Núm.:
PLANO Núm.: MATERIAL:
CALIDAD: CONDICIONES TRABAJO:
NOTA: Dibuje plano del taller al dorso

ESTUDIO núm.: 1
HOJA núm.: 1/1
TERMINO:
COMIENZO:
TIEMPO TRANSC.:
OPERARIO: 1
FICHA:
OBSERVADO POR: Grupo de métodos
FECHA: 11/07/2012
COMPROBADO:

ELEMENTO		Tiempo observado (Ciclos) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	T(s)
Carga de cajas a la carrucha	T												
	L												
Transporta la carrucha al camión	T												
	L												
Colocar la mercancía en el camión	T												
	L												
El operario sube al camión	T												
	L												
Arregla la mercancía dentro del camión	T												
	L												
El operario baja del camión	T												
	L												

Gráfica 257. Cálculo del tiempo estándar
Fuente: *www.monografias.com*

$$T = \frac{\text{Velocidad de trabajo observado x tiempo observado}}{\text{Velocidad de trabajo normal}}$$

El procedimiento general del estudio de tiempos con cronómetro tiene los siguientes pasos preliminares:

- Ponerse en contacto con las personas involucradas en el estudio de tiempos (operarios, supervisores, directores, etc.).
- Verificar si el método, el equipo, la calidad y las condiciones corresponden a las especificaciones establecidas. Buscar y remediar las ineficiencias.
- Registrar toda la información concerniente a la operación, operador, producto, método, equipo, calidad y condiciones.
- Desglosar el ciclo de trabajo en sus distintos elementos.
- Recolectar los datos que se obtienen al medir los tiempos y al calificar al operador.
- Procesar los datos.
- Calcular el tiempo representativo que resulta de la medición.
- Aplicar el factor de calificación.
- Aplicar la tolerancia.
- Presentar los resultados

APLICACIONES

- Programar el trabajo.
- Determinar costos y preparar presupuestos.
- Preparar ofertas y determinar precios de venta.
- Equilibrar líneas de montaje, determinar rendimientos de máquinas, programar número de

máquinas y de personas necesarias.
- Determinar tiempos tipo para el pago de salarios con incentivo.

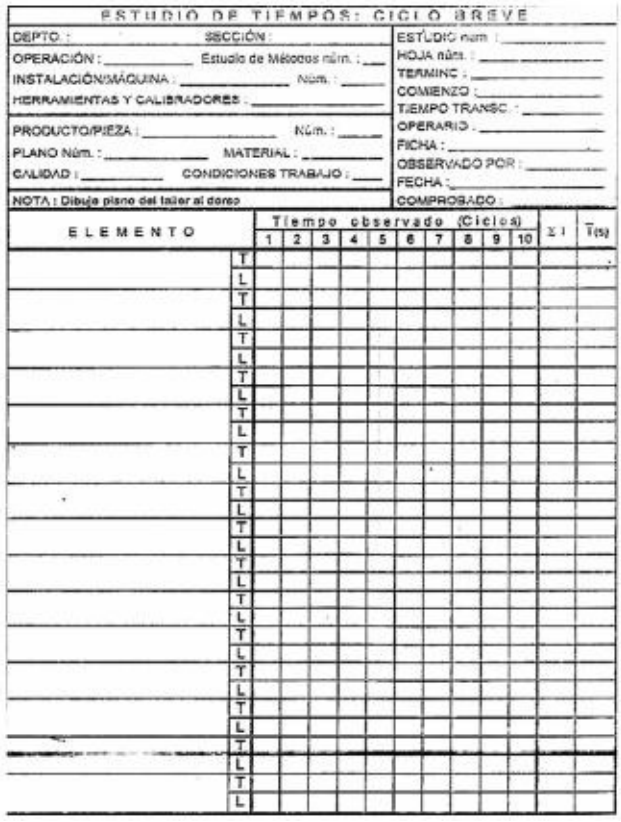
EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

El equipo necesario para realizar un estudio de tiempos comprende:

- Dispositivos de medida: Cronómetros de minuto decimal, hora decimal y electrónicos.
- Máquinas registradoras de tiempos.
- Cámaras cinematográficas.
- Equipo de videocinta.
- Equipo auxiliar:
- Tablero de observaciones.
- Formas impresas.
- Tacómetro.
- Calculadora.
- Flexometro.



Gráfica 258. Cronómetro y tablero
Fuente: *www.monografias.com*


ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE

DEPTO. : SECCIÓN :
OPERACIÓN : Estudio de Métodos núm. :
INSTALACIÓN/MÁQUINA : Núm. :
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES :
PRODUCTO/PIEZA : Núm. :
PLANO Núm. : MATERIAL :
CALIDAD : CONDICIONES TRABAJO :
NOTA : Dibuje plano del taller al dorso

ESTUDIO núm. :
HOJA núm. :
TERMINC :
COMIENZO :
TIEMPO TRANSC. :
OPERARIO :
FICHA :
OBSERVADO POR :
FECHA :
COMPROBADO :

ELEMENTO		Tiempo observado (Ciclos) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ t	$\bar{T}$(s)
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												
	T												
	L												

Gráfica 259: Formas impresas
Fuente: *www.monografias.com*

FACTORES EN LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

1. Seleccionar el operario: se selecciona de común acuerdo con el jefe o supervisor y debe ser un operario de tipo medio ya que tiende a trabajar normalmente en forma consistente y sistemática, lo cual facilita al analista de tiempos aplicar un factor de actuación correcto. Por supuesto, el operario deberá estar bien entrenado en el método y tener gusto por su trabajo e interés en hacerlo bien.

REQUERIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPO

Antes de emprender el estudio hay que considerar básicamente lo siguiente:

Para obtener un estándar que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.

El método a estudiar debe haberse estandarizado.

El empleado debe saber que esta siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato.

El analista debe de estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación.

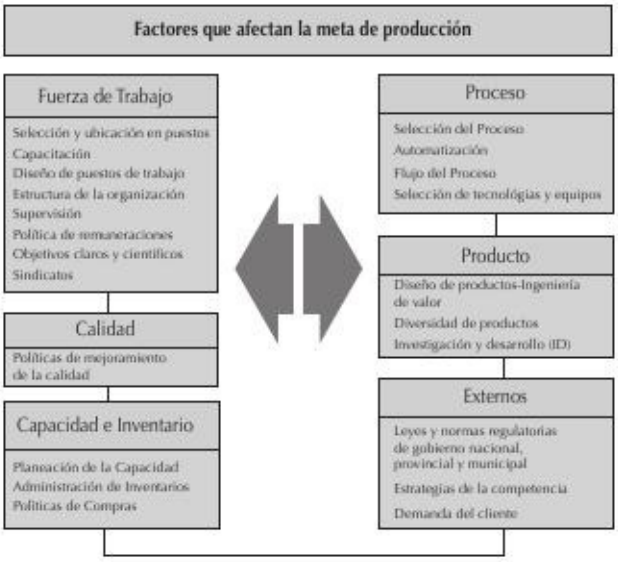
Gráfica 260 Selección del operario

Fuente: *es.slideshare.net*

El analista debe ser muy cuidadoso y abordar al operario con mucho tacto para lograr su cooperación. Debe animar al operario para que proporcione sugerencias y pregunte todo lo que desee acerca de la técnica de toma de tiempos, métodos de evaluación y aplicación de tolerancias. Igualmente, debe mostrar interés en el trabajo del operario, ser justo y franco, de buena actitud, facilitador y respetuoso.

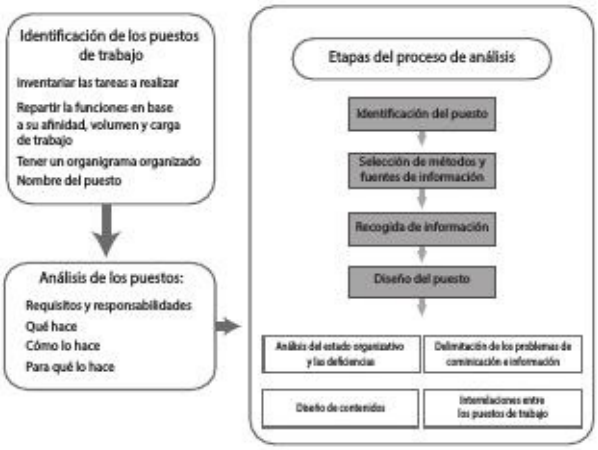
2. Analizar los distintos factores que intervienen en el proceso. Es indispensable conocer todas las especificaciones de:

- Los materiales (tamaño, forma, peso, calidad, tratamientos previos, etc.).
- Herramientas de mano, galgas, plantillas, palancas, etc.
- Máquinas.
- Métodos.
- Medio ambiente.
- Seguridad



Gráfica 261. Factores que intervienen en el proceso
Fuente: *www.monografias.com*

3. Puestos de trabajo. Hay que analizar con un croquis los puestos de trabajo así como todos los detalles de ubicación de materiales y herramientas, la entrada de materiales y salida de productos, y los movimientos del operario. Se deben hacer todas las mejoras posibles como, por ejemplo, aumentar la velocidad o el avance de las máquinas, aproximar los materiales, mejorar las herramientas, disminuir movimientos y esfuerzos del operario, etc.



Gráfica 262. Análisis de puestos de trabajo
Fuente: *juandomingofarnos.wordpress.com*

4. Observar las condiciones ambientales. Temperatura, humedad, polución, ruido, operario de pie o sentado, estado y condiciones del piso. Estas observaciones son útiles porque repercuten en la aplicación de las tolerancias.

Tres grupos de condiciones influyen en el trabajo

Condiciones ambientales:

Iluminación, temperatura, ruido y otros

Condiciones de tiempo

Duración de la jornada laboral, horas extras, hs. de descanso y otros

Condiciones sociales

Organización informal, relaciones, estatus, etc

La higiene laboral se ocupa del primer grupo, las circunstacias físicas que rodean al empleando como ocupante de un puesto en la organización

Gráfica 263. Condiciones ambientales
Fuente: *es.slideshare.net*

5. Dividir la operación en elementos uniformes, identificables y medibles. Esto se realiza para facilitar la medición. Debe identificarse el principio y el final de cada elemento, los elementos tienen que ser tan cortos como sea posible medirlos, deben separarse los tiempos de máquina y los del operario, y separarse también los elementos constantes de las variables.

Métodos para lograr el balance de operaciones de ensamble

Dividir las operaciones y proporcionar los elementos.

Combinar las operaciones y equilibrar los grupos de trabajo.

Hacer que se muevan los operarios.

Mejorar las operaciones, eliminando movimientos inútiles.

Crear un buffer de productos y operar las máquinas mas lentas en horas extra.

Mejorar el desempeño del operario en pârticular, en la operaciòn de cuello de botella.

Gráfica 264. Dividir la operación
Fuente: *es.slideshare.net*

6. Tomar y registrar los tiempos: hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos; el continuo y el de regreso a cero. En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se leen en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento y luego, se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente del cronómetro al finalizar el elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente hasta terminar el estudio.

7. Calcular el número de ciclos a cronometrar: puede decidirse mediante el buen criterio del analista o matemáticamente al utilizar la ecuación siguiente:

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

N = Número de medidas representativas de la muestra.
K = Error estándar
S = Error aceptable
K / S = Factor de confianza
n = Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.

Ejemplo: un analista considera 6 lecturas de una operación con 95% de confianza y precisión de + 0.05 del elemento verdadero de tiempo como límite. Los tiempos tomados en centésimas de minuto son:

X_i: 5 6 5 6 5 6 = 33

X_i^2: 25 36 25 36 25 36 = 183

K para confianza del 95% de las observaciones de las muestras se considera que cae dentro del intervalo + 2 errores estándar de la medida.

Se establece el error aceptable en +0.05 del elemento verdadero de tiempo.

Aplicando los datos en la fórmula tenemos:

$$N = \left(\frac{2/0.05 \sqrt{6 \times 183 - (33)^2}}{33} \right)^2 = 13.2$$

Otra fórmula matemática que se puede utilizar es:

$$\sigma p = \sqrt{p\,q / n} \qquad \text{donde:}$$

σ p = error estándar de la proporción
p = porcentaje de tiempo inactivo
q = porcentaje de tiempo en marcha
n = número de observaciones o tamaño de la muestra

Ejemplo: se efectúan 100 observaciones de las que se dedujo que las máquinas estaban paradas 25% del tiempo (p = 25) y en marcha el restante 75% (q = 75 centésimas) con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%, el valor real de la muestra aplicando la fórmula es:

1.96 σ p = 5 de donde σ p = 2.5 centésimas, por tanto:

$2.5 = \sqrt{25 \times 75 / n}$ de donde $n = 25 \times 75 / (2.5)^2 = 300$ observaciones

Calificar la actividad del operario: A cada lectura de tiempo debe corresponder un ritmo del operario. Este ritmo es lo que se llama calificación. La calificación hace variar el tiempo tomado, en vista de que los operarios pueden trabajar a ritmos diferentes. Para determinar la calificación el analista recurre a una escala graduada entre 0 y 100, en donde 0 representa el reposo absoluto.

Valoración

Es la calificación porcentual que se asigna al operario por realizar una operación en condiciones de rendimiento previamente establecidos

Escala porcentual 40%

Demasiado lento, movimientos torpes inseguros, sin interes en el trabajo

Gráfica 265. Valoración del ritmo de trabajo
Fuente: *slideplayer.es*

60 o 100 ES CALIFICACIÓN NORMAL

Esta calificación equivale a la de un individuo normal caminando sobre un piso plano, sin ningún obstáculo y sin carga, a una temperatura normal de 18 grados centígrados y a una rapidez de 1.25 metros por segundo o 4.5 kilómetros por ← 302 | 303 →hora. Este es el ritmo del trabajo de una persona normal que ejecuta su tarea sin pérdida de tiempo, con el mínimo de movimientos y el máximo de seguridad. El 98% de las personas pueden alcanzar éste ritmo.

80, 120 es una calificación óptima y es de interés particular porque el 50% de las personas tienden a trabajar a éste ritmo, si son remunerados con incentivos.

100, 140 es una calificación excepcional y se da a las personas con ritmo extraordinario. Lo logran solamente el 2% de las personas.

Hay tres elementos que hacen variar la calificación:

- El método de operación.
- La precisión.
- El ritmo (ligereza o habilidad).

Si alguno de estos tres factores cambia, la calificación también. Es decir, a un nivel elevado de estos tres factores corresponde una calificación elevada. A una calificación elevada el tiempo de ejecución se reduce, séalo que quiere decir que la calificación es inversamente proporcional al tiempo.

Recolectar la información

Una vez acordada la realización del estudio de tiempos se debe:

- Asegurar que el método, las condiciones de trabajo y las especificaciones de materiales son los adecuados.
- Verificar que los operarios hayan sido bien entrenados e informados.
- Hacer un esquema de la pieza y del lugar de trabajo.
- Describir las herramientas y equipo que utilizará.
- Dividir la operación en elementos cortos, identificables y medibles.
- Apreciar la calificación varias veces.
- Tomar los tiempos.

Al calcular el tiempo representativo, los datos se deben someter a la prueba:

TIEMPO X CALIFICACIÓN = CONSTANTE

Con esto se asegura no haber cometido errores en los tiempos o en las calificaciones.



Gráfica 266. Toma de información
Fuente: *collection-analisis.com*

TIEMPO REPRESENTATIVO

Para determinar el tiempo representativo existen varios métodos:

1. MEDIA ARITMÉTICA

Es la más común y fácil de explicar a los operarios. La media aritmética o promedio aritmético es igual a la suma de las observaciones dividida por el número de estas en una muestra particular. La fórmula para calcular la media aritmética puede expresarse así:

$$X = \frac{\Sigma X_i}{N}$$

Ejemplo: suponga que se tienen los siguientes datos:

Calificación	50	60	75	60	75	80	75	80
Tiempo	40	35	30	32	29	24	35	22

Las calificaciones se escriben en orden creciente y de izquierda a derecha. Luego se escriben los tiempos observados bajo cada una de las calificaciones. La calificación que se escoge es aquella que tenga el mayor número de observaciones.

	50	60	75	80
	40	35	30	24
		32	29	22
			35	
∑	40	67	94	46

$$\frac{40 \times 50}{75} + \frac{67 \times 60}{75} + \frac{94 \times 75}{75} + \frac{46 \times 80}{75} = \frac{223.33}{75} / 8 = 27.92$$

Para encontrar el tiempo se procede así:

- Se escoge la calificación 75, por ser la de mayor frecuencia.
- Se suman los tiempos según cada calificación.
- Se convierte el tiempo observado a la calificación escogida así:

$$\text{Tiempo representativo} = \frac{\text{Tiempo observado x calificación observada}}{\text{Calificación escogida}}$$

Se suma el resultado (223.33) y se divide por el número de observaciones (8) y así se obtiene el tiempo representativo (27.92)

2. MÉTODO MODAL

Este método consiste en escoger para el elemento el valor del tiempo que sucede con más frecuencia. Aquí los valores de tiempos altos o bajos no tienen influencia. Para el caso del ejemplo anterior sería 35 y para el ejemplo del método gráfico siguiente sería 12.

3. MÉTODO GRÁFICO

Consiste en utilizar una hoja de datos de la siguiente manera:

- En la primera columna **tiempo** se escribe en orden ascendente todos los tiempos de la operación objeto del análisis.
- En la segunda columna **operación** se acumula en barras las veces que los tiempos que se repiten.
- Luego en las columnas de **calificaciones** en orden creciente de izquierda a derecha se anota una barra frente a la calificación y tiempo correspondiente.
- Posteriormente se traza la tendencia de la calificación que es la línea recta diagonal que va desde el cuadro inferior izquierdo hasta el cuadro superior derecho y se pasa por los cuadros que tengan más observaciones marcadas. Si la recta no pasa por la mayoría de datos es porque hay algún error.

CALIFICACIONES

TIEMPÓ	OPERACIÓN	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
9	II						I	I					
10	IIII					III	I						
11	IIIIII				III	IIII							
12	IIII IIII IIII			IIII	IIII								
13	IIII		II	II									
14	III	II	I										
15	I												

Para determinar el tiempo y la calificación representativos de la operación se traza una línea horizontal que parte del tiempo que haya tenido el mayor número de observaciones de izquierda a derecha. El punto de intersección de esta recta con la línea de tendencia de la calificación dará el tiempo (12) y la calificación (55) que representa la operación.

En este método una de las ventajas es que permite detectar posibles errores en el cronometraje, cuando la gráfica de tiempo no resulta normal o simétrica. Su uso es recomendable con un número de observaciones superior a 20.

Calcular el tiempo normal

Consiste en obtener para cada elemento el tiempo normal mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Normal} = \frac{\text{Tiempo representativo x Calificación representativa}}{\text{Calificación Normal}}$$

Calcular el tiempo estándar

El tiempo estándar de una operación es igual al tiempo normal más el tiempo de recuperación o suplementos.

TIEMPO ESTÁNDAR = TIEMPO NORMAL + TIEMPO DE RECUPERACIÓN.
TS = TN + SUPLEMENTOS
TS = TN x COEFICIENTE DE RECUPERACIÓN

Se divide para cada elemento las sumas de las lecturas, entre el número de lecturas consideradas; el resultado es el tiempo promedio por el elemento (Te = Tiempo promedio por elemento).

$$Te = \frac{\sum Xi}{LC} \text{ por ejemplo } Te = \frac{3.11}{9} = 0.345$$

En el caso de haberse determinado una valoración para cada elemento, se procederá para cada elemento (Tn= tiempo normal)

$$Tn = Te \ X \ \frac{Valor\ Atribuido}{Valor\ Estándar}$$

Gráfica 267. Cálculos
Fuente: *es.slideshare.net*

Frecuencia: para obtener el Ts por pieza se debe multiplicar el Ts de cada elemento por la frecuencia por pieza y luego sumar.

Calcúlo del inventario de la Muestra (Im)

$$Im = \frac{2x\ TexS}{\sqrt{n}} = \frac{2x1{,}033x0{,}066907}{\sqrt{10}} = 0{,}077564$$

Criterios de decisión:

Si Im<= I se acepta el tamaño de la muestra

Si Im> I se rechaza el tamaño de la muestra por lo tanto 0,077564<= 25,709782

Como Im<= i se acepta el tamaño de la muestra, es decir, no hay que agregar más mediciones.

Cálculo del tiempo Estándar del proceso:

TE = TN +∑ Tolerancias = TPSxCV + ∑ tolerancias

$$TPS = \frac{\sum T}{n} = 25{,}761$$

Gráfica 268. Cálculo de tiempo estándar
Fuente: *www.monografias.com*

Aplicar los suplementos o tolerancias

En la práctica no siempre el operario puede utilizar el tiempo de la jornada normal, muchas veces interrumpe su trabajo por otros factores externos:

- Personales: tiempo para necesidades personales.
- Por fatiga: se debe tener en cuenta un tiempo de recuperación para que el organismo recupere el esfuerzo hecho.
- Retrasos involuntarios: debido a caída de herramientas o materiales, descomposición de equipos, pérdida del filo de las herramientas, etc.

Se debe entonces compensar con tiempo todos estos factores externos. Y este tiempo depende:

- Del género del trabajo.
- De su duración.
- De las condiciones ambientales.

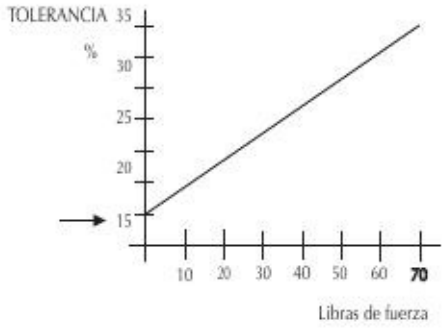
Existen tablas que dan los suplementos en porcentajes de ciertas operaciones de base. A menudo se deben sumar diferentes porcentajes para calcular el tiempo de aplicación suplementario.

Suplementos por necesidades personales

Es el tiempo concedido para usos personales, se concede normalmente 5% para hombres y 7% para mujeres. Este tiempo se concede para necesidades como: Platicar con sus compañeros sobre temas que no conciernen al trabajo, ir al baño, beber agua y otras actividades controladas por el operador para no trabajar.

Suplementos por fatiga

Es el tiempo necesario para recuperación física o mental debido al desarrollo de una actividad. Determinar el tiempo que se ha de asignar para descanso es muy complejo. La mejor solución consiste en establecer periodos de descanso fijos durante la jornada de trabajo. Estos periodos pueden ser entre 5 y 15 minutos o hasta el 5% del tiempo normal, para hombres y mujeres. Se debe tener en cuenta que a cada esfuerzo se aplica un coeficiente de recuperación, que es el tiempo que se concede a un empleado para que se recupere del cansancio, básico 5% y 5% más por cada 10 libras de fuerza requeridas en exceso.



Gráfica 269. Suplementos por fatiga
Fuente: *elaboración propia*

Suplementos por retrasos involuntarios

Son los tiempos perdidos por las máquinas, por avería, reparación o rotura de herramientas, etc. Los tiempos perdidos de los operarios por inspección o interrupciones involuntarias. Se concede dependiendo de la frecuencia entre 0 y 5%.

- Suplementos por desplazamientos sobre un mismo plano sin carga
  - Piso en buen estado hasta 8%
  - Piso en estado regular hasta 12%.
  - Piso en mal estado hasta 20%.

Suplementos por cargas en los brazos y en la espalda

Brazos

Kg.	**%**
10	2
20	5
30	12

Espalda

10	-
20	3
30	8
40	15
50	20
60	30
80	60
100	100
120	140

Suplemento por mantener una carga en equilibrio

2 metros	5 metros
2 %	5 %

Suplementos por cm. de pendiente por metro

Kg.	Subir	Bajar
10	0.5	0.2
20	0.6	0.2
30	0.8	0.3
40	1.0	0.4
50	1.2	0.6
60	1.4	0.8
80	1.6	1.0
100	1.8	1.2
120	2.0	1.4

Suplemento por subir y bajar escaleras

Kg.	Subir Buen estado	Escalera Mal estado	Bajar Buen estado	Escalera Mal estado
0	30	40	10	20
10	35	45	15	25
20	40	50	20	30
30	50	60	30	40
40	60	-	40	-
50	80	-	50	-

Subir escalera corriente

Kg.	%
0	80
10	100
20	120
30	150
40	200
50	280

Manejo de vehículos

Manejo	Con 100 Kg.	Con 400 Kg.
Halar carro sobre buen piso	15	30
Empujar carro sobre buen piso	20	35
Empujar vagón sobre riel	15	30

Levantar cargas

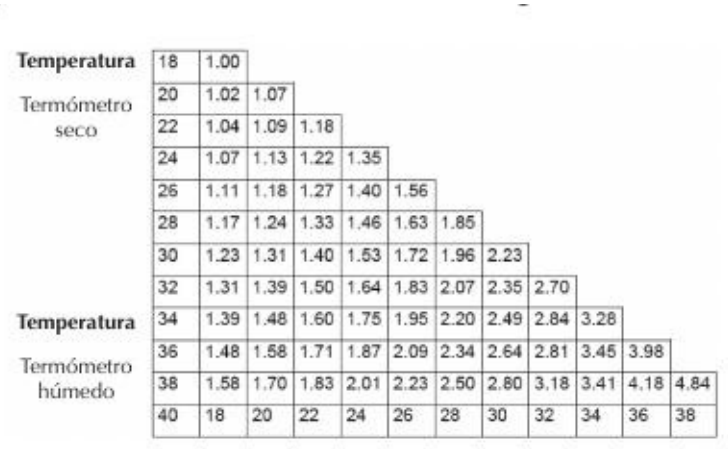
	Del piso	a 80 cm.	De 80 a	150 cm.
Kg.	Bajando	Subiendo	Bajando	Subiendo
10	12	18	10	16
20	15	25	15	25
30	25	40	25	40
40	35	50	40	50
50	45	60	55	70
60	55	70	70	80
80	65	80	85	120
100	75	100	120	150

Trabajo intelectual

	Temporal	Continuo
Lectura de una ficha de instrucciones	1	2
Mecanografiar	1	5
Copiar a lápiz	10	12
Escribir a tinta	12	15

Suplementos por calor y humedad

Una persona trabajando a temperatura y humedad superior a la normal (18 °C) se fatiga más que una que trabaja a temperatura normal y seca. La temperatura y la humedad se miden en dos termómetros: uno seco y otro húmedo, y los resultados de los suplementos de corrección se dan en la tabla siguiente:



Temperatura Termómetro seco	Temperatura Termómetro húmedo											
18	1.00											
20	1.02	1.07										
22	1.04	1.09	1.18									
24	1.07	1.13	1.22	1.35								
26	1.11	1.18	1.27	1.40	1.56							
28	1.17	1.24	1.33	1.46	1.63	1.85						
30	1.23	1.31	1.40	1.53	1.72	1.96	2.23					
32	1.31	1.39	1.50	1.64	1.83	2.07	2.35	2.70				
34	1.39	1.48	1.60	1.75	1.95	2.20	2.49	2.84	3.28			
36	1.48	1.58	1.71	1.87	2.09	2.34	2.64	2.81	3.45	3.98		
38	1.58	1.70	1.83	2.01	2.23	2.50	2.80	3.18	3.41	4.18	4.84	
40	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	

Gráfica 270. Suplementos por calor y humedad
Fuente: *elaboración propia*

PROBLEMA RESUELTO

Ejemplo: levantar un componente que pese 50 libras (25 Kg). La tolerancia por fatiga es (50 -10) / 4 unidades de 10 libras; es decir, 5% + (4 x 5) = 25% de tolerancia, cuando el peso es levantado continuamente y si no se divide el peso por la frecuencia de tiempo.

Tolerancia por Retrasos: cuando algo ocurre que impide que el operario trabaje, como por ejemplo: esperar instrucciones o tareas, esperar material o equipo de manejo de materiales, ruptura o mantenimiento de máquinas, instrucción a otros, asistencia a juntas o autoridades, esperar la puesta en marcha, lesiones o asistencia con primeros auxilios, trabajo sindical, problemas de calidad por culpa del operador, afilar herramientas, nuevos trabajos sin estudios, entre otros.

Valor punto o punto Bedaux

Es la cantidad de trabajo efectuado por una persona que trabaja a calificación normal durante un minuto, incluyendo la recuperación correspondiente.

$$V.\,P. = TN\ (\text{en minuto}) \times Cr$$

$$VP = \frac{TN\ (\text{en segundos}) \times Cr}{60}$$

$$V\,P = \frac{TN\ (\text{centésimas de minutos}) \times Cr}{60}$$

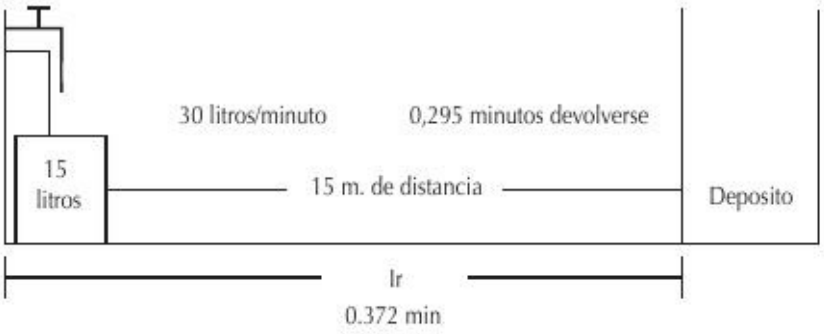
CICLO

Es el tiempo en minutos con suplementos incluidos para efectuar una operación a calificación óptima.

Ciclo= ¾ VP en minuto.
Ciclo = Tiempo de Máquina + ¾ Tiempo de Máquina Parada con suplementos.

TRABAJO LIMITADO O TIEMPO DE MÁQUINA

Son los elementos que imponen una limitante al tiempo del operario. Ejemplo:

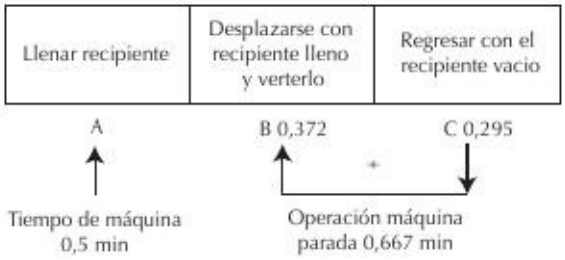


$$\text{TIEMPO DE MAQUINA} = \frac{15 \text{ litros}}{30 \text{ litros/ minutos}} = 0{,}5$$

Es un tiempo independiente del operario, él no puede hacer nada para cambiarlo

Gráfica 271. Trabajo limitado
Fuente: *elaboración propia*

Es un tiempo independiente del operario, él no puede hacer nada para cambiarlo.



Gráfica 272. Tiempo de máquina funcionando y parada
Fuente: *elaboración propia*

TIEMPO OPERACIÓN MÁQUINA PARADA

Ciclo = Tiempo de Máquina + ¾ Tiempo de Máquina Parada con suplemento
Ciclo = 0,5 minutos+(0,372 min+0,295 min)x(Cn/Co)= 0,5 + 0,667(Cn/Co)x1.18

= 1.090295 minutos

NOTA: En condiciones normales el coeficiente de recuperación es 1.18

OPERACIÓN MÁQUINA FUNCIONANDO

Son las operaciones que un obrero efectúa durante el tiempo de funcionamiento de la máquina y no afecta el ciclo de operación.

SATURACIÓN

Es el número de puntos que un operario puede producir en una hora de trabajo (operaciones/hora).

$$\text{Saturación} = \frac{60 \text{ min.}}{\text{Ciclo}} \text{ x VP total} = \frac{60}{1{,}090295} \text{ x } 0{,}667 = 36.70$$

VALOR PUNTO O PUNTO BEDAUX

Con esto podemos dar un valor punto (V P) a toda operación donde se conozca el tiempo total en minutos.

(Tiempo Estándar =Tiempo Normal × Coeficiente de Recuperación)
V P = Tiempo Estándar (en minutos)
Tiempo Estándar = Tiempo Normal + Suplemento
Tiempo Estándar = Tiempo Normal en minutos x Coeficiente de Recuperación)

$$\text{V P} = \frac{\text{Tiempo Normal en segundos x Coeficiente de Recuperación)}}{60}$$

$$\text{V P} = \frac{\text{Tiempo Normal (centésimas de minutos x Coeficiente de Recuperación)}}{100}$$

La utilización del punto como unidad de trabajo permite hacer comparaciones entre operaciones diferentes. Es suficiente determinar el V P de cada operación, pues un punto representa siempre la misma cantidad de trabajo. Lo único que cambia es la proporción entre el trabajo y la recuperación.

Ejemplo: El TN para subir una escalera sin carga con piso en buen estado es = 30 seg. Para calcular el VP con un coeficiente de recuperación = 1,45 se debe realizar lo siguiente:

$$\text{V P} = \frac{\text{TN en segundos x Coeficiente de Recuperación}}{60}$$

$$\text{V P} = \frac{30 \text{ segundos x } 1{,}45}{60 \text{ segundos / minuto}} = 0{,}725 \text{ minutos}$$

El Valor Punto de un elemento de una operación sigue estos pasos:

- Observar el elemento de la operación, medir los tiempos y estimar la calificación.

- Descomponer el cronometraje para determinar el tiempo y la calificación del elemento de la operación.
- Calcular el tiempo normal por medio de la fórmula:

$$T\,N = \frac{\text{Tiempo observado x Calificación observada}}{60}$$

- Asignar el coeficiente de recuperación, dado por las tablas.
- Calcular el V P mediante dos fórmulas:

$$V\,P = \frac{\text{Tiempo Normal (en segundos) x Coeficiente de recuperación}}{60 \text{ seg / min}}$$

$$V\,P = \frac{\text{Tiempo Normal (centésimas de minuto) x Coeficiente de Recuperación}}{100}$$

EJERCICIOS

1. TN = 53 seg. Coeficiente de recuperación = 1,20 V P =?

$$V\,P = \frac{53 \text{ seg. x } 1{,}20}{60 \text{ seg / min}} = 1{,}06 \text{ min}$$

2. TN = 75 centésimas de minuto; coeficiente de recuperación = 1,15. V P = ?

V P = 0,75 min. x 1,15 = 0,8625 min.

3. El cronometraje de una operación resultó 25 minutos con cal. 75 TN = ?

$$TN = \frac{25 \text{ min x } 75}{60} = 31{,}25 \text{ min.}$$

4. ¿Cuál es el coeficiente de recuperación de la operación subir una escalera sin carga? Es 1,8 Según tabla de suplementos.
5. El porcentaje de recuperación para subir una escalera sin carga es de 30% (escalones en buen estado). Calcule el coeficiente corregido si las condiciones ambientales son termómetro seco = 32 y termómetro húmedo =22.

   Factor 1,5: 0,30 x 1,5 = 0,45
   Coeficiente corregido = 1,45
6. Si el TN de la operación subir una escalera sin carga con escalones en buen estado es de 30 segundos, ¿cuál será el V P de esta operación si el coeficiente de recuperación es de 1,45?

$$V\,P = \frac{30\ seg}{60\ seg/\ min} x\ 1,45 = 0,725\ min$$

Es evidente que para medir mejor una operación se debe descomponer en operaciones elementales.

7. Para confeccionar una pieza de madera, se puede:

- a. Descomponer en tres elementos:

  Desplazar la tabla y trazar 0,250 min
  Perforar un hueco 0,185 min
  Aserrar 0,215 min
- b. Luego se determina el V P de cada una de estas operaciones.
- c. Calcular el V P de la operación, es decir el tiempo estándar de la operación.
- d. El V P de una operación, es decir el V P total de una operación, se obtiene adicionando los V P de cada elemento de la operación:

  V P = 0,250 min + 0,185 min + 0,215 min = 0,65 min

8. Calcular el VP de la operación constituida por las cuatro operaciones elementales a las que se midieron los valores detallados en el siguiente cuadro:

	X^2	Calificación	Tiempo Seg.	Tiempo Normal	Coeficiente de Recuperación.	VP
Tomar el material	144	75	12	15?	1,12	0,28
Meter en el barril	225	65	15	16,25?	1,15	0,31
Enroscar	784	70	28	32,66?	1,08	0,588
Apretar	484	75	22	27,50?	1,10	0,504
	1.637	VP. TOTAL	77			1,682

$$\frac{\left(\frac{2}{0,05\ \sqrt{4\ X\ 1,167 - (77)^2}}\right)^2}{77} = \frac{\left(40\ \sqrt{6,548 - 5,929}\right)^2}{77} =$$

$$\frac{\left(40\ \sqrt{619}\right)^2}{77} = \frac{\left(40\ 25\right)^2}{77} = \frac{\left(13\right)^2}{77} = 169$$

El número de observaciones de la operación equivale a 169.

- Calcular el VP final por cada 50 piezas de la operación, fabricar una pieza de madera de 2 huecos y empacarlas en cajas de 50 piezas, teniendo en cuenta ← 317 | 318 →que se llevan cada vez 10 cajas al almacén. Los elementos de la operación y los VP son:

	VP de elementos	Frecuencia por caja	VP Minuto por caja
Trasportar tabla y trazar	0,250	50?	12,500
Perforar	0,119	100?	11.900
Aserrar	0,215	50?	10,750
Colocar 50 piezas en la caja	0,925	1?	0,925
Cerrar y etiquetar caja	2,322	1?	2,322
Llevar las cajas al almacén	3,150	1/10?	0,315
Calcular el TE total	Total		38.712

Hasta aquí hemos visto:

- Desarrollo, selección de tiempos y calificación
- Calcular el tiempo normal
- Determinación de los tiempos suplementarios
- Calcular el tiempo total
- Determinar la frecuencia
- Calcular el VP total de una operación

CICLO

El ciclo de una operación es el tiempo en minutos con suplementos incluidos, para efectuar una operación a calificación óptima.

60 es igual a ¾ de la calificación óptima: Calificación Normal = ¾ Calificación Optima

60 = ¾ 80

Tiempo a Calificación Óptima = (80) = ¾ de VP = Ciclo

Ciclo = ¾ VP

Y como el tiempo a calificación óptima = Ciclo

Ciclo = ¾ de valor punto

Ejercicio 1. Calcule el ciclo de las operaciones cuyos VP son:

CI	CLO
18,4	13,8
2,6	1,95

3,2 2,4

TRABAJO LIMITADO O TIEMPO DE MÁQUINA

Son los elementos que imponen una limitante al tiempo del operario.

Ejemplo: Llenar un reservorio con un tanque de 15 litros. El reservorio está localizado a 15 metros de una llave que suelta 30 litros / minuto.

Los valores punto son:

	VP	15 litros × minuto = 0,5 30 litros
Desplazarse con el tanque lleno y vaciarlo al reservorio.	0,372	0,5 min.
Regresar con el tanque vacío y colocarlo bajo la llave	0,295	

Este tiempo es independiente del operario, él no puede hacer nada para cambiarlo y se llama TI tiempo de máquina. Esto es independiente del operario y está impuesto por un elemento que interviene el proceso, expresado en minutos.

Calcule el tiempo de máquina si la llave suelta 15 litros por minuto.

Tiempo de máquina = 1 minuto

$$\frac{15 \text{ litros x minuto}}{15 \text{ litros}} = 1 \text{ minuto}$$

2. En una operación de cocinar el tiempo de demora en hornear es de 2 horas por Kg. ¿Cuál será el tiempo de máquina para una pieza de 100 gramos?

$$\text{T.M.} = 2 \text{ horas / Kg. x } 100 \text{ gramos} \frac{1 \text{ Kg.}}{1000 \text{ grs.}} x \frac{60 \text{ minutos}}{\text{Horas}} = 12 \text{ minutos}$$

OPERACIÓN MÁQUINA PARADA

Durante el desplazamiento del operario con el recipiente lleno lo vierte en el reservorio y regresa con el recipiente vacío y la llave no suelta agua. Esta operación la llamamos operación máquina parada.

Tiempo total = Tiempo de máquina + Tiempo para efectuar la operación

Ciclo = Tiempo de máquina + Tiempo Óptimo con suplementos de las operaciones máquina parada.

Ejercicios:

1. Si una operación tiene un tiempo de máquina de 10 minutos y si la operación máquina parada tiene un valor punto de 6, ¿cuál será el ciclo?

Ciclo = 10 min + 6 min × 0,75 = 14,5 minutos.

2. Una operación tiene un tiempo de máquina de 6 minutos. El valor punto de la operación máquina parada es de 4 puntos. ¿Cuál será el ciclo?
   CICLO = T.M. + 0,75 VP = 6 min + 0,75 × 4 = 9 Minutos

Calcule el ciclo para la operación:

Tiempo máquina = 8 minutos

Tiempo máquina parada = 8 puntos

CICLO = 8 min + 8 × 0,75 = 14 minutos

3. Calcule el ciclo de las operaciones siguientes:

Tiempo máquina, VP. Operación y ciclo
A 15 Segundos 0,600 15 seg /60 seg / min × 0,6 × 0,75 = 0,7 Minutos?
B 10 horas 720 10 hr × 60 min / hr + 720× 0,75 = 1.140 Minutos?
C 3 minutos 12 3 min + 12 × 0,75= 12 minutos?
D 1 día 320 24 hr × 60 min / hr + 320 × 0,75 = 1.680 minutos?

OPERACIONES MÁQUINA FUNCIONANDO

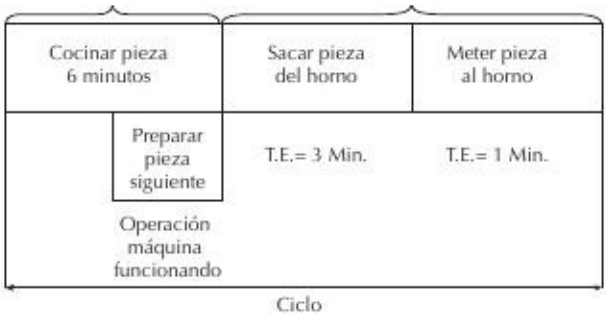
Son las actividades que el operario efectúa durante el tiempo de funcionamiento de la máquina.



Las operaciones efectuadas con máquina funcionando no afectan el ciclo de la operación.

VP Máquina funcionando + VP Máquina Parada = VP Total

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible de un operador}}{\text{Producción diaria}} \text{ X Eficiencia}$$



CICLO = 6 min + (3 + 1) min x 0.75 = 9 minutos.

Calcule el VP total de la operación:

Cocinar pieza 6 minutos	Sacar pieza	Meter pieza

Preparar pieza siguiente VP = 3	VP = 3	VP = 1
VP TOTAL = VP Preparar Pieza Siguiente + VP Sacar Pieza + VP Meter Pieza		

VP Total = 3 + 3 + 1 = 7 puntos

Sabemos que en trabajo libre un solo valor es suficiente para medir una operación en el valor punto.

En el trabajo limitado, dos valores son necesarios:

1. Suma de los VP de todos los elementos de la operación, tanto en máquina funcionando como en parada.
2. Ciclo: tiempo en minutos necesarios para efectuar una operación cuando las operaciones máquina parada son efectuadas a calificación óptima.

SATURACIÓN

La saturación es el número de puntos que un operario puede producir en una hora de trabajo.

$$\text{SATURACIÓN} = \frac{60 \text{ minutos}}{\text{Ciclo}} \text{ x VP Total}$$

Ejemplo 1. Suponga que se han determinado los valores siguientes para una operación:

Tiempo máquina = 10 minutos
VP operaciones máquina parada = 13,3 minutos
VP operaciones máquina funcionando = 4,0 minutos

¿Cuál es el valor del ciclo?, ¿Cuál el número de operaciones por hora? y ¿Cuál la saturación?

CICLO = TM + 0,75 VP operaciones M máquina parada
= 10 min + 0,75 x 13,3 min = 19.975 = 20 minutos

Operaciones por hora:

$$\frac{60 \text{ minutos}}{\text{Ciclo}} = \frac{60}{20} = 3 \text{ operaciones por hora}$$

SATURACIÓN = Operaciones por hora × VP Total
= 3 × (Op. M.P. + Op. M.F.)
= 3 × (13,3 + 4,0) = 51,9 puntos / hora

2. El ciclo de una operación es de 12 minutos. El valor punto total de operaciones máquina funcionando y máquina parada es de 6 puntos. ¿Cuántos puntos por hora producirá un operador? O más exactamente ¿Cuál será la saturación?

SATURACIÓN = Operaciones / hora × VP Total

$$\text{SATURACIÓN} = \frac{60 \text{ minutos}}{12 \text{ minutos}} \times 6 = 30 \text{ Puntos}$$

3. Calcule la saturación del operador para la operación siguiente:

Tiempo máquina = 4 minutos
VP máquina parada = 8 puntos
VP máquina funcionando = 4 puntos
Ciclo = T.M. + 0,75 (VP máquina parada)
Ciclo = 4 + 0,75 × 8 = 10 minutos

$$\text{Operaciones por hora} = \frac{60 \text{ minutos/hora}}{10 \text{ minutos}} = 6 \text{ Operación/hora}$$

SATURACIÓN = Operaciones / hora × VP Total

SATURACIÓN = 6 × (8 + 4) = 6 × 12

SATURACIÓN = 72 puntos

RESUMEN

1. $TN = \frac{To \times Co}{60}$

2. $VP = \frac{TN. \times \text{Coeficiente de Recuperación}}{60}$

Si TN es dado en segundos

3. En el cronometraje de una operación hay tres factores que pueden influenciar en el tiempo de ejecución:
   a. El método de operación
   b. La precisión
   c. La rapidez

4. Sobre la escala BEDAUX las calificaciones están graduadas de 0 a 80, ¿a qué corresponden estas calificaciones?

   Calificación Óptima = 80
   Calificación Normal = 60
   Repaso Absoluto = 0

5. Caminar sobre una superficie lisa, plana, sin carga a una temperatura normal y a una rapidez de 1,25 m / seg. ó (4,5 Km. / hora) ¿qué tipo de calificación es? Calificación normal = 60
6. Para una calificación determinada, el tiempo de ejecución de una operación es de 30

segundos. Si la calificación se dobla, ¿cuál será el tiempo de ejecución?

$$\begin{array}{cc} X & 30 \text{ Seg.} \\ 2X & t \end{array} \qquad t = \frac{30}{2} = 15 \text{ seg.}$$

7. Si los tiempos y sus calificaciones son los siguientes:

   TIEMPO X CALIFICACIÓN = KTE
   t1= 30 seg. X Cal. 40 1.200
   t2= 15 seg. X Cal. 80 1.200
   t3= 60 seg. X Cal. 20 1.200

¿Qué puede concluir?

8. ¿Los tiempos necesarios para la ejecución de una operación a calificación normal cómo se llaman?
9. Conociendo el tiempo de ejecución de una operación y su calificación, ¿Qué fórmula aplica para encontrar el tiempo normal de esta operación?
10. Un obrero gasta 8 segundos a calificación 75 para cortar una pieza de madera, ¿cuál es el tiempo normal de esta operación?
11. La calificación de un individuo normal que ejecuta su tarea sin pérdida de tiempo con el mínimo de movimientos y el máximo de seguridad se llama:

CALIFICACIÓN ÓPTIMA

12. Si uno toma un grupo de operarios remunerados por un salario estimulante (con prima) ¿A qué porcentaje tenderá a trabajar a calificación óptima? %
13. Cuál es el porcentaje de operarios que puede esperarse alcancen la calificación 60? %
14. El TN de una saturación es de 24 segundos, calcule el tiempo que un operario gastará al hacer la misma saturación a calificación 80
    - A partir de las calificaciones y los tiempos registrados en un cronometraje, escoja la calificación que representa la saturación.

50	55	60	65	70	75	80	85
16	14 15 14	12 13 16 13 13 13 13 14 13 12 12	12 12 12 12 12 12 13 12 12 12 13 12 12 12 12 12	11 11 11 11 12 11 11	111 11 11 12	10 10 10 10 10	9 9

T = C =

15. ¿Qué coeficientes de recuperación se deben aplicar a las saturaciones siguientes?
    - Subir una escalera sin carga: _____
    - Llevar al hombro una repisa de 20 Kg. y 5 m. de distancia sobre un buen piso: _____

16. Cuál es el factor de corrección a aplicar si las condiciones son:
    - Termómetro seco = 25°
    - Termómetro húmedo = 20°
    - Factor de corrección = _____

17. Saturación es la cantidad de trabajo efectuada por un operario que trabaja a calificación normal durante un minuto con una recuperación correspondiente a:
18. El tiempo total de una operación en trabajo libre es:
    - Tiempo Total = Tiempo Normal + Suplementos

19. ¿Cuántos puntos consume una saturación donde el tiempo total es de 8 minutos?
    - _____ puntos. Puntos = Tiempo total

20. Escriba la definición de punto Bedaux o Valor Punto.

    Es la cantidad de trabajo efectuado por una persona que trabaja a calificación normal durante un minuto con la recuperación correspondiente.

    Punto Bedaux = Tiempo Normal + Suplementos
21. La fórmula de valor punto es la siguiente:

    VP = Tiempo Normal (en minutos) × Coeficiente de recuperación

Calcule el valor punto de la operación:

TN. = 20 Seg. Coeficiente de Recuperación = 1.12

$$VP = \frac{20 \text{ seg. X } 1{,}12}{60 \text{ segundos}} = 0{,}373 \text{ minutos}$$

22. Cuál es el valor punto total de la operación siguiente:

	Descripción del elemento	VP del elemento	Frecuencia	VP por pieza
A_1	Tomar placa	0,096	1	0,096
A_2	Revelar	0,135	1	0,135
A_3	Soldar resistencia	0,225	5	1,125
A_4	Evacuar 10 placas	0,300	1/10	0,03
				1,386 puntos

23. El tiempo en minutos incluido los suplementos para efectuar una operación a calificación óptima se llama Ciclo de una operación.

Ciclo = ¾ del valor punto

24. El ciclo de una saturación es dado siempre en: minutos.
25. Calcule el ciclo de las operaciones:

VP	CICLO
A. 52	3,9 Minutos
B. 6,4	4,8 Minutos
C. 36.00	27,6 Minutos

26. El ciclo es el tiempo en minutos, incluidos los suplementos para efectuar una operación a calificación óptima.
27. Si se representa la operación “llenar reservorio” de la siguiente forma:

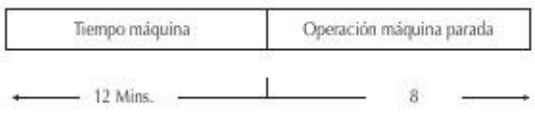
Llenar recipiente	Desplazarse con recipiente lleno y verterlo	Regresar con recipiente vacío
A	B	C

Cuál es el elemento “tiempo máquina” = A

Cuál es el elemento o los elementos “operación máquina parada” = B C

28. En trabajo limitado el:

CICLO = Tiempo Máquina + Tiempo Óptimo, con suplementos incluidos de la operación MÁQUINA PARADA



Si una operación tiene un Tiempo Máquina de 12 minutos y si la operación máquina parada tiene un valor de 8 puntos. ¿Cuál será el Ciclo?

Ciclo = 12 minutos + 0,75 × 8 = 18 Minutos.

29. El trabajo efectuado durante el proceso de máquina parada se llama saturación máquina parada y el trabajo durante ese tiempo se llama operación MÁQUINA FUNCIONANDO.
30. Saturación es el número de puntos que un operario puede producir en una hora de trabajo.
31. Si el ciclo de una operación es de 20 minutos, ¿cuánto trabajo puede hacer un operario en una hora? 60/20 = 3 operarios por hora.
32. ¿Qué es la saturación? Es el número de puntos que un operario puede producir en una hora de trabajo.
33. Para encontrar la saturación, se debe multiplicar el VP Total de la operación por el número de operación hechas en 1 hora.
34. El Tiempo de la operación Máquina Parada es de 8". El tiempo de las operaciones Máquina Funcionando es de 4". El Tiempo Máquina es de 14 Minutos ¿Cuál será la saturación?

Ciclo = 14 + 0,775 × 8 = 20 Minutos
Número de operaciones hechas en una hora = 60/20 = 3 oper. / hora.
Saturación = (8 + 4) × 3 = 36 puntos

EJERCICIOS POR RESOLVER

1. Se ha realizado un estudio de tiempos en una máquina de trabajo ligero. Para este tipo de operación se estima que 405 minutos de la jornada diaria son aprovechables por el operador para ejecutar la tarea. Complete los cálculos y determine el tiempo estándar y el número de piezas por hora estándar.

	CICLOS										SUMARIO			
Desc. Elem.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	T	T	RF	TN
	.14	1.32	2.49	3.62	4.79	5.96	7.11	8.28	9.45	10.59			.85	
A														
	1.06	2,24	3.40	4.54	5.71	6.87	8.03	9.19	10.36	11.52			100	
B														

2. a. ¿Qué nombre reciben movimientos tales como sostener, coger, etc.?

_____

b. Nombre dos razones por las cuales se divide una operación en elementos

c. ¿En el diagrama de proceso de la operación la numeración de las actividades va de izquierda a derecha? _____

d. ¿Qué se entiende por balanceo de línea?

e. Determine el tiempo estándar con los siguientes datos: TN = 0.42 min/pz

TRABAJO	No OBSERVA.	%	HORAS	UN. PROD.	HRS/UN. NORMAL	HRS/ UN. ESTÁNDA
1	5.000			2.900		
2	10.000			8.800		
3	20.000			25.000		
OCIOSO	15.000			_		
TOTAL	50.000	100%	4.250			

El trabajador pierde inevitablemente ¾ de hora en el turno de 8 horas.

3. Se han hecho 200 observaciones en un muestreo a los trabajadores en una empresa y 64 de esas observaciones han correspondido a tiempos perdidos por parte de los trabajadores. ¿Cuántas observaciones adicionales deberán hacerse si el error del muestreo en la estimación del tiempo perdido se ha especificado en I = 0.06 y c = 0.90?

4. ¿Cuál es el intervalo de confianza para la estimación de tiempo perdido cuando: N = 200 y c = 0.90? ; para c = 0.90 corresponde @ = 0.645.

5. Determine el estándar de tiempo de lo siguiente:

Agregue el 10% de tolerancia. ¿cuál es la eficiencia?

¿Qué técnica de estándares de tiempo utilizaríamos para los tiempos de ciclo y volúmenes de producción de la tabla siguiente?

Tpo. de ciclo	Los 1.000 altos	Los 100 medios	Los 10 bajos
Largo			
Medio			
Corto			

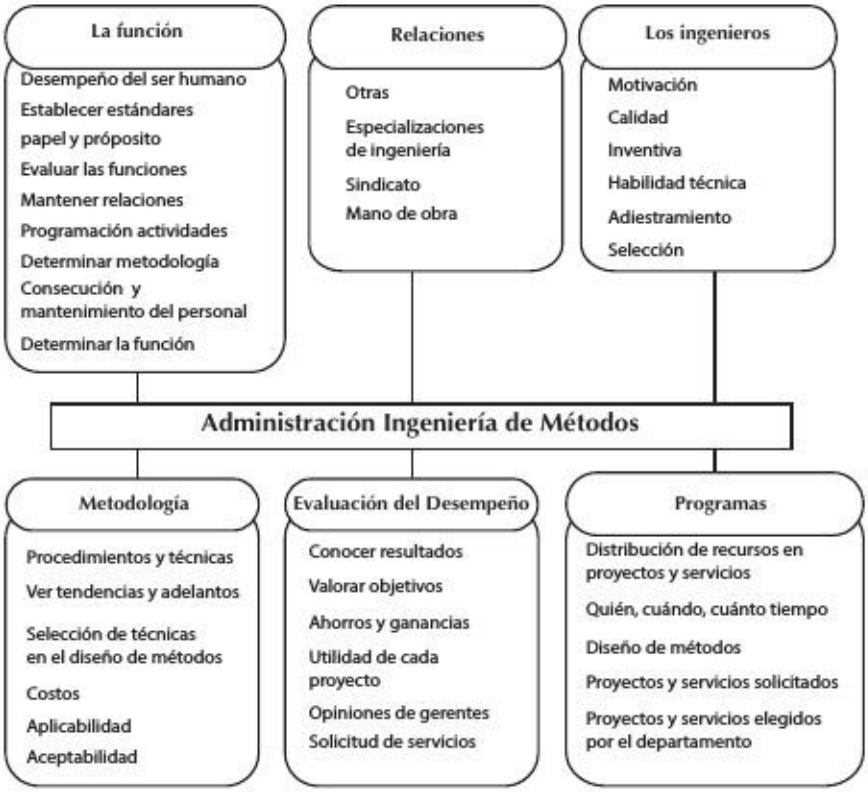
CAPÍTULO VIII

Administración de la ingeniería de métodos

Al administrar ingeniería de métodos se debe tener en cuenta:

1. Funciones del área:
   - Papel y propósito de ingeniería de métodos.
   - Desempeño de las personas en la producción.
   - Establecimiento de los estándares.
   - Ser el principal consejero en las decisiones acerca de cómo encaja el ser humano en el proceso de producir bienes y / o servicios.

- Determinar la forma como el ser humano desempeñará su función.
- Ser el principal motivador y catalizador de las mejoras en los métodos de trabajo.
- Establecer estándares de ejecución del trabajo para fines de planeación y control.
- Servir como consultor en la política de la empresa, la ingeniería del producto y el contrato colectivo en relación con los planes de incentivos, salarios y capacitación.
- Estudiar nuevas tecnologías.



Gráfica 274. Administración de ingeniería de métodos
Fuente: *elaboración propia*



Eficiencia: hacer más en menos tiempo. Cantidad y velocidad igual a menor.
Kronos: tiempo cronólogico, lineal y secuencial.
Método: cómo hacer las cosas

Gráfica 275. Enfoques de la administración del tiempo

2. Consecución y mantenimiento del personal necesario conforme a:
   - Las habilidades técnicas en estadística, diseño de estudios de muestreo, tiempos predeterminados, biomecánica, ingeniería humana, ergonomía, simulación, etc.
   - Saberes y conocimientos en métodos de solución de problemas.
   - Inventiva, innovación y creatividad para el diseño de métodos y medición del trabajo.
   - Habilidad para ganar la aceptación y obtener la cooperación efectiva, el respeto y la confianza de las demás personas de la compañía.
   - Mejoramiento continuo de su desempeño a largo plazo por medio de estímulo,

asesoramiento, capacitación, asistencia a conferencias y relación con otras organizaciones. Conocimiento de los resultados de calidad y desempeño, y entrenamiento continuo dirigido hacia los constantes cambios.

Habilidades y Cualidades	
Paciencia	Mente inquisitiva y crÍtica
Hablidad para adaptarse	Liderazgo
Empatia: Habilidad para “usar muchos sombreros”	Ética Pasión por la implementación
Habilidad para tratar con una diversidad de grupos de personas	Visión del cliente-vendedor: Habilidad para saber vender sus ideas

Gráfica 276. Habilidades y cualidades
Fuente: *es.slideshare.net*

3. Usar una metodología necesaria para el cumplimiento de las funciones que tenga la aplicabilidad, aceptabilidad y costo justo. Debe, en consecuencia, establecer:
   - Políticas, organización y principios para lograr la eficiencia, eficacia y productividad.
   - Seleccionar los procedimientos y técnicas para equipar el departamento.
   - Tener conciencia de las tendencias y adelantos industriales y profesionales.
   - El sistema de medición del trabajo será seleccionado de acuerdo al equilibrio entre la relación costo - beneficio que el método proporcione.



Gráfica 277. COMPETENCIAS PROFESIONALES
Fuente: *valderramanatalia.wordpress.com*

4. Programación de los recursos necesarios en el desarrollo de los proyectos y actividades encomendadas, lo cual debe comprender:
   - Diseño de métodos nuevos o rediseños requeridos por otros departamentos o elegidos por ingeniería.

- Estudio de tiempos requeridos por otros departamentos o elegidos por ingeniería.
- Mantenimiento de estándares.
- Otros estudios de productividad como ingeniería limpia, eliminación del desperdicio, señalización, seguridad industrial, etc.

1. Gestión y gerencia
2. Planificación
   Programación y presupuesto
   Recolección de información
   Monitoreo y evaluación (Análisis)
3. Recursos humanos:
   Convocatoría
   capacitación
   Selección
   Supervisión
4. Logística
   Adqusición y distribución de insumos
   Cadena de frío
   Transporte
5. Movilización social:
   Promoción de la salud
   Comunicación social
6. Vacunación segura
   Bioseguridad
7. Vigilancia Epidemiológica de:
   Enfermedades inmuno- prevenibles
   Eventos adversos asociados a la aplicación de vacunas
8. Investigación
9. Laboratorio de la salud pública

Gráfica 278. Líneas de acción
Fuente: *slideplayer.es*

5. Relaciones humanas para encontrar la cooperación necesaria y disminuir la resistencia al cambio. A nivel interno:
   - Gerencial: para conservar la confianza, cooperación y respaldo. La satisfacción de la gerencia con los logros técnicos de ingeniería contribuye a mantener una actitud armoniosa y de simpatía.
   - Departamental: para apoyar sus actividades y lograr su cooperación, comunicación e intercambio de ideas e información.
   - Supervisión: para lograr su colaboración con ideas y resolución de problemas en distintas áreas productivas, con el suministro de información de la producción y la actuación de los trabajadores, con la contribución a que la solución a un problema de

manufactura sea mejorada e inculcar una actitud de compromiso de los trabajadores hacia la solución de problemas y su colaboración en el establecimiento de estándares.

- Mano de obra: para que sirva como fuente de información e ideas, mejoramiento y simplificación de nuevos métodos.
- Sindicatos: para evitar la resistencia al cambio, protesta y clima antagónico de las relaciones obrero-patronales. Se requiere familiarizarlos con los objetivos y procedimientos de la ingeniería de métodos. Mantener un canal abierto de comunicación a través del cual puedan expresar sus puntos de vista y objeciones, prever la reacción antes de decidir aplicar los cambios de métodos, cargas de trabajo, procedimientos y políticas.



Gráfica 279. Comunicación
Fuente: *sandylenguajeyred.blogspot.com*

A nivel externo:

- Con clientes para obtener información sobre la calidad, funcionalidad, estética y garantía de los productos y/o servicios.
- Con otras empresas para intercambiar ideas y conocimientos.
- Con universidades y organizaciones gremiales para conocer tendencias tecnológicas y profesionales.

6. Realizar una evaluación del desempeño que justifique la presencia de la ingeniería de métodos en la organización, mediante el mejoramiento continuo de los métodos y la productividad de los recursos empleados, para esto es indispensable el conocimiento de los resultados anteriores. Asimismo, valorar los objetivos generales de ingeniería, los ahorros y las ganancias en la inversión de cada proyecto. Todo esto se logra mediante:
   - Opiniones del gerente y de otras personas en la organización con respecto a la calidad del trabajo desarrollado por ingeniería.

- La frecuencia con la que otros en la organización solicitan los servicios de ingeniería.
- Se rinden los mejores resultados si el personal es competente.
- El buen uso del tiempo, la distribución de los esfuerzos y las buenas relaciones con el resto de la organización demuestra que el desempeño de ingeniería está rindiendo beneficios sustanciales.

7. Evaluación y mejoramiento del desempeño: Para mejorar el sistema de ingeniería de métodos es indispensable conocer los resultados históricos, los hechos, las cifras y el desempeño de los recursos humanos que los respaldan y que son recogidos mediante evaluaciones y auditorías que parten del conocimiento de las funciones, los objetivos y la efectividad del trabajo ejecutado.

Los resultados se evalúan en términos de:

- Las funciones que el departamento debe satisfacer en la organización y que se evalúan mediante:
  - La opinión de los distintos entes de la organización.
  - La demanda de los servicios al departamento.
  - Las instalaciones, los recursos y el modo de operación.
  - La escala de actividad del departamento.
  - La programación de actividades acordes con los objetivos generales.



Gráfica 280. Evaluación de desempeño: retribución variable
Fuente: *www.uliker.com*

    - Las buenas relaciones con todos los departamentos de la compañía que le merecen la confianza y el respaldo de la gerencia.
    - La capacidad, técnica, entusiasmo e inventiva para trabajar con los demás miembros de la organización.

- Los ahorros y las ganancias en la inversión de los proyectos realizados.
- La disminución de la fatiga de los trabajadores.
- La eliminación de los accidentes de trabajo.
- El mejoramiento de las condiciones ambientales.
- La motivación de los recursos humanos, mediante un plan de incentivos.
- La conservación de los recursos naturales.
- El buen manejo de los desechos y desperdicios.

En virtud de los rápidos cambios en la tecnología, la producción y la administración es conveniente revisar con frecuencia los propósitos básicos de la actividad del departamento para lograr un excelente desempeño, con un mejor equipo, método y personal.

Los buenos resultados dependen de una buena planeación, organización, dirección y control de la manufactura y del plan de incentivos. Como el trabajo y el medio ambiente cambian constantemente es indispensable someter a permanentes auditorías los métodos, los tiempos, los movimientos, los procesos, los ambientes y la preparación de los operarios.

Los estándares inconsistentes significan costos ocasionados por:

- Fallas en la programación, pronósticos y presupuestos.
- Mal ambiente, insatisfacción y baja moral del personal.
- Injusticias en la aplicación del plan de incentivos y en las recompensas a los operadores que ayudan a mejorar los métodos.
- El mejoramiento de métodos implica perfeccionamiento de las condiciones de fatiga y de las recompensas para el trabajador para aprovechar el potencial de producción.
- Un cambio en métodos necesariamente debe conducir a un ajuste en los estándares.

Un buen procedimiento para mantener una buena estructura de estándares consiste en:

- Prevenir la obsolescencia de los métodos a través de:
    - Mejorar el método antes de establecer el estándar.
    - Mejorar las condiciones ambientales del trabajo.
    - Hacer un registro detallado del método y las condiciones en que se basó el tiempo estándar.
    - Hacer auditorías periódicas de los métodos y las condiciones ambientales.
    - Capacitar a la supervisión y personal de oficina para hacerlos conscientes de la importancia de mantener los métodos y las condiciones estándar de la operación, informar oportunamente los cambios que se sucedan y cooperar con el éxito del programa instruyéndolos sobre sus funciones en la conservación de los estándares.

- Detectar estándares flojos o demasiado ajustados.

- Corregir oportuna y apropiadamente cualquier inconsistencia de los métodos y los estándares.
- Establecer un atractivo plan de sugerencias.
- Monitorear el sistema máquinas y mantenimiento y la calidad y el rediseño del producto o la pieza para corregir desviaciones o cambiarlo si es necesario.



Gráfica 281. Gestión de calidad
Fuente: *nuevagerencia.com*

HOJA RESUMEN DE TIEMPOS

Taller _____ Sección _____Hoja de Datos N°____ de_____
Máquina _____ N° _____ Levantado por _____ Fecha _____
Indicaciones técnicas _____
_____
_____
Inicia _____ Termina_____
Tiempo elegido_____ N° Unidades producidas _____

Nombre del operario: _____ Nombre del producto: _____ Operaciones (descripción, condiciones, herramientas)	Bosquejo

N°	Descripción de elementos	Tiempo eleg	Califíc elegida	Tpo. Nmal.	Coef. Recua.	TE	Frecu.	V. Pts Op.	Obser-vacio-nes

CAPÍTULO IX

Problemas especiales de ingeniería de métodos

Balanceo de línea de ensamble

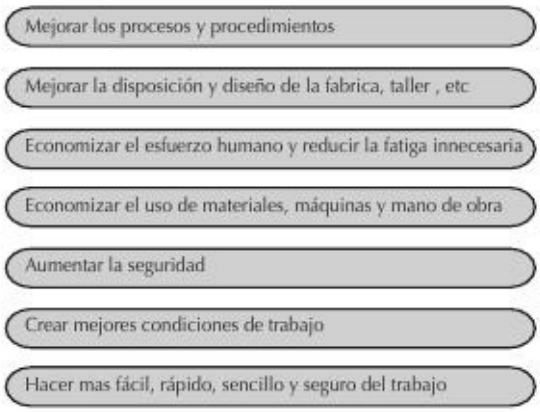
Objetivo

Dar a cada operador lo más cercano a una misma cantidad de trabajo. Igualdad para celdas de trabajo, carga de los centros de trabajo y personas. La estación, celda, centro de trabajo o persona que tenga más trabajo que las otras es la estación de carga 100%, es decir, la estación del "cuello de botella" que es la que limita el flujo de producción de toda la planta.

Si reducimos la estación cuello de botella al 5% ahorraremos ese porcentaje en cada estación de la línea. Se puede seguir reduciendo en ésta estación hasta que otra estación de la línea se convierta en la estación cuello de botella, la cual asumirá ahora el 100%.

El propósito de la técnica de balanceo de la línea de ensamble es:

a. Igualar la carga de trabajo en los centros de trabajo.
b. Identificar la operación cuello de botella.
c. Establecer la velocidad de la línea de ensamble o ritmo de la planta.
d. Determinar el número de estaciones de trabajo que es igual a Ts / Ritmo.
e. Determinar el costo por mano de obra de ensamble que es igual a la sumatoria de Ts en horas, por pieza y por tasa horario promedio de salario.
f. Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador.
g. Ayudar en la disposición física de la planta.
h. Reducir los costos de operación.



Gráfica 282. Objetivo del estudio de métodos
Fuente: *es.slideshare.net*

INFORMACIÓN PARA EQUILIBRAR UNA OPERACIÓN DE UNA PLANTA

1. Realizar planos y listas de materiales de ingeniería del producto.
2. El volumen requerido para calcular el ritmo de la planta (R = Tiempo disponible de la planta / Demanda) y el tiempo takt de la planta:

(takt = Ts / R).
Ts elementales para saber cuánto tarda una tarea.

Ejemplo para el cálculo del ritmo de una planta.

1. Suponga un volumen de producción de 1.500 piezas / turno, la venta que mercadeo logra y que depende de la temporada.
2. Tolerancia de la planta del 10 %, lo que significa que la planta en la jornada de 480 minutos estará parada durante 48 minutos.
3. Grado de eficiencia tomado por experiencia: primer año 70% y segundo año 85%. Si debemos entregar 2.000 unidades por día. ¿Cuál será el ritmo de la planta?

Minutos disponibles = 480 (8 horas × 60 minutos / hora) – (10 %) ×480 min. /día
Minutos disponibles = 432 minutos por día.
Minutos efectivos por turno = 432× 75% = 324 minutos.
Ritmo de la planta R = 324 / 1.500 = 0.216 minutos / unidad.
Unidades / minuto =1 / 0.216 minutos / unidad = 4. 63 unidades / minuto.
Prueba: 4. 63 unidades/minuto × 432 minutos/turno × 0.75 = 1.500 un. / Turno

BALANCEO DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE

Nº de prod.-- 1 Fecha 2 Por 3	Descripción del prod. 4 Nº un. Req. Por turno 5	Cal. Del valor "r" 6	Producto actual =	365 Minutos Un req. Turno	= R
			Nuevo producto =	365 Minutos Un req. Turno	= R

Nº	Descripción operación	Vr. R	Tpo. Del ciclo	Nº de estaciones	Tiempo promedio del ciclo	% De carga	Balanceo de línea en horas por 1.000	Balanceo en pz por hora
7	8	9	10	11	12	13	14	15 16

N° de prod.-- 1 Fecha 2 Por 3	Descripción del prod. 4 N° un. Req. Por turno 5	Cal. Del valor **"r"** 6	Producto actual =	365 Minutos Un req. Turno	= R
			Nuevo producto =	365 Minutos Un req. Turno	= R

N°	Descripción operación	Vr. R	Tpo. Del ciclo	N° de estaciones	Tiempo promedio del ciclo	% De carga	Balanceo de línea en horas por 1.000	Balanceo en pz por hora
7	8	9	10	11	12	13	14	15 16

1. Nº DE PRODUCTO: se escribe el número del plano del producto o de su parte.
2. FECHA: fecha de la solución.
3. POR: nombre de quien hace el balanceo de la línea.
4. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: nombre del producto que se ensambla.
5. Nº UNIDADES REQUERIDAS POR TURNO: cantidad de producción requerida por turno, dada por ventas.
6. CÁLCULO DEL VALOR "R" DE LA PLANTA: a) sus productos han operado a una eficiencia de 85%. b) Los nuevos productos promedian una eficiencia del 70% durante el primer año. c) Suplementos del 11%. El valor "R" se calcula dividiendo 300 ó 365 minutos entre el número de unidades de turno.
7. Nº: es el número de secuencia de la operación.
8. DESCRIPCIÓN OPERACIÓN: nombre de los componentes y las funciones de las tareas.
9. VALOR R: es el calculado en el recuadro 6.
10. TIEMPO DEL CICLO = Tiempo de máquina + Tiempo óptimo de operación máquina parada.
11. Nº DE ESTACIONES: r 9 / tiempo del ciclo 10 y se redondea al entero inferior, con lo cual no se logrará la meta. Sin tiempo extraordinario, lo que la convertirá en cuello de

botella.

12. TIEMPO PROMEDIO DEL CICLO: tiempo del ciclo 10 / número de estaciones de trabajo 11.

Es la velocidad a la cual la estación de trabajo produce componentes. Si el tiempo de ciclo de un trabajo es de 1 minuto y se requieren 4 máquinas, el tiempo promedio del ciclo será de 0,25 minutos. Es decir que un componente saldrá de cada una de las 4 máquinas cada 0,25 minutos.

El mejor balanceo de línea sería que todas las estaciones tuvieran en promedio el mismo tiempo de ciclo, lo que es difícil que ocurra. Con el tiempo promedio del ciclo se determinará la carga de trabajo porcentual de cada estación.

13. % DE CARGA: indica la ocupación de cada estación en comparación con la más ocupada. La cifra más elevada de la columna 12 corresponde a la estación más ocupada y, por lo tanto, se conoce como la estación del 100%. Ahora, para comparar todas las demás estaciones se divide el tiempo promedio de ésta entre los promedios de aquellas y se multiplica el resultado por 100. Esto dará la carga porcentual de cada estación y representa esfuerzos de reducción de costo. Si la estación del 100% se puede reducir en 1% se ahorrará esa cantidad en cada estación de trabajo de la línea.
14. BALANCEO DE LÍNEA EN HORAS POR UNIDAD: tiempo de ciclo promedio del 100% / 60 minutos / hora, que multiplicado por el N° de operadores de la línea de ensamble se obtendrán las horas totales para la fabricación de una unidad. Pero todos los miembros de una línea de ensamble deben trabajar al mismo ritmo.
15. BALANCEO EN PZ POR HORA: 1 / X de las horas / unidad o uno divido entre las horas por unidad.
16. HORAS TOTALES / UNIDAD: ∑ de todas las operaciones. Las horas por unidad de un operador por el Nº total de operadores en la línea es también igual a las horas totales por unidad. El total de la columna 11 es el total de operadores.

EJERCICIOS PARA RESOLVER

1. ¿Cuá lesson los pasos necesarios en el procedimiento de un estudio de tiempos?
2. ¿Cuál es la clasificación y los valores de la calificación de la actividad de un operario?
3. ¿Cuál es la distancia que recorrerá un operario en condiciones normales durante 15 segundos?
4. Investigar el procedimiento conforme a la legislación colombiana para lograr una patente.
5. Investigar el método TRIZ para la solución de problemas.
6. Investigar los métodos de incentivos salariales para elevar el ritmo de trabajo y lograr mayor productividad y menores costos de producción.

ANEXO A:

Formatos utilizados en métodos

Formato para mejora de métodos

Identificación de la operación:	Fecha: No de operación: No del objeto: Observado por:
Nombre del objeto: Nombre del operario:	
	A: ¿Se puede eliminar? B: ¿Se puede cambiar? C: ¿Se puede cambiar el orden de ejecución? D: ¿Se puede simplificar?
Elementos de la operación	Sugerencias de mejora
1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____ 9. _____ 10. _____ 11. _____ 12. _____	

HOJA DE NORMALIZACIÓN

Operación:_____ Departamento:_____ Operario: _____ Supervisor:_____	Fecha:_____ Minutos/ pieza:_____ Tiempo estándar:_____
Esquema del sitio de trabajo:	Zona de aplicación:_____ _____ Descripción del equipo normalizado: _____ Descripción de las condiciones de trabajo: _____ _____ Recorrido del material o suministro: _____

	_____
Herramientas y plantillas disponibles: _____ _____	Máquina: velocidad_____avance____ herramienta_____refrigerante_____ fijación _____
Elementos de la tarea: _____ _____	Esquema del producto: _____ _____
1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____ 9. _____ 10. _____ 11. _____ 12. _____ 13. _____ 14. _____ 15._____	Auxiliares: _____ _____

DIAGRAMA DEL PROCESO DEL GRUPO

Operación: _____
Departamento: _____
Diagramado por: _____

Dia: ____ Mes____ Año____
Actual ☐
Propuesto ☐
Hoja: _____ de: _____

	N° del grupo Pasos Secripción

Observaciones:

Resumen

	Actual	Propuesto	Reducción
Total unidades			
Pasos por unidades			

HOJA RESUMEN

Taller _____ Sección _____Hoja de Datos N°____de_____
Máquina _____ N° _____ Levantado por _____Fecha _____
Indicaciones técnicas _____
_____
_____
Inicia _____ Termina_____
Tiempo elegido_____ N° Unidades producidas _____

Nombre del operario: _____
Nombre del producto: _____
Operaciones (descripción, condiciones, herramientas)

Bosquejo

N°	Descrip. de elementos	Tiempo eleg.	Califíc. elegida	Tpo. Nmal.	Coef. Recua.	TE	Frecu.	V. Pts Op.	Observaciones

ANEXO B:

Talleres, métodos, movimientos y tiempos

TALLER Nº 1 OBJETIVOS QUE SE PERSIGUEN CON LOS ESTUDIOS DE MÉTODOS, MOVIMIENTOS Y TIEMPOS.

Observar el trabajo del albañil en la construcción de vivienda y registrar la cantidad de ladrillos tolete o bloque por hora, los métodos, movimientos, puestos de trabajo, las herramientas, los materiales, los andamios, las bateas de mezcla, el ambiente, los costos y todas las actividades que realizan los albañiles. Utilice los esquemas, diagramas, dibujos, fotografías, videos y demás ayudas que le permita identificar las causas que afectan el rendimiento, la fatiga, los accidentes y las demoras en el trabajo del albañil.

Proponga soluciones y diseños innovadores en los métodos, movimientos, puestos de trabajo, herramientas, materiales, andamios, mezcla y ambiente que permita garantizar la seguridad, aumentar el rendimiento por hora, disminuir la fatiga, los movimientos, los accidentes de trabajo y los desperdicios de toda índole.

- ¿Cuáles serían las técnicas y teorías modernas que permitirían lograr los cambios propuestos?
- ¿Cómo se podrían mejorar los niveles de vida de las personas involucradas en este tipo de actividad?
- Realice los planos de cada uno de los elementos y herramientas utilizados con todas sus especificaciones y sugiera las mejoras en cada caso.
- ¿Cuál y cómo debe ser la mezcla apropiada para sentar los ladrillos?
- ¿Cuáles serían los costos y las economías logrados con el nuevo método?

MÉTODOS, MOVIMIENTOS Y TIEMPOS

TALLER Nº 2 APLICACIÓN DE LA ORGANIZACIÒN CIENTÍFICA DE TAYLOR

Suponga que su equipo ha sido seleccionado para mejorar una organización bancaria utilizando los cuatro grandes principios establecidos por Taylor. Para tal efecto se deben

considerar los distintos oficios de un banco y a partir del estudio del cajero desarrollar:

1. El método adecuado de trabajo de cada una de las actividades que debe desempeñar el cajero.
2. El perfil del cargo para la selección científica del cajero, la instrucción sistemática y el estímulo progresivo que debe tener.
3. El sistema que permita asegurar que el trabajo se realiza conforme a los estudios científicos realizados.
4. La responsabilidad del cajero y la de la dirección del banco.

¿Cuáles serían las categorías de cargos existentes en las entidades bancarias conforma a su inteligencia y habilidad y cuáles las diferencias porcentuales de salarios, partiendo del salario mínimo, para cada categoría?

TALLER Nº 3 APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE EMERSON

Existe un hecho que demuestra que la eficiencia, como base de las operaciones y los salarios, se puede lograr:

- Creando métodos que permitan capacitar a las personas, al máximo de lo que ellas pueden hacer en relación con las tareas o con los fines establecidos.
- Diseñando formas de fijación de objetivos que requieran el mayor desempeño posible, ya que las personas trabajan con el máximo provecho cuando conocen las metas por cuya obtención deben esforzarse.

Se sabe además que la eficiencia es inalcanzable para los sobre cargados de trabajo, el mal pagado y los mediocres.

Con la información anterior seleccione una tarea en un supermercado y diseñe la forma como aplicaría los doce principios de Emerson.

¿Cuál sería una fórmula adecuada para medir la eficiencia del cargo?

TALLER Nº 4 LA VISIÓN EN LOS TIEMPOS MODERNOS

La gerencia de las empresas modernas debe recomendar la participación de la fuerza laboral en todas las fases de desarrollo e implementación de los productos. Los factores económicos, tecnológicos, políticos, sociales (edad, sexo, salud, bienestar, fortaleza física, aptitud, actitud, capacitación, satisfacción en el trabajo y respuesta al cambio) tienen injerencia directa en la productividad.

Las tendencias actuales de la ingeniería de métodos, movimientos y tiempos se caracterizan por:

- Los planes de mejoramiento de métodos y estándares como un insumo en el presupuesto, en la evaluación del desempeño, en el diseño del trabajo y en el entorno laboral.
- Un organismo dedicado a la investigación para desarrollar guías y estándares para el trabajo, la salud y la seguridad del trabajador.
- El impacto de la legislación en los empleadores.

- La aplicación de la ergonomía.

En una empresa de su elección investigue el impacto sobre la fuerza laboral de los factores internos y externos de la empresa.

TALLER Nº 5 CÓMO DESARROLLAR UN MEJOR DE TRABAJO

Desarrollar el mejor método para realizar quince cuadernillos de quince medias hojas tamaño carta y presentar un informe que contenga los siguientes aspectos:

- Levantar un gráfico de la actividad tal y como acordaron realizar el ejercicio en el equipo en donde se relación en forma detallada todas las partes o elementos utilizados en el proceso en estudio y las fases o etapas que constituyen el ejercicio.
- Dividir la operación en elementos identificables y medibles.
- Estudiar y analizar cada elemento de la operación para detectar los desperdicios o trabajo innecesario y aprovecharlos o eliminarlos.
- Proponer todos los cambios que permitan ejecutar un mejor y más fácil método para realizar el ejercicio.
- Responder las siguientes preguntas:

¿De que forma se realizo el ejercicio?
¿Qué materiales se utilizaron?
¿Cuáles fueron las condiciones en que se realizó el ejercicio? use todas la preguntas: ¿qué?, ¿por qué?, ¿quién?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿cómo?
y ¿para qué?
Y pregúntese
¿Qué trabajo se ha hecho? ¿Cuál es el objeto del ejercicio?
¿Por qué se efectuo así?, ¿qué hubiera sucedido si no hubiese realizado de esta forma?, ¿son realemte necesarias todas las partes de trabajo?
¿Quiénes hicieron el trabajo?, ¿quiénes podrian hacerlo mejor? y ¿podrían realizarse ciertos cambios para que alguien con menos destreza lo ejecute?
¿Dónde se hizo el ejercicio? y ¿ podría efectuarse en cualquier otro lugar para que resultarse más económico?
¿Cuándo se efectuó el ejercicio? y ¿sería mejor hacerlo realizado en otro momento?
¿Cómo se efectuó el ejercicio?
Eliminar trabajos y movimientos innecesarios.
Combinar operaciones o elementos.
Cambiar el orden.
Simplificar.

TALLER Nº 6 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCTIVIDAD SEGÚN ELTON MAYO

Partiendo de la hipótesis establecida por Mayo en la que asegura “que un cambio en las condiciones de trabajo daría como resultado un cambio en la productividad”, seleccione una empresa de su gusto y estudie las condiciones de trabajo existentes. Posteriormente, identifique cuáles serían las condiciones ideales que tal empresa debería tener para generar una alta productividad y qué se debería hacer para mejorar la actitud de los empleados.

¿Cuál sería una fórmula apropiada para medir la productividad de tal empresa?

¿Cómo se podría medir la actitud de los empleados?

¿Cuáles son los tipos de organización informal existentes en tal organización?

¿Cuál es la influencia de la organización informal sobre la productividad?

TALLER Nº 7 CÓMO DESARROLLAR UN MÉTODO MEJOR DE TRABAJO

Desarrollar el mejor método para repartir un juego de 52 cartas en cuatro montones iguales en 0.45 minutos y presentar un informe que contenga los siguientes aspectos:

5. Los cinco pasos para la simplificación del juego: » Selección del método a mejorar.
   - Descomponer el juego en partes identificables y medibles.
   - Analizar cada actividad.
   - Desarrollar el mejor método.
   - Aplicar el nuevo método.

6. Estudiar y analizar cada actividad para detectar los movimientos o trabajo innecesario y aprovecharlos o eliminarlos.
7. Proponer todos los cambios que permitan ejecutar un mejor y más fácil método para realizar el ejercicio.
8. Responder las siguientes preguntas:
   - ¿De qué forma hacer el ejercicio?
   - ¿Qué materiales se utilizaron?
   - ¿Qué herramientas y medios auxiliares se utilizaron?
   - ¿Cuáles fueron las condiciones en que se realizó el ejercicio?
   - Use todas las preguntas: ¿qué?, ¿por qué?, ¿quién?, ¿dónde?, ¿cuándo? y ¿cómo?
   - Y pregúntese:
   - ¿Qué trabajo se ha hecho? y ¿cuál es el objeto del ejercicio?
   - ¿Por qué se efectuó así?, ¿qué hubiera sucedido si no se hubiese realizado de esta forma? y ¿son realmente necesarias todas las partes del trabajo?
   - ¿Quiénes hicieron el trabajo?, ¿quiénes podrían hacerlo mejor? y ¿podrían realizarse ciertos cambios para que alguien con menos destreza lo ejecute?
   - ¿Dónde se hizo el ejercicio? y ¿podría efectuarse en cualquier otro lugar para que resultase más económico?
   - ¿Cuándo se efectuó el ejercicio? y ¿sería mejor haberlo realizado en otro momento?
   - ¿Cómo se efectuó el ejercicio?
   - Eliminar trabajos y movimientos innecesarios
   - Combinar operaciones o elementos.
   - Cambiar el orden.
   - Simplificar.

TALLER Nº 8 CÓMO MEJORAR UN MÉTODO DE TRABAJO

Una empresa utiliza pernos de ½ x 1 pulgada con dos arandelas, una guasa y tuerca, en el montaje final de uno de sus productos.

El método usado es colocar encima de un banco en depósitos los pernos, arandelas, guasas y

tuercas. Se toma el perno con la mano izquierda y con la mano derecha una arandela que es colocada en el perno; luego. se toma la guasa con la mano derecha y se coloca en el perno; después, se toma con la mano derecha la otra arandela y se coloca en el perno y por último, se toma con la mano derecha la tuerca que es roscada en el perno y con la mano izquierda se coloca el ensamble en un recipiente.

Analice el proceso y revise que se cumplan los principios de economía de movimientos.

1. Establezca el método que, a su juicio, produzca los mejores resultados y descríbalo completamente.
2. En una hoja de análisis de movimientos describa el diagrama mano izquierda mano derecha del método actual y el mejorado.
3. Diseñe los elementos necesarios para realizar el ensamble de tal forma que se cumplan los principios de economía de movimientos de las manos.
4. Describa todos los desperdicios que se generan en el método actual.

TALLER Nº 9 APRENDER LOS MOVIMIENTOS DE LAS MANOS

Considerar la tarea de llenar de clavijas de madera un tablero que posee treinta agujeros.

El método actual de cada 100 personas 95 llenan el tablero al tomar con la mano izquierda un puñado de clavijas de la caja y las sostiene, mientras la mano derecha coge una por una las clavijas de la mano izquierda y las va colocando en el tablero.

La mano derecha trabaja con rendimiento, mientras la mano izquierda hace muy poco trabajo productivo, pues sólo sostiene las clavijas.

Establezca un método para realizar la tarea en forma más eficiente.

¿Cuál es la economía en tiempo lograda con el nuevo método?

Realice un cuadro donde describa el nombre de los distintos movimientos y el símbolo correspondiente.

Realice el diagrama de operación de mano izquierda mano derecha.

¿Qué principios de economía de movimientos se utilizan en el método mejorado?

Recuerde, las personas que más trabajo realizan no son las que más trabajan sino las que utilizan en forma adecuada cada movimiento, las que usan buenos métodos de trabajo. El interés no es la velocidad, sino el obtener más trabajo de calidad con un menor consumo de energía.

TALLER Nº 10 MÉTODOS PARA DESARMAR, ARMAR E INSTALAR UNA CERRADURA DE PUERTA

Suponga que su grupo está encargado de encontrar el mejor método para armar, desarmar e instalar una cerradura de una puerta. En el ejercicio deben desarrollar los siguientes puntos:

- Un manual para que cualquier persona pueda realizar las actividades señaladas.
- Establecer, en un diagrama, la estructura de la cerradura.

- Levantar el diagrama de proceso de ensamble de desarmar, armar e instalar la cerradura.
- Utilice todas las ayudas necesarias como fotografías, videos, bosquejos, etc., que le permitan expresar con la mayor claridad los objetivos del presente taller.
- ¿Cuánto cobraría el grupo por realizar el manual?

TALLER Nº 11 HACER UNA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Madetal Ltda. es una empresa que fabrica artículos en madera y metal en lotes que varían ampliamente. Trabaja sobre las especificaciones del cliente. Muchos pedidos corresponden a un solo tipo de artículo, pero otros son piezas especiales de características particulares, según las necesidades de los clientes.

Las operaciones y los equipos utilizados, a grandes rasgos, para un pedido son los siguientes:

1. Abrir bloques de madera de 3 metros de longitud y diferente grueso y ancho, para sacar tablas de 2.5 cms de espesor, en una sierra sin fin grande.
2. Planear una cara y un canto de la madera cortada en una planeadora.
3. Cepillar las tablas hasta dejarlas de espesor de 2.3 cms con un cepillo.
4. Cortar al ancho de 15 cms en una sierra circular.
5. Cortar al largo necesario con una sierra circular.
6. Armar un producto con tornillos de carriage utilizando taladro para perforar, y un martillo y llaves para ajustar las piezas.

En productos de pedidos especiales se utilizan bancos de trabajo tipo ebanistería y diferentes herramientas manuales como cepillos, garlopas, formones, escuadras, prensas, caimanes, entre otros. En productos de tipo metálico se utilizan bancos de trabajo, equipos de soldadura eléctrica y autógena, dobladora de tubo, cizalla, taladro de árbol y manuales, y herramientas manuales varias.

Suponga que su grupo ha sido seleccionado para realizar la distribución en planta y que deben hacer una presentación convincente a la gerencia de la empresa que contemple, por lo menos, los siguientes puntos:

1. Plano de distribución de las distintas áreas aproximadas de trabajo.
2. Distribución y montaje de las máquinas señaladas anteriormente.
3. Cálculo aproximado de las áreas de trabajo, áreas de almacenamiento temporal de productos en proceso y permanente para las materias primas, productos terminados, herramientas manuales, etc.
4. Sistemas, métodos y procedimientos de manejo y almacenamiento de materiales, materias primas, productos terminados y herramientas.
5. Hacer el diagrama de flujo o recorrido del producto anteriormente citado.

Utilice todos los medios gráficos, fotografías y bosquejos que considere necesarios para ganar la aceptación de su propuesta.

TALLER Nº 12 ENSAMBLE Y DESARME DE JUGUETES

Suponga que su grupo es contratado por una fábrica de juguetes para realizar un manual para ensamblar y desarmar juguetes, con el de que se tenga la seguridad de su funcionamiento y de que todas las partes estén completas; por tanto es necesario identificar cada una de las partes que compone el juguete.

1. Establecer un sistema de montaje y desarme adecuado.
2. Diseñar gráficamente el método de ensamble y desarme del juguete en serie.
3. Realizar el diagrama de proceso de ensamble y mano izquierda y mano derecha.

El manual debe ser suficientemente claro y preciso para que cualquier persona pueda armar y desarmar el juguete en forma ágil y ordenada. Utilice todos los elementos, medios y equipos que sean necesarios para asegurar una claridad total.

TALLER Nº 13 ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

Suponga que conforman un grupo consultor que ha sido seleccionado para realizar un estudio de métodos y tiempos para armar y desarmar uno de los juegos que existen en el laboratorio. Cada grupo debe determinar:

1. El número de observaciones necesarias para desarmar y armar el juego, calculados mediante los métodos estudiados en clase.
   - El tiempo y la calificación elegidos, calculados mediante los métodos estudiados en clase.
   - El tiempo normal de armar y desarmar el juego.
   - El tiempo estándar considerando los suplementos calculados por el grupo según las condiciones que observen en el lugar donde realicen las operaciones.
   - Las unidades armadas y desarmadas por hora de trabajo.
   - El número de juegos que se pueden armar y desarmar por jornada de trabajo, considerando que se conceden 15 minutos de descanso en la mañana y 15 minutos en las horas de la tarde por jornada de 8 horas.
   - El pago por pieza considerando que cada operario devenga un salario mínimo mensual con prestaciones.
   - La eficiencia con el tiempo normal calculado por el grupo con tiempo transcurrido de 15% menos o 10% más que el tiempo concedido.
   - El tiempo normal cuando el coeficiente de recuperación es de 1.25 y cuando los suplementos representan el 22%.

TALLER Nº 14 DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO

Suponga que su grupo ha sido seleccionado para participar en la mejora de los puestos de trabajo de una institución. En dicho trabajo se utiliza el grupo de estudiantes de Ingeniería de métodos, a los cuales se les debe tomar sus medidas antropométricas y utilizar los promedios. Como herramienta principal se requieren computadores. Para diseñar los puestos correspondientes, se debe tener en cuenta las dimensiones de áreas máximas y normales de trabajo mostradas en planos horizontales y verticales vistos en clase. Igualmente se deben utilizar las alturas de las mesas y sillas empleadas en el trabajo.

1. Diseñe el puesto de trabajo apropiado. Considere que se requiere un puesto para cada dos estudiantes y que se debe aprovechar el espacio, dado que la localización de la institución es en zonas especiales de alto costo.
2. Diseñe la mesa apropiada para utilizar el computador y de todas las especificaciones de los materiales utilizados.
3. Diseñe la silla correspondiente para dicho trabajo y especifique los materiales empleados.

TALLER Nº 15 VALORACIÓN Y APLICACIÓN DE TIEMPOS PREDETERMINADOS

1. Determinar la velocidad de caminar para los estudiantes del curso, hombres y mujeres. Medir sobre un área horizontal y uniforme una longitud de 30 metros y luego, a partir de un punto desde donde se puede ver dicha distancia, cronometrar el tiempo que tarda cada estudiante en recorrerla, utilizando para ello un cronómetro. Obtener los datos con la marcha independiente de cada estudiante. Hágase con estos datos una tabla de clasificación de la siguiente manera:
   - Hombres y mujeres.
   - Grupos de tres edades.
   - Cada uno de estos grupos subdividirlos en cuanto a la estatura en bajos, medianos y altos.

2. Hacer el estudio de valoración del caminar en el que se establezca:
   - Tiempo en minutos para caminar 15 metros de c/u de los estudiantes del curso.
   - Velocidad real en metro por segundo.
   - Valoración en % sabiendo que 1.25 metros por segundo es igual a 100.

3. Determinar el tiempo normal para ensamblar pernos de ½ x 1 pulgada con dos arandelas, una guasa y tuerca, utilizando tiempos predeterminados para los distintos movimientos.

TALLER Nº 16 ESTUDIO DE TIEMPOS

Realizar un estudio de tiempos con cronómetro con lectura de vuelta a cero, para armar y grapar cuadernillos de 15 hojas, teniendo en cuenta las actividades que se deben desarrollar para cada uno de los pasos necesarios:

- Preparar y normalizar el trabajo.
- Determinar la precisión.
- Dividir la operación en elementos uniformes, identificables y medibles.
- Determinar el número de observaciones a realizar con 95% de confianza y precisión de más 0.05 del elemento verdadero de tiempo como límite.
- Calificar la actividad desarrollada en los cuadernillos.
- Determinar el equipo necesario en el estudio.
- Recolectar la información en un formato diseñado para tal efecto.
- Calcular la calificación y el tiempo representativo por el método gráfico
- Calcular el tiempo normal.

- Aplicar los suplementos según las condiciones en que se realiza el ejercicio.
- Calcular el tiempo estándar.

TALLER Nº 17 MUESTREO DE TRABAJO

Para aplicar correctamente la metodología de muestreo de trabajo se deben desarrollar las siguientes fases:

1. Determinar los objetivos del estudio.
2. Especificar y describir detalladamente cada uno de los elementos que van a ser analizados.
3. Fijar el nivel de confianza y el error máximo admisible con los que se va a trabajar.
4. Efectuar una estimación del porcentaje de los elementos que se van a medir mediante un muestreo orientativo.
5. Calcular el número de observaciones que deben efectuarse.
6. Elaborar el plan de trabajo para efectuar el estudio:
   - Número de observaciones.
   - Horarios.
   - Rutas para efectuar el muestreo.
   - Confección de las formas necesarias para anotar los datos. » Realización de las observaciones según el plan de trabajo.
   - Efectuar un seguimiento de las observaciones diarias hasta que se haya alcanzado el resultado previsto en cuanto al error máximo admitido.
   - Calificar la actuación del operario durante la observación.
   - Registrar la producción obtenida durante el periodo de trabajo correspondiente al estudio.
   - Calcular el tiempo básico mediante la siguiente expresión:

$$Tb = \frac{Tt \times p \times Co}{N}$$

Donde:
Tb: Tiempo tipo.
P: % de tiempo del elemento analizado.
Co: Calificación de la operación.
Tt: Tiempo total del estudio.
N: Número de unidades producidas.

7. Calcular el tiempo estándar teniendo en cuenta los suplementos que correspondan.

Evaluar el grado de utilización de un computador en una oficina de gestión administrativa de una universidad, siguiendo ordenadamente los pasos requeridos en el estudio por muestreo de trabajo.

TALLER Nº 18 CÁLCULOS DE CAPACIDAD

1. Calcule las piezas por hora, las horas por unidad y las horas por 1.000 unidades para la siguiente operación:

TS EN MINUTOS	PZ POR HORA	HORA POR PZ	HOR POR 1.000
0.300			
2.000			
0.450			
0.050			

2. Practique el ritmo normal:
   - Caminar a razón de 1.25 metros/segundo, 80metros.
   - Distribuir 52 cartas en 4 pilas en 0.5 minutos.
   - Llenar un tablero de 30 agujeros con clavijas en 0.435 minutos.
   - ¿Cuál es el estándar para cada uno en condiciones normales?

3. Una empresa desea fabricar 2.000 unidades de un producto por cada turno de 8 horas. Se requieren 0.400 minutos / unidad. Por turno hay 50 minutos perdidos por paradas, limpieza, etc., si históricamente se conoce que el rendimiento de la empresa es de 75%:
   - ¿Cuál será el ritmo de producción de la planta (takt)?
   - ¿Cuántas máquinas necesitamos para ésta operación?
   - ¿Cuántas personas se deben contratar para fabricar 2.500 piezas si se sabe que se gastan 138.94 horas al 100% para producir 1.000 unidades?
   - ¿Cuántas máquinas deberá adquirir y cuántas personas contratar si se necesitan 3.000 unidades por turno en una planta al 75% de eficiencia, que tiene el 10% de tiempos perdidos? El estándar de tiempo de máquina es de 0.284 minutos.
   - ¿Cuánto costará producir una unidad si el operador gana $15 por hora?
   - ¿Cuántas unidades se pueden producir por turno?
   - ¿Cuál es el ritmo de producción de la planta (takt)?

TALLER Nº 19 ENSAMBLE DE JUGUETES

Hacer el diagrama de operaciones de ensamble del juguete y establecer la línea de ensamble, de tal forma que logre un balance adecuado de la misma. Tomar el tiempo de cada operación y hacer el cálculo del número de operaciones necesarias con sus respectivas calificaciones.

Suponga que la necesidad de ensamble diaria es de 5.000 juguetes por turno de 8 horas. Establezca una tabla en donde indique los minutos por juguete, los juguetes por hora, las horas por juguete y la frecuencia de los diferentes elementos.

Se reconoce que por turno hay una hora de tolerancia y el rendimiento histórico es del 85%. Calcule:

- El tiempo estándar total por juguete.
- El número de personas que se deben contratar para lograr el ensamble deseado por turno.
- El ritmo de producción de la planta.
- El ciclo por juguete.
- La saturación.

Glosario

Aleatorio: observaciones o datos tomados al azar.

Algoritmo: especificaciones por pasos de la solución de un problema.

Análisis costo-beneficio: evaluación de costos con respecto a los ingresos previstos de un proyecto.

Análisis de redes: técnica de planeación usada para analizar la secuencia de actividades de un proyecto y sus interrelaciones.

Antropometría: ciencia que trata los aspectos dimensionales del cuerpo del hombre en relación con su trabajo.

ASME: asociación Americana de Ingenieros Mecánicos.

Automatización: convertir movimientos corporales, operacionales e intelectuales en movimientos automáticos.

Balance social: responsabilidad con el personal.

Balanceo de línea: determinación del número ideal de trabajadores asignados a una línea de producción.

Base de datos: colección de datos que se pueden usar en variedad de aplicaciones.

Biomecánica: aplicación de principios de mecánica como fuerza, palanca y movimiento.

CAD: diseño asistido por computador.

Calidad: cero defectos.

Calificación del desempeño: porcentaje promedio de tiempo asignado a un operario con respecto a la concepción normal del observador.

Cambio: factor constante.

Ciclo: tiempo en minutos con suplementos incluidos para efectuar una operación a calificación óptima.

Ciclógrafo: equipo para registrar el tiempo y el método a la vez.

Cinematógrafo: equipo usado en el registro de métodos.

Competencias: desempeño, habilidad conceptual, técnica y humana.

Competitividad: capacidad de superar competidores.

Creatividad: conocimiento, imaginación y evaluación.

Crecimiento: aumento de volumen, cubrimiento geográfico, utilidades, rentabilidad, empleados, mercado.

Cronociclografía: registro fotográfico del movimiento del cuerpo usado para determinar la velocidad y la dirección del movimiento.

Decibel (db): unidad de intensidad de sonido.

Demora: cualquier interrupción de la rutina de trabajo que no ocurre en el ciclo de trabajo típico.

Diagrama causa-efecto: método para identificar las causas de un problema y resolverlo con asertividad.

Diagrama de flujo:representación gráfica de la distribución de un proceso que muestra la localización de todas las actividades que aparecen en el diagrama de flujo del proceso y las trayectorias de viaje del trabajo.

Diagrama del proceso del grupo: diagrama de las actividades simultáneas de una máquina o más y un operario o más.

Diagrama de viajes: muestra las distancias recorridas entre los puntos de trabajo en un proceso de manufactura.

Diagrama del proceso: representación gráfica de todas las operaciones de un proceso de manufactura.

Diagrama hombre-máquina: muestra el tiempo del ciclo de trabajo del operario en relación con el tiempo del ciclo de operación de la máquina o máquinas.

Eficacia: cumplir objetivos fijados.

Eficiencia: cumplir objetivos optimizando recursos. Razón de la producción real a la producción estándar.

Empresa flexible: adaptable a la situación.

Enriquecimiento del trabajo: diversificación del trabajo para generar mayor satisfacción y oportunidad al evitar la monotonía.

Ensamblar: acto de unir dos o más partes que van juntas.

Ergonomía: ciencia que estudia el lugar de trabajo, las herramientas, el equipo y el entorno adecuado al ser humano.

Esfuerzo: voluntad para realizar trabajo productivo manual o mental.

Estación de trabajo: área donde se realiza el trabajo de una operación específica.

Estándar: tiempo normal más suplementos en la realización de un trabajo.

Estudio de métodos: análisis de una operación para incrementar la producción por unidad de

tiempo y reducir el costo por unidad.

Estudio de micromovimientos: división de la asignación de trabajo en therbligs, a través del análisis cuadro por cuadro de una película y la mejora de la operación eliminando los movimientos innecesarios y simplificando los que quedan.

Estudio de movimientos: analizar y estudiar los movimientos de la operación para eliminar los innecesarios.

Excelencia: una forma de vida para la calidad total.

Fatiga: disminución de la capacidad de trabajo.

Globalización: fenómeno mundial que derrumba fronteras, supera idiomas y costumbres, crea un mundo nuevo y diferente.

Gráfica Gantt: gráfica de doble entrada para programar trabajo en las filas y tiempo en las columnas y controlar el avance.

Gráfica SIMO: diagrama de proceso bimanual con escala de tiempos como parte de un estudio de micromovimientos.

Habilidad: facilidad para seguir un método prescrito.

Holgura: amplitud o facilidad para empezar o terminar una actividad que se vuelve crítica.

Incentivo: estímulo que mueve a hacer cosas.

Ingeniería: arte de planificar el aprovechamiento de la tierra, el aire, el agua, la tecnología, los recursos humanos y financieros.

Ingeniería de valor: método para evaluar alternativas a partir de sus valores y pesos en la matriz de pagos.

Jornada de trabajo: cualquier trabajo por el cual se compensa al trabajador con base en el tiempo y no en la producción.

Justo a tiempo (JAT): entrega oportuna para disminuir inventarios y un flujo de producción directo al reducir tiempos de preparación.

Kaizen: sistema de actividades de mejora continua.

Kanban: tarjeta como etiqueta con información del producto que lo sigue durante todo su ciclo de producción para mantener el *Just In Time*.

Keiretsu: relación bilateral entre un fabricante japonés y sus proveedores.

Logística: parte de la ciencia empresarial que calcula, prepara, abastece, mantiene y transporta materiales o productos.

Mecanización: uso de máquinas para aumentar la productividad del trabajo humano.

Métodos: técnicas y teorías modernas para lograr cambios. Sirve para diferenciar la habilidad, ingenio y bienestar de los ejecutantes.

MTM: método de Medición del Tiempo que determina los movimientos básicos requeridos para realizar la operación y asignar el tiempo estándar predeterminado a cada movimiento.

Muda: palabra japonesa que significa desperdicio.

Muestra: observación de un operador por una vez.

Muestreo: estudio estadístico de las características de una población representativa para establecer estándares y mejorar los métodos.

Nivel de exactitud y confianza: tolerancia permitida del tiempo de trabajo.

Normalizar: especifica, unificar y simplificar.

Observación: recolección y registro del tiempo requerido para ejecutar un elemento de una operación.

Observador: analista que toma el estudio de tiempos.

Operación: actividad o trabajo que implica cambio de forma, tamaño y características deseadas.

Paradigmas empresariales: ejemplos que sirven de norma o directriz.

Pensamiento ágil: es un concepto según el cual todo el personal de producción colabora para eliminar desperdicios.

Plantilla: modelo usado para marcar, sostener y guiar la herramienta de un trabajo.

Proceso: serie de operaciones para lograr un producto terminado.

Productividad: valor de resultados obtenidos por cada unidad de esfuerzo humano, material o capital.

Rendimiento: acción deseada.

Ritmo de trabajo: rapidez en la realización de una tarea.

Sostenibilidad: conservación de la flora, la fauna, la biodiversidad y el ambiente.

Suplemento: tiempo que se agrega al tiempo normal para permitir descaso y demoras personales inevitables y por fatiga.

Tasa: estándar expresado en pesos y centavos.

***Threblig*s:** micromovimientos.

Valor punto: punto bedaux = tiempo estándar

Bibliografía

Amstead. B. H. y Ostwald, F. (1996). *Procesos de Manufactura Versión SI*. México: Compañía Editorial Continental

Arenas Reina, J. M. (2000). *Control de tiempos y productividad. La ventaja competitiva*. Madrid: Thomson.

Barnes, R. M. (1961). *Manual de métodos de trabajo*. Madrid: Aguilar. Barnes, R. M. (1964). *Estudio de movimientos y tiempos*. Madrid: Aguilar.

Black Stewart., Chiles Vic., Lissaman A. J., Martin S. J. (1999). *Principios de Ingeniería de Manufactura*. México: Compañía Editorial Continental.

Cohan, P. S. (1999). *Los líderes en tecnología*. México. D. F.: Pearson.

Duncan, A. J. (1991). *Quality control and industrial statistic*.

El Hadj, Smail Ait. (1990). *Gestión de la tecnología. La empresa ante la mutación tecnológica*. U. S. A.

Evertt, A., Hershauer, J. C. y Ruch, W.A. (1997). *Productividad y calidad. Su medición como base del mejoramiento*. México. D.F.: Trillas.

Franklin, B. y Gómez, G. (2002). *Organización y métodos. Un enfoque competitivo*. México. D. F.

García Criollo, R. (1998 y 2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México. D. F.: Mc Graw Hill.

Gitlow, H. S. (1991). Planificando para la calidad. *La productividad y una posición competitiva*. México. D. F.: Ventura.

Goldratt, E. M. (1999). *La meta*. México. D. F.: Castillo.

Goldratt, E. M., Fox Robert E. (1996). *La carrera*. México. D. F.: Castillo.

Hay, E. J. (1989). *Justo a tiempo*. Bogotá: Norma.

Herrera, L. y González, G. (1972). *Estudio del trabajo. Técnicas de productividad. Centro Nacional de Productividad*. Colombia: Ministerio del Trabajo y Seguridad Social.

Kalpakjian, S. y Schmid S. (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México: Pearson Educación.

Kanawaty, G. (1999). *Introducción al estudio del trabajo. Oficina internacional del trabajo.*

México. D. F.: Limusa.

Krick, E. V. (1994). *Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería*. México D. F.: Limusa.

Krick, E. V. (1996). *Ingeniería de métodos*. México. D. F.: Limusa.

Lapierre, C. (1973). *Valoración de puestos de trabajo*. España: Deusto.

Lermontoff, A. (1966). *La mesure du travail par chronometrage*. Paris: Entreprise moderne D'Edition.

Maynard, H. B. (1985). *Manual de ingeniería y organización industrial*. España: Reverte.

Mccormick, E J. (1980). *Ergonomía. Factores humanos en ingeniería y diseño*. Barcelona: McGraw Hill.

Meyers, F. E. (2000). *Estudios de Tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. México. D. F.: Pearson.

Niebel, B. y Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México. D. F.: Alfaomega.

Ouchi, W. (1982). Teoría Z. *Cómo pueden las empresas hacer frente al desafío japonés*. Colombia: Norma: Fondo educativo interamericano.

Proyecto Oit. y Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. (1999) *Medición y estrategias para el mejoramiento de la productividad en la empresa*. Bogotá, Colombia: Guadalupe.

Saint-Maurice, H. (1963). *Remuneración equitativa del trabajo*. Barcelona: Sagitario.

Smith, E. (1993). *Manual de productividad*. Buenos Aires: Macchi.

Sschey John A. (2002). *Procesos de Manufactura*. México: McGraw-Hill.

Taylor Frederick W. Fayol Henri. (1911). *Principios de Administración Científica y Administración Industrial y General*. México. D. F.: Herrero Hermanos.

Tovar, G. (1994). *Diez casos exitosos de innovación tecnológica*. Tercer mundo. Colciencias.

Acerca de autor

Luis Carlos Palacios Acero

Ingeniero Industrial y Magister en Investigación Operativa de la Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia), DEA en Organización de Empresas de la Universidad de San Pablo de Madrid (España) y Especialista en Producción de la Escuela de la Organización Científica del Trabajo de París (Francia).

Investigador y consultor empresarial con una larga carrera docente en los posgrados de Administración de empresas y en los pregrados en Ingeniería industrial, Administración y Creación de empresas. Ha sido director de Ingeniería industrial de la Universidad Libre, director de Ingeniería industrial de la Organización Corona, rector de la Fundación de Educación Superior (ESATEC), gerente de Madetal Ltda. y Prodearte Ltda., director ejecutivo de Diriventas y presidente de Acopex, Aseutep y Socia. Ha formado parte de las juntas directivas de varias empresasy organizaciones.



Bienvenido

Estimado lector, en esta página se encuentra el serial de registro al Sistema de Información en Línea (SIL) de Ecoe Ediciones.

Si ingresa al sistema usted podrá:

- Obtener información adicional sobre los libros adquiridos de nuestro fondo.
- Consultar y descargar actualizaciones permanentes de los textos.
-

Instrucciones para registrarse en el Sistema de Información en Línea - SIL - de Ecoe Ediciones.

1. Ingrese a www.ecoeediciones.com y haga clic en - SIL-
2. Regístrese en el SIL completando la información solicitada.
3. El sistema le enviará un correo electrónico para que confirme su registro.
4. Una vez registrado, el usuario siempre será su e-mail y tenga en cuenta la clave de acceso para futuras consultas. Solo puede registrarse una vez.

Serial de registro:

EBPOD-0058

INGENIERÍA DE MÉTODOS
MOVIMIENTOS Y TIEMPOS



Incluye

- Procesos de manufactura (moldeo, forja, punzonado, extrusión, laminado, estirado, estampado, corte, etc.).
- Emplazamiento de empresas y distribución en planta.
- Problemas especiales de la ingeniería de métodos.

En todo centro de trabajo, mejorar el rendimiento de los procesos para incrementar la productividad y eficiencia es una constante. Sin embargo, variables relacionadas con el equipo humano, la fabricación de productos, el clima organizacional, las instalaciones y las tecnologías utilizadas pueden afectar negativamente los resultados esperados. Descubrir estas fuentes de ineficiencias y desperdicios con el fin de corregirlos, estandarizarlos y medirlos para contribuir al progreso empresarial es el objetivo de *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*.

Esta nueva edición consta de nueve capítulos en los que se ofrece, por medio de un lenguaje sencillo y varios apoyos visuales, un resumen histórico de la ingeniería de métodos, los métodos de producción, las herramientas técnicas para fabricar objetos, el emplazamiento de empresas, la distribución en planta, los movimientos ergonómicos adecuados en el sitio de trabajo, la medida estándar del trabajo y la administración de la ingeniería de métodos. Cada capítulo cuenta con ejercicios, talleres y casos sobre el tema.

Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos es un texto de referencia útil para estudiantes, docentes y profesionales de Ingeniería Industrial y Administración de Empresas, así como para gerentes, directores de producción y consultores interesados en rendimiento empresarial.

Colección: Ingeniería y salud en el trabajo
Área: Ingeniería industrial

ECOE EDICIONES

www.ecoeediciones.com