



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

“INGENIERÍA DE MÉTODOS Y ERGONOMÍA”

GUÍA DE MAESTRO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AUTOMATIZACIÓN
LINEA TERMINAL EN SISTEMAS INDUSTRIALES

PRESENTA

KARLA ELIDEÉ RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

DIRIGIDO POR

ING. MARTHA PATRICIA MAGAÑA MURGUÍA

C.U. QUERÉTARO, QRO. FEBRERO DE 2008

Índice

Introducción 1

1. Técnicas para la Solución de Problemas	3
a. Técnicas de Exploración	3
Análisis de Pareto	4
Diagrama de Ishikawa	5
Gráficas de Gantt	6
b. Técnicas de Registro y Análisis	7
Diagrama de Proceso de la Operación	7
Diagrama de Flujo de Proceso	9
Diagrama de Proceso Hombre-Máquina	12
2. Análisis de la Operación	14
a. Enfoques principales de la Operación	14
3. Diseño del Trabajo Manual	16
a. Sistema Óseomuscular	16
b. Principio de diseño Trabajo/Economía de Movimientos	17
c. Estudio de Movimientos	19
d. Trabajo Manual y Guía de Diseños	20
4. Diseño del Lugar de Trabajo	22
a. Antropometría y diseño	22
b. Principios de Diseño de Trabajo / El Lugar de Trabajo	24
c. Principios de Diseño de Trabajo / Máquinas y Equipo	27
5. Diseño del Entorno del Trabajo	33
a. Iluminación	33

b. Ruido	36
c. Temperatura	38
d. Ventilación	38
e. Vibración	39
f. Radiación	40
g. Seguridad	41
6. Estudio de Tiempos	43
a. Requerimientos del estudio de tiempos	44
b. Responsabilidad del Analista	45
c. Responsabilidad del Supervisor	45
d. Responsabilidad del Operario	46
Equipo para el Estudio de Tiempos	46
Cronómetro	46
Elementos del Estudio de Tiempo	48
Procedimientos de Estudio	48
Bibliografía	60

Introducción

La ergonomía estudia las características, necesidades, capacidades y habilidades de los seres humanos, analizando aquellos aspectos que afectan al entorno artificial construido por el hombre relacionado directamente con los actos y gestos involucrados en toda actividad de éste. Su objetivo es común: se trata de adaptar a los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno general de la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores.

El planteamiento ergonómico consiste en diseñar los productos y los trabajos de manera que sean éstos los que se adapten a las personas y no al contrario.

La lógica que se utiliza es basada en el axioma de que las personas son más importantes que los objetos o que los procesos productivos; por lo tanto, en aquellos casos en los que se plantee cualquier tipo de conflicto de intereses entre personas y cosas, debe prevalecer el de las personas.

La ergonomía se centra en dos ámbitos: el diseño de productos y el puesto de trabajo. Su aplicación al ámbito laboral ha sido tradicionalmente la más frecuente; aunque también está muy presente en el diseño de productos y en ámbitos relacionados como la actividad del hogar, el ocio o el deporte. El diseño y adaptación de productos y entornos para personas con limitaciones funcionales (personas mayores, personas con discapacidad, etc.) es también otro ámbito de actuación de la ergonomía.

Todo diseño ergonómico ha de considerar los objetivos de la organización, teniendo en cuenta aspectos como la producción, rentabilidad, innovación y calidad en el servicio. También debe tener las características de la población, adaptación del espacio, las posturas de trabajo, el espacio libre, la interferencia de las partes del cuerpo, el campo visual, la fuerza del trabajador y el estrés biomecánico, entre otros aspectos.

El diseño adecuado del puesto de trabajo debe servir para:

1. Garantizar una correcta disposición del espacio de trabajo.
2. Evitar los esfuerzos innecesarios. Los esfuerzos nunca deben sobrepasar la capacidad física del trabajador.
3. Evitar movimientos que fuercen los sistemas articulares.
4. Evitar los trabajos excesivamente repetitivos.
5. Lograr una correcta visibilidad y una adecuada disposición de los elementos de trabajo.

La ergonomía aplica principios de biología, psicología, anatomía y fisiología para suprimir del ámbito laboral las situaciones que pueden provocar en los trabajadores incomodidad, fatiga o mala salud. Se puede utilizar la ergonomía para evitar que un puesto de trabajo esté mal diseñado si se aplica cuando se concibe un puesto de trabajo, herramientas o lugares de trabajo. Así, por ejemplo, se puede disminuir grandemente, o

incluso eliminar totalmente, el riesgo de que un trabajador padezca lesiones del sistema oseomuscular si se le facilitan herramientas manuales adecuadamente diseñadas desde el momento en que comienza una tarea que exige el empleo de herramientas manuales.

El proceso de diseño del puesto de trabajo se inicia en función de los objetivos de la organización, diseñado para ello los objetivos del puesto de trabajo. A partir de ahí se evalúan todas las posibles interacciones que el trabajador va a tener en ese sistema con el fin de que, cumpliendo los objetivos del trabajo, se respeten los principios ergonómicos antes mencionados.

Trata del diseño de las condiciones de trabajo que rodean a la actividad que realiza el trabajador. Puede referirse a aspectos como:

1. Condiciones ambientales: temperatura, iluminación, ruido, vibraciones, ventilación, etc.
2. Distribución del espacio y de los elementos dentro del espacio.
3. Factores organizativos: turnos, salarios, relaciones jerárquicas, etc.

Para muchos de los trabajadores de los países en desarrollo, los problemas ergonómicos no figuran como punto de partida a los problemas de salud y seguridad, pero cada vez es mayor en número de trabajadores que les afecta un mal diseño de trabajo y esto hace que las cuestiones ergonómicas tengan más importancia. A causa de la importancia y la prevaencia de los problemas de salud relacionados con la inaplicación de las normas de la ergonomía en el lugar de trabajo, estas cuestiones se han convertido en puntos de negociación para muchos sindicatos.

Hasta los últimos años, algunos trabajadores, sindicatos, empleadores, fabricantes e investigadores no han empezado a prestar atención a cómo puede influir el diseño del lugar de trabajo en la salud de los trabajadores. Si no se aplican los principios de la ergonomía, las herramientas, las máquinas, el equipo y los lugares de trabajo se diseñan a menudo sin tener demasiado en cuenta el hecho de que las personas tienen distintas alturas, formas, tallas y distinta fuerza. Es importante considerar estas diferencias para proteger la salud y la comodidad de los trabajadores. Si no se aplican los principios de la ergonomía, a menudo los trabajadores se ven obligados a condiciones laborales deficientes.

1. Técnicas para Solución de Problemas

a. Técnicas de Exploración

Un buen programa de Ingeniería de métodos sigue un proceso ordenado, que inicia con la selección del proyecto y termina con su implantación (figura 1). El primer paso, quizá el más importante (ya sea al diseñar un nuevo centro de trabajo o al mejorar una operación existente), es la identificación del problema en forma clara y lógica.

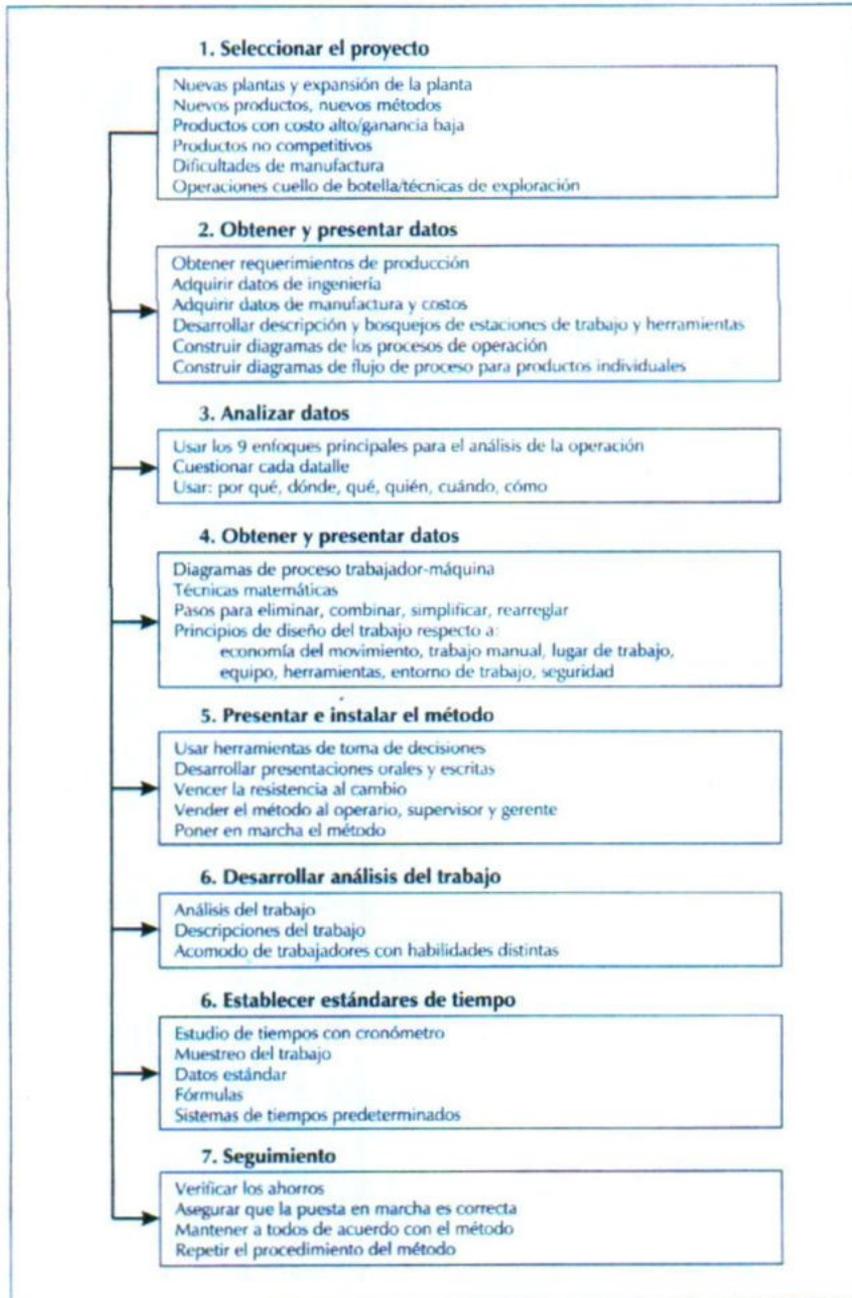


Figura 1 Pasos principales en un programa de ingeniería de métodos.

Las primeras cinco se usan en el primer paso del análisis de métodos, seleccionar el proyecto. El análisis de Pareto y los diagramas de pescado surgieron en los círculos de calidad japoneses y tuvieron éxito en el mejoramiento de la calidad y la reducción de costos en sus procesos de manufactura. Las gráficas de Gantt y PERT surgieron como respuesta a la necesidad de una mejor planeación y control de proyecto militares complejos.

La selección de proyectos se basa en tres aspectos:

- Económico
- Técnico
- Humano

Las consideraciones económicas pueden involucrar nuevos productos para los que no se cuentan con estándares, o productos existentes que tienen costos de manufactura altos.

Las consideraciones técnicas pueden incluir los métodos de procesamiento que deben mejorarse, problemas de control de calidad debidos al método o problemas de desempeño de un producto comparado con su competencia.

Los aspectos humanos pueden incluir trabajo con alta repetición que lleva a lesiones relacionadas con el trabajo, tareas con alta tasa de accidentes, tareas demasiado fatigantes o trabajos sobre los cuales los empleados se quejan todo el tiempo.

Las primeras cuatro técnicas son las de uso más común en la oficina del analista. La quinta, guía de análisis trabajo / lugar de trabajo, ayuda a identificar problemas en un área, departamento o lugar de trabajo específicos y se desarrolla mejor como parte de las observaciones físicas del lugar.

Los siguientes cinco procedimientos se usan para registrar el método actual y como prenden el segundo paso del método del análisis, obtener y presentar datos. La información pertinente, como cantidad de producción, programas de entrega, tiempos de operación, instalaciones, capacidad de las máquinas, materiales especiales y herramientas especiales, pueden representar una parte importante en la solución de problemas y debe registrarse.

1. Análisis de Pareto

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. Por ejemplo, 80 % del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de accidentes o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores.

La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en

el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

2. Diagrama Ishikawa

El Diagrama Causa-Efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), ó diagrama de Espina de Pescado y se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.

El método consiste en definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema, es decir, el efecto, como la "cabeza de pescado" y después identificar los factores que contribuyen, es decir las causas, como el "esqueleto de pescado" que sale del hueso posterior de la cabeza. Las causas principales se dividen en cuatro o cinco categorías principales: humanas, máquinas, métodos, materiales, entorno, administración, cada una dividida en subcausas. El proceso continúa hasta enumerar todas las causas posibles. Un buen diagrama tendrá varios niveles de huesos y proporcionará la visión global de un problema y de los factores que contribuyen a él. Después, los factores se analizan desde un punto de vista crítico en términos de su contribución probable al problema. Se espera que este proceso tienda a identificar las soluciones potenciales. En la figura 2 se muestra un ejemplo de un diagrama de pescado para identificar problemas en el logro de 100% de eficiencia en operaciones de fresado.

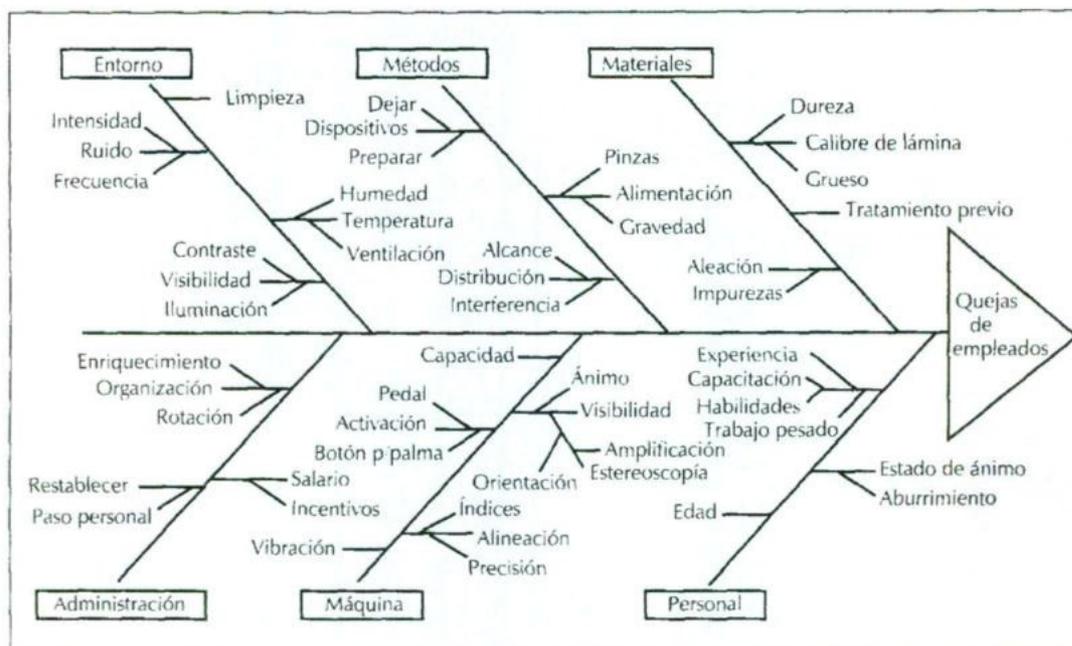


Figura 2 Diagrama de pescado para quejas de salud de los operarios de una cortadora.

3. Gráficas de Gantt

Los cronogramas de barras o “gráficos de Gantt” fueron concebidos por el ingeniero norteamericano Henry L. Gantt, uno de los precursores de la ingeniería industrial contemporánea de Taylor. Gantt procuro resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución conforme a un calendario, de manera tal que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y terminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo. El instrumento que desarrolló permite también que se siga el curso de cada actividad, al proporcionar información del porcentaje ejecutado de cada una de ellas, así como el grado de adelanto o atraso con respecto al plazo previsto.

Este gráfico consiste simplemente en un sistema de coordenadas en que se indica:

En el eje Horizontal: un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.

En el eje Vertical: Las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.

Símbolos Convencionales: En la elaboración del gráfico de Gantt se acostumbra utilizar determinados símbolos, aunque pueden diseñarse muchos otros para atender las necesidades específicas del usuario. Los símbolos básicos son los siguientes:

- Iniciación de una actividad.
- Término de una actividad
- Línea fina que conecta las dos “L” invertidas. Indica la duración prevista de la actividad.
- Línea gruesa. Indica la fracción ya realizada de la actividad, en términos de porcentaje. Debe trazarse debajo de la línea fina que representa el plazo previsto.
- Plazo durante el cual no puede realizarse la actividad. Corresponde al tiempo improductivo puede anotarse encima del símbolo utilizando una abreviatura.
- Indica la fecha en que se procedió a la última actualización del gráfico, es decir, en que se hizo la comparación entre las actividades previstas y las efectivamente realizadas.

b. Técnicas de Registro y Análisis

1. Diagrama de Proceso de la Operación

El Diagrama de Proceso de la Operación muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura o negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. La gráfica describe la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal. De la misma manera que un plano muestra detalles de diseño como ajustes, tolerancias y especificaciones, el diagrama de proceso de la operación proporciona detalles de manufactura o de negocios a simple vista.

Al construir un diagrama de proceso de la operación se usa dos símbolos:

- Un círculo pequeño, con diámetro de $3/8''$, que denota una operación.
- Un cuadrado pequeño, de $3/8''$ por lado, que denota una inspección.

Una operación tiene lugar cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente o cuando se realiza su estudio o la planeación antes de realizar el trabajo productivo. Las operaciones manuales se relacionan con la mano de obra directa, mientras que el análisis de información es una porción de los costos indirectos o gastos. Una inspección tiene lugar cuando la parte se examina para determinar su conformidad con el estándar.

Antes de comenzar la construcción, el analista identifica el diagrama con un título, y otra información como número de parte, número de dibujo, descripción del proceso, método actual y presupuesto, fecha y nombre de la persona que hace el diagrama.

Las líneas verticales indican el flujo general del proceso al realizar el trabajo, las horizontales que llegan a las líneas de flujo verticales indican los materiales. Las partes se muestran al entrar a una línea vertical para ensamble o al salir para desarmado.

En general, el diagrama de proceso de la operación se construye de manera que no se crucen las líneas verticales y horizontales. Si es necesario un cruce se usa la práctica convencional para mostrar que no hay unión; esto es decir, se dibuja un pequeño semicírculo en la línea horizontal en el punto de inspección de la línea vertical (vea la fig.3).

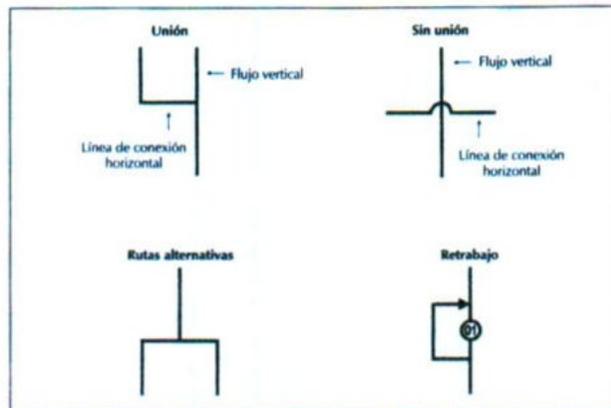


Figura 3. Conexiones para los diagramas de proceso.

Se asigna a cada operación e inspección los valores de tiempo basados en estimaciones o en mediciones reales. La fig.4 muestra un diagrama de proceso de una operación en la manufactura de mesitas para teléfono.

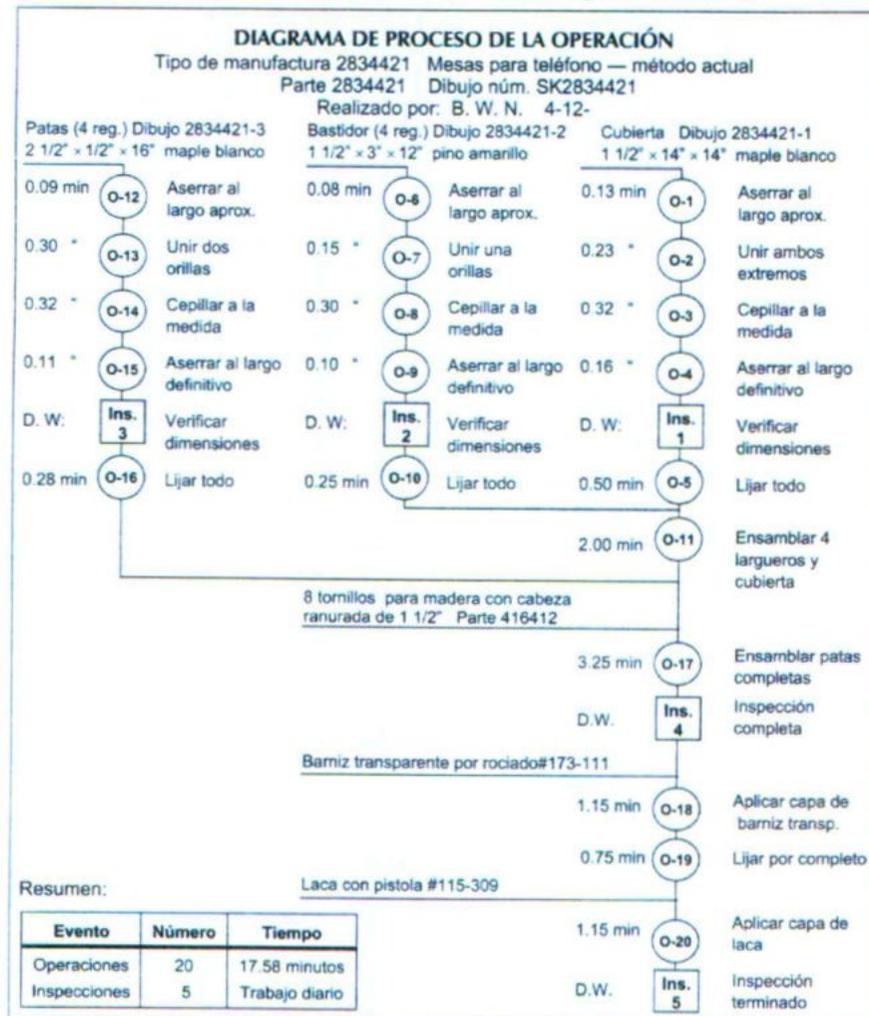


Figura 4 Diagrama de proceso de la operación que ilustra la manufactura de mesitas para teléfono.

El diagrama de proceso de la operación terminado ayuda al analista a visualizar el método actual, con todos sus detalles, para que pueda desarrollar procedimientos nuevos y mejores. También es útil al promover y explicar el método propuesto. Como proporciona mucha información clara permite una comparación ideal entre dos soluciones posibles. Esta técnica importante:

1. Identifica todas las operaciones, inspecciones, materiales, movimientos, almacenamientos y retrasos al hacer una parte o completar un proceso.
2. Muestra todos los eventos en la secuencia correcta.
3. Muestra con claridad la relación entre las partes y la complejidad de su fabricación.
4. Distingue entre partes producidas y compradas.
5. Proporciona información sobre el número de empleados utilizados y el tiempo requerido para realizar cada operación e inspección.

2. Diagrama de Flujo de Proceso

En general, el diagrama de flujo de proceso contiene mucho más detalle que el diagrama del proceso de operación. Por lo tanto, es común que no se aplique el ensamble completo. Se usa, en principio para cada componente de un ensamble o de un sistema para obtener el máximo ahorro en la manufactura, o en procedimientos aplicables a un componente o secuencia de trabajos específicos.

Además de registrar las operaciones e inspecciones, estos diagramas muestran todos los movimientos y almacenamiento de un artículo paso por la planta. Entonces, los diagramas de flujo de proceso requieren símbolos adicionales a los usados en los diagramas de proceso de la operación. Una pequeña flecha significa un transporte, que se puede definir como mover un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento se lleva durante el curso normal de una operación o inspección. Una D indica la demora (delay) que ocurre cuando no se permiten el procesamiento inmediato de una parte en la siguiente estación de trabajo. Un triángulo equilátero sobre un vértice significa un almacenamiento, que sucede cuando una parte se detiene y se protege contra el movimiento no autorizado. Estos cinco símbolos (véase la fig.5) constituyen un conjunto estándar de símbolos del diagrama de proceso (ASME, 1972).

Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Martillar	 Mezclar	 Taladrar o barrenar
Transporte  Una flecha indica un transporte, como	 Mover material en vehículo	 Mover material por banda transportadora	 Mover material cargado (mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo indica un almacenamiento, como	 Materia prima almacenada a granel	 Producto terminado apilado en tarimas	 Archivo de documentos
Demora  Una letra D mayúscula indica una demora, como	 Esperar el elevador	 Material en espera de ser procesado	 Documentos en espera para archivar
Inspección  Un cuadrado indica una inspección, como	 Examinar calidad y cantidad	 Lectura de niveles en caldera	 Examinar información en forma impresa

Figura 5 Conjunto estándar de símbolos para diagramas de proceso según la ASME.

Los diagramas de flujo de proceso son de dos tipos:

- De producto o material (véase fig.6).
- Operativos o de persona (véase fig.7).

El diagrama de producto proporciona detalles de los eventos que ocurren sobre un producto o material, y el diagrama operativo da los detalles de cómo realiza una persona una secuencia de operaciones.

Diagrama de flujo del proceso

Página 1 de 1

Ubicación: Dorben Ad Agency		Resumen			
Actividad: Preparación de publicidad por correo		Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Fecha: 1-26-98		Operación	4		
Operador: J. S. Analista: A. F.		Transporte	4		
Marque el método y tipo apropiados Método: <u>Actual</u> Propuesto Tipo: Obrero <u>Material</u> Máquina		Demora	4		
		Inspección	0		
		Almacenaje	2		
Comentarios:		Tiempo (min.)			
		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de la actividad	Símbolo	Tiempo (minutos)	Distancia (pies)	Método Recomendado	
almacén	O ⇒ D □ ▽				
al cuarto de compaginación	O ● D □ ▽		100		
compaginar por tipo	O ⇒ ● □ ▽				
compaginar cuatro hojas	● ⇒ D □ ▽				
apilar	O ⇒ ● □ ▽				
al cuarto de doblado	O ● D □ ▽		20		
acomodar, doblar, plegar	● ⇒ D □ ▽				
apilar	O ⇒ ● □ ▽				
a la engrapadora de ángulo	O ● D □ ▽		20		
engrapar	● ⇒ D □ ▽				
apilar	O ⇒ ● □ ▽				
al cuarto de correspondencia	O ● D □ ▽		200		
etiquetar con dirección	● ⇒ D □ ▽				
al correo	O ⇒ D □ ●				
	O ⇒ D □ ▽				
	O ⇒ D □ ▽				
	O ⇒ D □ ▽				
	O ⇒ D □ ▽				
	O ⇒ D □ ▽				

Figura 6 Diagrama de flujo de proceso (material) para la preparación de publicidad directa por correo.

Diagrama de proceso del flujo

Página 1 de 1

Ubicación: Dorben Co.		Resumen			
Actividad: Inspección de campo de oxígeno LUX		Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Fecha: 4-17-97		Operación	7		
Operador: T. Smith Analista: R. Ruhf		Transporte	6		
Marque el método y tipo apropiados		Demora	2		
Método: <u>Actual</u> Propuesto		Inspección	6		
Tipo: <u>Obrero</u> Material Máquina		Almacenaje	0		
Comentarios:		Tiempo (min.)	32.60		
		Distancia (pies)	375		
		Costo			
Descripción de la actividad	Símbolo	Tiempo (minutos)	Distancia (pies)	Método Recomendado	
Dejar vehículo, caminar a la puerta, tocar timbre	○ → D □ ▽	1.00	75	Hablar antes al cliente para evitar retrasos	
Esperar, entrar a la casa	○ → D □ ▽				
Caminar a tanque	○ → D □ ▽	0.25	25		
Desconectar tanque de la unidad	○ → D □ ▽	0.35			
Revisar si hay abolladuras, grietas en recubrimiento, vidrio roto o partes faltantes	○ → D □ ▽	1.25		Es mejor hacer esto mientras camina al vehículo	
Limpiar unidad con limpiador y desinfectante reglamentarios	○ → D □ ▽	2.25		Esto se realiza con más efectividad en el vehículo	
Regresar al vehículo con tanque vacío	○ → D □ ▽	1.00	75		
Abrir vehículo, colocar tanque en dispositivo y conectar la máquina	○ → D □ ▽	1.75			
Abrir válvula; iniciar llenado	○ → D □ ▽	0.25			
Esperar el llenado del tanque	○ → D □ ▽	12.00		Limpiar la unidad mientras se llena	
Verificar que el humidificador funcione bien	○ → D □ ▽	0.50		Eliminar. Ya se hizo	
Verificar presión (indicador)	○ → D □ ▽	0.20			
Verificar contenido de tanque (indicador)	○ → D □ ▽	0.20			
Regresar con el paciente con tanque lleno	○ → D □ ▽	1.10	100		
Conectar el tanque lleno	○ → D □ ▽	1.00			
Verificar funcionamiento de humidificador	○ → D □ ▽	0.75			
Esperar que el paciente quite la cánula nasal o la máscara	○ → D □ ▽	2.00			
Instalar nueva cánula o máscara	○ → D □ ▽	2.50			
Verificar flujo con el paciente	○ → D □ ▽	2.25			
Fijar etiqueta con inicial y fecha de inspección	○ → D □ ▽	1.00		Hacer esto durante el llenado	
Regresar al vehículo	○ → D □ ▽	1.00	100		

Figura 7 Diagrama de flujo de proceso (trabajador) para la inspección de campo de oxígeno LUX.

3. Diagrama de Proceso Hombre-Máquina

El diagrama de proceso hombre máquina se usa para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el trabajo de una persona y el de la maquina.

Muchas máquinas herramienta son completamente automáticas o semiautomáticas. Con este tipo de instalaciones, a menudo el operador esta ocioso una parte del ciclo. La utilización de este tiempo ocioso puede incrementar el salario del trabajador y mejorar la eficiencia de la producción.

Al construir el diagrama, el analista primero debe identificarlo con un título como "diagrama de proceso hombre-máquina". La información adicional incluye: número de parte, número de dibujo, descripción de la operación, método presente o propuesto, fecha y nombre de la persona que lo realiza.

El diagrama siempre se hace a escala, entonces el analista elige la distancia en pulgadas que representan una unidad de tiempo, de manera que el diagrama sea claro. Mientras mas largo sea el ciclo de la operación, mas corta será la distancia por décimo de minuto. Una vez establecidos los valores exactos, se inicia la grafica. El lado izquierdo muestra las operaciones y el tiempo que usa el operador; a la derecha se colocan los tiempos de trabajo y ocios de la(s) máquina(s). Una línea continua vertical representa el tiempo de trabajo del empleado. Una discontinua significa el tiempo de ocio.

El analista registra todos los elementos de tiempo de trabajo y ocio para el operario y la máquina hasta que termina el ciclo. La parte inferior del diagrama muestra los tiempos totales de trabajo y ocios, tanto para el operador como para la máquina.

2. Análisis de la Operación.

El analista de métodos usa el análisis de la operación para estudiar todos los elementos productivos e improductivos de una operación, con el propósito de incrementar la productividad por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios, al tiempo que se mantienen o mejoran la calidad. El análisis de la operación es tan efectivo en la planeación de nuevos centros de trabajo como en el mejoramiento de los existentes. Al usar el enfoque de preguntas en todas las facetas de la estación de trabajo, las herramientas necesarias y el diseño del producto, el analista puede desarrollar un centro de trabajo eficiente.

El análisis de operación obtiene y presenta hechos mediante una variedad de técnicas para los diagramas de fluido del proceso. El análisis de la operación es el tercer paso de los métodos, en el que se realiza el análisis y se cristalizan los componentes del método propuesto.

Como el procedimiento de análisis sistemático es efectivo en industrias grandes y pequeñas, en talleres de producción por pedido o en la producción masiva, el análisis de la operación se aplica a todas las áreas de manufactura, los negocios y el gobierno.

a. Enfoques principales de Análisis de Operación

El uso de un procedimiento sistemático es invaluable para obtener ahorros reales. El primer paso es reunir toda la información relacionada con el volumen previsto de trabajo. Para determinar cuanto tiempo y esfuerzo debe dedicarse al mejoramiento del método actual o a la planeación de un nuevo, los analistas evalúan el volumen esperado, la oportunidad de captar el negocio de nuevo, la vida del trabajo, la posibilidad de cambios en el diseño y el contenido del trabajo. Si se concluye que si el trabajo es activo se justifica un estudio detallado.

Una vez estimado la cantidad, la vida y el contenido del trabajo, los analistas de operaciones reúnen la información de manufactura. Esta incluye todas las operaciones, las instalaciones usadas para realizarlas y los tiempos; los movimientos o transportes, el equipo para esos transportes y las distancias. Después de reunir esta información que afecta calidad y costo, debe presentarse en forma adecuada para su estudio.

El analista debe revisar cada diagrama de operación e inspección y responder varias preguntas, donde la más importante es “por qué”:

1. “¿Por qué es necesaria esta operación?”
2. “¿Por qué esta operación se realiza de esta manera?”
3. “¿Por qué son tan pequeñas estas tolerancias?”
4. “¿Por qué se especifica este material?”
5. “¿Por qué se asigna a este tipo de operario para hacer el trabajo?”

La pregunta “por qué” sugiere enseguida otras preguntas, entre ellas, “cómo”, “quién”, “dónde” y “cuándo”. Entonces el analista puede formular las preguntas:

1. “¿Cómo puede mejorarse esta operación?”
2. “¿Quién puede realizar mejor esta operación?”
3. “¿Dónde puede realizarse esta operación con menor costo o calidad más alta?”
4. “¿Cuándo debe realizarse la operación para minimizar el manejo de materiales?”

Al obtener las respuestas a tales preguntas, los analistas se dan cuenta de otras preguntas que pueden conducir a otras mejores. Las ideas parecen generar más ideas, y es común que los analistas experimentados desarrollen varias posibilidades de mejora.

3. Diseño de Trabajo Manual.

Los Gilbreth introdujeron el diseño del trabajo manual a través del estudio de movimientos y los principios de la economía de movimientos. Por tradición, los principios se clasifican en tres grupos básicos:

1. Uso del cuerpo humano.
2. Arreglo y condiciones del lugar de trabajo.
3. Diseño de herramientas y equipo.

Los más importante, aunque su desarrollo ha sido empírico, debido a que los principios se basan en factores anatómicos, biomecánicos y fisiológicos del cuerpo humano. Éstos contribuyen la base científica de la ergonomía y el diseño del trabajo

a. Sistema Óseomuscular

El cuerpo humano es capaz de producir movimientos debido a un sistema complejo de músculos y huesos, llamado sistema óseomuscular. Los músculos están adheridos a los huesos a ambos lados de una coyuntura (véase fig.8), de manera que uno o varios músculos, conocidos como agonista, actúan como los activadores primarios del movimiento. Otros músculos, llamados antagonistas actúan en respuesta y oposición a ese movimiento. Para una flexión del codo, que es una disminución del ángulo interno de la coyuntura, el bíceps forma el agonista, mientras que el tríceps forma el antagonista. Sin embargo, en la extensión del codo, que es el incremento del ángulo de la coyuntura, el tríceps se convierte en el agonista y el bíceps en el antagonista.

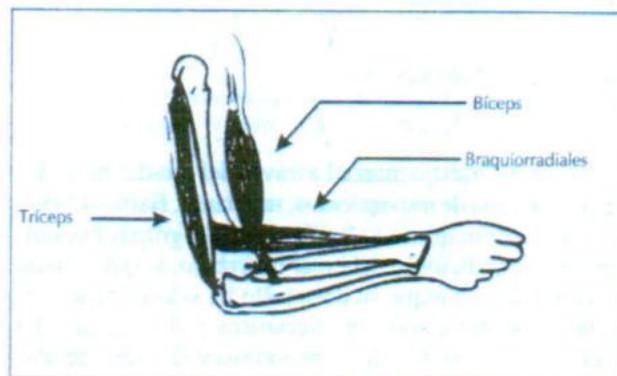


Figura 8 Sistema óseomuscular del brazo.

Existen tres tipos de músculos en el cuerpo humano:

1. Músculos óseos o estriados, adheridos al hueso.
2. Músculo cardíaco, que se encuentra en el corazón.
3. Músculo suave, como el de los órganos internos y las paredes de los vasos capilares.

Sólo los músculos óseos (que son aproximadamente 500 en el cuerpo humano) son los que tomaremos en cuenta, por su relevancia en el movimiento.

b. Principio de diseño de Trabajo / Economía de Movimientos

Logro de la máxima fuerza muscular en el rango medio de movimiento.

El principio de capacidades humanas se deriva de la propiedad en forma de U invertida de la contracción del músculo mostrada en la fig. 9. Los filamentos delgados y gruesos se unen en la longitud de reposo. En el estado estirado, existe un traslape o unión mínima entre ellos, que da como resultado una disminución considerable de la fuerza del músculo. De manera similar, en el estado de contracción completa, hay interferencia entre los filamentos delgados opuestos, de nuevo, evitando la unión óptima y disminuyendo la fuerza del músculo. Esta propiedad del músculo se conoce como la relación fuerza-longitud. Por lo tanto, una tarea que requiere una fuerza considerable debe realizarse en una posición óptima.

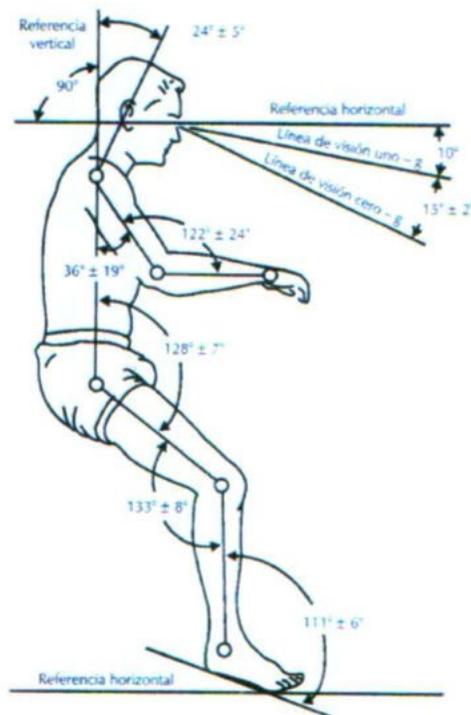


Figura 9 Postura relajada característica de las personas en condiciones sin gravedad.

Logro de la máxima fuerza muscular con movimientos lentos.

El segundo principio de capacidades humanas se basa en otra propiedad de la teoría deslizando y la contracción del músculo. Cuanto más rápido se forme, rompa y reforme la unión molecular, menos efectiva es la unión y menos fuerza muscular se produce. Este es un efecto no lineal pronunciado (véase en la fig.10) con máxima fuerza muscular producida sin acortamiento externo medible y mínima fuerza muscular producida a la velocidad máxima de acortamiento del músculo. Esta propiedad se le conoce como relación fuerza-velocidad y es importante cuando se trata de un trabajo manual pesado.

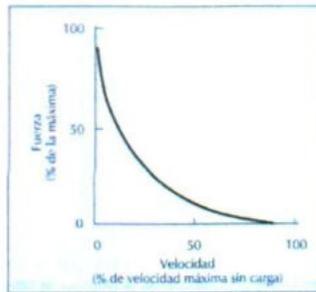


Figura 10 Relación fuerza-velocidad del sistema óseomuscular.

Diseñar tareas para optimizar la capacidad de la fuerza humana.

La capacidad de la fuerza humano depende de tres factores importantes:

1. El tipo de fuerza.
2. El músculo o coyuntura de movimientos que se utiliza.
3. La postura.

Los esfuerzos musculares que redundan en movimientos del cuerpo son resultado de una fuerza dinámica. En ocasiones, esta fuerza se llama contracción isotónica porque la carga y los segmentos del cuerpo que se levantan mantienen una fuerza externa constante sobre el músculo. En casos en el que el movimiento del cuerpo está restringido se obtiene una fuerza isométrica o estática. La fig.11 muestra fuerzas de levantamiento representativa para 551 trabajadores en distintas postura.

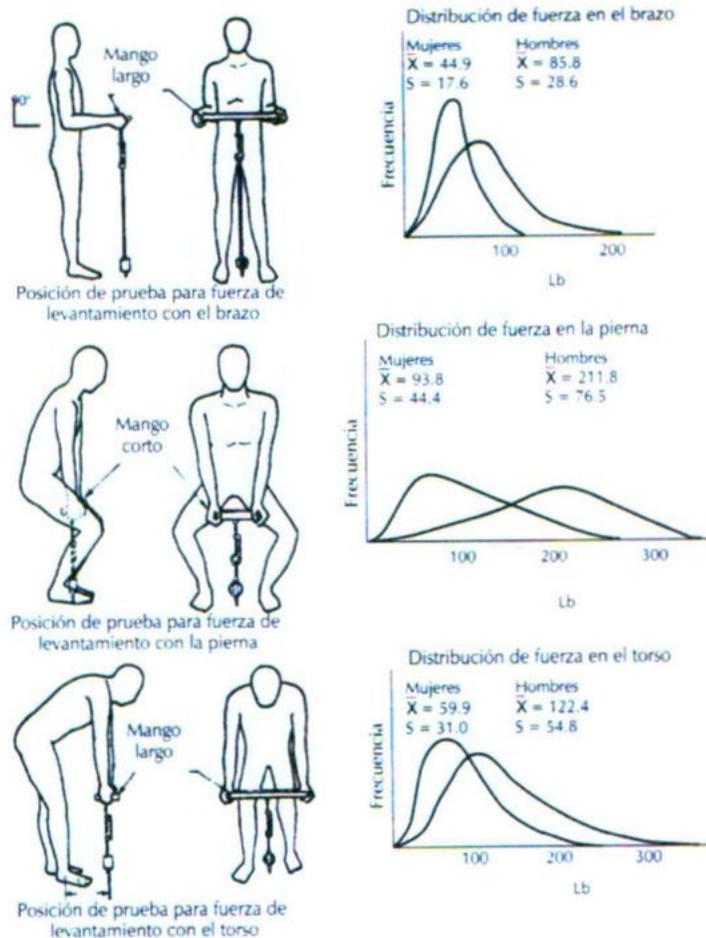


Figura 11 Posiciones de fuerza estática y resultados para 443 hombres y 108 mujeres.

Se ha definido un tercer tipo de capacidad de fuerza muscular, la psicofísica, para situaciones en las que se requiere una demanda de fuerza durante un tiempo prolongado. Una capacidad de fuerza estática no siempre es representativa de lo que se puede realizar de manera repetida durante un turno de 8 horas.

c. Estudio de Movimientos.

Es el análisis cuidadoso de los movimientos del cuerpo empleados al hacer un trabajo. El propósito de su estudio es eliminar o reducir los movimientos no efectivos, y facilitar y acelerar los movimientos efectivos. Por medio del estudio de movimientos, en conjunto con los principios de economía de movimientos, se rediseña el trabajo para lograr mayor efectividad y una tasa de producción más alta.

Movimientos básicos.

Todo trabajo productivo o no productivo, se realiza usando una combinación de 17 movimientos básicos que se llaman therblings. Los therblings pueden ser efectivos o inefectivos. Los efectivos son un avance en el progreso de trabajo. Los inefectivos no avanzan el progreso del trabajo y deben eliminarse mediante la aplicación de los principios de economía de movimientos (véase la tabla 1).

Therbligs efectivos

(Implica un avance directo en el progreso del trabajo. Pueden acortarse, pero es difícil eliminarlos)

Therbligs	Símbolo	Descripción
Alcanzar	AL	Movimiento con la mano vacía desde y hacia el objeto; el tiempo depende de la distancia; en general precede a soltar y va seguido de tomar.
Mover	M	Movimiento con la mano llena; el tiempo depende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; en general precedida por tomar y seguida de soltar o posicionar.
Tomar	T	Cerrar los dedos alrededor de un objeto; inicia cuando los dedos hacen contacto con el objeto y termina cuando se logra el control; depende del tipo de tomar; en general precedido por alcanzar y seguido por mover.
Soltar	S	Dejar el control de un objeto; por lo común es el therblig más corto.
Preposicionar	PP	Posicionar un objeto en un lugar predeterminado para su uso posterior; casi siempre ocurre junto con mover, como al orientar una pluma para escribir.
Usar	U	Manipular una herramienta al usarla para lo que fue hecha; se detecta con facilidad al hacer que avance el trabajo.
Ensamblar	E	Unir dos partes que van juntas; suele ir precediendo por posicionar o mover, y seguido por soltar.
Desensamblar	DE	Opuesto al ensamble, separación de partes que están juntas; en general precedido de posicionar o mover; seguido de soltar.

Therbligs no efectivos

(No avanzar el progreso del trabajo. Deben eliminarse cuando sea posible)

Therbligs	Símbolo	Descripción
Buscar	B	Ojos o manos que deben encontrar un objeto; inicia cuando los ojos se mueven para localizar un objeto.
Seleccionar	SE	Elegir un artículo entre varios; por lo común sigue a buscar.
Posicionar	P	Orientar un objeto durante el trabajo; en general precedido de mover y seguido de soltar (en contraste a durante para preposicionar).
Inspeccionar	I	Comparar un objeto con un estándar, casi siempre con la vista, pero también puede ser con otros sentidos.
Planear	PL	Hacer una pausa para determinar la siguiente acción; en general se detecta como una duda antes del movimiento.
Retraso inevitable	RI	Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación, por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina un alcance más lejano.
Retraso evitable	RE	Sólo el operario es responsable del tiempo ocioso, como al toser.
Descanso para contrarrestar la fatiga	D	Aparece en forma periódica, no en todos los ciclos, depende de la carga de trabajo físico.
Sostener	SO	Una mano detiene un objeto mientras la otra realiza un trabajo provechoso.

Tabla 1 Datos del momento de fuerza estática del músculo (pie-lb) para 25 hombres y 22 mujeres que realizan trabajos manuales en la industria

d. Trabajo Manual y Guía de Diseños.

Aunque la automatización ha reducido en forma significativa las demandas de fuerza de las personas en el entorno industrial moderno, la fuerza muscular aun forma una parte esencial de muchas ocupaciones, en particular aquellas que involucran manejo manual de materiales (MMM) o trabajo manual. En estas actividades, el esfuerzo excesivo al mover cargas pesadas puede tensionar el sistema óseomuscular y es la tercera causa de lesiones ocupacionales. La parte baja de la espalda se incluye casi la cuarta parte de estas lesiones y es responsable de la cuarta parte de los costos anuales de compensación a trabajadores (National Safety Council, 1997). Las lesiones en la espalda son en particular perjudiciales porque con frecuencia causan desordenes permanentes, con incomodidades y limitaciones considerables para el empleado y altos gastos para el empleador (los costos directos de un caso promedio que necesita cirugía pueden exceder a 60000 dólares).

4. Diseño del Lugar de Trabajo.

El diseño del lugar de trabajo, las herramientas, el equipo y el entorno de manera que se ajusten al operario humano se llama ergonomía. En lugar de dedicar un gran espacio a los fundamentos teóricos de fisiología, capacidades y limitaciones del ser humano. Con cada principio de diseño se da una breve explicación de su origen o relación con el cuerpo humano. Este enfoque ayudará al analista de métodos en el diseño del lugar de trabajo, equipo y herramientas para lograr al mismo tiempo las metas de:

1. Mayor producción y eficiencia de la operación.
2. Menores tasas de lesiones para los operarios.

a. Antropometría y diseño.

La guía primordial es diseñar el lugar de trabajo para que se ajuste a la mayoría de los individuos en cuanto al tamaño estructural del cuerpo humano. La ciencia de medir el cuerpo humano se conoce como antropometría y por lo común, utiliza una variedad de dispositivos tipo calibrador para determinar las dimensiones estructurales, como estructura, largo del antebrazo y otros. Sin embargo, en el sentido práctico, pocos ergonomistas o ingenieros recolectan sus propios datos, debido a la cantidad que ya se ha reunido y tabulado.

Por último, para distribuciones asistidas por computadora, algunos modelos computarizados del cuerpo humano, como COMBIMAN, Jack y MannequinPro, disponen de ajustes sencillos al tamaño e incluso indican las limitaciones en la amplitud de movimientos o la visibilidad.

Diseño para extremos

Diseñar para la mayor parte de los individuos es un enfoque que implica el uso de uno de tres principios específicos de diseño, según lo determina el tipo de problema de diseño. El diseño para extremos implica que una característica específica es un factor limitante al determinar el valor máximo y mínimo de una variable de población que será ajustada. Por ejemplo, los claros, como una puerta o la entrada a un tanque de almacenamiento, deben diseñarse para el caso máximo, es decir, para la estatura o ancho de hombros correspondiente al 95%. De esta manera, 95% de los hombres y casi todas las mujeres podrán pasar por el claro. Es obvio que para las puertas, el espacio no es problema y se puede diseñar para que se ajuste a individuos aún más altos.

Diseño para que sea ajustable

Diseñar para que se ajuste se usa, en general, para equipo o instalaciones que deben adaptarse a una amplia variedad de individuos. Sillas, mesas, escritorios, asientos de vehículos, una palanca de velocidades y soportes de herramientas son dispositivos que se ajustan a una población de trabajadores entre el 5% de las mujeres y el 95% de los hombres. Es obvio que diseñar para que se ajuste es el método más conveniente de diseño, pero existe un trueque con el costo de implantación (véase la Tabla 2).

Parámetro del asiento	Valor de diseño [en pulgadas (cm) a menos que se especifique]	Comentarios
A - altura del asiento	16 - 20.5 (40 - 52)	Demasiado alto comprime muslos; demasiado bajo presiona discos
B - profundidad del asiento	15 - 17 (38 - 43)	Demasiado largo corta la región popliteal; usar contorno de caída de agua
C - ancho del asiento	≥18.2 (≥46.2)	Se recomiendan asientos más anchos para individuos con sobrepeso
D - ángulo del asiento	- 10° a + 10°	La inclinación hacia abajo requiere más fricción en la tela
E - ángulo entre asiento y respaldo	> 90°	Preferible > 105°, pero requiere modificaciones a la estación de trabajo
F - ancho del respaldo	>12 (>30.5)	Medido en la región lumbar
G - soporte lumbar	6 - 9 (15 - 23)	Altura vertical del asiento al centro del soporte lumbar
H - altura de descansapiés	1 - 9 (2.5 - 23)	
I - profundidad de descansapiés	12 (30.5)	
J - distancia del descansapiés	16.5 (42)	
K - claro para las piernas	26 (66)	
L - altura de superficie de trabajo	~32 (~81)	Determinado por la altura del codo en descanso
M - grosor de superficie de trabajo	< 2 (<5)	Valor máximo
N - claro para muslos	> 8 (> 20)	Valor mínimo

[A - G de ANSI (1998); H - M de Eastman Kodak (1983)]

Tabla 2 Therblings de los Gilbreth

Diseño para el promedio

El diseño para el promedio es el enfoque menos costoso pero menos preferido. Aunque no existe un individuo con todas las dimensiones promedio, hay ciertas situaciones en las que sería impráctico o demasiado costoso incluir posibilidades de ajuste para todas las características. Por ejemplo, muchas máquinas herramienta son demasiado grandes y pesadas para incluir ajustes de altura para el operario. Diseñarlas para la altura de operación al 50% para la altura del codo de las poblaciones de hombres y mujeres combinadas (en términos generales, el promedio de los valores del 50% de hombres y mujeres), significa que la mayoría de los individuos no tendrán inconvenientes serios. Sin embargo, el hombre excepcionalmente alto o la mujer muy baja puede experimentar incomodidad en la postura.

Por último, el diseñador industrial también debe considerar la parte legal del diseño del trabajo. Debido a la aprobación del referendo de "estadounidenses con discapacidades" en 1990, debe llevarse a cabo un esfuerzo razonable a fin de que sea adecuado para individuos con cualquier habilidad. La guía de accesibilidad especial

(US Department of Justice, 1991) se emitió en relación con estacionamientos, accesos a edificios, áreas de ensamble, corredores, rampas, elevadores, puertas, bebederos, baños, instalaciones de cafeterías o restaurantes, alarmas y teléfonos.

También es útil, práctico y efectivo en costos, construir un modelo uno a uno del equipo o instalación que se diseña y hacer que los usuarios lo evalúen. En la vida real, las personas se recargan o asumen posiciones relajadas y cambian las dimensiones efectivas y el diseño final. Se han identificado muchos errores costosos durante la producción, debido a la falta de simulaciones para evaluación.

b. Principios de Diseño de Trabajo / El lugar del Trabajo.

Determinar la altura de la superficie de trabajo según la altura del codo.

La altura de la superficie de trabajo (con el trabajador ya sea sentado o parado) debe determinarse mediante una postura de trabajo cómoda para el operario. En general, esto significa que los antebrazos tienen la posición natural hacia abajo y los codos están flexionados a 90° , de manera que el brazo está paralelo al suelo (véase fig. 12). La altura del codo se convierte en la altura adecuada de operación o de la superficie de trabajo. Si ésta es demasiado alta, los antebrazos se encogen y causan fatiga de los hombros. Si es demasiado baja, el cuello o la espalda se doblan y ocasionan fatiga en esta última.

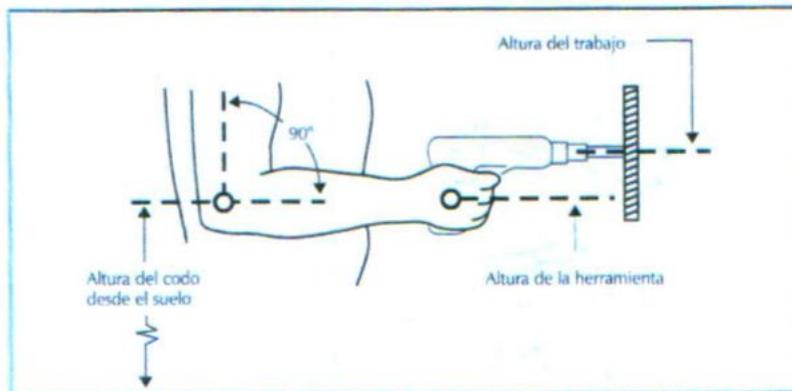


Figura 12 Determina la altura correcta de la superficie de trabajo.

Ajustar la altura de la superficie del trabajo según la tarea que se realice

Existen excepciones a este primer principio. Para ensamble pesado con levantamiento de partes pesadas, es más ventajoso bajar la superficie de trabajo hasta 8 pulgadas (20cm), para aprovechar los músculos más fuertes del tronco (véase fig. 13). Para un ensamble fino que incluye detalles visuales pequeños, es más ventajoso elevar la superficie de trabajo 8 pulgadas (20cm). Para acercar los detalles a la línea de visión óptima de 15° . Otra alternativa, quizá es mejor inclinar la superficie alrededor de 15° ; de esta manera se satisfacen ambos principios. Sin embargo, las partes redondeadas tienen una tendencia a rodar fuera de la superficie.

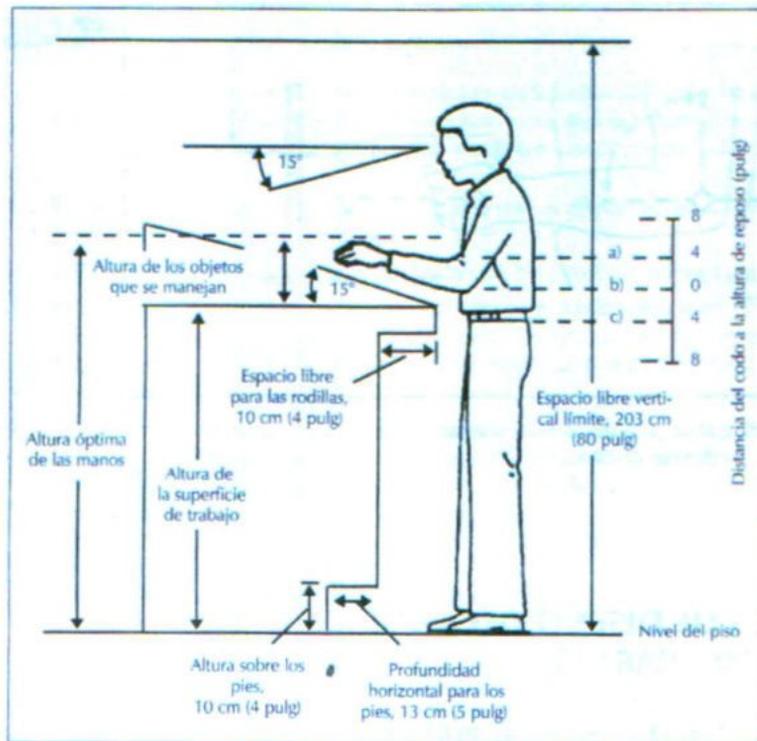


Figura 13 Dimensiones recomendadas para la estación de trabajo de pie. a) Para trabajo de precisión con descanso en el brazo, b) Para ensamble ligero, c) Para trabajo pesado.

Estos principios también se aplican a la estación donde se trabaja sentado. Una gran parte de las tareas, como escribir o los ensambles ligeros, se realizan mejor a la altura del codo en descanso. Si el trabajo requiere la percepción de detalle fino, puede ser necesario elevar el trabajo para que esté más cerca de los ojos. Las estaciones para trabajar sentado deben contar con sillas y descanso para los pies ajustables (véase fig. 14). De manera ideal, una vez que el operario está sentado cómodamente con ambos pies en el suelo, la superficie de trabajo se posiciona a la altura adecuada del codo para ajustar la operación. Así, la estación de trabajo también necesita ser ajustable. Los operarios de estatura baja, cuyos pies no alcanzan el suelo incluso después de ajustar el asiento, deben utilizar un descanso para pies que les proporcione el soporte apropiado.

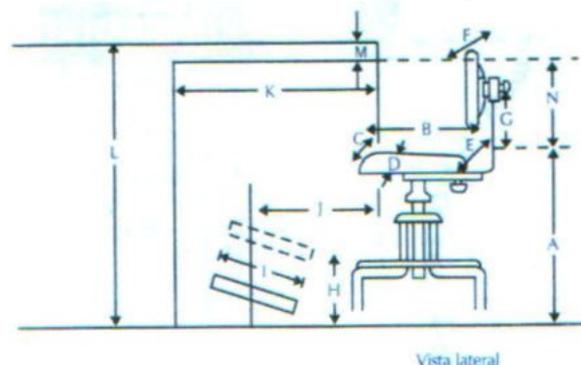


Figura 14 Silla ajustable.

Proporcionar una silla cómoda para el operario sentado.

La postura sentada es importante desde el punto de vista de reducir tanto el estrés sobre los pies como el gasto global de energía. Debido a que la comodidad es una respuesta individual, es bastante difícil definir principios estrictos para sentarse bien. Más aún, pocas sillas se adaptarán a la comodidad de muchas posturas posibles para estar sentado (véase fig. 15).

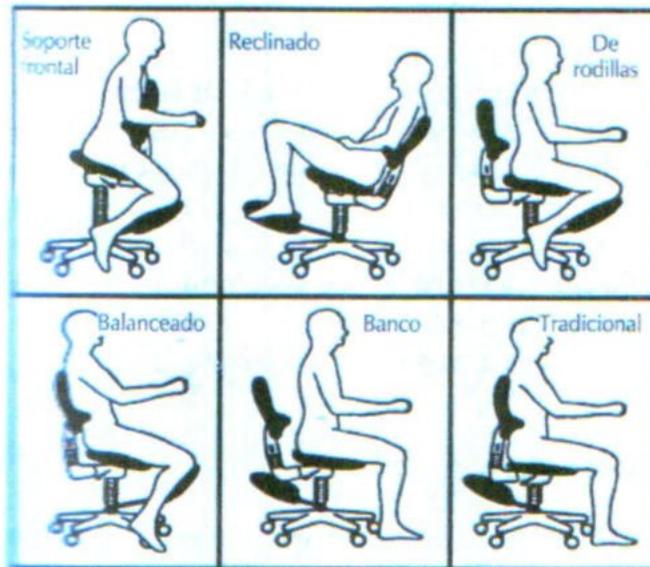


Figura 15. Seis posturas de sentado básicas.

Localizar todas las herramientas y materiales dentro del área normal del trabajo.

En cada movimiento interviene una distancia. Mientras más grande es la distancia, mayores son el esfuerzo muscular, el control y el tiempo. Por lo tanto, es importante minimizar las distancias. El área normal de trabajo de la mano derecha en el plano horizontal incluye el área circunscrita por el antebrazo al moverlo en forma de arco con pivote en el codo (véase fig. 16). Esta área representa la zona más conveniente dentro de la cual la mano realiza movimientos con un gasto normal de energía. El área normal de la mano izquierda se establece de manera similar. Como los movimientos se hacen en tercera dimensión, al igual que en el plano horizontal, el área normal de trabajo se aplica también al plano vertical. El área normal relativa a la altura para la mano derecha incluye el área circunscrita por el antebrazo en posición hacia arriba con el codo como pivote y moviéndose en un arco. Existe un área normal similar en el plano vertical para el brazo extendido (véase fig. 17).

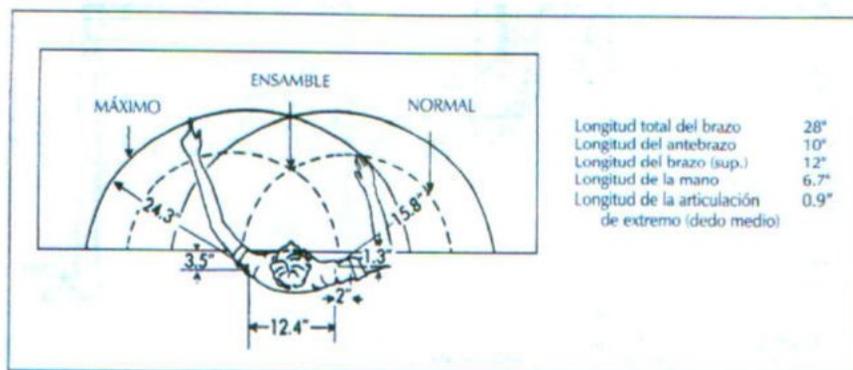


Figura 16 Área de trabajo normal y máximo en el plano horizontal para mujeres (en el caso de los hombres se multiplica por 1.09).



Figura 17 Áreas de trabajo normal y máxima en el plano vertical para mujeres (en el caso de los hombres se multiplica por 1.09).

c. Principios de Diseños de Trabajo / Máquinas y Equipo

Hacer cortes múltiples cuando sean posibles con una combinación de dos o más herramientas en una o el arreglo de cortes simultáneos desde dos dispositivos de alimentación.

La planeación de la producción avanzada más eficiente para la manufactura incluye hacer cortes múltiples con la combinación de herramientas y cortes simultáneos con distintas herramientas. Por supuesto, el tipo de trabajo que se va a procesar y el número de partes que deben producirse determina si es deseable combinar los cortes, como en el caso de cortes con una torre cuadrada y una hexagonal.

Usar dispositivos en lugar de sostener con la mano.

Si se usa cualquier mano para sostener durante el procesamiento de una parte, entonces la mano no está realizando trabajo útil. Siempre se puede diseñar un dispositivo para sostener el trabajo de manera satisfactoria, y permitir que ambas manos realicen trabajo útil. Los dispositivos no sólo ahorran tiempo de proceso de las partes, sino permite; sostener el trabajo de forma más exacta y firme. Muchas veces, los mecanismos operados con el pie permiten que ambas manos realicen trabajo productivo.

Ejemplo, una compañía que producía ventanas especiales necesitaba quitar una tira de 0.75 pulgadas de ancho de papel protector colocado alrededor c. las cuatro orillas de los paneles Lexan. Un operario tomaba una hoja de Lexan y la traía al área de trabajo. Ahí, tomaba un lápiz y una escuadra y marcaba las cuatro esquinas del panel Lexan. Dejaba a un lado el lápiz y la escuadra y tomaba una plantilla con que localizaba las marcas del lápiz. Después quitaba el papel protector de todo el perímetro de la hoja Lexan. El tiempo estándar desarrollado por MTM-1 era de 1.063 n- por hoja.

Se desarrolló un dispositivo sencillo de madera para sostener tres hojas de Lexan mientras les quitaban la tira de 0.75 pulgadas del papel protector de las orillas. Con el método del dispositivo el trabajador tomaba las hojas de Lexan y las colocaba en el c positivo. Quitaba el papel protector, volteaba las hojas 180° y quitaba papel de los otros dos lados. Este método mejorado dio un estándar de 0.46 minutos por hoja, o un ahorro de 0.603 minutos de mano de obra directa por hoja.

Localizar todos los dispositivos de control con la mayor accesibilidad y capacidad de fuerza para el operario.

Muchas máquinas herramienta y otros dispositivos son perfectos en el sentido mecánico, pero no proporcionan una operación efectiva, porque el diseñador de la instalación no tomó en cuenta los diferentes factores humanos. Volantes, manivelas y palancas deben tener el tamaño y la posición adecuados para que el operario las manipule con habilidad máxima y fatiga mínima. Los controles que se usan a menudo deben colocarse entre las alturas del codo y el hombro. Los operarios sentados pueden aplicar una fuerza máxima a las palancas que están al nivel del codo; los operarios de pie, a las palancas que tienen la altura del hombro. El diámetro de los volantes y manubrios depende del troqué que debe aplicarse y de la posición montado. Los diámetros máximos de las agarraderas dependen de las fuerzas que se ejercen.

Usar códigos de forma, textura y tamaño para los controles.

Los códigos de forma, con configuraciones geométricas de dos o tres dimensiones, permiten la identificación tanto por tacto como visual. Es útil, en especial en condición de poca luz, o en situaciones en donde se desea redundancia o calidad duplicada en la identificación, para ayudar a minimizar los errores. Los códigos de forma adoptar número relativamente grande de formas distinguibles. En la figura 18 se muestra un conjunto muy útil de formas y texturas conocidas que pocas veces se confunden.

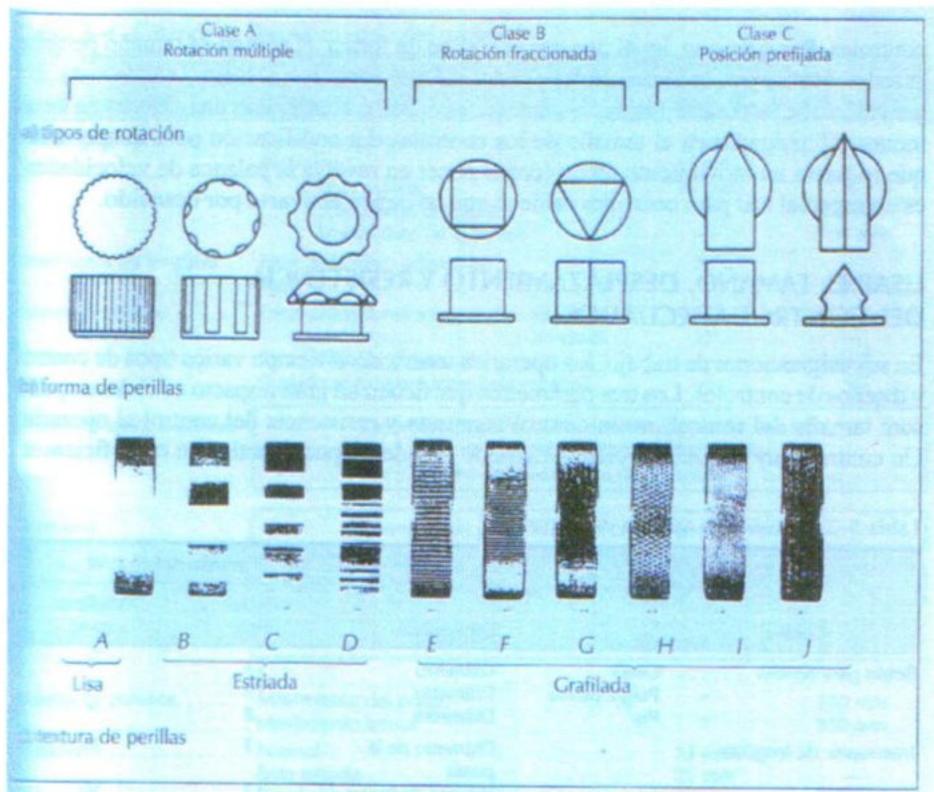


Figura 18. Ejemplos de diseños de perillas de tres tipos de uso que pocas veces se confunden al tacto.

Las perillas de rotación múltiple se usan para controles continuos en los que el intervalo de ajuste es mayor que una vuelta completa. Las perillas de rotación fraccionaria se usan para controles continuos con intervalos menores que una vuelta, en tanto las perillas de posicionamiento se usan en ajustes discretos. Además de la forma, la textura de la superficie proporciona una manera para discriminar por tacto. Existen tres texturas que rara vez se confunden: lisa, estriada y graficada. Sin embargo, conforme aumenta el número de formas, la discriminación se dificulta y es más lenta cuando el operario debe identificar los controles sin verlos. Si está obligado a usar guantes, entonces el código de forma sólo es deseable para la distinción visual, se puede usar para discriminar con el tacto si sólo son de dos a cuatro formas.

El agarre de la mano se puede definir en forma básica como variaciones de agarre entre dos extremos: agarre con fuerza y agarre con contracción. En el agarre con fuerza, la manija cilíndrica de una herramienta, cuyo eje es más o menos perpendicular al antebrazo, se toma en la forma de abrazadera flexionando en parte los dedos y la palma. Se aplica una presión opuesta con el pulgar, que se traslapa un poco con el dedo cordial (véase fig. 19). La línea de acción de la fuerza varía con: 1) la fuerza paralela del antebrazo, como al serruchar; 2) la fuerza a un ángulo con el antebrazo, como al martillar, y 3) la fuerza que actúa sobre el momento del antebrazo, como al atornillar. Como su nombre indica, el agarre con fuerza se usa para mover o sostener objetos pesados. Sin embargo, cuanto más se desvían los dedos o el pulgar del agarre cilíndrico, se produce menos fuerza y se puede proporcionar mayor precisión.

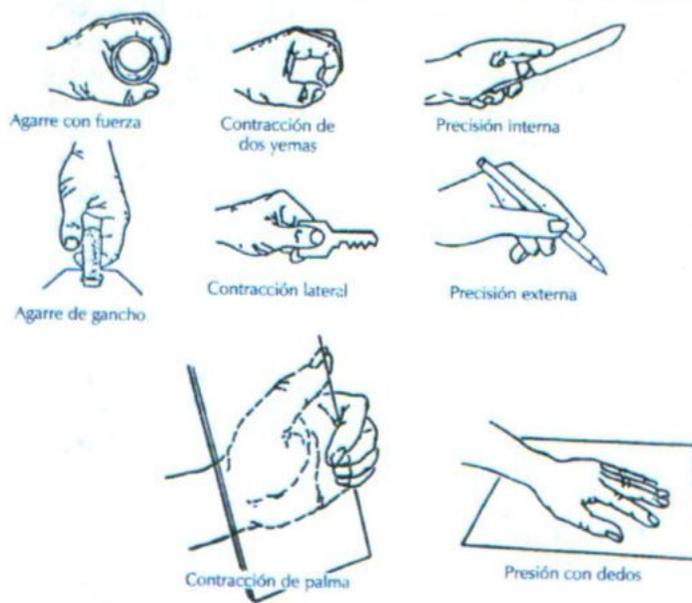


Figura 19. Tipos de agarre

El agarre con contracción se usa para control o precisión. En la contracción el artículo se sostiene entre las yemas de uno o más dedos y el pulgar opuesto (en ocasiones el pulgar se omite). La posición relativa del pulgar y los dedos determina cuánta fuerza puede aplicar y proporciona una superficie sensible para recibir la retroalimentación necesaria para dar la precisión adecuada.

Diseñar herramientas para usar con cualquier mano y por la mayoría de los individuos.

Alternar las manos significa reducir la fatiga muscular local. Sin embargo, en muchas situaciones esto no es posible, pues la herramienta usada es para una mano. Aún más, si la herramienta está diseñada para la mano preferida del usuario, que para 90% de la población es la mano derecha, entonces no se toma en cuenta a 10% de los individuos. Algunos ejemplos de herramientas para diestros que no pueden usar las personas zurdas incluyen un taladro eléctrico con mango sólo en el lado izquierdo, una sierra circular y cuchillo con sierra en un lado. Por lo común, un hombre diestro tiene una disminución de 12% en la fuerza de la mano izquierda, mientras que en las mujeres diestras la disminución es de 7%. Es sorprendente que tanto las mujeres como los hombres zurdos muestran una fuerza casi igual en ambas manos. Una conclusión es que los sujetos zurdos se ven forzados a adaptarse al mundo de los diestros.

Evitar acciones repetitivas de los dedos.

Si se usa en exceso el dedo índice para operar gatillos, se desarrollan los síntomas de dedo de gatillo. Las fuerzas para disparar deben mantenerse pequeñas, de preferencia en menos de 2 libras (0.9 kg), para reducir la carga sobre el índice. Son mejores los controles que se pueden operar con dos dedos y todavía son mejores los controles en una placa para los dedos o las barras de agarre porque requieren el uso

de más dedos y más fuertes. En la tabla 3 se muestran las fuerzas absolutas de flexión de los dedos y sus contribuciones relativas.

Dedo	Fuerza máxima		% fuerza (pulgar)	% contribución al agarre con fuerza
	lb	kg		
Pulgar	16	7.3	100	
Índice	13	5.9	81	29
Cordial	14	6.4	88	31
Anular	11	5	69	24
Meñique	7	3.2	44	16

Fuente: Adaptado de Hertzberg, 1973.

Tabla 3 Fuerza estática máxima de flexión de los dedos

En las herramientas que se manejan con dos manos, un resorte de retomo ahorra a los dedos el trabajo de poner la herramienta de nuevo en la posición inicial. Además, el número de repeticiones alto debe reducirse. Aunque no se conocen los niveles críticos de repetición, NIOSH (1989) encontró altas tasas de desórdenes de músculo-tendón en los trabajadores que excedían 10 000 movimientos por día.

Usar herramientas de potencia como desarmadores en lugar de herramientas manuales.

Las herramientas de potencia no sólo realizan el trabajo más rápido que las manuales sino lo hacen con mucho menos fatiga del operario. Se puede esperar mayor uniformidad del producto al usarlas. Por ejemplo, un desarmador eléctrico para apretar tuercas puede apretar de manera consistente hasta un punto predeterminado en libras-pulgada, mientras que con el desarmador manual no es posible esperar que se mantenga una presión de apriete constante debido a la fatiga del operario.

No obstante, existe un trueque. Las herramientas eléctricas producen una vibración, que puede inducir la palidez en los dedos, primer síntoma de la reducción en el flujo de sangre a los dedos y la mano por la vasoconstricción sanguínea. El resultado es una pérdida de retroalimentación sensitiva y una disminución en el desempeño, y la situación puede contribuir al desarrollo del síndrome del túnel de carpo, en especial en trabajo con una combinación de ejercicios repetitivos de fuerza. En general se recomienda evitar vibraciones en el intervalo crítico de 40-130 Hz o un intervalo un porcentaje mayor (pero más seguro) de 2-200 Hz (Lundstrom y Johansson, 1986). La exposición vibraciones se puede minimizar a través de la reducción en la fuerza de empuje, el uso de manijas o agarraderas con diseño especial para amortiguar la vibración (Andersson, 1990) o guantes que absorben las vibraciones, y dar un mejor mantenimiento para disminuir el desbalance o la mala alineación de los ejes.

Usar la configuración y orientación adecuada para las herramientas.

Con un taladro eléctrico y otras herramientas de potencia, la función principal del operador es sostener, estabilizar y supervisar la herramienta contra un lugar de trabajo, mientras que ésta realiza el esfuerzo esencial. Aunque el operario suele tener que cambiar u orientar la herramienta, su función primordial es tomarla y sostenerla de manera efectiva. Un taladro de mano consta de cabeza cuerpo y mango, e idealmente las tres partes están alineadas. La línea de acción es la línea del dedo índice, lo que significa que el taladro ideal tiene la cabeza fuera de centro respecto al eje central del cuerpo.

También la configuración del mango es importante; las opciones son agarre de pistola, en línea o en ángulo recto. Según la regla, en línea y en ángulo recto son mejores para taladrar hacia abajo en una superficie horizontal y el agarre de pistola es mejor para los trabajos en una superficie vertical, con la intención de obtener una posición de pie con la espalda derecha, los brazos hacia abajo y la muñeca sin doblar (véase fig. 20). El agarre de pistola, tiene el mango a un ángulo aproximado de 78° con la horizontal.

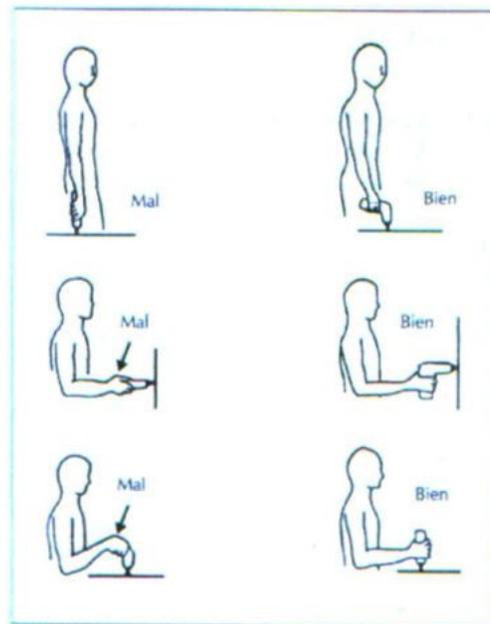


Figura 20 Orientación adecuada de las herramientas de potencia en el lugar de trabajo.

5. Diseño del Entorno del Trabajo.

El análisis de métodos debe proporcionar condiciones de trabajo cómodas y seguras para el operario. La experiencia ha probado de manera contundente que las plantas con buenas condiciones de trabajo producen mucho más que aquellas con malas condiciones. Por lo común, el rendimiento económico de la inversión en un entorno de trabajo mejorado es significativo. Además de aumentar la producción, las condiciones ideales de trabajo mejoran la seguridad registrada, reducen al ausentismo, los retrasos y la rotación de personal, eleva el ánimo de los empleados y mejora las relaciones públicas. Si estas razones no son suficientes para convencer a una compañía de mejorar el entorno de trabajo para sus empleados, entonces queda siempre la amenaza de una inspección de OSHA (Occupational Safety & Health Administration) que se encarga de la seguridad de los trabajadores en América y pueden ser acreedores a una posible multa. Los niveles aceptables de las condiciones de trabajo y las medidas de control recomendadas para las áreas problema se encuentran en el reglamento de OSHA.

a. Iluminación

Muchos conceptos, términos y unidades se relacionan con la medición de la iluminación. La teoría básica se aplica a una fuente puntual de luz (como una vela) con una intensidad luminosa dada, medida en candelas (cd) (véase fig. 21). La luz emana de manera esférica en todas las direcciones desde la fuente. La cantidad de luz que llega a una superficie, o a una sección de esta esfera se conoce como iluminación o iluminancia y se mide en pies-candela (fc). La cantidad de iluminación que llega a la superficie disminuye según el cuadrado de la distancia (d) en pies de la fuente a la superficie:

$$\text{iluminancia} = \text{intensidad}/d^2$$

Parte de la luz se absorbe y parte se refleja (con materiales traslúcidos, parte también se transmite), esto permite a las personas "ver" el objeto y les proporciona una percepción de brillo. La cantidad reflejada se llama luminancia y se mide en pie-Lamben (fL). Se determina por la propiedad de reflexión de la superficie, conocida como coeficiente de reflexión o reflectancia:

$$\text{iluminancia} = \text{iluminancia} \times \text{reflectancia}$$

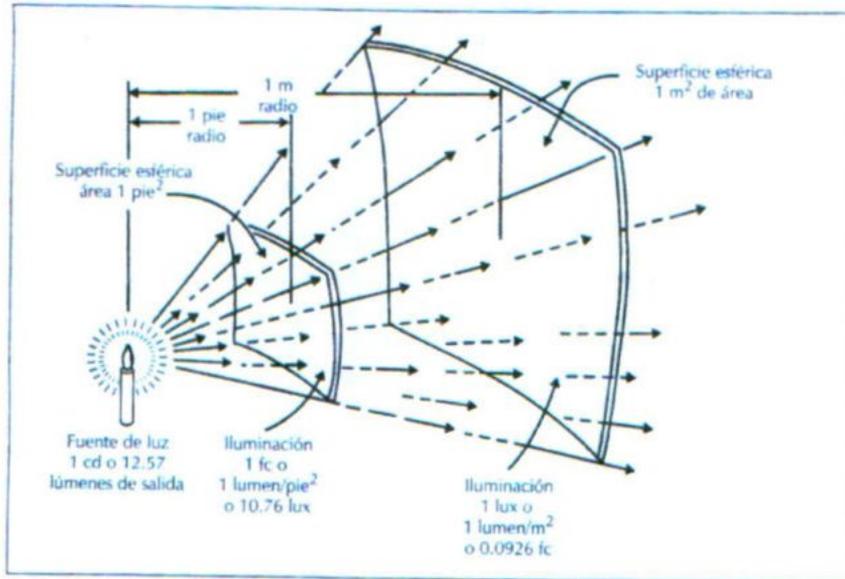


Figura 21 Ilustración de la distribución de la luz de una fuente siguiendo la ley del cuadro del inverso.

La reflectancia es una proporción sin unidades entre 0 y 100%. El papel de alta calidad tiene una reflectancia de alrededor de 90%, el periódico y el concreto casi 55%, el cartón 30% y la pintura negra mate 5%. En la tabla 4 se presentan las reflectancias para distintos colores de pintura.

Color o acabado	Porcentaje de luz reflejada	Color o acabado	Porcentaje de luz reflejada
Blanco	85	Azul medio	35
Crema claro	75	Gris oscuro	30
Gris claro	75	Rojo oscuro	13
Amarillo claro	75	Café oscuro	10
Madera claro	70	Azul oscuro	8
Verde claro	65	Verde oscuro	7
Azul claro	55	Arce o maple	42
Amarillo medio	65	Madera satinada	34
Madera medio	63	Nogal	16
Gris medio	55	Caoba	12
Verde medio	52		

Tabla 4 Reflectancia de acabados comunes de pintura y madera.

Fuentes de luz

Después de determinar los requerimientos de iluminación para el área en estudio, los analistas seleccionan las fuentes adecuadas de luz artificial. Dos parámetros importantes relacionados con la luz artificial son eficiencia (luz producida por unidad de energía; en general lumen/watt) y rendimiento de color. La eficiencia es en particular importante, pues se relaciona con el costo; las fuentes de luz eficientes

reducen el consumo de energía. El rendimiento de color se relaciona con la cercanía con que los colores percibidos del objeto observado coinciden con los percibidos del mismo objeto iluminado con fuentes de luz estándar. Las fuentes de luz más eficientes (sodio a presión alta y baja) tienen características de rendimientos de color apenas regulares y malos; en consecuencia, quizá no sean adecuadas para ciertas operaciones de inspección donde sea necesaria la discriminación de color. La tabla 6-A proporciona información sobre la eficiencia y los rendimientos de color para los principales tipos de luz artificial. Las mentes más comunes de iluminación industrial, es decir, de luminarias, se muestran en la figura 22.

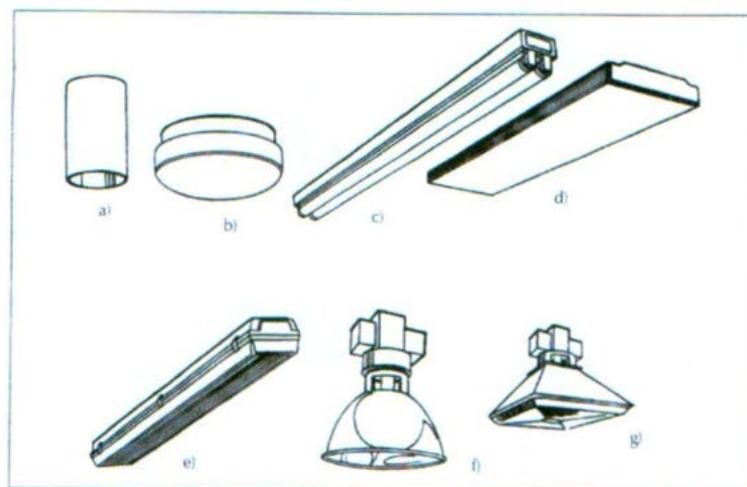


Figura 22. Tipos de luminarias industriales para montar en el techo. a) y c) luz hacia abajo, b) y d) difusa, e) lugares húmedos, f) nave alta, g) nave baja.

Distribución de la luz

Las luminarias para la iluminación general se clasifican de acuerdo con el porcentaje de luz total emitida arriba y abajo de la horizontal (véase fig. 23). La luz indirecta ilumina el techo, que a su vez refleja la luz hacia abajo. En este caso, los techos deben ser la superficie más brillante de la habitación (véase fig. 24), con reflectancias mayores que 80%. Las otras áreas de la habitación reflejan porcentajes de luz cada vez menores al alejarse del techo hasta llegar al suelo, que debe reflejar no más de 20 a 40% de la luz, para que no haya reflejos. Para evitar una luminancia excesiva, las luminarias deben distribuirse de manera uniforme en todo el techo.

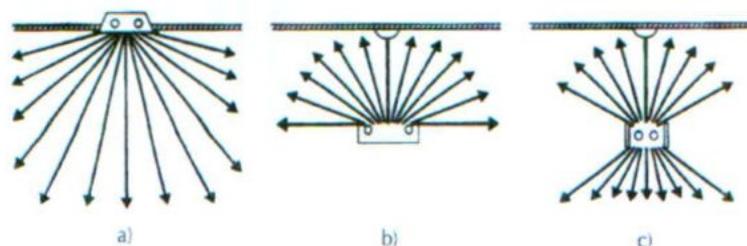


Figura 23 Las luminarias para iluminación general se clasifican según el porcentaje de luz total emitida arriba y debajo de la horizontal. Tres categorías son: a) luz directa, b) luz indirecta, c) luz directa-indirecta.

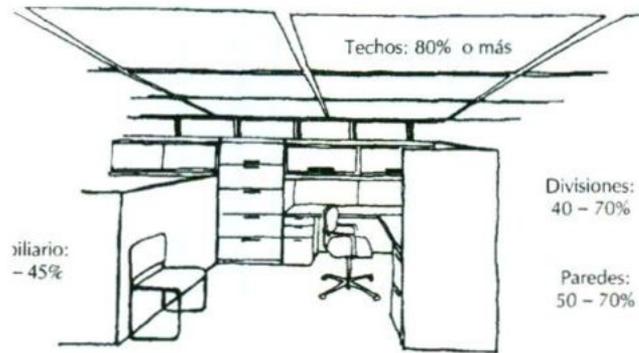


Figura 24 Reflectancia recomendada para superficie de habitaciones y muebles en oficina.

b. Ruido

Desde el punto de vista del analista, el ruido es un sonido no deseado. Las ondas de sonido se originan por la vibración de algún objeto, que a su vez establece una sucesión de ondas de compresión y expansión a través del medio que las transporta (aire, agua y otros). Así, el sonido se puede transmitir no sólo por el aire y los líquidos, también a través de los sólidos, como las estructuras de las máquinas herramienta. Se sabe que la velocidad aproximada de las ondas de sonido en el aire es 1100 pies/s (340 m/s). En materiales viscoelásticos, como el plomo y el masticque, la energía del sonido se disipa con rapidez como fricción viscosa.

El sonido se puede definir en términos de las frecuencias que determinan su tono y calidad, junto con las amplitudes que determinan su intensidad. Las frecuencias aproximadas audibles para el oído humano van de 20 a 20 000 ciclos por segundo, que se conocen como Hertz y se abrevia Hz. La ecuación fundamental de propagación de onda es:

$$c = f\lambda$$

Donde: c = velocidad del sonido (1100 pies/s),
 f = frecuencia en Hz,
 λ = longitud de onda en pies.

Observe que al aumentar la longitud de onda, la frecuencia disminuye. Los analistas de métodos miden la intensidad del sonido con un medidor de ruido (decibelímetro); la unidad de la intensidad del sonido es el decibel (dB). Al crecer la amplitud de las ondas sonoras aumenta la presión del sonido medido en la escala de decibeles.

Control de ruido

La administración puede controlar el nivel de ruido de tres formas. La mejor, y casi siempre la más difícil, es reducir el nivel de ruido en su fuente. No obstante, implica una gran dificultad rediseñar equipos como martillos neumáticos, prensa de forja de vapor, martillo de golpe y cepillos y ensambladores de madera, de manera que se mantenga la eficiencia del equipo y el nivel de ruido quede dentro de los intervalos de tolerancia. Sin embargo, en algunos casos, se pueden sustituir instalaciones operativas menos ruidosas por las que producen un alto nivel de ruido.

Si no se puede controlar el ruido en su fuente, entonces los analistas deben investigar la posibilidad de aislar el equipo responsable del ruido; es decir, de controlar el ruido que emana de una máquina encerrando todo o una parte de la instalación con algún material aislante. Con frecuencia ésta ha sido la solución respecto a las prensas de potencia que tiene alimentadoras automáticas. Muchas veces, es posible reducir el ruido ambiental aislando la fuente de ruido del resto de la estructura: esto evita el efecto de repetición o eco del ruido y se puede lograr si se monta la instalación en algún tipo de elastómetro para amortiguar el ruido intermitente.

En situaciones en las que aislar la instalación no interfiere con la operación y accesibilidad, los siguientes pasos aseguran un diseño satisfactorio del aislamiento:

1. Establecer con claridad las metas del diseño y determinar el desempeño acústico: requerido para aislar. Establecer los criterios por octavas de banda a 3 pies (1 m) de las superficies principales de la maquinaria.
2. Tomar mediciones reales de los niveles de ruido por octavas de banda del equipo que se va a aislar, en los lugares recomendados en el paso 1.
3. Determinar la acumulación de ruido y después el nivel de ruido neto cuando se usan instalaciones múltiples.
4. Determinar la atenuación de espectro de cada encierro. Esta es la diferencia entre el criterio de diseño determinado en el paso 1 y el nivel de ruido neto determinado en el paso 3.
5. Seleccionar los paneles acústicos y la configuración de las paredes para el aislamiento. La tabla 5 proporciona varios materiales de uso común para aislamientos relativamente pequeños. Debe aplicarse un material amortiguador viscoelástico si se usa cualquiera de estos materiales (excepto plomo). Esto puede proporcionar una atenuación adicional de 3 a 5 dB.

Frecuencia central en octava de banda	125	250	500	1000	2000	4000
Acero de calibre 16	15	23	31	31	35	41
Acero de 7 mm	25	38	41	45	41	48
Triplay (madera terciada) de 7mm 0.32 kg / 0.1 m ²	11	15	20	24	29	30
Triplay de 3 / 4 pulg 0.9 kg / 0.1 m ²	19	24	27	30	33	35
Aplanado de yeso de 14 mm	14	20	30	35	38	37
Fibra de vidrio de 7 mm	5	15	23	24	32	33
Plomo de 0.2 mm 0.45 kg / 0.1 m ²	19	19	24	28	33	39
Plomo de 0.4 mm 0.9 kg / 0.1 m ²	23	24	29	33	40	43

Tabla 5 Reducción del ruido en octavas de banda con una sola capa de material de uso común para aislar.

c. Temperatura.

La mayor parte de los trabajadores están expuestos a calor excesivo en un momento u otro. En muchas situaciones, se crean ambientes con calor artificial debido a las demandas de cierta industria. Los mineros están sujetos a condiciones de trabajo calientes por el aumento en la temperatura con la profundidad y la falta de ventilación. Los trabajadores de la industria textil están sujetos a las condiciones de calor y humedad necesarias para tejer la tela. Quienes trabajan el acero, cobre, aluminio y otros, están sujetos a altas cargas de radiación de los hornos abiertos y los refractarios. Estas condiciones, si bien están presentes una porción limitada del día, pueden exceder la tensión climática encontrada en las condiciones extremas que ocurren de manera natural por el clima.

El ser humano se modela casi siempre como un cilindro con cubierta, que corresponde a la piel, los tejidos superficiales y las extremidades, con un núcleo correspondiente a tejidos más profundos del tronco y la cabeza. Las temperaturas del núcleo presentan un intervalo pequeño alrededor de un valor normal de 98.6 °F (37 °C). Para valores entre 100 y 102 °F (37.8-38.9 °C), el desempeño fisiológico decae en forma abrupta. Para temperaturas superiores a 105 °F (40.6 °C), el mecanismo de sudor puede fallar y causar una elevación rápida de la temperatura del núcleo y con el tiempo la muerte. Por otro lado, los tejidos del exterior del cuerpo pueden variar en intervalos de temperatura más amplios sin pérdida seria de la eficiencia, y actúan como amortiguador para proteger las temperaturas del núcleo. La ropa, si se usa, actúa como una segunda capa aislante para el núcleo.

El intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno se puede representar por la siguiente ecuación de balance de calor:

$$S = M \pm C \pm R - E$$

Donde: M = aumento de calor por el metabolismo.
C = aumento de calor (o pérdida) por convección,
R = aumento de calor (o pérdida) por radiación,
E = pérdida de calor a través de la evaporación del sudor,
S = almacenamiento de calor (o pérdida) del cuerpo.

Para llegar a la neutralidad térmica, S debe ser cero. Si la suma de varios intercambios de calor a través del cuerpo da como resultado una ganancia de calor, el calor resultante se almacenará en los tejidos del cuerpo, con un incremento consecuente en la temperatura del núcleo y el problema potencial de tensión por calor.

d. Ventilación.

La gente, maquinaria o actividades en una habitación, deterioran el aire interior debido a la liberación de olores y calor, la formación de vapor de agua, la producción de dióxido de carbono y vapores tóxicos. Debe proporcionarse ventilación para diluir estos contaminantes, sacar el aire viciado y dejar entrar aire fresco. Esto se puede hacer con uno o varios de tres enfoques: general, local o puntual. La ventilación o desplazamiento general se entrega a un nivel de 8-12 pies (2.4 - 3.6m) y desplaza el aire caliente que se eleva de equipo, luces y trabajadores.

La guía recomendada de requerimientos de aire fresco, basada en volumen de habitación por persona, se muestra en la figura 25. Una regla burda es 300 pie³ (8.5m³) de aire fresco por persona por hora.

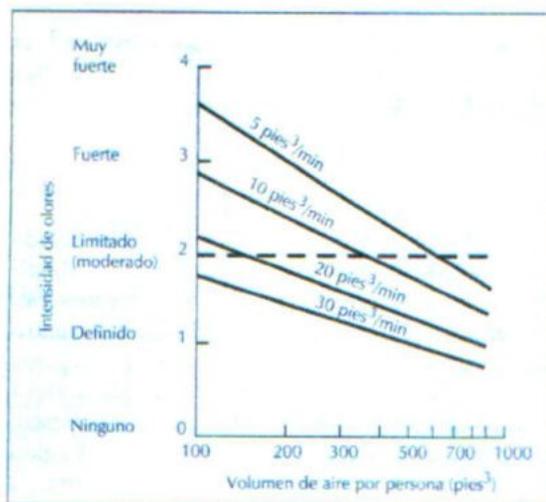


Figura 25 Guía de requerimientos de ventilación para trabajadores sedentarios según el volumen de aire disponible en la habitación.

e. Vibración.

La vibración puede causar efectos en el desempeño humano. Las vibraciones de amplitud alta y frecuencia baja tienen efectos en especial indeseables sobre los órganos y tejidos del cuerpo. Los parámetros de vibración son frecuencia, amplitud, velocidad, aceleración y sacudida. En el caso de vibraciones senoidales, la amplitud y sus derivadas respecto al tiempo son:

Amplitud (s) = desplazamiento máximo desde la posición estática (pulg)

Velocidad máxima ds / dt = $2\pi(s)(f)$ pulg/s

Aceleración máxima d^2s / dt^2 = $4 \pi^2(s)(f^2)$ pulg/s²

Sacudida máxima = $4 \pi^3(s)(f^3)$ pulg/s³

Donde: f = frecuencia.
 s = amplitud de desplazamiento.

El desplazamiento y la aceleración máxima son los parámetros principales usados para caracterizar la intensidad de la vibración.

Existen tres categorías de exposición a la vibración:

1. Circunstancias en las que se afecta a toda o a una porción importante de la superficie del cuerpo: por ejemplo, cuando los sonidos de alta intensidad en el aire o agua excitan la vibración.

2. Los casos en que las vibraciones se transmiten al cuerpo a través de un área de soporte; como a través de la espalda de una persona que maneja un camión o por los pies de una persona de pie junto a una instalación que vibra en una fundición.

3. Instancias en las que las vibraciones se aplican a una parte específica del área del cuerpo; por ejemplo, a la mano que sostiene y opera una herramienta de potencia.

Todo sistema mecánico se puede modelar usando una masa, un resorte y un amortiguador que combinados, dan un sistema con su propia frecuencia natural. Cuanto más cercana sea la vibración a esta frecuencia, mayor es el efecto en el sistema. De hecho, si las vibraciones forzadas inducen vibraciones de amplitud más amplia en el sistema, entonces se dice que el sistema está en resonancia. Esto puede tener efectos drásticos como en el caso de los vientos fuertes que causaron la oscilación del puente Tacoma Narrows en Washington y con el tiempo se desplomó, o el paso firme de los soldados al cruzar los puentes. En la tabla 6 se presentan las frecuencias de resonancia críticas para una persona sentada.

Frecuencia (Hz)	Parte del cuerpo afectada
3 - 4	Vértebras cervicales
4	Vértebras lumbares (clave para operarios de montacargas y camiones)
5	Clavícula
20 - 30	Entre la cabeza y el hombro
> 30	Dedos, manos y brazos (clave para operarios de herramientas de potencia)
60 - 90	Globos de ojo (clave para pilotos y astronautas)

Tabla 6 Frecuencias de resonancia para distintas partes del cuerpo.

f. Radiación

Aunque todos los tipos de radiación por ionización pueden dañar los tejidos, es tan sencillo evitar las radiaciones beta y alfa que en la actualidad, casi toda la atención se dedica a la radiación de rayos gama, rayos X y radiación neutrónica. Los haces de alta energía que chocan con el metal en equipos de vacío pueden producir rayos X muy penetrantes que tal vez requieran una defensa mucho mayor que el mismo haz electrónico. La dosis absorbida es la cantidad de energía distribuida por la radiación ionizante a una masa dada de material. La unidad de dosis absorbida es el rad equivalente a la absorción de 0,01 joules por kilogramo (100 ergs por gramo). La dosis equivalente es una manera de corregir las diferencias del efecto biológico de varios tipos de radiación ionizante en los seres humanos. La unidad de dosis equivalente es el rem, que produce un efecto biológico en esencia igual al de un rad de dosis absorbida de radiación X o gama. El roentgen (R) es una unidad de exposición que mide la cantidad de ionización producida en el aire por la radiación X o gama. El tejido localizado en un punto donde la exposición es un roentgen recibe el nombre de dosis absorbida aproximada de un rad.

Las dosis muy grandes de radiación por iones (100 rads o más) recibidas en un periodo muy corto por todo el cuerpo pueden causar trastornos por radiación. Una dosis absorbida de cerca de 400 rad en todo el cuerpo sería fatal para alrededor de la mitad de los adultos. Las dosis pequeñas recibidas en un periodo largo pueden aumentar la probabilidad de contraer varios tipos de cáncer y otras enfermedades. El riesgo global de un cáncer fatal debido a una dosis equivalente de radiación de un rem es de casi 10^{-4} ; esto es, una persona que recibe una dosis equivalente de un rem de radiación tiene una posibilidad de 1 en 10 000 de morir por un cáncer producido por la radiación. Este riesgo también se puede expresar como la esperanza de un cáncer fatal en un grupo de 10 000 personas, si cada una recibe una dosis equivalente de un rem.

Las personas que trabajan en áreas de acceso controlado con el propósito de dar protección contra la radiación, en general, están limitadas a una dosis equivalente de cinco rem por año. Es común que el límite en áreas no controladas sea el mismo. Trabajar dentro de estos límites no debe tener un efecto significativo en la salud de los individuos involucrados. Todas las personas están expuestas a la radiación de radioisótopos que ocurren de manera natural en el cuerpo, por la radiación cósmica y por la radiación emitida por la tierra y los materiales de construcción. La dosis equivalente de las fuentes naturales es de alrededor de 0.1 rem (100 milirem) por año.

g. Seguridad.

Mantenimiento general

Uno de los objetivos de un equipo administrativo progresista es proporcionar seguridad y salud a los empleados en el lugar de trabajo. Esto requiere controlar el ambiente físico del negocio u operación. La mayor parte de las lesiones son el resultado de accidentes causados por condiciones inseguras, una acción insegura o una combinación de los dos.

Las condiciones inseguras se relacionan con el entorno físico, que incluye el equipo usado y todas las condiciones físicas que rodean al lugar de trabajo. Por ejemplo, los peligros pueden surgir por falta de cuidado o protección inadecuada del equipo, la localización de las máquinas, las condiciones de las áreas de almacén o las condiciones del edificio.

Las condiciones generales de seguridad relacionadas con el edificio incluyen la capacidad de carga del lugar. Esto es importante en particular para las áreas de almacén donde la sobrecarga ha causado muchos accidentes serios cada año. Las señales de peligro de sobrecarga incluyen grietas en las paredes, vibración excesiva y desplazamiento de componentes estructurales.

Los pasillos, escaleras y otros lugares de paso deben investigarse periódicamente para asegurar que no tienen obstáculos, no están disperejos y no hay aceite o materiales resbalosos o que causen caídas. En muchas edificaciones viejas, deben inspeccionarse las escaleras, ya que han sido fuente de numerosos accidentes y tiempo muerto. Las escaleras deben tener una pendiente de 30 a 35 grados, con anchos de escalón aproximados de 9.5 pulg (24 cm). La elevación no debe exceder 8

pulg (20 cm). Todas las escaleras deben estar equipadas con barandales, tener al menos 10 pies-candela (100 lux) de iluminación y estar pintadas en colores claros.

Los materiales que se sabe que causan problemas de salud o seguridad se clasifican en una de tres categorías: materiales corrosivos, tóxicos o irritantes e inflamables. Los materiales corrosivos incluyen una variedad de ácidos y cáusticos que pueden quemar o destruir el tejido del cuerpo humano al contacto. La acción química de los materiales corrosivos puede ocurrir con el contacto directo con la piel o a través de la inhalación de gases o vapores. Para evitar el peligro potencial que resulta del uso de materiales corrosivos, se toman en cuenta las siguientes medidas:

1. Asegurar que los métodos de manejo de materiales son a prueba de errores.
2. Evitar que se riegue o derrame, en especial durante el proceso inicial de entrega.
3. Asegurar que los operarios expuestos a materiales corrosivos tienen y usan el equipo diseñado de protección personal correcto y los procedimientos para desecharlo.
4. Asegurar que el dispensario o área de primeros auxilios está equipado con lo necesario para una emergencia, incluyendo duchas para diluir y para lavado de ojos.

Los materiales tóxicos o irritantes incluyen gases, líquidos o sólidos que envenenan el cuerpo o perturban el proceso normal por ingestión, absorción a través de la piel, o inhalación. Los siguientes métodos se usan para controlar los materiales tóxicos:

1. Aislar el proceso por completo de los trabajadores.
2. Proporcionar ventilación adecuada.
3. Proporcionar a los trabajadores equipo de protección personal confiable.
4. Sustituir por un material no tóxico o no irritante cuando sea posible.

Los materiales inflamables y los agentes de oxidación fuertes presentan peligro de incendios o explosiones. La ignición espontánea de los materiales combustibles puede ocurrir cuando no hay suficiente ventilación para eliminar el calor de un proceso de oxidación lenta. Para prevenir este tipo de incendios, los materiales combustibles deben almacenarse en un área bien ventilada, fresca y seca. Deben almacenarse pequeñas cantidades en contenedores de metal cubiertos.

6. Estudio de Tiempos.

El siguiente paso en el proceso sistemático es desarrollar un centro de trabajo eficiente donde se establecen los tiempos estándares. Existen tres elementos que ayudan a determinar los tiempos estándares que son: las estimaciones, los registros históricos y los procedimientos de medición del trabajo.

En el pasado, los analistas se apoyaban más en las estimaciones como un medio para establecer los estándares. Con la creciente competencia actual de productores extranjeros, se ha incrementado el esfuerzo para establecer estándares basado en los hechos y no en el juicio. La experiencia ha demostrado que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos sólo con ver un trabajo y juzgar el tiempo requerido para terminarlo.

Con el método de registros históricos, los estándares de producción se basan en los registros de trabajos similares, realizados con anterioridad. En la práctica diaria, el trabajador perfora una tarjeta en un reloj o aparato recolector de datos cada vez que inicia un nuevo trabajo y de nuevo cuando lo termina. Esta técnica informa cuánto tiempo llevó en realidad hacer el trabajo, pero no cuándo debió haber tardado. Estos registros proporcionan resultados más confiables que las estimaciones basadas sólo en el juicio, pero no proveen suficiente validez para asegurar costos de mano de obra equitativos y competitivos.

Cualquiera de las técnicas de medición de trabajo como estudio de tiempos con cronometro (electrónico o mecánico), datos de movimientos fundamentales, datos estándar, fórmulas de tiempos o estudios de muestreo del trabajo; representan mejores caminos para establecer estándares de producción. Estas técnicas se basan en hechos. Todas establecen estándares de tiempo permitido para realizar una tarea dada, con los suplementos por fatiga y por retrasos personales.

Los estudios de movimientos pueden ahorrar un porcentaje mayor de costos de manufactura que cualquier otra cosa que pudiéramos hacer en una planta de manufactura. Mediante el recurso de cambiar a una máquina por otra más automática, eliminamos o automatizamos muchos pasos de un proceso. Por ejemplo, se puede utilizar un troquel progresivo en un troqueladora para hacer fondos y tapaderas para cajas de herramientas. El método antiguo necesitaría de:

1. Dos operaciones de cizallado (para cortar el acero a lo ancho y a lo largo).
2. Dos operaciones de troquelado (para hacer muescas en las esquinas y perforar barrenos).
3. Dos operaciones de prensas dobladoras (para formar los cuatro costados).

El método antiguo necesitaba un total de trece horas para fabricar 1,000 componentes. El troquel progresivo hará todas esas operaciones de una sola vez y producirá 1,000 partes por hora, es decir una hora por cada mil. Si restamos una de las trece horas originales, habremos ahorrado doce horas por cada mil partes, es decir 24 horas por cada 1,000 cajas de herramientas. A la tasa de 15.00 dólares por hora, ahorraremos 360.00 dólares por 1,000 cajas de herramientas, pero, lo más impresionante es que eliminamos el 92% de la mano de obra del método anterior, así como suprimimos movimientos de componentes entre estaciones de trabajo. Además, eliminamos detenciones o demoras entre operaciones, con lo que

conseguiamos ahorriar aún mayores. Si utilizamos esa nueva máquina ocho horas por día, ahorraremos 1,440 dólares por día, es decir, 360,000 dólares al año (1,000 partes por hora x 12 horas x 1,000 x \$15.00 por hora x 8 horas por día x 250 días por año). Con esta cantidad compraríamos un equipo impresionante.

a. Requerimientos del estudio de tiempo.

Para entender la importancia que tienen los usos de los tiempos, debemos entender lo que queremos decir con el término estándar de tiempo. De acuerdo con su definición, es "el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las tres condiciones siguientes: (1) un operador calificado y bien capacitado, (2) que trabaja a una velocidad o ritmo normal, y (3) hace una tarea específica". Estas tres condiciones son esenciales para comprender un estudio de tiempos, por lo que es necesario un análisis adicional.

Operador calificado o bien capacitado. La experiencia es lo que hace que un operador sea calificado y esté bien capacitado, y el tiempo en el trabajo es nuestro mejor indicador. El tiempo requerido para convertirse en calificado varía según la persona y el trabajo. Por ejemplo, operadores de máquinas de coser, soldadores, tapiceros, mecánicos y muchos otros trabajos de alta tecnología requieren largos periodos de aprendizaje. El error más grande que comete el personal que se inicia en los estudios de tiempo es medir demasiado pronto los tiempos de alguien. Una buena regla práctica es comenzar con una persona calificada, totalmente capacitada, y darle dos semanas en el trabajo predeterminados. A primera vista estos estándares parecen exigentes o estrictos, porque los tiempos han sido establecidos para operadores calificados bien capacitados.

Ritmo normal solo se puede aplicar un estándar de tiempo para cada trabajo aun cuando las diferencias de los operadores produzcan resultados distintos. Un ritmo normal es cómodo para casi todos. En el desarrollo del concepto de ritmo normal, el 100% será el ritmo usual.

Una tarea específica es una descripción detallada de lo que debe ejecutarse. La descripción de la tarea deberá incluir:

1. El método prescrito de trabajo.
2. La especificación del material.
3. Las herramientas y equipo que se utilizarán.
4. Las posiciones de entrada y de salida del material.
5. Otros requisitos como seguridad, calidad, limpieza y faenas de mantenimiento.

El estándar de tiempo es bueno sólo para este conjunto de condiciones. Si algo cambia, el estándar de tiempo deberá cambiar.

Deben cumplirse ciertos requerimientos fundamentales antes de tomar un estudio de tiempos. Por ejemplo, si se requiere un estándar de una nueva tarea, o de una tarea anterior en la que el método o parte de él se ha alterado, el operario debe estar familiarizado por completo con la nueva técnica antes de estudiar la operación. Además, el método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use antes de iniciar el estudio. A menos que todos los detalles del método y las condiciones de trabajo se hayan estandarizado, los estándares de tiempo tendrán poco valor y se

convertirán en una fuente continua de desconfianza, resentimientos y fricciones internas.

Los analistas deben comunicar al representante del sindicato, al supervisor del departamento y al operario que se estudiará el trabajo. Cada parte puede hacer planes específicos y tomar las medidas necesarias para realizar un estudio coordinado y adecuado. El operario debe verificar que aplica el método correcto y debe estar familiarizado con todos los detalles de esa operación. El supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte, los lubricantes, etcétera, cumplen con las prácticas estándar, como lo establece el departamento de métodos. También ha de investigar la cantidad de material disponible para que no ocurran faltantes durante el estudio. Si dispone de varios operarios para el estudio, debe determinar quién tendrá los resultados más satisfactorios. El representante del sindicato se asegura que sólo se elijan operarios capacitados y competentes, debe explicarles por qué se realiza el estudio y responder a cualquier pregunta pertinente que surja de los operarios.

b. Responsabilidad del analista.

Todo trabajo involucra distintos grados de habilidad, lo mismo que de esfuerzo físico o mental. Existen también diferencias en aptitudes, aplicación física y destreza de los trabajadores. Es sencillo para el analista observar a un empleado y medir el tiempo real que le toma realizar su trabajo. Es más difícil evaluar todas las variables y determinar el tiempo requerido para que el operario "calificado" realice la tarea.

Debido a la cantidad de intereses humanos y reacciones asociadas con las técnicas de estudio de tiempos, es esencial que haya un entendimiento completo entre el supervisor, el empleado, el representante sindical y el analista de estudio de tiempos. Este último debe estar seguro de que se usa el método correcto, registrar con precisión los tiempos tomados, evaluar con honestidad el desempeño del operario y abstenerse de criticarlo.

Como los analistas de estudio de tiempos afectan de manera directa el bolsillo de los trabajadores y los balances de pérdidas y ganancias de las compañías, su trabajo debe ser confiable y minucioso.

c. Responsabilidad del supervisor

El supervisor debe notificar con antelación al operario que se estudiará su trabajo asignado. Esto abre el camino tanto para el operario como para el analista. El operario tiene la seguridad de que el supervisor sabe que se va a establecer una tasa sobre la tarea; con esto puede señalar algunas dificultades específicas que crea deban corregirse antes de establecer un estándar. Además, al analista de estudio de tiempos le agradecerá saber que se prevé su presencia en el área.

El supervisor debe verificar que se utiliza el método adecuado establecido por el departamento de métodos, y que el operario seleccionado es competente y tiene la experiencia adecuada en el trabajo.

d. Responsabilidad del Operario

Todo empleado debe tener el interés suficiente en el bienestar de la compañía y apoyar las prácticas y procedimientos que implante la administración. Los operarios deben probar con integridad los nuevos métodos y cooperar para eliminar las fallas características de muchas innovaciones. Hacer sugerencias para mejorar todavía más los métodos, debe aceptarse como parte de la responsabilidad de todo empleado. El operario está más cerca que nadie del trabajo y puede hacer contribuciones reales a la compañía si ayuda a establecer los métodos ideales.

Equipo para el Estudio de Tiempos

El equipo mínimo requerido para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos incluye un cronómetro, una tabla, las formas para el estudio y una calculadora de bolsillo, también puede ser útil un equipo de video grabación.

Cronómetro

El estudio de tiempos con cronómetros es la técnica más común para establecer los estándares de tiempo en el área de manufactura. El estándar de tiempo es el elemento más importante de manufactura y a menudo el estudio de tiempos por cronómetro es el único método aceptable tanto para la gerencia como para los trabajadores.

En la actualidad se usan dos tipos de cronómetros: 1) el cronómetro tradicional con décimos de minuto (0.01 min.) y 2) el cronómetro electrónico mucho más práctico. El cronometro decimal, mostrado en la figura 26, tiene cien divisiones en la carátula, y cada división es igual a 0.01 minutos, es decir, un recorrido completo de la manecilla larga requiere un minuto. El círculo pequeño de la carátula tiene 30 divisiones, cada una igual minuto. Entonces, por cada revolución completa de la manecilla larga, la corta se mueve a una división o un minuto.

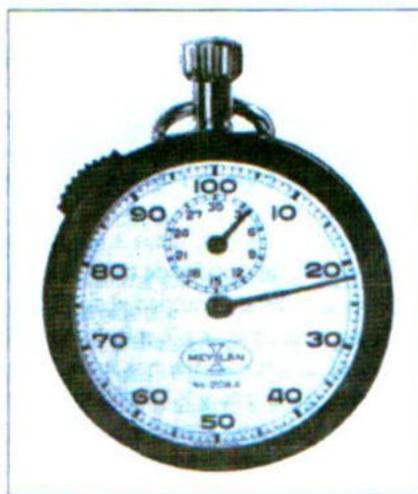


Figura 26 Cronometro minuterero digital.

Los cronómetros electrónicos cuestan alrededor de 50 dólares. Estos cronómetros proporcionan una resolución de 0.001 segundos y una exactitud de $\pm 0.002\%$. Ppesan cerca de 4 onzas y miden más o menos 4x2x1 pulgadas (véase fig. 27). Permiten tomar el tiempo de cualquier número de elementos individuales, mientras sigue contando el tiempo total transcurrido. Entonces, proporcionan tanto tiempos continuos como regresos a cero (botón C), sin las desventajas de los cronómetros mecánicos. Para operar el cronómetro, se presiona el botón superior (botón A). Cada vez que se presiona este botón aparece una lectura numérica. Al presionar el botón de la memoria (botón B) se obtienen las lecturas anteriores.

Con el costo de los cronómetros mecánicos de más de 150 dólares y la disminución en el precio de los electrónicos, los cronómetros mecánicos desaparecen con rapidez.

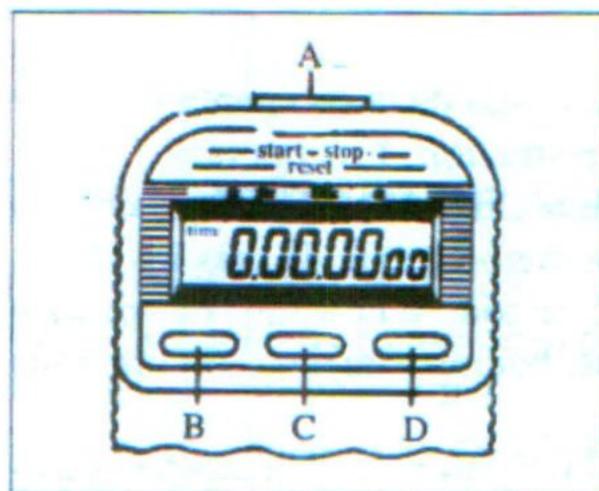


Figura 27 Cronómetro electrónico.

Tablas

Las tablas para los estudios de tiempos van desde las baratas de clip hasta las digitales con varios cronómetros, pero todas tienen el mismo objetivo: sujetar el equipo para facilitar su manejo. Si se utiliza un tabla de clip simple, el cronómetro debe tomarse con la misma mano. No es imposible, pero tampoco es cómodo.

Hay tablas con inserciones para sujetar tres cronómetros y la palanca común con que se oprimen los tres botones al mismo tiempo.

Cámara de Video

Una de las mejores herramientas recientes para el estudio y registro de métodos y estándares de tiempo es la cámara de video. La descripción de la operación es una parte importante del estudio de tiempos. El estándar sólo es válido en ciertas circunstancias; si algo cambia, es preciso modificarlo. Cuando se efectúa un cambio es un estándar de tiempo, a menudo reclaman los sindicatos debido a que la descripción de la operación no fue registrada con suficiente claridad.

La grabación en video de algunos minutos de la operación de una estación de trabajo solamente cuesta algunos centavos.

La cámara también sirve para grabar una operación y revisarla con el objeto de analizar y mejorar los métodos. Esto se conoce como estudio de micromovimientos. La cinta puede ser corrida a velocidad lenta o acelerada, o detenerse. Se puede reproducir de nuevo para poder observar cada mano a la vez. La cámara de video es una gran herramienta para mejorar los métodos.

Elementos del Estudio de Tiempos.

La realización de un estudio de tiempos es tanto una ciencia como un arte. Para asegurar el éxito, el analista debe poder inspirar confianza, aplicar su juicio y desarrollar un enfoque de acercamiento personal con quienes tenga contacto. Además, sus antecedentes y capacitación deben prepararlo para entender a fondo y realizar las distintas funciones relacionadas con el estudio. Estos elementos incluyen; seleccionar al operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus elementos, registrar los valores elementales de tiempos transcurridos, calcular la calificación del operario, asignar los suplementos adecuados; en resumen, llevar a cabo el estudio.

Procedimiento de Estudio de tiempos y el formulario paso a paso.

El procedimiento del estudio de tiempos se ha reducido a 10 pasos. El formulario respectivo está diseñado para ayudar al especialista a ejecutar tales pasos en la secuencia adecuada (la fig. 28 muestra un formulario de estudios de tiempos en blanco, con números circulados). Esta sección está organizada de acuerdo con la siguiente secuencia de 10 pasos:

- Paso 1:* Seleccionar el trabajo que se va a estudiar.
- Paso 2:* Hacer acopio de la información sobre el trabajo.
- Paso 3:* Dividir el trabajo en elementos.
- Paso 4:* Efectuar el estudio de tiempos propiamente dicho.
- Paso 5:* Hacer la extensión del estudio de tiempos.
- Paso 6:* Determinar el número de ciclos por cronometrar.
- Paso 7:* Calificar, nivelar y normalizar el desempeño del operador.
- Paso 8:* Aplicar tolerancias.
- Paso 9:* Verificar la lógica.
- Paso 10:* Publicar el estándar de tiempos.

En cada paso se define los recuadros adecuados del formulario. El número circulado se refiere al recuadro del formulario. El formulario está diseñado tanto para las técnicas de estudio de tiempos continuos como de restablecimiento rápido.

Paso 1: Seleccione el trabajo que se va a estudiar. Las solicitudes de un estudio de tiempos vienen de todas partes:

1. Los sindicatos pueden impugnar los estándares de tiempo y solicitar un nuevo estudio.
2. Los supervisores, que en parte son evaluados de acuerdo con el desempeño de sus subordinados, pueden solicitar un nuevo estudio.
3. Si el trabajo cambia, se necesita un nuevo estándar.
4. quizás se hayan añadido nuevos trabajos a la planta.
5. A veces se introducen nuevos productos que requieren sus propios estándares de tiempo.
6. Cualquiera puede mejorar los métodos, lo que hace necesario un nuevo estándar de tiempo.
7. Los programas de reducción de costo pueden requerir nuevos estándares: nueva maquinaria, herramientas, materiales, métodos, etcétera.

Una vez determinada la razón para el estudio de un trabajo, el técnico de estudios de tiempos puede encontrar que hay varias personas que realizan el mismo trabajo. ¿Con cuál de ellas hará el estudio de tiempos? La mejor respuesta es elegir dos o tres; pero a quienes no les interesa hacer el estudio de tiempos son:

1. Al más rápido. Los otros empleados pueden pensar que les va a pedir que aceleren el ritmo. Desde luego que usted puede hacer un buen trabajo de establecimiento de un estándar de tiempo con aquel operario, pero no querrá crear problemas personales entre los empleados.
2. Al más lento. Independientemente de cómo clasifique usted el trabajo y de lo bueno que sea el estándar de tiempo, los empleados se preguntarán cómo llegó a ese cálculo.
3. Empleados con actitudes negativas que afectarán su desempeño durante el estudio. Si puede soslayar un problema potencial, hágalo.

La persona o personas cuyos tiempos estudiarán, deben tener la antigüedad suficiente en el puesto para haber llegado a ser operadores calificados y bien capacitados. Por esta razón, en el formulario del estudio de tiempos se han incluido puntos 7 y 8.

7. Nombre del operador.

8. Meses en el trabajo.

El empleado debe tener en el puesto por lo menos dos semanas.

Una vez seleccionado el trabajo que se va a estudiar, queda determinada la siguiente información:

2. Número de parte.

3. Número de operación.

4. Número de plano.
5. Nombre de la máquina: nombre genérico como prensa, soldadora, torno, taladro, etcétera.
6. Número de la máquina: una máquina específica, con velocidades y alimentaciones específicas.
7. Departamento: el lugar donde está localizada la máquina (puede ser un número o un nombre)

Paso 2: Recabar información sobre el trabajo.

Una vez identificado el trabajo, el especialista debe reunir información con el propósito de comprender lo que debe llevarse a cabo. La información es la siguiente:

1. Descripción de la operación: una descripción completa de lo que se debe hacer.
4. Número de plano: remite a un esquema que muestra elementos como los siguientes:
 - a. **11 y 37:** Descripción del componente y especificación de los materiales (de ser necesario, en el reverso del formulario del estudio de tiempos hay espacio para el esbozo del producto).
 - b. **10** Número del herramental y tamaño de herramientas como dispositivos, tamaño de broca, etcétera.
 - c. **12** Alimentaciones y velocidades del equipo: depende del tamaño de los componentes y de las especificaciones de los materiales que se indican en los planos; deben registrarse.

13. Al revisar la estación de trabajo y antes de iniciar el estudio de tiempos, el especialista debe verificar lo siguiente:

- ✓ ¿Está bien la calidad? Control de calidad debe confirmar que la calidad del producto es elevada. ¿El operador verifica los componentes en el programa adecuado? Los estándares de tiempo de producción de desperdicio no tienen valor alguno.
- ✓ ¿Se ha verificado la seguridad? Si no están todos los dispositivos de seguridad en su lugar, el especialista estaría perdiendo el tiempo al establecer un estándar para un método incorrecto.
- ✓ ¿Es correcta la puesta en marcha? Éste es el momento para ver que el método apropiado, las herramientas y el equipo están en su sitio. ¿Están colocados correctamente materiales y herramientas? ¿Hay movimientos o elementos innecesarios que están ejecutando?

Se algo está mal, deberá corregirse antes de emprender el estudio de tiempos. Si hay que volver a capacitar al operador, el estudio de tiempos deberá ser propuesto hasta entonces.

36. Una parte importante del acopio de la información es la disposición física de la estación de trabajo. En el reverso del formulario del estudio de tiempos hay espacio para la disposición física de la estación de trabajo, pero quizás no sea necesario si ésta ya se encuentra en algún formulario anterior (formularios de multiactividad). La disposición física de la estación de trabajo es una de las mejores maneras de describir la operación.

Paso 3: Divida el trabajo en sus elementos.

Los elementos de los estudios de tiempos deben ser tan pequeños como sea posible, pero no menores a .030 min.

El elemento debe ser lo más describable posible. Los elementos deben estar en la secuencia exigida por los métodos y deben ser tan pequeños como resulte práctico.

Principios de división elemental.

1. Es mejor que haya demasiados elementos que muy pocos.
2. Los elementos deben ser tan breves como se posible, pero no menores a .030 minutos. Los elementos que tengan más de .200 minutos deben ser examinados para ver si aceptan una subdivisión adicional.
3. Los elementos que terminan con algún sonido son más fáciles de cronometrar, puesto que la vista puede fijarse en el cronómetro mientras el oído está atento al sonido.
4. Hay que separar los elementos constantes de los variables para mostrar un tiempo más verdadero.
5. Separe los elementos controlados por la máquina de los controlados por el operador, de manera que se pueda diferenciar el ritmo de trabajo.
6. Lo mejor son los puntos de ruptura naturales. Los puntos de inicio y de terminación deben ser reconocibles y de fácil descripción. Si la descripción del elemento no es clara, deberá reconsiderar la descripción o la división.
7. La descripción del elemento describe el trabajo completo y los puntos de terminación están marcados claramente.
8. Los elementos extraños deben listarse en el orden y en el momento en que ocurren.

Las razones para dividir un trabajo en elementos son las siguientes:

1. Facilitar la descripción del trabajo.
2. Las partes del trabajo tienen ritmos diferentes. El técnico de estudios de tiempos será capaz de calificar o evaluar mejor al operador. Los elementos controlados por la máquina serán constantes y valorados al 100%, en tanto que el operador puede ser más o menos eficiente en las diversas secciones del trabajo.
3. La división del trabajo en elementos permite trasladar una parte a otro operador. Esto se conoce como balanceo de la línea.
4. Los datos estándar pueden ser más precisos y de aplicación más universal con elementos más pequeños. Todo trabajo está conformado por elementos comunes. Después de varios estudios de tiempos, el especialista elabora fórmulas o gráficas para eliminar la necesidad de tales estudios. Los datos estándar son la meta de todos los departamentos de estudios de tiempos.

En nuestro formulario de estudios de tiempos hay dos columnas para los elementos:

14. # de elementos. Se trata de un número en secuencia que resulta útil cuando se cronometran más de 10 ciclos. En lugar de escribir cada vez todos los elementos, simplemente haga referencia al número del elemento.

15. Descripción de elemento. Hágala tan completa como sea posible. Los puntos de terminación deben ser claros.

27. Elementos extraños. Estos elementos extraños deben ser eliminados del estudio, pero no deseamos ocultar nada; por lo tanto, es necesaria una razón para descartar ese tiempo. Los elementos extraños se marcan con un asterisco (*) en el cuerpo del estudio y se remiten a este recuadro.

Paso 4: Efectúe el estudio de tiempos propiamente dicho: **16**.

Éste es el corazón del estudio de tiempos con cronómetro. El recuadro 16 en el formulario paso a paso sirve para registrar el tiempo de cada uno de los elementos. El formulario tiene espacio para ocho elementos (ocho renglones) y 10 ciclos (columnas) para 80 lecturas. La mayor parte de los estudios solamente tendrán de tres a cuatro elementos, por lo que en una hoja hay espacio para 20 ciclos. Este formulario se puede utilizar para estudios de restablecimiento rápido o continuos.

El estudio de tiempos continuo es la técnica más deseable para los estudios de tiempos. El cronómetro se deja en operación durante el estudio y se registran los tiempos de terminación de los elementos detrás de la "R" de lectura.

Ejemplo Continuo						
		1	2	3	4	5
Cargar y sujetar	R	0.16	0.83	1.5	2.17	2.83
	E					
Operar la máquina	R	0.56	1.23	1.9	2.57	3.23
	E					
Descargar y dejar a un lado	R	0.66	1.33	2.01	2.67	3.32
	E					

Observe que cada tiempo es cada vez mayor y que se ejecutaron cinco partes en un tiempo total de 3.32 minutos. En el paso 5 calculamos los tiempos elementales, pero en este instante todavía seguimos en la planta recolectando datos.

Los estudios de restablecimiento rápido le permiten al técnico leer el cronómetro y restablecerlo a cero inmediatamente para cronometrar el siguiente elemento. Exactamente el mismo estudio se muestra a continuación, empleando la técnica de restablecimiento rápido.

Ejemplo Continuo						
		1	2	3	4	5
Cargar y sujetar	R					
	E	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16
Operar la máquina	R					
	E	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Descargar y dejar a un lado	R					
	E	0.1	0.1	0.11	0.1	0.09

Observe que el tiempo elemental (E) ya está calculado. Observe el tiempo de carga y sujetar, los tiempos parecen coherentes: 0.16, 0.17, 0.17, 0.16 y 0.16. El tiempo para cargar y sujetar salta a la vista. Esta misma información aparecerá en un estudio de tiempos continuo, pero primero se requerirá mucha aritmética. En la técnica de estudios de tiempos de restablecimiento rápido, con la hilera "R" se califica al operador en cada uno de los elementos de trabajo (analizaremos esto con mayor detalle cuando veamos las secciones de calificación, nivelación y normalización).

Paso 5: Extensión del estudio de tiempos.

Ya que se han tomado los tiempos del estudio, empieza el verdadero trabajo. El método continuo continuo tiene un paso de más en comparación con el de restablecimiento rápido, por lo que nos concentramos en el método continuo. Después de una breve descripción de los pasos, se le dará a usted un problema de ejemplo de extensión.

16. Reste lectura anterior de cada una de las lecturas. La lectura previa del elemento era su tiempo de terminación y el principio de este elemento. La sustracción del tiempo de inicio del tiempo de terminación nos da el tiempo del elemento.

17. Total/ciclos. Este punto se refiere al tiempo total de los ciclos cronometrados apropiados. Algunos ciclos pueden ser eliminados, porque incluyen algo que no refleja el tiempo elemental. Estos elementos circulados se suprimen para consideraciones futuras. Los ciclos son el número de tiempos elementales aplicables incluidos en el tiempo total.

18. Tiempo promedio. El tiempo promedio es el resultado de dividir el tiempo total entre el número de ciclos. Es nuestro último ejemplo transcurrieron, en promedio, 0.40 minutos de tiempo de máquina.

19. % R. La calificación porcentual se refiere en nuestra opinión a la rapidez con que se desenvuelve el operador. La calificación dividida entre 100 y multiplicada por el tiempo promedio es igual al tiempo normal.

$$\text{Tiempo promedio} \times \frac{\% \text{ de calificación}}{100} = \text{tiempo normal}$$

20. Tiempo normal. El tiempo normal se define como el tiempo que demora un operador normal trabajando a ritmo cómodo en producir un parte. El tiempo normal se calcula arriba y se explica también en el paso **23**.

21. Frecuencia. La frecuencia indica cuántas veces se lleva a cabo una tarea; por ejemplo: sacar 1,000 partes de la estación de trabajo, trasladar la tina vacía al otro lado de la estación y traerla llena con 1,000 partes nuevas, sólo ocurrirá una vez en 1,000 ciclos (1/1,000). Si el control de calidad le pidiera al operador que inspeccionara una pieza de cada 10, en esta columna se colocaría 1/10. El uso de mayor importancia de esta columna es cuando el operador hace dos piezas a la vez; entonces se nota ½. Si lo que debe ir en la columna es 1/1, se puede dejar vacía.

22. Tiempo normal unitario. El tiempo normal unitario se calcula multiplicando la frecuencia por el tiempo normal.

Tiempo Normal		Frecuencia	=	Tiempo Normal Unitario
1.1600	X	1/1.000	=	.001 minutos
0.4000	¥	1/10	=	.040 minutos
0.1000	¥	½	=	0.50 minutos
0.0500	¥	1/1	=	0.50 minutos

Todos los elementos deben reflejar el tiempo para producir una unidad de producción. Nadie desea un estándar para parejas, y mezclar la frecuencia de las unidades nos llevará a malos estándares de tiempo. Aquí hay que tener cuidado.

Paso 6: Determine el número de ciclos a cronometrar.

La precisión del estudio de tiempos depende del número de ciclos cronometrados. Cuantos más ciclos se estudien, más preciso será el estudio. Prácticamente en todo el trabajo de estudio de tiempos se propone una precisión de $\pm 5\%$, con un nivel de confianza de 95%, por lo que la pregunta es ¿cuántos ciclos hay que estudiar para llegar a este grado de precisión?

Las gráficas y las tablas son más fáciles y costeables que las fórmulas. Las gráficas y las tablas (véase la Tabla 7, respectivamente):

$$N = \sqrt{N} = \frac{2R}{Ad^2x} \quad \text{o bien} \quad \frac{4R^2}{(A)^2(d_2)^2(x)^2}$$

N= Número de ciclos de estudio de tiempos.

R= Rango de la muestra de observaciones (valor más alto de los datos elementales menos el valor más abajo).

A= Precisión requerida ($\pm 5\%$ o $\pm 10\%$) (debe hacerse la extensión como un decimal ± 0.05 o ± 0.10 , etcétera).

d_2 = Constante utilizada para estimar la desviación estándar de una muestra. Es una función del tamaño de la muestra. Debe obtenerse de un tabla estadística.

x= Promedio aritmético; suma de las observaciones dividida entre su número.

Rango = R	No. de ciclos por cronometrar
0.1	2
0.2	7
0.3	15
0.4	27
0.5	42
0.6	61
0.7	83
0.8	108
0.9	138
1.0	169

Notas:

1. Si es aceptable una precisión del $\pm 10\%$, dividida el número de ciclos entre 4.
2. Un resultado superior a 169 significa que cronómetro a un operador poco diestro, que sus lecturas no son correctas o que sus elementos son demasiado pequeños.
3. Esta gráfica está impresa en la parte inferior de los formularios de estudios de tiempos de este libro.

Tabla 7. Número de ciclos por cronometrar para un precisión de 95% a $\pm 5\%$.

Los siguientes recuadros del formulario del estudio de tiempos sirven para calcular el número de ciclos necesarios.

23. El rango.
24. R / x es decir, el factor.
25. El más alto.
26. La tabla de factores.

El procedimiento para determinar el número de ciclos que se debe cronometrar es como sigue:

1. Haga un estudio de tiempos de 10 ciclos para trabajos que tengan menos de 2 minutos de duración, y de cinco ciclos para trabajos que duren más minutos.
2. Determine el rango (R) **23** de los tiempos de los elementos del trabajo. El rango es el tiempo elemental más alto, menos el menor. Cuanto menor sea este rango, menos ciclos se necesitarán para alcanzar el nivel de precisión.
3. El tiempo promedio ya ha sido determinado en la columna **18** del estudio; x es el símbolo del promedio aritmético.

Un ejemplo de un elemento de un trabajo es: 0.08, 0.09, 0.08, 0.08, 0.07, 0.08, 0.08, 0.10, 0.08, 0.09. El total de esos tiempos elementales es de 0.83; por lo tanto, el tiempo promedio es igual a $0.83 / 10 = 0.083$ minutos. El rango (R) es $0.10 - 0.07 = 0.03$.

4. Determine el factor R / x **24**; R / x es el rango dividido entre el tiempo promedio $R = 0.03$, $x = 0.083$, y $R / x = 36$.
5. Determine el número necesario de ciclos. El punto **26** del formulario es una lista de los factores más comunes. El número 0.36 de la tabla está al 60% del rango

entre 0.3 y 0.4. Sesenta por ciento de la diferencia entre 27 y 15 ciclos es 7.2 ciclos; por lo que será necesario cronometrar 23 ciclos ($7.2 + 15 = 22.2$). Para tener un estudio de tiempos de $95\% \pm 5\%$ de precisión, el especialista deberá regresar al trabajo y medir otros 13 ciclos (véase Tabla 7). Son posibles factores en exceso de 1.0.

Distribución normal

El número de ciclos que se debe cronometrar se basa en las leyes de probabilidad. Si reuniéramos datos de cualquier característica de un grupo grande de individuos o midiéramos cierto aspecto de un número grande de componentes y a continuación trazáramos la frecuencia de cada observación, la distribución resultante adoptaría la forma de una curva simétrica en forma de campana. Esta distribución se conoce como *distribución normal* o de Gauss y es de gran importancia en cualquier estudio estadístico. Aunque hay muchas otras formas de distribución, la mayor parte de los fenómenos de la naturaleza y la industria exhiben una distribución normal o bien una que se acerca tanto a la normal que se les aplica las leyes de probabilidad.

Es fácil comprender las distribuciones normales. En esos casos, la mayor parte de los valores están agrupados alrededor de un valor central o promedio. Conforme difieren de este valor promedio y el tamaño de la diferencia aumenta, se reduce su frecuencia u ocurrencia. Visualice un empleado que necesita en promedio 15 minutos para ejecutar una tarea. Sabemos por experiencia que algunas veces demorará un poco más y otras se tardará un poco menos. Sin embargo, rara vez tomará mucho menos o mucho más del tiempo promedio. Al cabo de un periodo muy prolongado, tendrá una cantidad aproximadamente igual de lecturas muy bajas y muy altas, pero no muchas.

Desviación estándar

En cualquier distribución normal, el promedio indica el valor central (alrededor del que se agrupan la mayor parte de los datos) pero no que tan variables o distribuidos están. Imagine dos grupos de empleados que ejecutan la misma tarea. Un grupo está formado por miembros con la misma capacitación y experiencia que, en cambio, en los empleados del segundo grupo son variadas. Aunque el tiempo promedio por empleado de ambos grupos pudiera ser el mismo (30 minutos), los tiempos individuales del primer grupo podría estar en un rango de 25 a 35 minutos y los del segundo grupo de 10 a 50 minutos. ¿Diría usted que ambas distribuciones son iguales? Naturalmente que no. Ambas son normales y tienen el mismo promedio, pero no tienen la misma dispersión o variabilidad. La cifra que indica el grado de variabilidad o de dispersión de una población se conoce como *desviación estándar* y se simboliza con una *s*. Cuanto mayor sea la variabilidad, es decir la dispersión de los datos, mayor será la desviación estándar.

Paso 7: Califique, nivele y normalice el desempeño del operador.

19. % de calificación o evaluación es la opinión del especialista respecto al desempeño del operador. Calificación, nivelación y normalización quieren decir lo mismo, y a partir de ese punto utilizaremos el término calificación. La calificación es el aspecto más discutido de los estudios de tiempos y movimientos y, por dicha razón, es el tema de mayor importancia.

$$\text{Tiempo promedio X} \frac{\text{calificación}}{100} = \text{tiempo estándar}$$

$$18 \quad 19 \quad 20$$

Paso 8: Aplique tolerancias **29**.

Se agregan tolerancias al estudio de tiempos para hacer más práctico el estándar de tiempo.

$$\text{Tiempo normal tota} + \text{ tolerancias} = \text{ tiempo estándar}$$

$$28 \quad 29 \quad 30$$

Hay varios métodos para aplicar tolerancias y varios tipos de tolerancias.

Paso 9: Revise la lógica.

Una vez hechas las extensiones del estudio de tiempos, se verifica la lógica de dos maneras:

1. El tiempo promedio **18** debe parecerse a los tiempos elementales. Si se cometió algún error en las sumas, la prueba de la lógica nos ahorrará una equivocación. Los errores más frecuentes se cometen con los decimales. Tenga cuidado de no caer en ellos, pues se ven mal: el 1,000% de los errores resulta de poner el punto decimal solamente un lugar, por lo que es muy importante ser consistente en la colocación de los puntos decimales.
 - a. Lea los cronómetros en dos decimales: 0.01.
 - b. A partir de los tiempos promedios, utilice tres decimales: 0.001.
 - c. Las horas por unidad tienen cinco decimales: 0.00001.
2. La segunda prueba lógica es el tiempo normal total total de una unidad. Durante su estudio, usted cronómetro un número específico de componentes en tiempo determinado; por ejemplo, 10 ciclos en 7.5 minutos (7.5 fue la última lectura de la décima columna). El tiempo promedio debe ser de alrededor de 0.75 minutos para cada uno. ¿Se acerca al tiempo normal total? De no ser así, hay un error importante. Advertencia: no olvide que si el operador está produciendo dos a la vez, fabrica dos veces más componentes.

Paso 10: Haga público el estándar de tiempo.

Se requieren tres cifras para comunicar un estándar de tiempo:

1. Minutos decimales: **30**.
2. Horas por unidad: **31**.
3. Piezas por hora: **32**.

Empezando con los minutos estándar, dividir **30** entre 60 minutos por hora, nos da horas por unidad **31**; las piezas por hora **32** es $1/x$ de **31** (dividida uno entre las horas por unidad).

Toda empresa tiene un método para registrar la información de estándares de tiempo. La computadora es el método más común de almacenar y comunicar a todos cuál es el estándar de tiempo de cada trabajo.

Queda por analizar algunos datos en el formulario paso a paso del estudio de tiempos:

- 23.** Ingeniero. Aquí pone su nombre el especialista del estudio de tiempos.
- 34.** Fecha. Un estudio de tiempos con la fecha incompleta no tiene ningún valor.
- 35.** Aprobado por. Aquí firma el jefe de ingenieros o el gerente aprobado su trabajo. Usted jamás llena este cuadro.

Bibliografías

Autor	Título	Editorial
Ramírez, Cesar	Ergonomía y Productividad	LIMUSA
Niebel, B.W.	Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos	ALFAOMEGA
Krick, Edgard	Ingeniería de Métodos	LIMUSA
Castanyer	Control de Métodos y Tiempos	MARCOMBO
Orozco, Martha	Operaciones Unitarias	LIMUSA
Janania, Abraham	Manual de Seguridad e Higiene Industrial	LIMUSA
Martínez, Jesús	Introducción al Análisis de Riesgos	LIMUSA
Trujillo	Elementos de Ingeniería Industrial	LIMUSA
Hernández, Alfonso	Seguridad e Higiene Industrial	LIMUSA