



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

**TES OEM**  
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Tecnológico De Estudios Superiores Del Oriente Del  
Estado De México

***APUNTES DE LA ASIGNATURA DE:  
"ESTUDIO DEL TRABAJO II"***

*"Si el tiempo es lo más caro, la pérdida de tiempo es el mayor de los derroches."*

**Benjamin Franklin**



PROFESOR:

Ing. Israel Escobar Ojeda

La Paz, Estado de México a 30 de julio de 2010

## Índice

Objetivo general .....	1
Unidad I. Seguimiento de métodos y uso de los estándares de tiempos .....	1
Objetivo de la unidad I.....	1
1.1 Método para el seguimiento. ....	1
1.2 Propósito de los estándares de tiempos.....	2
1.2.1 Base para equilibrar la fuerza laboral con el trabajo disponible.....	2
1.2.2 Base para cotización de nuevos productos. ....	3
1.2.3 Base para control presupuestal. ....	4
1.2.4 Base para primas de supervisión.....	6
1.2.5 Cumplimiento de las normas de calidad. ....	6
1.2.6 Elevación de los estándares de personal. ....	9
1.2.7 Simplificación de los problemas de dirección de la empresa. ....	10
1.2.8 Mejoramiento del servicio a los consumidores.....	15
Unidad II. Balanceo de líneas.....	20
Objetivo de la unidad II.....	20
2.1. El concepto de ensamble del producto.....	21
2.2. Perspectiva histórica del ensamble progresivo.....	21
2.3. Conceptos básicos del balanceo de la línea de ensamble.....	22
2.4. Elementos a considerar en el balanceo de líneas.....	22
2.4.1. Pronóstico de ventas. ....	23
2.4.2. Producción requerida. ....	23
2.4.3. Capacidad disponible. ....	24
2.4.4. Distribución de planta. ....	24
2.5. Métodos de balanceo de líneas.....	26

2.5.1. Método propuesto por M. E. Slaveson.....	26
2.5.2. Método de solución por enumeración exhaustiva de J. R. Jackson.....	27
2.5.3. Técnica de ponderación por rango posicional de W. B. Helgeson y D. P. Birnie. ....	27
2.5.4. Otros. ....	30
2.6. Balanceo de líneas de ensamble para la producción simultánea de más de un modelo.....	31
2.7. Balanceo de líneas asistido por computadora. ....	32
2.7.1. Uso de la hoja electrónica de cálculo.....	32
Unidad III. Sistemas de tiempos predeterminados. ....	34
Objetivo de la unidad III.....	34
3.1. Introducción a los tiempos predeterminados ....	34
3.1.1. Definición de los STPD.....	34
3.1.2. Historia y desarrollo de los STPD.....	35
3.1.3. Ventajas de los STPD. ....	36
3.1.4. Inconvenientes de los STPD. ....	37
3.1.5. Clasificación de los STPD. ....	37
3.2. Introducción al MTM-2.....	38
3.3. Desarrollo del MTM-2. ....	38
3.4. Unidades de medida del tiempo MTM-2. ....	39
3.5. Elementos MTM-2. ....	40
3.5.1. Obtener. ....	40
3.5.2. Poner.....	41
3.5.3. Volver a Coger. ....	42
3.5.4. Aplicar Presión. ....	43
3.5.5. Acción ocular.....	44
3.5.6. Movimiento del pie.....	45
3.5.7. Paso.....	45

3.5.8. Agacharse y levantarse.....	46
3.5.9. Factores de peso.....	46
3.5.10. Manivela.....	47
3.6. Combinaciones de movimientos.....	48
3.7. Consideraciones en la aplicación del MTM-2. ....	49
3.7.1. Determinación del tiempo estándar por observación directa.....	51
3.7.2. Ídem anterior, por visualización y simulación.....	52
3.8. Aplicaciones de MTM-2 a casos prácticos.....	52
Unidad IV. Determinación de datos estándares en operaciones de maquinado. ....	62
Objetivo de la unidad IV. ....	62
4.1. Finalidad de los datos estándares. ....	62
4.2. Obtención de los datos estándares. ....	63
4.3. Cálculo de tiempos de corte. ....	64
4.3.1. Trabajos de taladro.....	65
4.3.2. Trabajos de torno. ....	66
4.3.3. Trabajos de fresadora. ....	67
4.3.4. Trabajos de cepilladora y sierra alternativa. ....	67
4.3.5. Trabajos de sierra-cinta.....	68
4.4. Determinación de los requisitos de potencia. ....	68
4.5. Trazo de gráficas (o curvas). ....	69
4.6. Empleo de los datos estándares. ....	70
4.7. Aplicación a casos prácticos.....	71
Unidad V. Muestreo del trabajo. ....	82
Objetivo de la unidad V. ....	82
5.1. Definición. ....	82
5.2. Antecedentes históricos. ....	83
5.3. Usos del Muestreo de Trabajo.....	83

5.4. Ventajas y desventajas.....	84
5.5. Teoría del Muestreo de Trabajo. ....	85
5.6. Exposición aprobatoria del Muestreo de Trabajo.....	86
5.7. Planeación de un Muestreo de Trabajo. ....	86
5.7.1. Selección del trabajo y actividades a observar. ....	87
5.7.2. Trabajadores involucrados. ....	87
5.7.3. Layout, recorrido físico y puntos de observación. ....	88
5.7.4. Estudio preliminar.....	88
5.7.5. Cómo establecer los niveles de confianza y el porcentaje de error admisible.....	89
5.7.6. Cálculo del número de observaciones (tamaño de la muestra).....	89
5.7.7. Elección y extensión del periodo a muestrear.....	90
5.7.8. Determinación aleatoria de los horarios de las observaciones. ....	90
5.7.9. Preparación de los formatos de registro. ....	91
5.7.10. Cómo efectuar las observaciones.....	91
5.7.11. Procesamiento de la información recopilada. ....	91
5.7.12. Emisión del reporte correspondiente. ....	92
5.8. Uso de videocámaras para análisis aleatorio de actividades..	92
5.9. Empleo de los diagramas de control en el Muestreo de Trabajo.....	93
5.10. Aplicaciones del Muestreo de Trabajo.....	93
5.10.1. Determinación de tiempos productivos e improductivos de mano de obra y/o maquinaria.....	93
5.10.2. Establecimiento de estándares de mano de obra directa e indirecta.....	96
5.10.3. Cálculo de la capacidad de producción. ....	97
5.10.4. Establecimiento de márgenes o tolerancias. ....	98

5.11. Auto-observación.....	98
5.12. Muestreo de Trabajo asistido por computadora.....	99
5.13. Entrenamiento y preparación de los analistas en Muestreo de Trabajo.....	99
Unidad VI. Análisis y valuación de puestos. ....	100
Objetivo de la unidad VI. ....	100
6.1. Importancia del estudio del trabajo para la descripción del puesto en la valuación del mismo.....	100
6.2. El estudio del trabajo en la estructura de salarios.....	100
6.3. El estudio del trabajo en los planes de incentivos.....	101
Bibliografía .....	103
Anexos .....	104

## Objetivo general de la materia:

Determinar estándares de tiempo, simplificación del trabajo, estructurar sistemas de salarios e incentivos y diseñar estaciones de trabajo.

## Unidad 1. Seguimiento de métodos y uso de los estándares de tiempos.

### Objetivo:

Saber utilizar el estándar de tiempo para la planeación de los recursos.

El seguimiento de métodos es el medio por el cual se le da alcance a nuestros objetivos. Dicho en otra forma: para poder hacer cualquier producto es necesario ejecutar una serie de pasos u operaciones (método) y cuando estos pasos se van realizando es preciso verificarlos como se planearon (seguimiento).

### 1.1 Método para el seguimiento.

Cuando se implantan nuevos métodos de trabajo es necesario asegurarse de que se está respetando al pie de la letra estas indicaciones, y a las acciones que se tomen para dicho fin se les considerará como el “método para el seguimiento”.

Si recordamos el proceso administrativo (figura 1), veremos que consta de cuatro etapas: de las cuales la primera es la de planear, donde se registran las pretensiones de quien realiza la administración; la segunda etapa es la de organizar, donde se deslindan responsabilidades a miembros de dicha organización; la tercer etapa es la de dirigir, donde el responsable de la administración y/o área coordina y verifica que lo que se planeo (etapa 1) y organizo (etapa 2) se lleve a cabo, en otras palabras se le da seguimiento a los métodos. En caso de no cumplir con lo planeado se tienen que tomar acciones correctivas (etapa 4).

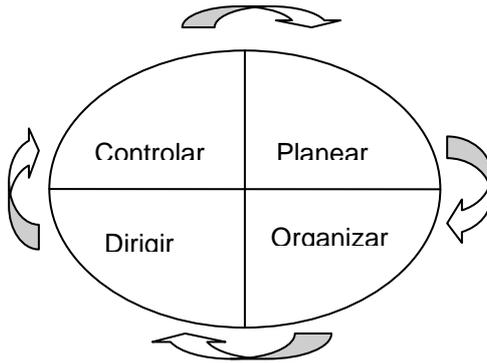


Figura 1. Proceso administrativo

Con lo que se concluye que el método para el seguimiento es una serie de pasos para verificar que los requerimientos del cliente se cumplan; entre ellos uno de los más importantes es la fecha de entrega del pedido.

## 1.2 Propósito de los estándares de tiempos.

En las acciones emprendidas para el “seguimiento de métodos” siempre deberá estar basada en el estándar de tiempo; ya que “una operación que no sigue estándares funciona por lo regular al 60% de tiempo, en tanto que aquella que trabaja con estándares alcanza un rendimiento del 85%” (Meyers 2000:22). Además que el estándar de tiempo nos ayuda a determinar información muy necesaria para producción como por ejemplo calcular costos, número de operadores, número de máquinas necesarias para el proceso, así como balancear el proceso, entre otras.

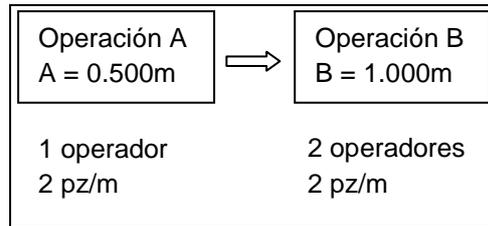
### 1.2.1 Base para equilibrar la fuerza laboral con el trabajo disponible.

El estándar de tiempo como base para equilibrar la fuerza laboral es el principio básico de un balanceo de línea, en otras palabras: se trata de nivelar el trabajo para cada persona.

Un ejemplo sencillo de esto es lo siguiente:

Si el proceso A se lleva  $\frac{1}{2}$  minuto, un trabajador producirá 2 pz/m; y el proceso B se lleva 1 minuto, el trabajador del proceso B sacará solamente 1 pz/m. Y al cabo de un cierto tiempo tendría un acumulación de trabajo en la operación B, creando lo que se conoce como cuello de botella. Para poder equilibrar la fuerza de trabajo es

necesario poner un hombre más en la operación B. Para que salgan las mismas piezas por minuto y eliminar los cuellos de botella (figura 2).



*Figura 2. Equilibrio de fuerzas de trabajo*

Dicho de otra forma, teniendo tiempos estándar se podrá repartir la carga de trabajo requerido de forma equitativa en un centro de trabajo.

### 1.2.2 Base para cotización de nuevos productos.

Para poder vender un producto en el mercado y obtener una ganancia, es necesario calcular los costos (por producto) de materia prima (M. P. en lo subsecuente) y mano de obra (M. O. en lo subsecuente), así como saber cuáles serán los costos administrativos, solo por mencionar de los que más se manejan en el área de la ingeniería industrial.

El costo real de M. P. y M. O. son importantes para poder establecer el valor del producto, de lo contrario sería una cuestión de azar. En muchas industrias estos dos costos representan el 60%<sup>1</sup> de los costos totales.

Una vez que se tienen estos dos costos, a veces se les incrementa un porcentaje a esta cantidad, a éste se le conoce como factor miedo<sup>2</sup>. Después de esto se realiza una regla de tres para obtener el 100% de los costos, obteniendo así el costo de fábrica.

Ejemplo:

Producto: cubierta		Costo	
Área	Material	M. P. (\$/pz)	M. O. (\$/pz)
Habilitado	L. A. P.	112.5	0.90
	MDF	80	

<sup>1</sup> Cabe señalar que cuando se llega a una industria como nuevo, el ingeniero industrial tiene que preguntar al responsable administrativo ¿Cuál es el porcentaje de estos dos costos?, para que los cálculos por realizar sean correctos.

<sup>2</sup> El factor miedo es un porcentaje (normalmente del 15 al 25%) que se incrementa como medida preventiva, esto se da con frecuencia en los ingenieros inexpertos, ya que seguido omiten algún material.

	Backer	16.25	
Prensa			1.06
Dimensionado			0.39
Reuter			1.46
Armado	PVC	4.44	0.14
Total		213.19	3.95

*Tabla 1. Costo/pieza*

El costo de M. P. y M. O. es de 217.14 \$/pz.

Aplicando el factor miedo (15%) 249.71\$/pz.

Sí 249.71 \$/pz es el 60% de los costos. Entonces el 100% es de 416.18 \$/pz, lo que nos representa el costo de fábrica.

Una vez que se tiene el costo de fábrica solo se tiene que aumentar lo que pretende ganar la empresa (para el ejemplo considérese el 30% de ganancia), considerando que el precio de venta, es el 100%.

Como se quiere ganar el 30% entonces:  $100\% - 30\% = 70\%$ .

Dicho de otra forma: los 416.18 \$/pz son el 70% del precio de venta.

Sí 416.18 \$/pz es el 70% entonces el 100% es 594.54 \$/pz.

Los 594.54 \$/pz multiplíquese por la cantidad de piezas que solicita el cliente, para obtener la cotización de las cubiertas.

Cabe resaltar que la importancia de los tiempos estándares es vital, ya que sin ellos, no se podría calcular los costos de M. O. por pieza (se profundizara en la aplicación de los tiempos estándar para el costo de M. O. en la unidad 4).

### 1.2.3 Base para control presupuestal.

El control presupuestal es un conjunto de procedimientos y recursos que usados con pericia y habilidad, sirven a la ciencia de la administración para planear, coordinar y controlar, por medio de presupuestos, todas las funciones y operaciones de una empresa con el fin de que obtenga el máximo rendimiento con el mínimo de esfuerzo.

La primera utilidad que nos reportan los presupuestos, es basar el plan de acción que se elabore para la empresa en cuidadosas investigaciones, estudios y estadísticas disponibles.

Proceso de elaboración de los presupuestos.

Se recomienda se haga de acuerdo a áreas de responsabilidad, que por lo general coinciden con los departamentos que forman el organigrama de la empresa. El Catálogo de Cuentas debe ser uniforme y que tenga las mismas subcuentas para los gastos operativos existentes, con el fin de consolidar la información y tener un conocimiento exacto de los gastos totales de la empresa por concepto.

Elementos de los presupuestos.

Los principales elementos con que cuenta el presupuesto para llevar a cabo su función son. El estándar, las reglas, los estados financieros, el organigrama, el instructivo, el manual de organización, los procedimientos, las políticas y las normas.

El estándar. Es un patrón o nivel determinado para las actividades que contribuyen a hacer más eficiente y expedito el control.

Las reglas. Son guías de acción concretas que han sido formuladas con anterioridad y que sirven para que los trabajadores se enteren de las condiciones en que deben efectuarse las actividades designadas.

Los estados financieros. Son el resumen numérico que muestran los resultados de las transacciones financieras en un negocio.

El organigrama. Consiste en hojas o cartulinas en las que un puesto de un jefe se presenta por un cuadro que encierra el nombre de este puesto (en ocasiones de quien lo ocupe) representándose por la unión de los cuadros mediante líneas, los canales de la autoridad y responsabilidad.

Los procedimientos. Son aquellos planes que señalan la secuencia cronológica más eficiente para obtener los mejores resultados en cada función concreta de la empresa.

Las políticas. Son uno de los medios básicos para poder delegar autoridad, ya que sin ellas es imposible que el delegado ejecute su función con el sentido que el delegante necesita para lograr los objetivos propuestos.

Las normas. Son una proposición general aplicable a una serie de fenómenos. Una norma puede considerarse como una medida establecida, algo que se trata de lograr, un modelo de comparación, un medio de comparar una cosa con otra.

Todos los puntos anteriores, son elementos de los cuales se vale el presupuesto para su elaboración, adaptación y desarrollo.

### 1.2.4 Base para primas de supervisión.

Cualquier tipo de prima de supervisión ligada a la productividad, dependerá directamente de que tengan métodos y tiempos estándares equitativos. Y puesto que los obreros reciben más y mejor atención supervisora según un plan en que las bonificaciones de los supervisores están relacionadas con el rendimiento, la mayor parte de los planes de supervisión dan consideración a la productividad de un operario como el criterio principal para fijar tales primas o bonificaciones. Otros factores que suelen considerarse en las bonificaciones de supervisor son los costos de mano de obra indirecta, costo de los desperdicios, calidad del producto y mejoramiento de los métodos.

### 1.2.5 Cumplimiento de las normas de calidad.

El proceso administrativo (ver punto 1.1) también conocido como círculo de Deming, es la base de la familia de las ISO 9000<sup>3</sup>, ya que tiene el “enfoque basado en procesos”<sup>4</sup> y este a su vez se basa en la metodología PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), que se puede decir que es la evolución del proceso administrativo; y como ya se menciono consta de varias etapas, solo que la ISO 9001:2000 tiene la siguiente estructura:

1. *Objeto y campo de aplicación.*
2. *Referencias normativas.*
3. *Términos y definiciones.*
4. *Sistema de gestión de la calidad.*
5. *Responsabilidad de la dirección.*
6. *Gestión de los recursos.*
7. *Realización del producto.*
8. *Medición, análisis y mejora.*

Y si nosotros aplicamos la metodología PHVA a la estructura de la ISO 9001:2000, quedaría de la siguiente forma:

Planear

- 4.1 Requisitos generales.
- 5.1 Compromiso de la dirección.
- 5.2 Enfoque al cliente.

---

<sup>3</sup> La familia de normas ISO 9000 son normas de calidad, establecidas por la [Organización Internacional para la Estandarización](#) (ISO).

<sup>4</sup> Un “Proceso” puede definirse como un “conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” (Comité Técnico ISO/TC 176, 2006:3).

- 5.3 Política de calidad.
- 5.4.1 Planificación: Objetivos de calidad.
- 5.4.2 Planificación del sistema de gestión de la calidad.
- 5.5.2 Representante de la dirección.
- 7.1 Planificación de la realización del producto.
- 7.3.1 Planificación del diseño y desarrollo.

Hacer

- 4.2.1 Generalidades de documentos.
- 4.2.2 Manual de calidad.
- 5.5.1 Responsabilidad y autoridad.
- 5.5.3 Comunicación interna.
- 5.6.2 Información para la revisión.
- 5.6.3 Resultados de la revisión.
- 6.1 Provisión de recursos.
- 6.2.2 Competencia, toma de conciencia y formación.
- 6.3 Infraestructura.
- 6.4 Ambiente de trabajo.
- 7.2.1 Determinación de los requisitos relacionados con el producto.
- 7.2.3 Comunicación con el cliente.
- 7.3.2 Elementos de entrada para el diseño y desarrollo.
- 7.3.3 Resultados del diseño y desarrollo.
- 7.4.1 Proceso de compras.
- 7.4.2 Información de las compras.
- 7.5.4 Propiedad del cliente.
- 7.6 Control de los dispositivos de seguimiento y de medición.
- 8.4 Análisis de datos.
- 8.5.3 Acción preventiva.

Verificar

- 4.2.3 Control de documentos.
- 4.2.4 Control de registros.

- 5.6.1 Generalidades de revisión.
- 6.2.1 Generalidades de recursos humanos.
- 7.2.2 Revisión de los requisitos relacionados con el producto.
- 7.3.4 Revisión del diseño y desarrollo.
- 7.3.5 Verificación del diseño y desarrollo.
- 7.3.6 Validación del diseño y desarrollo.
- 7.3.7 Control de los cambios del diseño y desarrollo.
- 7.4.3 Verificación de los productos comprados.
- 7.5.1 Control de la producción y de la prestación del servicio.
- 7.5.2 Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio.
- 7.5.3 Identificación y trazabilidad.
- 7.5.5 Preservación del producto.
- 8.2.1 Satisfacción del cliente.
- 8.2.2 Auditoría interna.
- 8.2.3 Seguimiento y medición de los procesos.
- 8.2.4 Seguimiento y medición del producto.
- 8.3 Control del producto no conforme.
- 8.4 Análisis de datos.
- 8.5.1 Mejora continua.
- 8.5.2 Acción correctiva.

Actuar

- 8.1 Generalidades de la medición, análisis y mejora.
- 8.2 Seguimiento y medición.
- 8.3 Control del producto no conforme.

Ahora bien, sí observamos este análisis nos podemos dar cuenta que para poder controlar algo, se necesita un patrón, y de esta forma cumplir con los requerimientos (características internas y externas del producto, así como las condiciones de tiempo) que establecieron nuestros clientes. Y como es de esperarse, esto se logra gracias al estándar de tiempo.

### 1.2.6 Elevación de los estándares de personal.

El costo de los profesionales es una proporción considerable del presupuesto total de gastos. En muchas operaciones de negocios y manufactura los salarios profesionales de empleados en ingeniería, contabilidad, compras, ventas y administración general representan una parte significativa del costo total. Si la productividad de estos empleados se puede mejorar aunque sea en un pequeño porcentaje, el impacto global en el negocio de la firma es cuantioso. Establecer estándares para los empleados profesionales y usarlos como metas a lograr, mejorará la productividad de manera inevitable.

Las dificultades para desarrollar estándares profesionales son, primero, determinar qué contar y, segundo, determinar el método para contar ese producto. Al determinar qué contar, el analista puede iniciar por establecer los objetivos de los puestos de los profesionales.

En el desarrollo de estándares profesionales deben observarse los siguientes puntos:

- 1) Cada administrador debe participar en el establecimiento de estándares para sus subordinados profesionales. Los estándares profesionales deben desarrollarse en conjunto con los empleados y sus supervisores.
- 2) Los estándares deben basarse en resultados y, al establecerlos, deben incluir las mediciones de referencia.
- 3) Los estándares deben ser realistas en cuanto a que, al menos la mitad del grupo respectivo pueda lograrlos.
- 4) Los estándares se deben auditar y revisar periódicamente si es necesario.
- 5) Es útil hacer un muestreo del trabajo de los administradores para asegurar que tienen apoyo de empleados y administrativos y que usan su tiempo con buen juicio.

### 1.2.7 Simplificación de los problemas de dirección de la empresa.

Dentro de algunos de los problemas de la dirección de la empresa se controlan mediante la aplicación de los estándares de tiempos como se menciono en el propósito de los mismos; como por ejemplo:

Una de las primeras preguntas al establecer una nueva operación de un nuevo producto es: ¿Cuántas maquinas necesitamos?

Necesitamos conocer 2 cosas:

¿Cuántas piezas necesitamos fabricar por turno?

¿Cuánto tiempo se requiere para fabricar una pieza?

Una vez que se tienen estos datos se procede a desarrollar los siguientes pasos:

#### 1. PIEZAS/DIA. (TURNO)

El departamento de ventas (hoy 4 de marzo de 2009) requiere 3000 piezas para el 12 de marzo de 2008. Se trabaja semana inglesa. Trabajan una jornada de 9 hrs. 5, 6, 9, 10 y 11; cinco días para 3000 = 600 pz/día.

#### 2. TIEMPO ESTÁNDAR.

Se necesitan 0.35m para cada producto

#### 3. JORNADA DE TRABAJO EN MINUTOS.

Las hrs. Por turno son 9 hrs x 60 m = 540m

#### 4. DETERMINACION DEL TIEMPO PERDIDO.

1 hr (60m) de tiempo perdido

#### 5. DETERMINACION DEL TIEMPO REAL DE TRABAJO.

(Jornada de trabajo) – (tiempo perdido)

540 – 60 = 480m/turno

#### 6. DETERMINACION DEL TIEMPO AL RENDIMIENTO DE LA PLANTA.

Considerando un rendimiento del 80 %

(Tiempo real de trabajo) \* (Rendimiento)

$$480m \times 0.80 = 384m$$

7. DETERMINACION DEL RITMO DE PLANTA (TIEMPO TAKT).

(Tiempo al rendimiento de la planta) / (Piezas/día)

$$(384m) / (600pz/día) = 0.64 m/unidad \text{ ó } 1.56 \text{ unidades/m}$$

8. DETERMINACION DEL NUMERO DE MAQUINAS.

(Tiempo estándar del proceso) / (Ritmo de planta)

$$(0.350m) / (0.64 m/unidad) = 0.5468 \text{ unidades}$$

Redondeando siempre al número inmediato superior nos arroja el número de maquinas que requerimos para ese proceso. Lo que quiere decir que para este ejemplo se requiere 1 maquina.

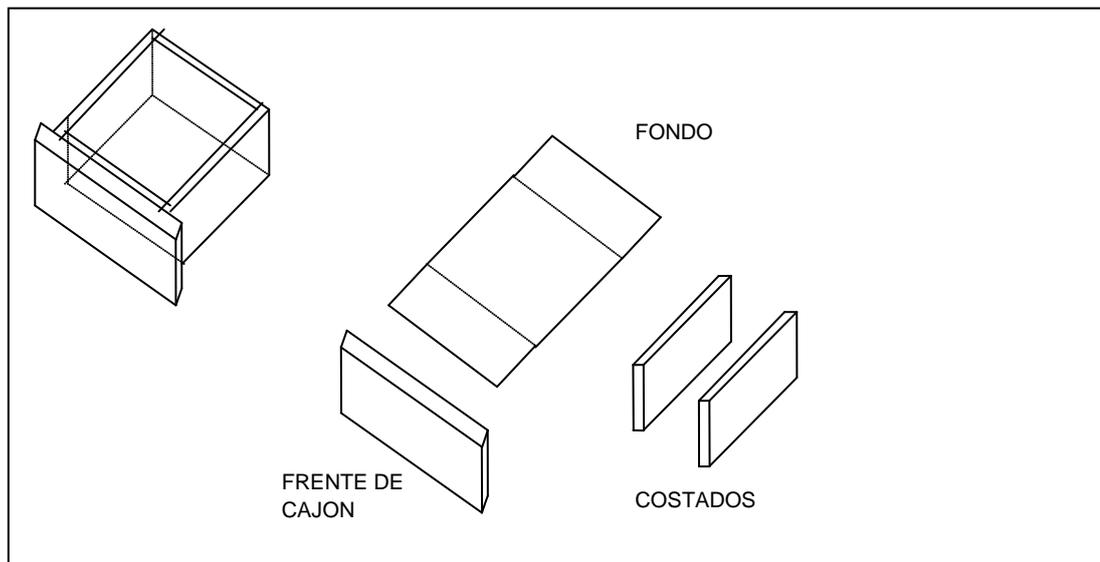
Y un ejemplo para el cálculo de los hombres es el siguiente:

Para la elaboración de un cajón metálico con frente en madera, se necesitan las siguientes actividades, que se mencionan a continuación en forma de lista.

1. Corte de fondo
2. Doblado de fondo
3. Soldar costados a fondo
4. Atornillar frente de cajón a caja
5. Cortar costados
6. Doblar costados
7. Cortar frentes de cajón
8. Perfilar frentes de cajón
9. Reutear (molduras)
10. Aplicar pegamento a frentes de cajón
11. Lijar frente de cajón
12. Colocar PVC a frente de cajón
13. Rebabeear PVC
14. Colocar accesorios

Nota: las actividades no indican el orden de las operaciones, el orden se puede ver en el diagrama de procesos de operaciones.

Con esta lista de actividades y el diagrama de explosión de partes del cajón se puede comprender mejor el diagrama de procesos de operaciones del mismo.



*Figura 3. Diagrama de explosión de partes de un cajón metálico con frente en madera.*

Determinar ¿cuántas máquinas se necesitan? –Cizallas para la operación 1 y 5, Dobladoras para 2 y 6, y Sierra circular para 7. Y ¿cuántas personas?

Se requieren 280 cajones diarios.

Se trabajan 9 hrs diarias.

El tiempo perdido por inicio de operaciones es de 0.5 hrs.

El rendimiento del personal está en 75%.

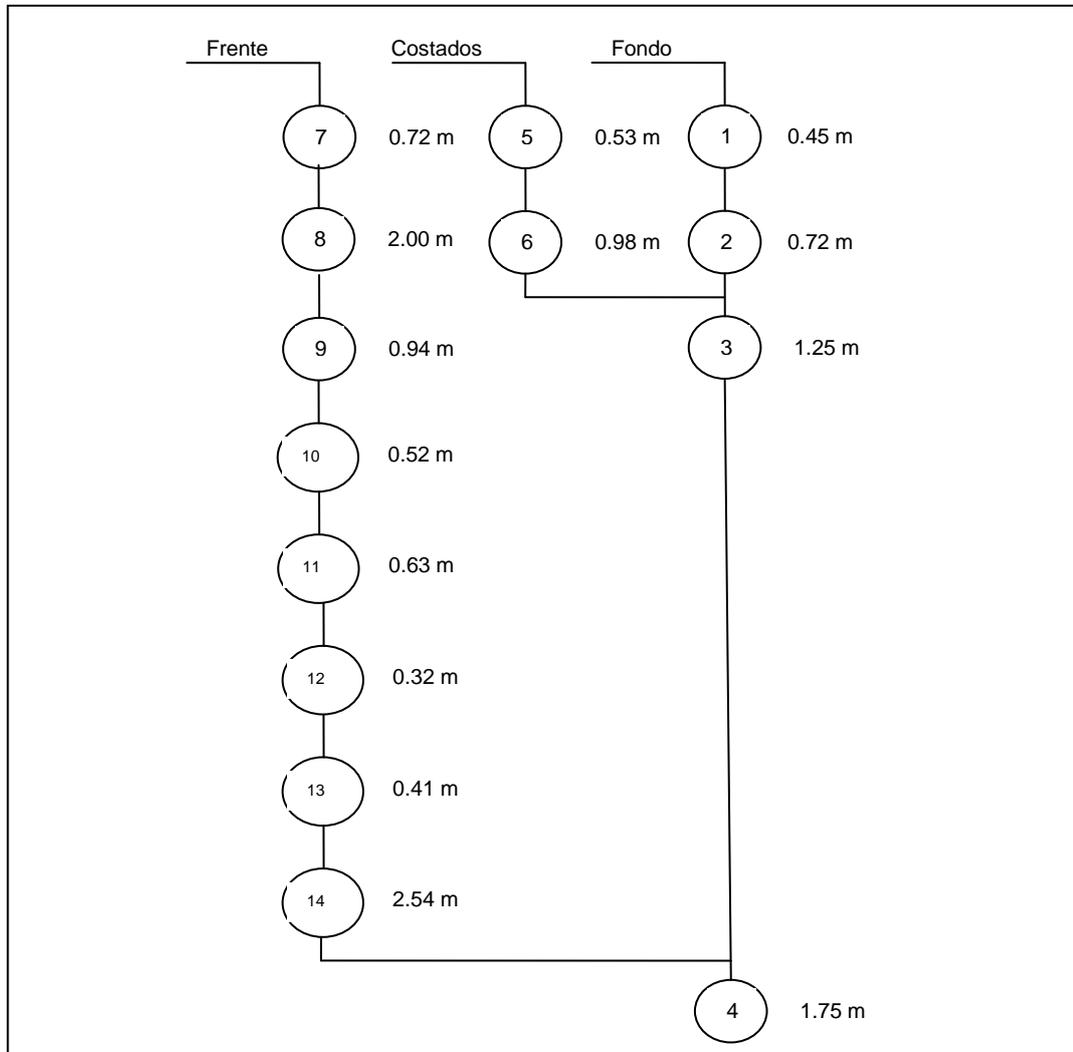


Figura 4. Diagrama de procesos de operaciones de un cajón metálico con frente en madera.

*\*las actividades son las del ejemplo que se está trabajando*

Como ya se había mencionado:

$$\# \text{ maquinas} = \frac{\text{std. del proceso (m/unidad)}}{\text{tpo. takt (m/unidad)}}$$

Por lo que se determina el estándar del proceso:

1 y 5 cizalla

0.45m y 0.53m = 0.98m/unidad

2 y 6 dobladora

0.72m y 0.98m = 1.17m/unidad

7 sierra circular

0.72m/unidad

Mientras que para el ritmo de planta:

9hrs X 60m = 540m	jornada
-30m	preparación
510m	al 100%
X 0.75	eficiencia
382.5m	al 75%
÷ 280	unidades requeridas X turno
1.366m/unidad	Ritmo de Planta

Por lo tanto:

$$\# \text{ cizallas} = \frac{0.98 \left( \frac{\text{m}}{\text{unidad}} \right)}{1.366 \left( \frac{\text{m}}{\text{unidad}} \right)} = 0.717 \approx 1$$

$$\# \text{ dobladora} = \frac{1.70 \left( \frac{\text{m}}{\text{unidad}} \right)}{1.366 \left( \frac{\text{m}}{\text{unidad}} \right)} = 1.244 \approx 2$$

$$\# \text{ sierra circular} = \frac{0.72 \left( \frac{\text{m}}{\text{unidad}} \right)}{1.366 \left( \frac{\text{m}}{\text{unidad}} \right)} = 0.527 \approx 1$$

Y para las operaciones restantes, que son las manuales, primero se saca su suma que es de 10.36m/pz dividido entre 60m nos da 0.1726hr/pz multiplicado por 100 (para su manejo por centenas, o millares; según se requiera y sea más fácil el manejo en la industria), da 17.267hr/100. Como estamos hablando de una operación manual, lo más común es que los operadores se cansen conforme pasa la jornada de trabajo, por lo que ahora la eficiencia divide a nuestras hr/100:

17.267hr/100	
÷0.75	eficiencia
23.02 hr/100	al 75%

Mientras que las 280pzs, que se requieren a diario también se tienen que manejar en centenas, para poderlo trabajar con las hr/100.

23.02 hr/100	
X 2.8	
64.4hr/100	
÷ 9hr	hr que trabaja cada hombre
7.15 ≈ 8	hombres que se requieren para el trabajo manual

Por lo que ahora si podemos contestar correctamente a las preguntas de nuestro problema ¿cuántas maquinas se necesitan? –1 Cizalla, 2 Dobladoras, y 1 Sierra circular. Y ¿cuántas personas? Necesitamos 8 personas en las operaciones manuales mas los operadores de cada máquina, nos da como resultado un total de 12 personas.

### 1.2.8 Mejoramiento del servicio a los consumidores.

En la actualidad las Empresas no pueden sobrevivir por simple hecho de realizar un buen trabajo o crear un buen producto. Sólo una excelente labor de interacción con los consumidores permite tener éxito en los mercados globales, cada vez más competitivos. Estudios recientes han demostrado que la clave para una operación rentable de la Empresa es el conocimiento de las necesidades de sus clientes y el nivel de satisfacción alcanzado por ellos al consumir el producto o servicio ofrecido.

La Satisfacción del Consumidor es un concepto crítico en el pensamiento del Marketing y las investigaciones que se llevan a cabo para saber más acerca de los consumidores. Se argumenta que generalmente si los consumidores están satisfechos con el producto o servicio, ellos lo comprarán y usarán probablemente en mayor cantidad y comentarán a otros de su favorable experiencia con dicho producto o servicio. Si ellos están insatisfechos, probablemente lo cambiarán y se quejarán a los fabricantes, a los vendedores u otros consumidores; lo que podría ser perjudicial para la empresa en términos económicos de imagen y publicidad.

Se cree que la satisfacción de los consumidores se podría alcanzar mediante ofertas competitivas superiores, pero esto no es tan simple. A través del presente estudio podremos darnos cuenta que no sólo el desempeño es considerado en el complejo proceso de formación de satisfacción, sino que además, variables como el esfuerzo realizado para obtener un producto o

servicio, las expectativas, y los deseos de los consumidores serán fundamentales a la hora de explicar el nivel de satisfacción.

Al identificar las variables que determinan el nivel de satisfacción de los consumidores, las Empresas obtendrán una importante herramienta de retroalimentación, que les permitirá desarrollar sus actividades de la manera más eficiente y rentable

Aún que los servicios constituyen supuestos beneficios para los Clientes, las empresas los ofrecen o deben ofrecerlos siempre y cuando ellas también se beneficien con ellos, ya que la finalidad que toda Empresa persigue es aumentar sus ganancias a corto y largo plazo.

Si la Empresa decide poner en práctica un programa de servicio al Cliente, debe de hacerlo pensando en que sus consumidores objetivos prefieran éste, al de la competencia. Para alcanzar esta meta, la firma debe tratar de averiguar qué es lo que actualmente hace falta a los Clientes, qué verían con agrado y qué valor atribuyen a cada uno de sus deseos y necesidades. Además la organización debe estar al tanto de las ofertas de los competidores para saber lo que pretenden dar a los Clientes y en qué medida lo hacen realmente. Con respecto a todo ello, la administración de los servicios a los Cliente es similar al planeamiento de producción.

Esta administración implica una decisión esencial en cuanto a la elección de los clientes objetivos o que queremos alcanzar en un futuro próximo. Muchas veces una firma debe decidirse entre mayores servicios o bajar los precios. Por eso la Empresa debe decidir si busca a los Clientes que prefieran mayores servicios o aquellos para los cuales el precio es lo más importante, o bien la opción de atraer a ambos Clientes a la vez.

Los servicios a los Clientes son sumamente flexibles, pueden ofrecerse a todos por igual o más selectivamente a unos que a otros. Pueden brindarse con mayor eficacia en ciertas épocas que en otras. Los servicios son posibles de administrar en tal forma que se ofrezcan a los Clientes actuales o futuros en el momento apropiado y de una manera capaz de Satisfacer los Objetivos de la Organización. Se distinguen de los precios, diseño de producto, y publicidad, en el hecho de que se dirigen esencialmente de igual manera a todos los Clientes.

El propósito de las organizaciones al establecer un programa de servicio, como ya se dijo, será el de lograr mayores utilidades en el futuro. Aunque es difícil calcularlas en forma confiable, es necesario estimarlas de la mejor manera posible.

Actividad (es) de la unidad I.

Actividad 1. Realice el siguiente ejercicio.

Realizaron un pedido a la empresa "Patito S. A. de C. V. El 18 de marzo de 2007. Se cuenta con los siguientes datos:

5000 lámparas

Fecha de entrega: 29 de marzo de 2007

El tiempo perdido es en promedio de 1.4 hrs.

Se trabajan 9.6hrs. al día

La suma de los tiempos estándar que ocupa la maquinaria es de 0.253m

La eficiencia de los trabajadores esta en 75%

Determinar el número de maquinas requeridas.

Actividad 2. Realice el siguiente ejercicio.

En una empresa se elaboran Baffles de madera (aglomerado) con frente de plástico, determinar.

a) ¿Cuántas maquinas se necesitan para dicha elaboración?

b) ¿Cuántas personas se requieren?

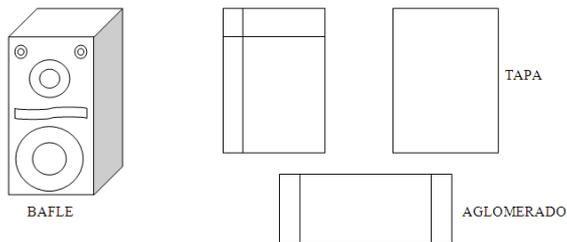
MAQUINAS A UTILIZAR

PRENSA	Operación # 8
SELLADORA	Operación # 6
CIERRA	Operación # 1 y 5

**CONDICIONES:**

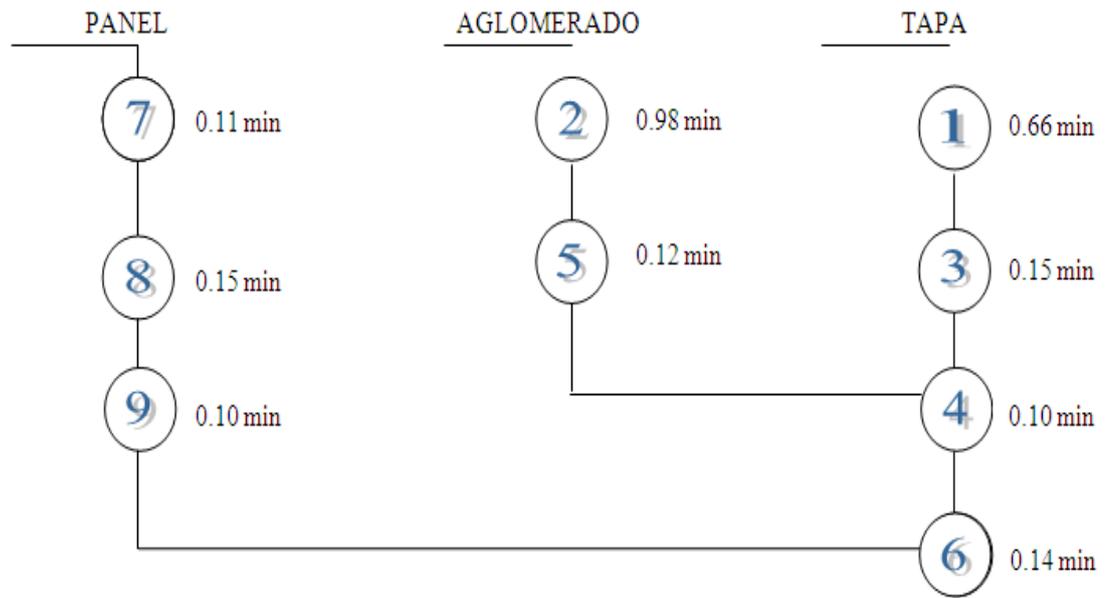
- 1) Se requiere una cantidad de producción de 690 piezas (bafles), diarios.
- 2) La jornada de trabajo es de 9 horas diarias
- 3) El tiempo perdido por inicio de operación es de 54 minutos
- 4) El rendimiento del personal es del 75 %

**EXPLOSION DE PARTES**



OPERACIÓN	TIEMPO POR OPERACION
1. CORTE DE TAPA	0.66 minutos
2. DOBLADO DE AGLOMERADO	0.98 minutos
3. PEGADO DE HOTMAIL	0.15 minutos
4. COLOCAR TUINOS PARA SOPRTE	0.10 minutos
5. CORTAR LAMINADO PLASTICO DE BAJA PRESION	0.12 minutos
6. COLOCAR SELLO A TAPA	0.14 minutos
7. APLICAR PPEGAMENTO A PANEL	0.11 minutos
8. COLACAR PANEL A PRESION	0.15 minutos
9. COLOCAR EMBLEMA EN PANEL	0.10 minutos

DIAGRAMA DE OPERACIONES



## Unidad 2. Balanceo de líneas.

### Objetivo:

Aplicar las técnicas del balanceo de líneas de producción.

Asignación de carga de trabajo entre diferentes estaciones o centros de trabajo que busca una línea de producción balanceada (carga de trabajo similar para cada estación de trabajo, satisfaciendo requerimientos de producción) como se mostro en la Figura 1. Equilibrio de fuerzas de trabajo.

Es importante considerar las operaciones por realizar y las relaciones de precedencia entre ellas.

Se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida. Con la finalidad de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajos empleados. Después, se deben determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble.

El problema de diseño para encontrar formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea. Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- 1) Cantidad. El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- 2) Equilibrio. Los tiempos necesarios para cada operación en línea deben ser aproximadamente iguales.
- 3) Continuidad. Deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, sub-ensambles, etc., y la prevención de fallas de equipo.

Los casos típicos de balanceo de línea de producción son:

- 1) Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios para cada operación.
- 2) Conocido el tiempo de ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo.
- 3) Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a la misma.

## 2.1. Concepto de ensamble del producto.

La función básica de proceso de ensamble, (montaje) es unir dos o más partes entre sí para formar un conjunto o subconjunto completo.

Es cuando la materia prima entra al sistema y se mueve progresivamente a través de una serie de estaciones de trabajo adyacentes, transformándose en producto terminado. Para poder tener una mejor idea de lo que se quiere unir y seguir una secuencia lógica es preciso apoyarse con un diagrama de explosión de partes (figura 5), en conjunto con un diagrama de proceso de operaciones.

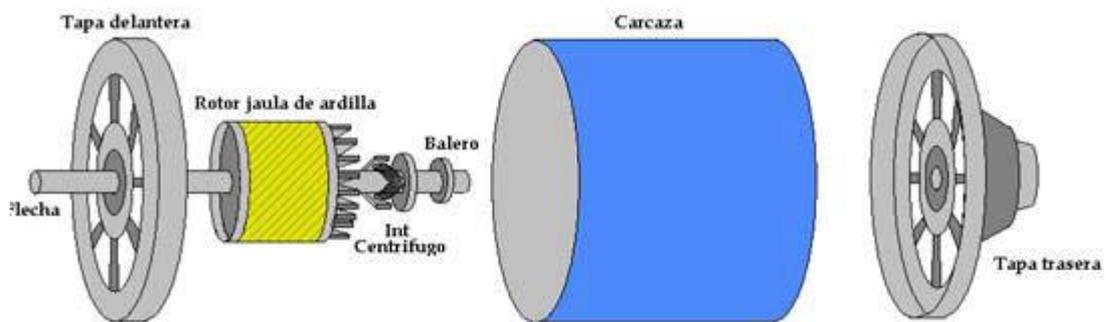


Figura 5. Diagrama de explosión de partes de un motor

## 2.2. Perspectiva histórica ensamble progresivo.

*En los inicios de operación en México la planta RCA realizó réplica de especificaciones de proceso, operación rutinaria de procesos de ensamble simple y complejo y mejoras menores en los procesos de ensamble basado en estudio de tiempos y movimientos. Las mejoras realizadas se lograron con capacitación –interna y externamente- de operarios, técnicos e ingenieros permitiendo la sistematización de procesos que anteriormente no lo estaban. Asociado a esto, también se lograron realizar mejoras y adaptaciones a las estaciones de trabajo.*

*En la segunda etapa, dada la experiencia acumulada en la etapa anterior, los ingenieros mexicanos desarrollaron la habilidad para rediseñar los procesos de ensamble de productos como tabillas electrónicas, las cuales incorporaban procesos de ensamble complejo y equipo de inserción automática.*

*Mientras que en la tercera etapa, el avance más importante se da en el diseño de los procesos de ensamble de componentes y en el ensamble final del producto realizado en TTM y MASA.*

*Conforme se establecieron nuevas plantas se necesitó una mayor capacidad de organización y control de las mismas, no sólo para organizar la producción sino también para administrar y garantizar las relaciones entre ellas. El rápido escalamiento de productos en cada una de las plantas requirió también un mayor grado de coordinación entre las líneas de producción de las tres plantas, de tal manera que algunos productos cuya demanda aumentaba pudieran ser satisfechos por alguna de las plantas instaladas. La capacidad ha consistido en cambiar con rapidez el tipo de componentes que se ensamblan en una misma línea de producción ya que las plantas no se limitan a ensamblar o manufacturar un sólo producto sino que diversifican su actividad y ésta diversificación ha orillado a mejorar las líneas de ensamble así como a diseñarlas para los nuevos productos que llegan a cada una de las plantas. Ing. Jorge Iván Ávila Ortega, ITESCAM.*

### 2.3. Conceptos balanceo línea de ensamble.

La función básica de proceso de ensamble, es unir dos o más partes entre sí para formar o subconjunto completo.

El Balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso.

Las actividades compatibles entre sí se combinan en grupos de tiempos aproximadamente iguales que no violan las relaciones de precedencia, las cuales especifican el orden en que deben ejecutarse las tareas en el proceso de ensamble.

### 2.4. Elementos a considerar en balanceo de líneas.

- 1) Cantidad. El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- 2) Equilibrio. Los tiempos necesarios para cada operación en línea deben ser aproximadamente iguales.
- 3) Continuidad. Deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, sub-ensambles, etc., y la prevención de fallas de equipo.

### 2.4.1. Pronóstico de ventas.

El pronóstico de ventas es una de las partes fundamentales en la preparación de los presupuestos de caja. Este es suministrado por el departamento de comercialización y/o ventas, según sea el caso de la empresa.

Con base en este pronóstico se calculan los flujos de caja mensuales que vayan a resultar de entradas por ventas proyectadas y por los desembolsos relacionados con la producción, así mismo por el monto del financiamiento que se requiera para sostener el nivel del pronóstico de producción y ventas.

Este pronóstico puede basarse en un análisis de los datos de pronósticos internos que se basan fundamentalmente en una estructuración de los pronósticos de ventas por medio de los canales de distribución de la empresa. Los datos que arroja este análisis dan una idea clara de las expectativas de ventas.

### 2.4.2. Producción requerida.

Esta es una tendencia reciente en el área de manufacturas. Las principales características de estos modernos escenarios en que se basa el JIT (just in time) son:

- 1.-Las existencias de seguridad para materias primas deben reducirse al máximo, porque es ineficiente y costoso mantener grandes inventarios de existencias de seguridad.
- 2.-Maximizar los tiempos de preparación con el de maquinarias sofisticadas.
- 3.-Debe lograrse una máxima calidad de los sub ensambles y productos finales.

El empleo del enfoque JIT sugiere que ni se compra ni se fabrica hasta el momento que surge la necesidad, y esto es esencial que se refleje en el proceso de presupuesto. Es decir que el presupuesto debe suponer que se comprará o producirá en el momento que surja la necesidad para minimizar los costos.

### 2.4.3. Capacidad disponible.

Esto es que cuando una maquina o un obrero de la empresa da todo lo que tiene, no se le puede exigir más porque sería injusto y sería un perjuicio para la empresa, ya sea que la maquina trabaje 7 horas por día y nosotros la hagamos trabajar 9 0 10 horas, esto provoca que si la maquina su tiempo de vida es de 15 años durara solamente 10 o menos, y en el obrero si el trabajo es muy pesado él se fatigara y si en la empresa no damos un receso para que el mismo se recupere al siguiente día no va hacer lo mismo que hizo el día anterior, por eso mencionamos que la capacidad de cada trabajador es diferente y hay quien hace mas y otros que hacen menos, es por eso mismo que hay que estandarizar la obra y así mismo estandarizar el tiempo requerido de una maquina.

### 2.4.4. Distribución de planta.

Los objetivos de una distribución de planta es: a) minimizar demoras y reducir manejo de materiales, b) mantener la flexibilidad, c) utilizar efectivamente la mano de obra y el espacio, y d) proveer orden y mantenimiento.

*Patrones típicos de distribución de planta:*

#### 1. Distribución por producto.

Arreglo físico basado en la secuencia de las operaciones que se realizan para la producción. Los materiales se mueven en una trayectoria continua de uno a otro departamento.

VENTAJAS:

- Flujo de producción sencillo y lógico.
- Uso de equipo especializado para manejo de materiales.
- Bajo inventario en proceso, tiempo de producción corto, bajo manejo de materiales, bajos requerimientos de personal calificado y planeación y control de la producción simple.

DESVENTAJAS:

- Falta de redundancia.
- Flexibilidad limitada.
- Capacidad de línea dada por cuello de botella.
- Trabajo poco satisfactorio para operadores.

## 2. Distribución por proceso.

Arreglo físico según funciones. El flujo de materiales sigue diferentes secuencias entre departamentos.

### VENTAJAS:

- Generalmente requieren menor inversión en equipo.
- Flexibilidad.
- Mayor satisfacción del operario.

### DESVENTAJAS:

- Altos costos de manejo y transporte de materiales.
- Planeación y control de producción complejas.
- Mayor tiempo total de producción.
- Alto inventario en proceso.
- Mayores requerimientos de personal calificado.

## 3. – Distribución por grupo.

Disposición física según grupos de productos, también conocida como manufactura celular (cellular manufacturing). Se basa en la tecnología de grupos (group technology), que clasifica a las partes en familias o grupos.

La distribución se hace conforme a las diferentes máquinas (denominadas celdas) requeridas para producir una familia de partes.

### VENTAJAS:

- Cada celda funciona como una sola línea de producción (en serie), reducción de tiempos de alistamiento, manejo de materiales, tiempos de espera, etc.

### DESVENTAJAS:

- Requiere de un análisis sistemático de los procesos de producción y de los productos por elaborar.

## 4. – Distribución por posición fija.

Disposición en la cual las herramientas y los componentes se llevan al lugar de ensamble (en lugar de que la parte por procesar se desplace).

Se utiliza para la construcción de productos grandes, como maquinaria pesada, aviones, locomotoras, etc.

## 2.5. Métodos de balanceo de líneas.

Procedimientos (generalmente heurísticos) para la formación balanceada de estaciones de trabajo.

El tiempo de ciclo de todas y cada una de las estaciones de trabajo debe ser menor o igual a ciclo requerido.

Como los que se mencionan a continuación.

### 2.5.1. Método propuesto por M. E. Slaveson.

“Slaveson propone un tiempo de ocio igual a cero ( $T_{ocio}=0$ )

Propone:

- Las líneas de ensamble se caracterizan por el movimiento de una pieza de trabajo de una estación de trabajo a otra.
- Las tareas requeridas para completar un producto son divididas y asignadas a las estaciones de trabajo tal que cada estación ejecuta la misma operación en cada producto.
- La pieza permanece en cada estación por un período de tiempo llamado tiempo de ciclo, el cual depende de la demanda.
- Consiste en asignar las tareas a estaciones de trabajo tal que se optimice un indicador de desempeño determinado.

El criterio para seleccionar una asignación de tareas determinada puede ser el tiempo de ocio total: Éste se determina por:

$$I = Kc - \sum p_i$$

- Dónde  $k$  es el número de estaciones de trabajo,  $c$  representa el tiempo  $p_i$  corresponde al tiempo total de operación  $S$  de ciclo y
- El propósito es el de tener  $I = 0$ . Esto se daría si la asignación de tareas puede hacerse a una cantidad entera de estaciones. ” [www.mitecnologico.com](http://www.mitecnologico.com) (junio 2010).

### 2.5.2. Método de solución por enumeración exhaustiva de J. R. Jackson.

Algoritmo.

Primero la operación de menor Tiempo (la de mayor tiempo) (smallest time first / largest time first).

1. Determine el tiempo de ciclo requerido (cr) para cumplir con los requerimientos de producción.
2. Construya la red de precedencias de las operaciones.
3. Para la estación de trabajo bajo formación, identifique las operaciones candidatas para incorporar. Las operaciones:
  - No asignadas y,
  - Cuyos predecesores (todos) ya están en alguna estación de trabajo.
4. Incorpore en esta estación de trabajo la operación:
  - Con el menor (mayor) tiempo de proceso
  - Sin exceder cr. (En caso de empate, seleccione la operación con el numero de etiqueta más bajo). Si no se puede incorporar ninguna operación, forme la siguiente estación de trabajo. Continúe hasta que se hayan asignado todas las operaciones.

### 2.5.3. Técnica ponderación rango posicional de W. B. Helgeson y D. P. Birnie.

Algoritmo: Jerarquización Según El Peso Posicional.

1. Determine el tiempo de ciclo requerido para cumplir con los requerimientos de producción, cr.
2. Construya la red de precedencias de las operaciones.
3. Para la estación de trabajo bajo formación, identifique las operaciones candidatas para incorporar. Las operaciones:
  - No asignadas y
  - Cuyos predecesores (todos) ya están en alguna estación de trabajo.
4. Incorpore en esta estación de trabajo la operación:

-Con el mayor peso posicional (positional weight): suma de tiempos de proceso de todas las operaciones subsecuentes a una operación sin exceder cr. (En caso de empate, seleccione la operación con el número de etiqueta más bajo). Si no se puede incorporar ninguna operación, forme la siguiente estación de trabajo. Continúe hasta que se hayan asignado todas las operaciones.

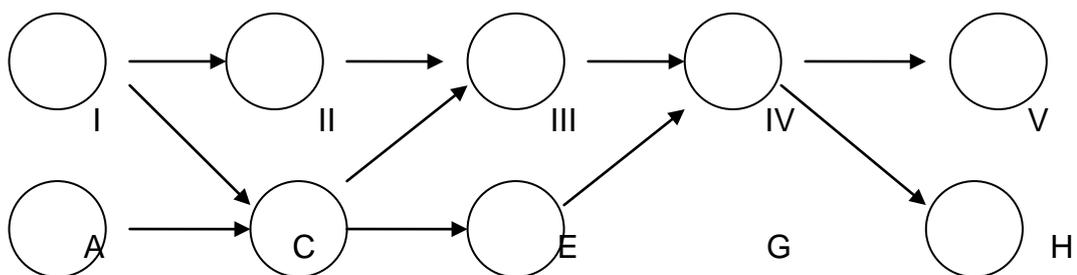
**METODO DE KILBRIDGE Y WESTER.**

Considere el problema de balancear una línea de ensamble, con el fin de minimizar el tiempo ocioso en la línea. El tiempo y los elementos de trabajo necesarios para completar una unidad de producto son:

Elemento (j)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Precedencia	-	-	A	A, B	C, D	D	E, F	G	G
Duración	5	3	6	8	10	7	1	5	3

**PASOS:**

1. Construya un diagrama de precedencia, actividades en nodos, de tal manera que las actividades sin precedencia queden todas acomodadas en una misma columna que se etiquetará con el número I, la segunda columna se etiquetará con el número II y contendrá a todos los elementos que tenían como requerimiento alguna actividad previa que se encontraba en la columna I. Siga este procedimiento hasta terminar.



*Figura 6. Diagrama de precedencia.*

2. Determine un tamaño de ciclo (C).

El tamaño de ciclo se puede definir con el fin de cumplir con dos objetivos:

- a) Cumplir una demanda o tasa de producción esperada:

Donde:  $C = T/Q$

T = tiempo disponible para producir en un período dado, ejemplo: min/día, horas/mes, etc.

Q = Unidades a producir en el período anterior,

b) Minimizar el tiempo ocioso en la red.

El tiempo de ciclo (que debe ser un número entero) debe cumplir la siguiente condición.

$$n$$

$$\text{Mayor } t_j \leq C \leq \sum_{j=1}^n t_j$$

Además, una condición necesaria, pero no suficiente, para alcanzar un balance perfecto

$$n$$

$$(\sum_{j=1}^n t_j)/C=K=\text{entero}$$

Entonces, para buscar las alternativas de tamaño de ciclo que logren lo anterior, se tratará de descomponer el contenido total de trabajo como un producto de números primos, así para nuestro ejemplo:

$$n$$

$$(\sum t_j)=\text{contenido total de trabajo}= 48, \text{ y}$$

$$j = 1$$

$$10 \leq C \leq 48$$

n Alternativas posibles para C con las que  $\sum t_j/C=$  entero.  
 $j = 1$

$$C_1= 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 \Rightarrow C_1=48 \Rightarrow K_1=\sum t_j/C_1 =1 \text{ estación de trabajo(solución trivial)}$$

$$C_2= 2 \times 2 \times 2 \times 3 \Rightarrow C_2=24 \Rightarrow K_2= \sum t_j/C_2=2 \text{ estaciones de trabajo}$$

$$C_3= 2 \times 2 \times 2 \times 2 \Rightarrow C_3=16 \Rightarrow K_3= \sum t_j/C_3=3 \text{ estaciones de trabajo}$$

$$C_4=2 \times 2 \times 3 \Rightarrow C_4= 8 \Rightarrow K_4= \sum t_j/C_4=4 \text{ estaciones de trabajo}$$

Contenido de trabajo	Estaciones
48	2
24	2
12	2
6	2
3	3

#### 2.5.4. Otros.

El método de balanceo de línea de Fred Meyers es uno de los más completos y apegados a la realidad, y su algoritmo es el siguiente:

1. Numero consecutivo (orden de producción)
2. Nombre de la operación
3. Estándar de la operación
4. Número de operadores necesarios para cada operación

$$\# \text{ de estaciones} = \frac{\text{estándar de la operación}}{\text{ritmo de planta}}$$

*Nota: siempre redondear al numero inmediato superior*

5. Tiempo promedio de trabajo de la operación

$$\text{tiempo promedio del ciclo} = \frac{\text{tiempo del ciclo}}{\# \text{ de estaciones}}$$

6. Elegir del punto anterior la operación mas tardada y tomarla como el 100%. Con base a eso designarle el % a las demás operaciones

7. Balanceo. Detectar la operación del 100% para después multiplicarla por el método 18.5 para sacar las hrs. / unidades requeridas. Ese resultado ha que multiplicarlo por el # de estaciones

$$\text{balanceo} = \left( (\text{tiempo promedio del ciclo de la carga del 100\%}) \left( \frac{\text{unid req}}{54} \right) \right) \\ * \# \text{ de estaciones}$$

8. Pza. /hr

$$\frac{pz}{hr} = \text{balanceo}^{-1} * \text{unidades requeridas}$$

## 2.6. Balanceo de líneas de ensamble para la producción simultanea de más de un modelo.

Usted habrá estudiado previamente métodos de balancear las plantas de fabricación donde solamente se produce un solo modelo. La fuerza de tal línea es que los elementos del trabajo se pueden asignar a las estaciones de tal manera en cuanto a maximizar la eficacia, que enumera en un índice particular de la salida.

Las debilidades de una línea del mono-modelo son que llega a ser ineficaz cuando baja la demanda o las subidas, y que es solamente eficiente al producir el modelo para el cual fue diseñada. Si la demanda del mercado cambia para requerir otros productos, la otra necesidad de los productos de ser producido. Esto puede ser hecho instalando las líneas separadas, dedicadas para otros productos, pero éste es solamente económico cuando las líneas adicionales ellos mismos están funcionando eficientemente en el cumplimiento de la mayor demanda. Eso es que no hay una solución para el plano de demanda total con la mezcla del producto que varía.

Dos soluciones a este problema de la demanda que fluctuaba se han utilizado en el pasado: 1. líneas del multi-modelo y 2. Líneas del mezclar-modelo. Cada uno tiene sus propias fuerzas y debilidades.

### Líneas del multi-modelo

Este acercamiento trata la planta de fabricación como recurso reconfigurable, que produce diversos modelos en las hornadas una después de la otra. Antes de producir una hornada, las líneas que el equipo (gente, herramientas, fuente material) se fija hasta juego el modelo o la variante requirieron. Este proceso toma tiempo. La hornada de productos entonces se produce según horario.

La ventaja de una línea del multi-modelo es que instalado una vez para un modelo particular es tan eficiente como una línea convencional. La desventaja es que el setting-up toma el tiempo, que significa la producción y la ineficacia perdidas.

Los problemas para el planificador de una línea del multi-modelo son:

1. ¿Cómo balancear la línea para cada producto por separado? Esto es bastante directo, puesto que la función de la viabilidad tecnológica seguida por el uso de un método que balancea estándar (véase Helgeson y Birnie).
2. ¿Cómo ordenar las hornadas para reducir al mínimo pérdidas del cambio?

### Líneas Del Mezclar-Modelo

El acercamiento del mezclar-modelo es más realista en el mundo moderno, dado la subida de equipo de fabricación flexible software-configurable. La premisa básica es que los productos múltiples son manejados por cada sitio de trabajo sin paradas para cambiar encima entre ellas. Esto permite una secuencia al azar del lanzamiento para poder hacer productos en la orden y la mezcla que el mercado exige.

Una dificultad es que el contenido de trabajo en cada sitio de trabajo puede diferenciar de modelo al modelo. Otro, que sigue de esto, es que el tiempo ocioso en cada estación varía a partir de tiempo al tiempo dependiendo de la secuencia de modelos a lo largo de la línea.

## 2.7. Balanceo de líneas asistido por computadora.

El balanceo de líneas asistido por computadora, como el nombre lo dice es algo que esta asistido por medio de algún software, hoja de cálculo (Excel); o por ejemplo con WinQSB que es un poderoso paquete que integra numerosas herramientas de solución de problemas en áreas como investigación de operaciones, diseño de sistemas productivos, planeación y control de la producción, sistemas de calidad, planeación entre otras.

### 2.7.1. Uso de la hoja electrónica de cálculo.

Una hoja de cálculo es un programa que permite manipular datos numéricos y alfanuméricos dispuestos en forma de tabla (la cual es la unión de filas y columnas).

Habitualmente es posible realizar cálculos complejos con formulas y funciones y dibujar distintos tipos de graficas.

Tablas de contenidos.

Descripción de su manipulación.

Orígenes de las hojas de cálculo.

Hojas de cálculo en el mercado.

Descripción de su manipulación debida a la versatilidad de las hojas de cálculo modernas se utilizan a veces para hacer pequeñas bases de datos, informes y otros usos. Las operaciones más frecuentes se basan entre cálculos entre celdas, las cuales son referenciadas relativamente mediante la letra de la columna y el numero de la fila, por ejemplo =B1\*C1. Es también habitual el uso de la referencia absoluta anteponiendo el signo \$ a la posición a fijar por ejemplo:

$$= B\$1*\$C\$1(\$1 fija la fila y \$C fila la columna en el caso de copiar o de cortar esta celda a otra posición).$$

Y dado esto, se concluye que es una buena herramienta ya que nos ahorra el tiempo que tardaríamos en realizar todos los cálculos.

Actividad (es) de la unidad II.

Actividad 3. Conteste el siguiente ejercicio.

Se necesitan fabricar 2400 productos, si se trabaja 9 horas diarias mientras el tiempo perdido por inicio de actividades es de 28 min y el rendimiento del personal es de 70%. ¿Cómo queda balanceo de línea?

También se cuenta con los siguientes datos:

PROCESO	TIEMPO ESTÁNDAR	MAQUINAS
Lavado de botellas	3.5 min.	Lavadora de sosa
Llenado	2.3 min.	llenadora
Roscado	1.5 min.	Taponadora
Sello de fabricación y Caducidad	1.1 min.	
Etiquetado manual	3.1 min.	

Nota: justifica todas tus acciones.

Actividad 4. Conteste el siguiente ejercicio.

Con los tiempos de la actividad 2, realice el balanceo de línea, según Meyers.

## Unidad 3. Sistemas de tiempos predeterminados (MTM-2 o Basic MOST).

### Objetivo:

Comprenderá y aplicara la técnica de tiempos predeterminados y calculara tiempos estándar.

### 3.1. Introducción a los tiempos predeterminados.

El sistema de normas de tiempos predeterminados es una técnica que se basa en analizar los movimientos elementales que constituyen el ciclo a medir y cuyos valores aparecen en tablas (en función de su nivel de actuación). Es una técnica para sintetizar los tiempos de una operación a partir de los tiempos tipo de los movimientos básicos (micromovimientos).

#### 3.1.1. Definición de los STPD.

*Es la "colección de tiempos válidos asignados a movimientos y a grupos de movimientos básicos, que no pueden ser evaluados con exactitud con el procedimiento ordinario del estudio de tiempos con cronometro. Son el resultado del estudio de un gran número de muestras de operaciones diversificadas, con un dispositivo para tomar el tiempo, tal como la cámara de cine, que es capaz de medir elementos muy cortos".*

Por sus características, estos movimientos básicos se pueden agrupar adecuadamente hasta formar los elementos completos de operaciones; pudiendo cuantificar el tiempo de éstos sin necesidad del cronómetro.

El uso de tiempos predeterminados se utilizan para sintetizar las estimaciones hechas, puesto que las diferentes operaciones manuales consisten en diferentes combinaciones de un número limitado de movimientos de los miembros del cuerpo, tales como mover la mano hacia un objeto, tomarlo, trasladarlo y dejarlo, y debido a que cada una de estas pequeñas subdivisiones son comunes a un gran número de operaciones manuales, es posible, técnica y económicamente, obtener un tiempo esperado de ejecución para cada una de ellas.

Por medio de estas subdivisiones básicas, conocidas simplemente como movimientos, y sus tiempos de ejecución asociados, es posible llegar a:

Establecer los diferentes movimientos requeridos por un método dado.

Consultar las tablas de los valores de tiempos, para obtener el tiempo esperado de ejecución de cada uno de estos movimientos.

Sumar estos tiempos para obtener un tiempo total esperado de ejecución de ese método.

Los principales sistemas para el estudio de tiempos predeterminados son:

- a) MTM (Medición de Tiempos de Método)
- b) GPD (General Purpose Data – Basado en MTM)
- c) BMT (Basic Motion Time Study)
- d) MODADPTS
- e) SSTP

### 3.1.2. Historia y desarrollo de los STPD.

*Desde los tiempos de Federico W. Taylor, la administración ha comenzado a apreciar la bondad de asignar tiempos estándar a los elementos básicos del trabajo. Estos tiempos se conocen como tiempos de movimientos básicos, tiempos sintéticos o tiempos predeterminados.*

*Se asignan los movimientos fundamentales y a grupos de movimientos que no es posible evaluar con precisión mediante los procedimientos normales de estudio de tiempos con cronometro. También son el resultado del estudio de una muestra grande de diversas operaciones con un dispositivo de tiempos como una cámara de película o de video grabación, capaz de medir elementos muy cortos. Los valores de tiempos son sintéticos en cuanto a que con frecuencia son el resultado de las combinaciones lógicas de therbligs; son básicos en el sentido de que un mayor refinamiento es difícil y poco práctico; son predeterminados porque se usan para predecir los tiempos estándar para nuevas tareas que resultan al cambiar métodos.*

*Desde 1945, hubo un creciente interés en el uso de tiempos de movimientos básicos como método para establecer tasas con rapidez y exactitud sin usar el cronometro u otro dispositivo para registrar tiempos. Un producto secundario de los tiempos estándar predeterminados ha sido el desarrollo de métodos de concientización asociados con los principios de la economía de movimientos y diseño del trabajo.*

*Es esencial una capacitación especializada exhaustiva para la aplicación práctica de estas técnicas. De hecho, la mayor parte de las compañías requieren certificación antes de que permita a los analistas establecer estándares mediante los sistemas Work-Factor, MTM o MOST.*

*Un analista capacitado que establece un estándar para un método dado usando dos sistemas de tiempos predeterminados diferentes, quizá llegue a dos respuestas distintas. La razón es que se pueden haber utilizado diferentes conceptos de “desempeño normal” al desarrollar los datos estándar. Por ejemplo, el trabajo de Maynard, Stegemerten y Schwab (1948), quienes desarrollaron el método de medición de tiempo (MTM—Methods Time Measurement), se realizó para taladros sensibles. Cualquier persona familiarizada con las operaciones del oficio de metales reconoce que el desempeño normal ahí no es difícil y que con facilidad se logran desempeños de 125% si los operarios muestran un nivel de esfuerzo alto, están bien calificados y tienen una capacitación amplia.*

*Por otro lado, durante la gran depresión (principios de los años 30) cuando casi todas las personas sentían que no solo era deseable sino necesario por completo trabajar duro para mantener un trabajo, los conceptos de desempeño normal eran más estrechos de lo que se considero normal 15 años mas tarde. Esto era cierto, en especial, en industrias como la del vestido y las que involucran trabajo de ensamble, como la fabricación de radios, lavadoras de ropa, refrigeradores y aparatos de línea blanca. Los estudios en ellas (Quick, Duncan y Malcom, 1962) dieron como resultado el sistema de tiempos predeterminados Work-Factor, basado en un concepto diferente de desempeño normal (Niebel†-Freivalds 2006:483-484).*

### 3.1.3 Ventajas de los STPD.

- Permite un análisis minucioso del método.
- Es un método apropiado y competitivo para obtener tiempos estándar.
- No se necesita reloj para ejecutar el método.
- Elimina la necesidad de calificar el desempeño.
- Permite estimar el tiempo normal de una operación aún sin que esta exista todavía.
- Obliga a enfrentarse con mejoras continuas y constantes.
- Forzar a llevar un registro.

### 3.1.4 Inconvenientes de los STPD.

- Este sistema no es común para todas las empresas.
- Se utiliza en más de doce sistemas diferentes.
- Para lograr el mayor porcentaje de credibilidad es necesaria la práctica continua.
- No es muy aceptado por los sindicatos.
- Los sistemas de tiempos predeterminados dan resultados de gran precisión, pero su aplicación suele ser realizada por profesionales especializados de empresas consultoras dedicadas exclusivamente al estudio de tiempos.
- Debido al costo de los métodos de tiempos predeterminados, su aplicación se reduce a aquellos casos en los que:
  1. Los ciclos de trabajo son cortos y repetitivos.
  2. Comprobación de cronometrajes por existir algún conflicto laboral.
  3. Mejora de los métodos de trabajo.
  4. Diseño de nuevos puestos de trabajo, que por ser inexistentes, no permiten la recogida de datos.

### 3.1.5 Clasificación de los STPD.

*Todos los sistemas de tiempos predeterminados se clasifican en uno de los tres grupos:*

*1. Sistema de aceleración- desaceleración: Estos sistemas reconocen que diferentes movimientos del cuerpo se ejecutan a velocidades diferentes. Los valores determinados con este enfoque sugieren que 40% del tiempo total se usa durante el periodo de aceleración, 20% para una velocidad constante y 40% para la desaceleración.*

*2. Sistema de movimiento promedio: En estos sistemas se reconoce la dificultad de los movimientos promedio o representativos que es usual encontrar en las operaciones industriales.*

*3. Sistemas aditivos: Con estos sistemas se usan para los valores de tiempo básico. Los porcentajes de tiempo para los movimientos difíciles encontrados se suman a estos valores básicos. Estas adiciones van del 10% al 50% (Niebel<sup>†</sup>-Freivalds 2006:484).*

### 3.2. Introducción al MTM-2.

El sistema MTM (Methods Time Measurement). "Es un procedimiento que analiza cualquier operación manual o método por los movimientos básicos necesarios para ejecutarlos, asignando a cada movimiento un tiempo tipo predeterminado, que se define por la índole del movimiento y las condiciones en que se efectúa".

Este sistema no se basa sólo en tablas de tiempos para movimientos básicos, sino que también establece las leyes sobre la secuencia de estos movimientos. El MTM reconoce 8 movimientos manuales, nueve movimientos de pie y cuerpo y dos movimientos oculares, el tiempo para realizar cada uno de ellos se ve afectado por una combinación de condiciones físicas y mentales. La ley por la que se rige el uso de los movimientos es llamado el " principio de la reducción de movimientos".

El sistema MTM tiene varias limitaciones como la del hecho de que no abarca elementos controlados mecánicamente ni movimientos físicamente restringidos de proceso.

### 3.3 Desarrollo del MTM-2.

Para desarrollar el MTM, sus creadores filmaron una gran variedad de operaciones industriales; un estudio cuidadoso de esas películas, indicó que la mayoría de las trayectorias de movimientos en operaciones industriales podían sintetizarse a partir de 19 movimientos básicos. A partir de estas películas los actores H. B. Maynard, G. J. Stegemerten y J. L. Shwab obtuvieron una cantidad de valores de tiempo para estos movimientos.

Estos sistemas fueron desarrollados con posterioridad a MTM-1. Ofrecen un nivel de agrupamiento de dato mayor, permitiendo una mayor velocidad de análisis y conjugándolo con una excelente precisión de resultados.

Es el resultado de una labor de simplificación de la técnica MTM para facilitar su aplicación y posibilitar su utilización en procesos de fabricación de ciclo medio o largo.

Se basa en la redefinición de unos movimientos por agrupación de los elementos básicos del MTM y en la simplificación y reagrupación de las variables para cada movimiento, Permite una gran reducción en el costo de los estudios de tiempos, con respecto al MTM-1, manteniéndose una buena calidad en los resultados de dichos estudios.

Movimientos secundarios  
Aplicar Fuerza  
Volver a Cogér  
Acción Ocular

Andar  
Movimiento del Pie  
Doblarse y levantarse

En un esfuerzo por aumentar las aplicaciones de MTM a las áreas de trabajo en las que el detalle de MTM-1 es un obstáculo económico para su uso el internacional MTM director, inicio un proyecto de investigación para desarrollar datos menos elaborados que fueron adecuados para la mayoría de las secuencias de movimientos. El resultado de este esfuerzo fue MTM-2 sintetizados por la MTM asociación de reino unido de datos de MTM se basa exclusivamente en MTM:

- 1.- movimiento MTM básicos simples
- 2.- combinaciones de movimientos MTM básicos

Los datos se adoptan al operario y son independientes del lugar de trabajo o el equipo usado. En general el MTM-2 debe encontrarse en:

- 1.- la porción de esfuerzo en un ciclo de trabajo dura más de un minuto
- 2.- el ciclo no es altamente repetido
- 3.- la porción manual en el ciclo de trabajo no involucra un número grande de movimientos complejos o simultáneos de las manos

La variabilidad entre MTM-1 y MTM-2 depende de un alto grado de longitud del ciclo.

### 3.4 Unidades de medida del tiempo MTM.

Los micromovimientos similares a los therbligs son medidas en la unidad de tiempo denominada UMT (unidad de medida de tiempos) cuyos valores son:

1 UMT: 0.00001 hora, 0.0006 minutos, 0.036 segundos.

El procedimiento seguido por este sistema, para calcular valores tipo, es el siguiente:

1. Descomponer la tarea en sus micromovimientos elementales.
2. Valorar cada micromovimiento utilizando las tablas correspondientes.
3. Determinar el tiempo tipo de la tarea por la suma de los tiempos elementales deducidos de las tablas, de los diversos micromovimientos que constituyen el trabajo estudiado.

Los más usados industrialmente son los denominados MTM-1 y MTM-2.

### 3.5 Elementos MTM-2.

Los 18 micromovimientos que se denominan therblings han sido sustituidos en este sistema por 8 elementos básicos: alcanzar, mover, girar, aplicar presión, coger, posicionar, soltar, desmontar.

El valor varía en función de la distancia recorrida, peso del objeto, enfoque ocular, etc.

Es el sistema de tiempos predeterminados más utilizado en la industria y los micromovimientos o elementos básicos son:

- Recoger (grasp-G): hay 4 categorías, A, B y C se refieren a la complejidad de la acción de recoger. La cuarta denominada GW se utiliza cuando hay que levantar pesos superiores a 2 kg.
- Poner (put-P): Como en el caso anterior hay 4 categorías, A, B, C y W. Consiste en cambiar de sitio un objeto con la mano.
- Reasir (regrasp-R): consiste en cambiar la manera de asir un objeto.
- Aplicar presión (apply pressure-A): ejercer cierto esfuerzo sobre un objeto.
- Emplear los ojos (eye motion-E) reajuste ocular para localizar un objeto o necesidad de cambiar el campo visual.
- Mover el pie (foot motion-F): realizar un movimiento con el pie o con la pierna.
- Dar un paso (step-S): desplazar el cuerpo o mover la pierna 30 cm.
- Inclinarsse y levantarse (bend and arise-B): mover el tronco hacia delante.
- Hacer girar (crank-C): desplazar el objeto con la mano según trayectoria circular.

#### 3.5.1 Obtener (R) Reach.

Es el elemento básico empleado cuando el fin predominante es mover la mano hacia un destino o una situación general.

Este elemento tiene como variables el tipo, la distancia y el caso. Se representa por  $[m]R[d][k][m]$  donde [m] representa el tipo, [d] la distancia y [k] el caso.

*Tipos*

Tipo [m]	Definición
I	La mano no está en movimiento ni al principio ni al final del elemento. Ejemplo: R45B
II	La mano está en movimiento al principio o al final del elemento. Ejemplo: mR45B ó R45Bm
III	La mano está en movimiento al principio y al final del elemento. Ejemplo: mR45Bm

### Casos

Caso [k]	Definición
A	Es alcanzar un objeto aislado siempre situado en el mismo lugar. No se necesita ningún control para alcanzarlo, por ejemplo: la punta de nuestra nariz.
B	Es alcanzar un objeto aislado cuya situación varía de un ciclo a otro ligeramente, por ejemplo un bolígrafo que dejamos sobre la mesa. Es necesario un ligero control.
C	Es alcanzar un objeto mezclado con otros, tal que hay que efectuar una búsqueda y selección.
D	Es alcanzar un objeto delicado, muy pequeño o tomado con precaución por peligrosidad de manejo.
E	Es llevar la mano a un lugar indefinido para prepara el siguiente movimiento o despejar la zona de trabajo.

### 3.5.2 Poner (P) Position.

Es el elemento básico empleado para alinear, orientar y encajar un objeto con otro, cuando los movimientos empleados son tan reducidos que no justifican su clasificación como otro elemento básico.

Este elemento tiene como variables la simetría, el ajuste y el grado de dificultad.

Se representa por  $P[a][s][m]$  donde [a] es el ajuste, [s] el tipo de simetría y [m] el grado de dificultad de manipulación.

Tipos de ajuste (tolerancia)

Ajuste [a] Definición

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Suelto.- Juego apreciable después de montaje.   |
| 2 | Flojo.- Presión ligera para montar; sin juego.  |
| 3 | Exacto.- Gran presión para montar; existe fricción durante el montaje; se requiere un cuidado excepcional para alinear, orientar y encajar... |

*Casos de simetría*

Simetría [s] Definición

- |    |   |
|----|---|
| S  | Simétrico.- Los objetos encajan en cualquier posición.                        |
| SS | Semi simétrico.- Los objetos encajan con una orientación previa media de 45°. |
| NS | No simétrico.- Los objetos encajan tras una orientación media de 75°.         |

*Casos de manipulación*

Manipulación [m] Definición

- |   |  |
|---|--|
| E | Fácil.-sin dificultad de manipulación.   |
| D | Difícil.- Con uno o más criterios de dificultad de manipulación (flexibles, materiales en fusión, etc.). |

**3.5.3 Volver a coger (Get).**

Es el elemento básico empleado cuando el fin predominante es asegurar el suficiente control de uno o más objetos con los dedos o con la mano a fin de permitir la ejecución del elemento básico siguiente.

Este elemento tiene como variables el caso. Se representa por  $G[k]$  donde  $[k]$  representa el caso.

Caso [k]	Definición
	A Objetos solitarios que se puedan coger fácilmente.
1	B Objetos muy pequeños o delgados sobre una superficie plana.  C Objetos cilíndricos o aproximadamente cilíndricos con interferencia por debajo y a un lado. Tiene tres opciones en función de las medidas: G1C1, G1C2 ó G1C3
2	Cambiar la manera de coger el objeto sin perder el control sobre él.
3	Transferir el control sobre el objeto de una mano a otra.
4	Objetos amontonados con otros, de tal forma que ocurra búsqueda y selección. Tiene tres opciones en función de las medidas: G4A, G4B ó G4C.
5	Coger objetos por contacto.

### 3.5.4 Aplicar presión (Apply Pressure).

Es la acción empleada para ejercer la fuerza adicional necesaria para vencer los efectos de una resistencia demasiado elevada para ser contrarrestada por un Mover, Girar o Manivela normales.

#### Casos

Caso [k]	Definición
A	No es necesario modificar el coger inicial.
B	Es necesario modificar el coger inicial para asegurar el objeto

### 3.5.5 Acción ocular.

#### Enfoque Ocular (Ef) Eyes Focus

Es el tiempo requerido para enfocar los ojos sobre un objeto y mirarlo el tiempo suficiente para determinar cierta característica de fácil distinción dentro del área que puede verse sin desviar los ojos.

Se representa por *EF*.

Este tiempo es constante.

#### Recorrido Ocular (Et) Eyes Travel.

El tiempo requerido para enfocar los ojos sobre un objeto y mirarlo el tiempo suficiente para determinar cierta característica de fácil distinción dentro del área que puede verse sin desviar los ojos.

Se representa por *ET*.

La fórmula de cálculo de este tiempo es:

a) Si medimos el ángulo de giro de la mirada:

$$ET = 0,0285 \text{ TMU} \times \text{N}^{\circ} \text{ de grados}$$

b) Si medimos la separación entre los dos puntos (T) y la distancia entre el punto medio de T y los ojos (D):

$$ET = 15,2 \text{ TMU} \times (T/D)$$

El valor máximo de ET es 20 TMU, si el recorrido ocular es mayor se trata de una asistencia de la cabeza.

Métodos para ejecutar el recorrido ocular.

Puede ejecutarse en cualquiera de las siguientes tres formas:

- 1.-Voltear únicamente los ojos
- 2.-Voltear únicamente la cabeza
- 3.-Voltear tanto la cabeza como los ojos

Los datos del recorrido ocular son válidos para cada uno de los tres métodos.

### 3.5.6 Movimiento del pie (Fm) Foot Motion.

Es el movimiento de la punta del pie hacia arriba o hacia abajo, con el talón y el empeine sirviendo como punto de apoyo.

Se representa por *FM* cuando el movimiento es sin esfuerzo y como *FMP* si hay que ejercer presión con el pie.

El límite de recorrido de la punta del pie es de 10 cm, si es mayor éste entonces se tratará probablemente de un movimiento de la pierna.

#### Movimiento De La Pierna (Lm) Leg Motion

Movimiento utilizado para mover el pie hacia delante o hacia atrás, excepto andar. El movimiento puede articularse en la rodilla o en la cadera.

Este movimiento tiene como variable la distancia, medida en el desplazamiento del talón o de la pierna. Se representa por *LM[d]* donde [d] es la distancia, hasta una distancia de 15 cm el valor es fijo de 7,1 TMU, aumentando luego en 0,5 TMU más por cm.

### 3.5.7 Paso.

#### Paso Lateral (Ss) Side Step

Es el movimiento necesario para desplazarse lateralmente a través de un pasaje estrecho o en operaciones realizadas de pie, cuando el área abarcada por el lugar de trabajo es mayor que el área de trabajo máxima

Este movimiento tiene como variable la distancia, medida en el desplazamiento de la columna vertebral y el caso. Se representa por *SS[d][k]* donde [d] es la distancia y [k] el caso.

#### Casos

##### Caso [d] Definición

- |    |  |
|----|--|
| C1 | Termina cuando la posición de la 1ª pierna elevada toca el <a href="#">suelo</a> (la posición de la 2ª pierna queda enmascarada en el siguiente movimiento). |
| C2 | Termina cuando la posición de la 2ª pierna elevada toca el suelo (no puede ser ejecutado el siguiente movimiento hasta que esto ocurre).                     |

Para el caso SS\_C1 las distancias menores de 30 cm no se toman en cuenta ya que normalmente están combinadas con otros movimientos, como "R" ó "M". En el caso de SS30C1 el tiempo es 17 TMU y para distancias superiores se agregarán 0,2 TMU por cm a más.

Para el caso SS\_C2 las distancias menores o iguales 30 cm se toma el tiempo de SS30C2 y el paso lateral enmascarará a un "R" ó "M" cuando [d] sea menor de 30 cm. El valor de SS40C2 es de 38,1 TMU y a partir de ahí se incrementará en 0,4 TMU por cm a más.

### 3.5.8 Agacharse y levantarse.

#### Agacharse (S) Stoop

Es el movimiento de inclinarse hacia adelante por la cintura y, al mismo tiempo, bajar todo el cuerpo doblando las rodillas.

Este movimiento no tiene variables. Se representa por S.

El levantarse tras agacharse tampoco tiene variables y se representa por AS.

#### Levantarse.

Es erguir el cuerpo en su totalidad.

### 3.5.9 Factores de peso.

El aumento de peso o resistencia en un mover tiene el efecto de aumentar el tiempo para su ejecución.

#### Peso neto efectivo (PNE)

Es igual a la resistencia encontrada por una sola mano al efectuar un mover.

Cuando un mover con peso se realiza con ambas manos, el PNE será generalmente la mitad de la resistencia total para cada mano y en la hoja de análisis se mostrará tanto en la columna izquierda como en la derecha.

Para los movimientos especiales el PNE es igual al peso del objeto. Para los movimientos en desplazamiento, el PNE es igual al peso del objeto multiplicado por el coeficiente de fricción.

### Componentes del mover con peso componente estático

El tiempo requerido para la tensión muscular que debe ejercerse a un nivel que resulta en el movimiento del objeto que va a moverse. Ocurre antes de que se mueva el objeto.

La fórmula para encontrar el valor del componente estático es:

$$TMU = 0.475 + 0.761 PNE$$

La clave para identificar el movimiento de una mano como un mover es reconocer que la mano o los dedos están realizando algún tipo de trabajo al momento de moverse, es decir, cuando la mano se usa como si fuera herramienta.

### Componente Dinámico

Es el tiempo durante el cual el objeto en realidad está moviéndose hacia un nuevo lugar.

La fórmula para encontrar el valor del componente dinámico es:

$$TMU = X (1 + 0.024 PNE)$$

Donde:

X = el valor en TMU de un mover con peso nominal.

Tiempo total de mover

Componente estático + componente dinámico = tiempo total de mover.

### 3.5.10 Manivela (Crack).

Es el movimiento que se presenta cuando la mano sigue una trayectoria circular y al antebrazo gira alrededor del codo, que actúa como junta de rótula.

Este movimiento tiene como variables el número de vueltas, el diámetro de la manivela, el esfuerzo y por último si son vueltas continuas o con parada entre ellas. Se representa por  $[N] [-1]C[d][w]$  donde [N] representa el número de vueltas, [-1] representa que son discontinuas (si se omite, son continuas), [d] la distancia y [w] el esfuerzo.

### 3.6 Combinaciones de movimientos.

Las categorías GET y PUT suelen considerarse simultáneamente. Tres variables afectan al tiempo requerido para realizar ambas categorías. Tales variables son el caso considerado, la distancia recorrida y el peso manejado. El lector debe reconocer que GET se puede considerar una combinación de los therbligs alcanzar, -asir y soltar, en tanto que PUT es una combinación de los therbligs mover y colocar en posición.

Tres casos de GET han sido identificados como A, B y C. El caso A implica un simple contacto, como cuando los dedos empujan un cenicero sobre el escritorio. Si un objeto como un lápiz se recoge por el simple cierre de los dedos con un solo movimiento, se tiene el caso de un asir B. Si el tipo de asir no es ni A ni B, entonces; Se está empleando un GET de caso C.

Los valores tabulares en TMU de los tres casos de GET aplicados a cada una de las cinco distancias codificadas se ilustran en la Tabla siguiente:

Caso	Descripción	Codificación de Distancia				
		2	6	12	18	32
GA.....	No es necesario asir	3	6	9	13	17
GB.....	Simple cierre de los dedos de las manos	7	10	14	18	23
GC.....	Cualquier otro asir.	4	19	23	27	32

**Valores Tabulares para GET**

*Figura 7. Codificación de Distancia para get.*

PUT (poner) comprende mover un objeto a cierto destino con la mano o los dedos. Comienza con el asimiento del objeto y el tenerlo bajo control en el lugar inicial e incluye todos los movimientos de traslado y corrección necesarios para colocar el objeto. PUT termina con el objeto aún bajo control en el lugar de destino.

PUT se selecciona después de considerar tres variables:

1. PUT se distingue por los movimientos de corrección empleados.
2. La distancia de desplazamiento.
3. El peso del objeto o su resistencia al movimiento.

Así como hay tres casos de GET, también hay tres para PUT. El caso de, PUT depende del número de movimientos de corrección requeridos. Una corrección es una detención no intencional, una vacilación o un cambio en la dirección del movimiento hacia el punto terminal.

1. *PA: Sin corrección* -Esto se evidencia como un movimiento suave desde el punto inicial hasta el final, y es la acción empleada en dejar a un lado un objeto, o ponerlo contra un tope de detención o en un lugar aproximado. Este es el PUT más común.

2. *PB: Una corrección* -Este PUT sucede más a menudo cuando se colocan al alcance objetos fáciles de manipular. Es difícil de reconocer.

3. *PC: Más de una corrección* -Correcciones múltiples o varios movimientos no tensionales de corta duración son normalmente obvios. Estos movimientos no intencionales generalmente son causados por dificultades de manejo, ajustes estrechos, deficiencias de simetría de las partes que embonan, o posiciones de trabajo incómodas.

La explicación de estos tres casos de PUT, al igual que los valores tabulares para cada clase aplicada a las cinco distancias codificadas, se da en la siguiente tabla:

Caso	Descripción	Codificación de Distancia				
		2	6	12	18	32
PA.....	Movimiento Continuo Suave	3	6	11	15	20
PB.....	Patron de movimientos con alguna irregularidad	10	15	19	24	30
PC.....	Corrección obvia de movimientos	21	26	30	36	41

**Valores Tabulares para PUT**

*Figura 8. Codificación de Distancia para put.*

El elemento PUT se realiza en una de dos formas: por *inserción* y por *alineamiento*.

Una inserción comprende el colocar un objeto dentro de otro, como un eje dentro de un cojinete, en tanto que un alineamiento implica orientar una parte sobre una superficie, como al ajustar una regla a una línea.

Las distancias variables son semejantes a las de GET. Cuando a un ensamble de partes le sigue una corrección, se permite un PUT adicional si la distancia de ensamble excede a 1 in.

Para PUT WEIGHT (Poner peso) (PW) las adiciones se han estimado en 1 TMU por 5 kilogramos de peso efectivo, hasta un máximo de 20 kilogramos.

### 3.7 Consideraciones en la aplicación del MTM-2.

De las técnicas de medición de trabajo, la de MTM es bastante aceptada en industrias grandes y con un grado de desarrollo alto. Su particularidad más importante es su precisión, dado que no requiere evaluar el nivel de calificación

de la actuación (velocidad) como la técnica anterior. Esta herramienta ha sido definida como "un procedimiento que analiza toda operación manual o método, en los movimientos básicos requeridos para ejecutarlo, y asigna a cada movimiento, un tiempo predeterminado estándar, el cual se determina por la naturaleza del movimiento y las condiciones bajo las que se ejecutan".

MTM significa "Medida del Tiempo de los Métodos", y es un sistema mundialmente utilizado para el estudio del trabajo y que se basa en el análisis de los métodos operatorios por micro movimientos.

La gran ventaja del MTM sobre los sistemas convencionales de cronometraje es que al realizar el estudio de trabajo, se analiza de forma muy precisa el método (el tiempo de ejecución de un trabajo siempre es una consecuencia del método empleado), con lo cual se consiguen importantes mejoras en los métodos, los procesos, la calidad, la ergonomía y consecuentemente reducimos los tiempos de producción.

Para analizar un movimiento o método manual determinado, toma en cuenta los movimientos básicos de éste y los valoriza en TMU.

Pasos a seguir en el análisis de una operación con el MTM.

- Determinar los movimientos básicos con los que se compone una operación manual.
- Definir las variables que afectan al movimiento u operación en estudio.
- Buscar en las tablas correspondientes a cada elemento básico.
- Sumar los valores obtenidos en las tablas.

Básicamente el MTM se reduce a lo anterior, aunque la dificultad se presenta en el momento de identificar claramente los movimientos básicos para cada operación, por lo que se necesario tener las bases teóricas bien conocidas y adquirir la habilidad necesaria para identificar estos movimientos mediante la práctica.

A continuación se dan algunas conversiones para los TMU:

1 TMU = 0.00001 Horas

1 TMU = 0.0006 Minutos

1 TMU = 0.036 Segundos

1 Hora = 100 000 TMU

1 Minuto = 1667 TMU

1 Segundo = 27.8 TMU

Los movimientos básicos en el sistema MTM están divididos de la siguiente manera: 8 elementos manuales, 2 elementos oculares, 7 elementos de las extremidades y 2 elementos del tronco.

Por lo que suman 19 los movimientos fundamentales que se necesitan para establecer un patrón de movimientos. El tiempo predeterminado, está sujeto a las condiciones bajo las cuales.

### 3.7.1 Determinación del tiempo estándar por observación directa.

El uso de tiempos estándar también involucra el concepto de banco de datos, pero los datos comprenden clases más grandes de movimiento que los tiempos predeterminados. Por ejemplo, un sistema de tiempos estándar puede contener datos sobre el tiempo requerido para perforar agujeros de varios tamaños en ciertos materiales. Cuando se requiere un estándar para una operación de perforación, los tiempos estándar se utilizan para estimar el tiempo requerido. Con tiempos estándar no es necesario medir cada tipo diferente de trabajo de perforación, se incluyen únicamente un conjunto estándar de operaciones de perforación en el banco de datos y se proporcionan fórmulas o gráficas para realizar aproximaciones de otras condiciones.

Los tiempos estándar se derivan ya sea de datos de cronómetros o de datos predeterminados de tiempo. El uso de los tiempos estándar es bastante popular para la medición de la mano de obra directa. Esto se debe a que se puede derivar un gran número de estándares de un conjunto pequeño de datos estándar.

Los sistemas de tiempos estándar son útiles cuando existe un gran número de operaciones repetitivas que son bastante similares. Por ejemplo en una fábrica de muebles, el tiempo que se requiere para barnizar una pieza de un mueble posiblemente podría basarse en el número de pies cuadrados de superficie. En un grupo de secretarías, el tiempo que se requiere para mecanografiar una carta, podría estar relacionado al número de palabras en la carta más un tiempo fijo para los bloques del encabezado y la firma. Utilizando relaciones de este tipo para establecer estándares, se puede ahorrar una gran cantidad de esfuerzo.

Para desarrollar datos de tiempo estándar debe distinguirse entre los elementos constantes y los variables. Un elemento constante es aquel cuyo suplemento permanece casi igual en cualquier parte del trabajo dentro de un intervalo específico un elemento variable es aquel cuyo suplemento varía dentro de un intervalo específico de trabajo.

Si los analistas conocen las alimentaciones y velocidades para diversos tipos de material puede calcular y tabular los tiempos de corte para distintas operaciones de maquinado.

### 3.7.2 Ídem anterior, por visualización y simulación.

En la actualidad las computadoras almacenan datos de estándares y consultas acumulan y desarrollan estándares para nuevas tareas antes de la producción. Al usar la computadora es sencillo consultar, acumular y ajustar según los suplementos adecuados los datos de estándares ya sea que están almacenados en forma de movimientos, elementos o tareas. Varios sistemas de software cuentan con una base de datos de movimientos fundamentales, por ejemplo MOST, WOCOM y UNVATION usan los datos de movimientos como base para el desarrollo de estándares.

Para obtener una eficiencia máxima y desarrollar los mejores estándares los datos se almacenan en las formas de movimiento y de elemento. El software puede seleccionar, consultar y modificar dichos datos para generar estándares de trabajo.

### 3.8 Aplicaciones del MTM a casos prácticos.

MTM-C, con un amplio uso en el sector de la banca y seguros, en un sistema de datos de estándares de dos niveles usado para establecer tiempos estándar de tareas relacionadas con trabajo de oficina, como golpes de teclado, archivar, introducir datos y mecanografiar. Ambos niveles de MTM-C se pueden referir a datos de MTM-1.

El sistema proporciona tres intervalos diferentes para alcanzar y mover (Get Place).

Un sistema de codificación numérica de seis lugares (similar al de MTM-V), suministra una descripción detallada de la operación que se estudia.

MTM-C desarrolla estándares de la misma manera que otros sistemas MTM. Los analistas los combinan con datos de estándares probados existentes o con datos de estándares desarrollados mediante otras fuentes o técnicas. MTM-C está disponible en forma manual o automatizada. Para la última, se puede incorporar un conjunto de datos MTM-C en MTM-Link.

Las nueve categorías de nivel 1 usadas en MTM-C se muestran en la tabla siguiente, Y son:

1. Obtener/colocar. Esta categoría incluye las divisiones de trabajo básicas requeridas para obtener un objeto, moverlo al lado sin ceder el control y dejarlo. Por ejemplo, el código y descripción de un elemento en esta categoría puede ser: 112210- obtener una pequeña cantidad de material con movimiento medio.
2. Abrir/cerrar. Característicos de esta categoría son operaciones como abrir o cerrar libros, puertas, cajones, carpetas, objetos con

cierre, sobres y archivos. Un ejemplo de código para una operación representativa sería: 212100-abrir cubierta con bisagra, medio.

3. Unir/separar. Esta categoría incluye poner y quitar clips de papel, sujetadores, ligas y grapas, todas usadas para unir materiales. Un código representativo para este elemento de trabajo sería: 31230-unir con clip grande para papel.

Elementos de nivel 1 de MTM-C

Elementos nivel 1	Símbolo
Obtener/colocar	11xxxx
Abrir/cerrar	21xxxx
Unir/separar	31xxxx
Organizar/archivar	4xxxxx
Leer/escribir	5xxxxx
Mecanografiar	6xxxxx
Manejar	7xxxxx
Caminar/movimientos del cuerpo	8xxxxx
Máquinas	9xxxxx

4. Organizar/archivar. Esta categoría incluye los elementos básicos involucrados en las actividades de archivar y parte del manejo organizacional del trabajo relacionado de manera directa o indirecta con el archivo. Un ejemplo de codificación y descripción de esta categoría es. 410400-arreglar una pila en orden cronológico.

5. Leer/escribir. Esta categoría incluye la velocidad de lectura en prosa de 330 palabras por minuto. Los valores de tiempo para escribir se han desarrollado para cartas, números y símbolos. Los valores son promedios ponderados basados en la frecuencia de ocurrencia de cada tipo carácter en la prosa normal. Un ejemplo de codificación una descripción representativa es: 510600-leer prosa promedio, por palabra.

6. Mecanografiar. Esta categoría incluye todas las acciones relacionadas con la preparación para escribir a máquina, las funciones manuales de mecanografía y el tiempo de proceso de la máquina. Un ejemplo de codificación y descripción en esta categoría sería: 613530-insertar un solo objeto en la máquina de escribir, larga distancia.

7. Manejar. Esta categoría incluye todas las actividades de apoyo no cubiertas en otras categorías. Un ejemplo de codificación y descripción de un elemento sería: 760600-adherir la ceja del sobre.

8. Caminar/movimientos del cuerpo. Esta categoría incluye los valores de caminar, basados en el paso. Los movimientos del cuerpo incluyen sentarse, ponerse de pie y los movimientos horizontal y vertical del cuerpo estar en una silla. Un ejemplo de codificación y descripción de un elemento es esta categoría es: 860002-moverse sentado en una silla con rodajas.

9. Máquinas. Los datos de la máquina son representativos de un grupo de equipos de tipo similar. Los datos para los teclados de calculadoras y las perforadoras binarias son ejemplos típicos de esta categoría.

Los datos del nivel 2 se refieren de manera directa con el nivel 1 de MTM-1. Los elementos del nivel 2 y sus símbolos se muestran en la tabla siguiente. Éstos son:

1. Obtener/colocar/a un lado. Estos elementos se aplican colectiva o individualmente. El ejemplo de codificación y elemento de esta categoría con divisiones colectivas básicas sería: G5PA2-obtener un lápiz para usarlo y dejarlo a un lado para usarlo después.

Elementos del nivel 2 de MTM-C

Elementos de nivel 2	Símbolo
A un lado	A
Movimientos del cuerpo	B
Cerrar	C
Unir	F
Obtener	G
Manejar	H
Identificar	I
Localizar archivo	L
Abrir	O
Colocar	P
Leer	R
Mecanografiar	T
Separar	U
Escribir	W

2. Abrir/cerrar. Estos datos incluyen obtener el objeto que abre o cierra. Los datos se aplican de manera individual o combinada, como sigue: C65-cerrar cordón, amarrar sobre; o bien, OC4-abrir y cerrar argollas de carpeta.
3. Unir/separar (F), el elemento está formado por obtener los objetos para unirlos. Para separar (U), el elemento incluye tener los objetos y separarlos.
4. Identificar. Los datos de este elemento incluyen los valores del recorrido de la vista, junto con el enfoque del ojo para identificar (I) palabras sencillas o múltiples y conjuntos de números.
5. Localizar/archivo. Los datos para este elemento cubren las actividades típicas al archivar. La primera posición del código es L, para localizar. La segunda posición es una letra que corresponde también a la actividad de archivar, como LI (insertar), LR (remover), LT (inclinarse y reemplazar).
6. Leer/escribir. Los datos de lectura incluyen leer palabras y números solos y/o caracteres. Leer también contiene datos de “leer y comparar” detallados y de “leer y transcribir”. Los datos de escribir incluyen aspectos de apoyo comunes, como dirección, fecha, iniciales y nombres. El código y descripción del elemento para dos elementos representativos sería: RW20-leer 20 palabras; RCN25-leer y comparar 25 números.
7. Manejo. Este elemento incluye las actividades reales de manejo de papeles del nivel 1: organizar y manejar datos. En la mayoría de los elementos, los objetos se obtienen con GET y con los elementos de acción de manejar y manipular. En el código para los elementos de manejo, H es la primera posición del código. L segunda es la letra inicial de la actividad. Un ejemplo de codificación para doblar una hoja con dos dobleces sería: HF12.
8. Movimientos del cuerpo. Estos elementos incluyen caminar, sentarse y ponerse de pie, doblarse y levantarse y movimientos horizontales del cuerpo sólo o en una silla.
9. Mecanografiar. Esto a elementos, incluyen tres secciones de datos: manejo, golpes de teclado y corrección. Los ejemplos de códigos y descripciones son: TH132-colocar tres hojas de papel y dos hojas de carbón en la máquina y quitarlas; TKE17E-mecanografiar un renglón de 7 pulgadas (17.5 cm.) en una máquina eléctrica; TCL41-corriger un error en cuatro hojas con líquido blanco.

Es más rápido calcular el nivel 1 de MTM-2. También la velocidad del nivel 2 de MTM-C es mayor que la de MTM-3. Compare los estándares para reemplazar una página en una carpeta de tres argollas, desarrollados primero con MTM-1, después con MTM-C nivel 1, y por último con MTM-C nivel 2. Observe qué tan cercanos son los tres estándares.

Comparación de MTM-1, MTM-C (1) Y MTM-C (2)

Técnica	Número de elementos	Estándar
MTM-1	57	577.8
MTMT-C nivel 1	21	577
MTM-C nivel 2	11	575

ANÁLISIS MTM-1 DE MTM-C						VALIDACIÓN
TITULO DE ELEMENTO: sustituir página en carpeta de 3 argollas						ANALIST A:
INICIA: obtener carpeta de repisa a la izquierda						FECHA:
INCLUYE: obtener carpeta, abrir cubierta, localizar						
DESCRIP. MANO IZQUIERDA	F	MD	tmu	MI	F	DESCRIP. MANO DERECHA
3.SUSTITUIR PÁGINA						
Argollas		R7A	7.4	R7A		A argollas
Agarrar		G1A	2.0	G1A		Agarrar
Jalar para abrir		APB	16.2	APB		Jalar para abrir
Abrir		MfA	2.0	MfA		Abrir
Soltar		RL1	2.0	RL1		Soltar
A orilla de la página		R6D	10.1			
Agarrar		G1B	3.5			
Al basurero		M3DB	24.3	(R-E)		
Soltar		RL1	2.0			
			10.1	R6D		A nueva hoja
			3.5	G1B		Agarrar
			15.2	M12C		A argollas
			16.2	P2SE		Alinear con argollas
			2.0	MfC		A argollas
			16.2	P2SE		Alinear
			2.0	MfA		Bajar en argollas
			2.0	RL1		Soltar
A argolla central		R\$B	8.6	R6B		A argolla central
Agarrar		G1A	2.0	G1A		Agarrar
Presionar para cerrar		APB	16.2	APB		Presionar para cerrar
Cerrar		MfA	2.0	MfA		Cerrar
Soltar		RL1	2.0	RL1		Soltar
			167.5			
4.CERRAR CUBIERTA Y DEJAR CARPETA EN REPISA						
Alcanzar cubierta		R7B	9.3			
Agarrar orilla		G1A	2.0			
Cerrar cubierta		M16B	15.8			
Soltar		RL1	2.0			
Alcanzar carpeta		R6B	8.6			
Agarrar		G1A	2.0			
Agarrar de nuevo		G2	5.6			
Mover a repisa		M30B	24.3			
Dejar		RL1	2.0			
			71.6			
RESUMEN ELEMENTAL						
1. Obtener carpeta, abrir cubierta			83.2			
2. Localizar pagina correcta			255.5			
3. Sustituir página			167.5			
4. Cerrar cubierta v dejar carpeta			71.6			
			577.8			

Actividad (es) de la unidad III.

Actividad 5. Conteste el siguiente cuestionario.

1.- Indica la manera de clasificar y registrar los diferentes movimientos realizadas durante una actividad.

- a) MTM
- b) Ttm,
- c) Mtm-3
- d) Análisis
- e) Operación

2.- Menciona uno de los tres casos de movimientos

- a) Mover un objeto con la otra mano o contra un tope
- b) Sacar
- c) Poner un objeto
- d) Levantar
- e) Mover

3.-Es aplicar una serie de técnicas que determinen el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea

- a) Medir el trabajo
- b) Realizar el trabajo
- c) Mover un objeto
- d) Poner un objeto
- e) Mtm

4.- Mencione una de las diversas formas de medir el tiempo

- a) Medición directa de tiempos de ejecución
- b) Medición indirecta de toma de tiempos
- c) Mtm
- d) Medir el trabajo realizado
- e) Toma de tiempos

5.- El instrumento fundamental que origina un a mayor productividad es la utilización de:

- a) Métodos
- b) Estàndares
- c) Mtm
- d) Datos
- e) Objetos

6.- Conjuntos de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directa o indirecta a un concienzudo escrutinio

- a) Ingeniería de métodos
- b) Estándares
- c) Datos
- d) Medir el trabajo realizado
- e) Mtm

7.- Mide el trabajo donde los tiempos del ciclo son de 6.00 minutos o mayores no requiere de gran precisión

- a) Ready work
- b) Brody word
- c) Ready
- d) Listened
- e) Mtm

8.- Mencione uno de los procesos fundamentales que son la base de este sistema

- a) Movimientos
- b) Estándares
- c) Medición
- d) Análisis
- e) Toma de tiempos

9.- Es un procedimiento que analiza un método o una operación manual de los movimientos básicos.

- a) Sistema mtm
- b) Sistema doc
- c) Sistema mtm-
- d) Sistema tres
- e) Sistema

10.- Es el movimiento de los dedos de las manos, muñeca y antebrazo en una trayectoria circular mientras el antebrazo utiliza al codo como pivote.

- a) Colocar en posición
- b) Soltar
- c) Crack
- d) Mover
- e) Girar

11.- Es el movimiento básico de la mano a los dedos utilizados, cuando el propósito es mover las manos a los dedos aun lugar a otro.

- a) Crack
- b) Mover
- c) Girar
- d) Alcanzar
- e) Poner en posición

12.- Es un movimiento básico de la mano o del dedo empleado para transportar un objeto hacia su destino.

- a) Mover
- b) Alcanzar
- c) Soltar
- d) Recoger
- e) Poner en posición

13.- Es el movimiento básico para rotar la mano sobre el eje del antebrazo.

- a) Alcanzar
- b) Girar
- c) Mover
- d) Girar Y alcanzar
- e) Girar y mover

14.- Es una aplicación de fuerza muscular.

- a) Aplicar presión
- b) Poner un objeto
- c) Levantar un objeto
- d) Girar
- e) Levantar

15.- Es el movimiento básico de la mano o del dedo empleado para asegurar el control del objeto.

- a) Mover
- b) Mover un objeto
- c) Girar un objeto
- d) Asir
- e) Levantar

16.- Es el movimiento de los dedos de la mano requerido para dejar de tener el control de un objeto.

- a) Soltar
- b) Mover

- c) Asir
- d) Crack
- e) Alcanzar

17.- Es un movimiento realizado por la mano empleado con el fin de alinear, orientar y ensamblar un objeto con otro.

- a) Levantar
- b) Alcanzar
- c) Colocar en posición
- d) Aplicar presión
- e) Crack

18.- En qué año fue el primer análisis de estudio de tiempos Frederick Taylor.

- a) 1881
- b) 1981
- c) 1771
- d) 1974
- e) 1670

19.- Es una técnica de rápida aplicación para determinar el tiempo aproximado que se requiere para efectuar la posición manual de un trabajo.

- a) Sistema ready work - factor
- b) Mtm
- c) Mtm-2
- d) Mtm-3
- e) Mtm-c

20.- Cuantos son los elementos del MTM-2.

- a) 20
- b) 9
- c) 15
- d) 10
- e) 11

21.- Cuantos son los movimientos fundamentales que se necesitan para establecer un patrón de movimientos.

- a) 20
- b) 3
- c) 19
- d) 8
- e) 25

22.- 8 elementos manuales, 2 elementos oculares, 7 elementos de las extremidades y 2 elementos al tronco. ¿A que se refiere?

- a) A la medición directa de la UTM
- b) A la ingeniería industrial
- c) Al ready work
- d) A los movimientos básicos del sistema MTM
- e) Al estudio de movimientos

Actividad 6. Leer el capítulo 8. Sistema de estándares de tiempos predeterminados del libro “Estudio de tiempos y movimientos (para la manufactura ágil)” del autor Fred E. Meyers; y determinar el estándar de tiempos de algún proceso, de un artículo de nueva creación.

## Unidad 4. Determinación de datos estándares en operación de maquinado.

### Objetivo:

Aplicará la técnica de datos estándar para el cálculo de tiempos estándar en diferentes procesos.

Los datos estándares son un catálogo de estándares de tiempo elementales formado a partir de una base de datos reunida al cabo de años de estudios de tiempos y movimientos. El nombre o número de las máquinas y la descripción de los trabajos organizan el catálogo de estándares de tiempo. Cuando se diseña un nuevo componente y se identifican los pasos de fabricación, la página correspondiente le indica lo que hace que varíen los tiempos, de manera que pueda tomar medidas a partir del plano del nuevo componente y así determinar el tiempo para el nuevo trabajo.

### 4.1 Finalidad de los datos estándares.

Los datos estándares son, en su mayor parte, tiempos elementales estándar tomados de estudios de tiempo que han probado ser satisfactorios. Los datos estándar comprenden todos los elementos estándar: tabulados, monogramas, tablas, etcétera, que se han recopilado para ayudar en la medición de un trabajo específico, sin necesidad de algún dispositivo de medición de tiempos, tales como cronómetros.

Cada trabajo consta de varios elementos, por lo que para cada uno de ellos se desarrollan varios tiempos elementales. Una de las razones principales para la división de un trabajo, es el desarrollo de datos estándares. El tiempo de cada elemento varía por sus propias razones. Algunos elementos son constantes, sus tiempos no varían de manera alguna; otros no lo son y sus tiempos varían en función de cierto parámetro como el tamaño o peso.

El desarrollo de los datos estándares es la principal tarea en los estudios de tiempos y/o movimientos, de modo que debe ser el objetivo de todo departamento de ingeniería industrial. La tarea es investigar lo que hace que el tiempo cambie. Cuanto mejor halla dividido el especialista el trabajo en elementos durante la fase de estudio de tiempo, más fácil será el establecimiento de datos estándar.

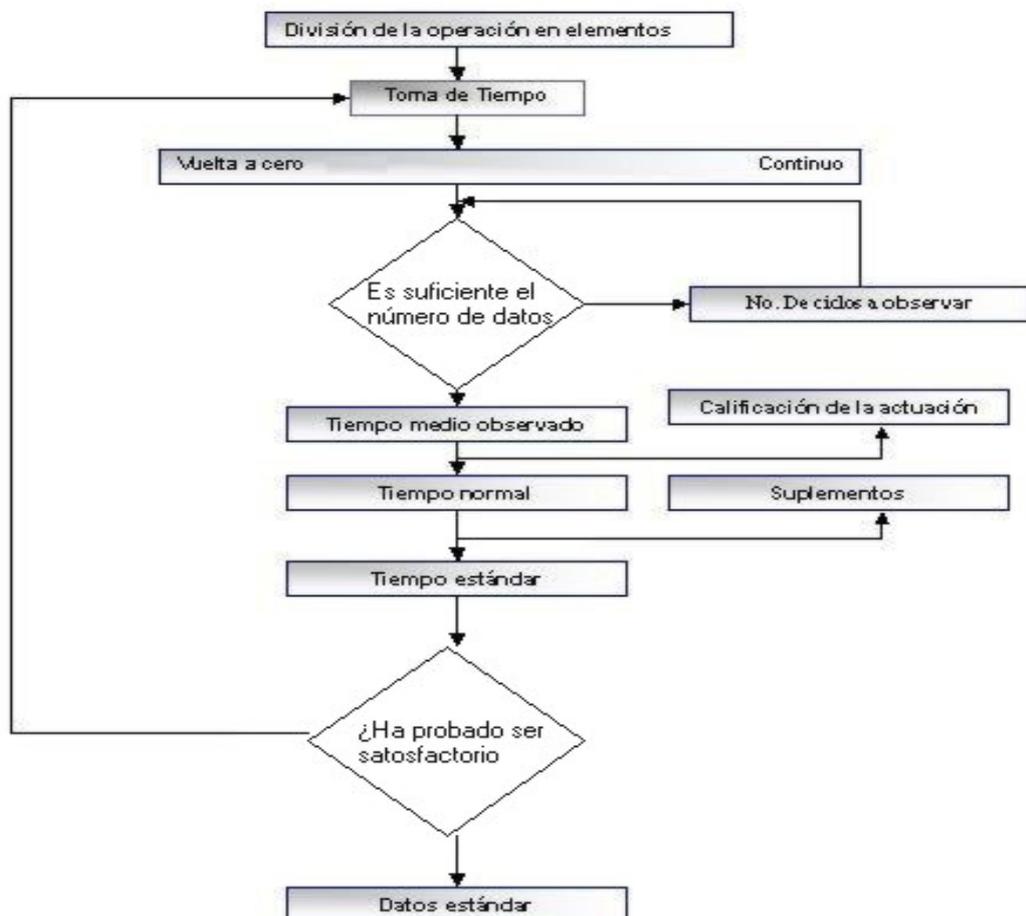
Los métodos de comunicar datos estándar son:

- Gráficas.
- Tablas.
- Fórmulas.
- Hojas de trabajo.

#### 4.2 Obtención de datos estándares.

Algunas veces debido a la brevedad de los elementos individuales es imposible medir la duración de cada elemento por separado, como por ejemplo al tratar de tomar el tiempo a una secretaria competente, es casi imposible tomar el tiempo cada vez que presiona una tecla, pero se puede determinar sus valores individuales cronometrando colectivamente los grupos de elementos, y utilizando ecuaciones simultáneas para hallar los elementos individuales.

Las cosas se complican en su aplicación pero de una forma muy general, se puede resumir la obtención de los datos estándar a través del siguiente diagrama:



### 4.3. Cálculo de tiempos de corte.

Las velocidades y alimentaciones de las máquinas cortadoras de viruta como tornos, taladros y fresadoras dependen de:

1. El material que se corta.
2. El tipo de herramienta utilizada.

Las velocidades y alimentaciones de todas las máquinas mencionadas están determinadas científicamente para minimizar el costo. La fuente de información sobre velocidades y alimentaciones es el *Machinery's Handbook*, publicado por Industrial Press (Nueva York, N.Y.). Otras fuentes de información sobre velocidades y alimentaciones son los fabricantes de herramientas y de maquinaria. Algunos fabricantes le proporcionan a los especialistas reglas de cálculo y tablas de velocidades y alimentaciones laminadas en plástico.

Las velocidades y alimentaciones son la base del tiempo de operación de la máquina. El estándar de tiempo incluye el tiempo de operación de la máquina y el tiempo de cargar y descargar, mismo que es controlado por el operador. Sería necesario un estudio de tiempos para determinar el tiempo de carga y descarga; después de efectuar suficientes estudios, se podrían desarrollar tablas de datos estándar.

Las velocidades se especifican en pies por minuto. Si se requiere una velocidad de 500 ft/min, un punto ubicado sobre el diámetro de la herramienta o del componente debe recorrer o moverse a dicha velocidad. Por ejemplo, si en un torno se coloca una barra de 2 in de diámetro. Un punto sobre la circunferencia necesitaría moverse a una velocidad de 500 ft/min. Una broca de 2 in también tendría que mover un punto de su circunferencia a 500 ft/min. Un componente o una herramienta de 2 in de diámetro tiene una circunferencia de un poco más de 6 in ( $\pi\phi$ ), y la máquina tendría que girar estas seis pulgadas (medio ft) 1,000 veces por minuto para girar 500 ft/min. Ésta es la lógica de las RPM (revoluciones por minuto).

La fórmula es: 
$$RPM = \frac{velocidad}{\pi D}$$

Una pequeña muestra de las tablas mencionadas según la alimentación del material y velocidad de corte de metales comunes, es la siguiente:

Material de trabajo	Dureza (BHN)	Acero de alta velocidad (ft/min)	Carburo cementado (ft/min)	Alim/Inser. (in/Rev.)
Aluminio	60-100	300-800	1000-2000	0.010-0.030
Latón	120-220	200-400	500-800	0.010-0.040

Bronce endurecido	220-	65-130	200-400	0.010-0.050
Acero fundido gris ASTM 20	110-	50-80	250-350	0.015-0.050
Acero al bajo carbono	220-	60-100	300-600	0.010-0.025
Aleación de acero al medio Carbono 4140	229-	50-80	225-400	0.005-0.012
Acero al alto carbono	240-	40-70	150-250	0.003-0.010
Acero Aisil 8620	200-250	40-70	150-350	0.010-0.030
Acero inoxidable	120-200	30-80	100-300	0.002-0.004

La velocidad esta en pies por minuto. Multiplique por 12 para obtener pulgadas por minuto.

Se requiere tres formulas para calcular un estándar de tiempo a partir de alimentaciones y velocidad:

$$(1)RPM = \frac{velocidad}{\pi D}$$

$$(2)Numero\ de\ revoluciones\ requeridas = \frac{longitud\ o\ profundidad\ de\ corte}{tasa\ de\ alimentacion}$$

$$(3)Tiempo = \frac{(2)Numero\ de\ revoluciones}{(1)RPM}$$

#### 4.3.1. Trabajos de taladro.

Los taladros son máquinas para la producción de pieza por pieza, no se utilizan para la fabricación de piezas en masa. Cuando es necesaria la fabricación de taladros, escariados o barrenos en grandes cantidades se utilizan las máquinas de control numérico. Estas máquinas con herramientas especiales muy parecidas a las brocas, barrenas o penetradores se realizan trabajos de producción masiva.

Los taladros son un poco más complicados debido al efecto que tiene la punta de la broca sobre la longitud del corte. Las dimensiones de la punta son de alrededor de 4 veces el diámetro de la broca. Una broca de media pulgada tendría una punta de 0.2 in (0.4 x 0.5=0.2).

Ejemplo:

¿Cuánto tiempo tomara perforar un barreno de 3/8 in a través de un componente de 2in, con una velocidad de 500 pies por minuto y una tasa de alimentación de 0.0025?

$$(1) \text{RPM} = \frac{500 \times 12}{\pi \frac{3}{8}} = 5.096 \text{RPM}$$

Redondeando para la capacidad real de la maquina=5.000RPM

$$(2) \# \text{ Rev.} = \frac{2 + .15}{0.0025} = 860 \text{ revoluciones.}$$

$$(3) \text{Tiempo} = \frac{860}{5.000} = .172 \text{ minutos.}$$

De nuevo, deberá determinarse con alguna otra técnica el tiempo descarga, porque los tiempos de la maquina son solo del corte y el tiempo de la maquina es .172min

#### 4.3.2. Trabajos de torno.

El torno es una máquina que trabaja en el plano porque solo tiene dos ejes de trabajo, normalmente denominados Z y X. La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado *chariot* que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta portaherramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado.

Ejemplo:

¿Cuánto tiempo se requiere para tornear el componente mostrado?

Barra en bruto 6"

$$(1) \text{RPM} = \frac{350 \times 12}{\pi 1 \frac{1}{2}} = 892 \text{RPM}$$

Seamos realistas. La maquina podrá operar a 800 o 900 RPM. Pero no a 892, por lo que utilizaremos 900RPM

$$(2) \# \text{ Rev.} = \frac{6''}{.0015} = 4,000 \text{ rev}$$

$$(3) \text{ tiempo} = \frac{4,000}{900} = 4.444 \text{ min}$$

Aun que se requiere el tiempo de carga y de descarga, pero 4.444min es el tiempo de corte de la maquina. La profundidad de corte pudiera requerir dos pasadas.

#### 4.3.3. Trabajos de fresadora.

La utilización de las fresadoras ha sido de gran ayuda en el trabajo industrial ya que nos permite un mejor acabado en las diferentes piezas que se fabrican que se utilizan en la vida cotidiana así, como también el mejoramiento en su calidad y presentación y precisión.

El manejo de la fresadora requiere de personal capacitado para que conozca y determine la materia prima a utilizar dependiendo del producto a realizar.

Es muy importante que el operador de estas maquinarias conozca las medidas de seguridad que hay que tener al iniciar o poner en marcha este tipo de maquinaria así como también al término del trabajo darle el mantenimiento adecuado para su mejor utilización.

#### 4.3.4. Trabajos de cepilladora y sierra alternativa.

La cepilladora es una máquina utilizada muy frecuentemente en la industria de la madera, y sirve para alisar la superficie de la madera. Está formada por un árbol porta-cuchillas que se sitúa entre dos mesas, y en la superficie de la bancada se encuentra el palograma, para hacer de tope o guía que soporta las piezas.

La sierra alternativa se utiliza para cortar trozos de barras (macizas o huecas) de cualquier tipo de sección. La hoja de corte tiene animación de un movimiento alternativo, avanzando y elevándose automáticamente en la pieza.

#### Recomendaciones

- Cuando se trabaja con piezas largas, se situarán los soportes o mesas a ambos lados de la máquina.

- Se colocará un resguardo fijo que impida el acceso al sistema biela-manivela, rodeando suficientemente los elementos móviles para evitar riesgo de cizallamiento en el soporte de la hoja.
- No es posible la protección de la hoja, pero el vaivén de ésta elimina cualquier riesgo de arrastre

#### 4.3.5. Trabajos de sierra cinta.

Existen dos máquinas por excelencia para el corte de madera (tableros de madera aglutinada o tableros MDF), que son la sierra cinta y la sierra circular.

Sierra cinta.- Es una de las máquinas más antiguas usadas en el trabajo de la madera. Está constituida por una columna de hierro fundido que soporta en su parte superior e inferior unas poleas sobre las cuales esta montada la herramienta constituida por una hoja de sierra sin fin. El impulso motor de la máquina se transmite a través de la polea inferior. A una altura adecuada para realizar el trabajo, se tiene la mesa de trabajo, la cual en algunos modelos está dispuesta de modo que se pueda desplazar para poder realizar cortes oblicuos. El tamaño de las sierras cinta está definido por el diámetro de las poleas los equipos pequeños tienen poleas de 350 a 500mm, los equipos generalmente usados son de 600 a 800mm de diámetro, las sierras cintas grandes tienen poleas de 900 a 1250mm. La velocidad de corte de las sierras cinta varía de 1200 a 1500 m/min en los equipos normales y de 1500 a 1800 m/min en los equipos de alto rendimiento.

Sierra circular.- Esta máquina tiene una forma cerrada rectangular, la máquina está dotada de una mesa de trabajo con una ranura, a través de la cual sobre-sale la parte cortante de la sierra. La herramienta de corte es un disco circular dentado. La mesa de trabajo puede subirse, bajarse, inclinarse, lo cual produce que la sierra sobresalga más o menos de la superficie de la mesa, con lo que se regula la profundidad del corte. Los diámetros de los discos de corte utilizados varían de los 250mm hasta los 400mm, la velocidad de corte más conveniente para estos equipos es de 3600m/min.

#### 4.4. Determinación de los requisitos de potencia.

Al obtener datos estándares de tiempo para elementos de trabajo de las máquinas, es conveniente tabular los requisitos o demandas de potencia para los diversos materiales, considerando su relación con la profundidad del corte, la velocidad de la herramienta y el avance o alimentación. El analista utilizará frecuentemente los datos estándares para la planeación de nuevos trabajos. A

fin de que no se sobrecargue el equipo existente, conviene que esté informado de la carga de trabajo asignada a cada máquina según las condiciones en que se corta o desprende el material de las piezas maquinadas. Por ejemplo, en el labrado a máquina de piezas forjadas de acero de alto contenido de aleación en un torno cuya capacidad de potencia es de 10 hp, no sería factible hacer un corte de 3/8 in de profundidad utilizando un avance de 0.011 in/rev y una velocidad periférica de 200 ft/min. La tabla siguiente indica una potencia necesaria de 10.6 hp en estas condiciones. En consecuencia, el trabajo necesitaría ser planeado para una alimentación de 0.009 in a una velocidad de 200 ft/min, ya que en este caso la potencia requerida sería de 8.7 hp.

Velocidad de corte (ft/min)	3/8 in de profundidad (avances, in/rev)						1/2 in de profundidad (avance, in/rev)					
	0.009	0.011	0.015	0.018	0.020	0.022	0.009	0.011	0.015	0.018	0.020	0.022
150	6.5	8.0	10.9	13.0	14.5	16.0	8.7	10.6	14.5	17.3	19.3	21.3
175	8.0	9.3	12.7	15.2	16.9	18.6	10.1	12.4	16.9	20.2	22.5	24.8
200	8.7	10.6	14.5	17.4	19.3	21.3	11.6	14.1	19.3	23.1	25.7	28.4
225	9.8	11.9	16.3	19.6	21.7	23.9	13.0	15.9	21.7	26.1	28.9	31.8
250	10.9	13.2	18.1	21.8	24.1	26.6	14.5	17.7	24.1	29.0	32.1	35.4
275	12.0	14.6	19.9	23.9	26.5	29.3	15.9	19.4	26.5	31.8	35.3	39.0
300	13.0	16.0	21.8	26.1	29.0	31.9	17.4	21.4	29.0	34.7	38.6	42.5
400	17.4	21.4	29.1	34.8	38.7	42.5	23.2	28.2	38.7	46.3	51.5	56.7

#### 4.5. Trazos de gráficas o curvas.

Debido a las limitaciones de espacio no siempre es conveniente tabular valores para los elementos variables. Mediante una gráfica o un sistema de gráficas en forma de nomograma, el analista podrá expresar gráficamente un número considerable de datos estándares en una sola hoja.

Se puede hacer cualquier tipo de relación matemática para después graficar. La ecuación de la recta por ejemplo es una de las más sencillas y por lo mismo de las más utilizadas  $Y = m x + b$  (La ecuación para una recta se expresa también frecuentemente como  $y = a + b x$ ). Donde:  $y$  = Ordenada (horas por centenar de piezas),  $x$  = Abscisa (tamaño de pieza en pulgadas cuadradas de área),  $m$  = Pendiente de la recta, o razón del cambio en la

cantidad marcada en el eje y al cambio en la cantidad marcada en el eje X. b = Intersección de la recta con el eje y cuando  $x = 0$ . La pendiente se puede calcular por la ecuación:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Donde  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$  son puntos específicos de la recta.

#### 4.6. Empleo de los datos estándares.

Cuando se habla de datos estándares, uno se refiere a todos los estándares tabulados de elementos, gráficas o diagramas, monogramas y tablas que se recopilaron para poder efectuar la medida de un trabajo específico.

Los estándares de tiempo pueden obtenerse mucho más rápidamente utilizando datos estándares, y se puede asegurar así la consistencia de los estándares establecidos. Por consiguiente, esta técnica permite la elaboración económica de estándares de mano de obra indirecta. Los estándares desarrollados a partir de datos de la naturaleza citada, tienden a ser plenamente equitativos para el trabajador y la empresa, en el sentido de que son el resultado de estándares ya experimentados. Puede señalarse que los valores elementales utilizados para obtener los estándares han demostrado ser satisfactorios como componentes de los estándares establecidos y aceptables, que se emplean en la planta.

El uso de datos estándares simplifica muchos problemas de dirección y administrativos en empresas que tienen que tratar con sindicatos que actúan como "gestores de regateo". Algunos contratos laborales contienen muchas cláusulas relativas a asuntos como el tipo de estudio a usar (de lecturas continuas o de regresos a cero), el número de ciclos que debe estudiarse, a quién deberá estudiarse y quién deberá observar el estudio. Estas restricciones dificultan con frecuencia el trabajo del analista para, obtener un estándar que sea equitativo para la compañía y para el operario. Empleando la técnica de los datos estándares, el analista podrá evitar los detalles restrictivos. De este modo no sólo se simplifica la determinación del estándar, sino que se atenúan los posibles orígenes de conflicto entre trabajadores y empresa.

En general, cuanto más refinados sean los tiempos elementales, tanto mayor será el alcance posible de la acción de los datos. Por consiguiente, en actividades de taller es factible tener tanto valores elementales individuales como valores agrupados o combinados, de manera que los datos para un equipo o máquina determinados, tendrán la necesaria flexibilidad para permitir el establecimiento de tasas para todas las clases de trabajo programadas para esa instalación productiva. Cada vez se extiende más el empleo de datos de movimientos fundamentales para establecer estándares. Estos datos son de naturaleza tan básica que hacen posible la predeterminación de estándares

para prácticamente toda clase o tipo de elementos manuales. Es natural que las divisiones básicas, deban ser manejadas como variables y establecer por tanto, datos tabulados, gráficas o expresiones algebraicas. La formulación de tasas para todos los tipos de trabajo con base en las técnicas de datos de movimientos fundamentales.

Es esencial que el analista conozca y sepa reconocer la necesidad de cada elemento en la clase de trabajo para la cual trata de establecer tasas o valores. Como complemento de esta preparación es necesario también que el técnico que ha de trabajar con datos estándares sea de mente analítica, inclinado a la exactitud, íntegro, partidario del trabajo a conciencia y de absoluta confianza.

Los datos estándares son, en su mayor parte, tiempos elementales estándar tomados de estudios de tiempo que han probado ser satisfactorios. Los datos estándar comprenden todos los elementos estándar: tabulados, monogramas, tablas, etcétera, que se han recopilado para ayudar en la medición de un trabajo específico, sin necesidad de algún dispositivo de medición de tiempos, tales como cronómetros.

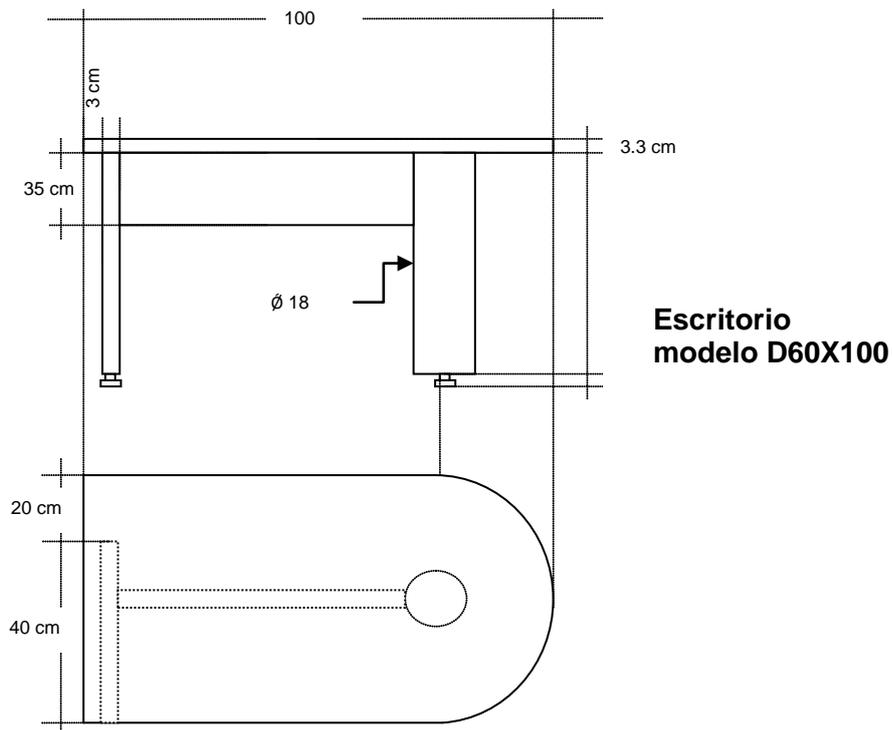
#### 4.7. Empleo de los datos estándares.

Para ejemplificar el empleo de los datos estándares; es necesario contar con los propios estándares de tiempo ya sea por cronometraje o por sistemas de estándares de tiempos, en alguna unidad previamente determinada (datos estándares), para con ello utilizar los datos estándares para calcular el tiempo estándar de "X" producto; como se describe a continuación:

En la empresa el "Mueble Moderno S. A. de C. V." se requiere una cotización *para cubiertas* de escritorio modelo D60X100.

El Gerente de Ventas a solicitado a usted (ingeniero de producción) el costo de fabrica, para que el pueda darle el precio de venta a nuestro cliente.

Para poder obtener el precio de venta es necesario obtener el dibujo del escritorio modelo D60X100, la materia prima con sus respectivos precios, los salarios y la tabla de Datos estándar.



Material	Costo	Presentación
Laminado de alta presión (L.A.P.) cedro.	\$ 450	1.22m X 2.44m (grosor aproximado 2mm)
Mdf <sub>30</sub>	\$ 320	1.22m X 2.44m (grosor 28mm)
Backer	\$ 65	1.22m X 2.44m (grosor aproximado 1mm)
PVC	\$ 180	Rollo de 100m

Salarios en pesos x semana	
Ayudante general	\$ 550
Operador sierra circular	\$ 925
Operador prensa	\$ 930
Operador reuter	\$1,100

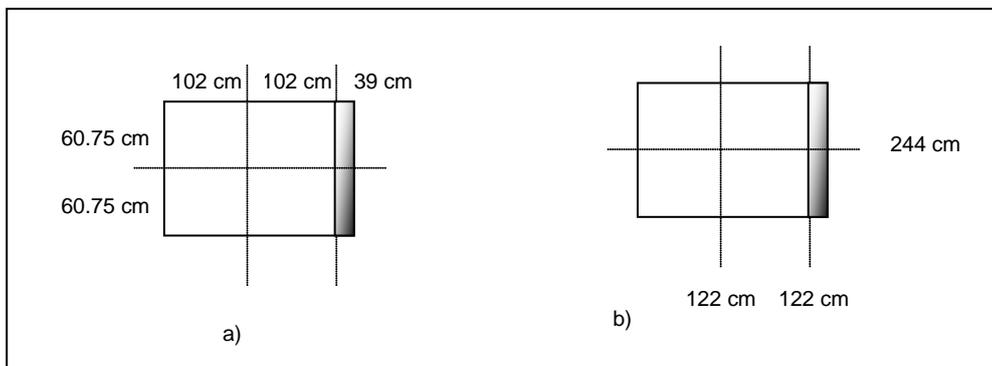
Datos estándar		
Concepto	Tiempo estándar	Unidad
Cortar	0.770	m lineales
Aplicar pegamento	1.250	m <sup>2</sup>
Prensa	2.350	m <sup>2</sup>

Reuter	0.730	m lineales
Reuter	0.900	m en curva
Colocar PVC	0.300	m

Para la cubierta

En el área de habilitado.

Por lo general, en cada corte se da una ventaja de 2cm en cada corte; es decir para nuestra cubierta de 60cm X 100cm, nosotros tendríamos que cortar para tener una pieza de 62cm X 102cm. Pero de esta forma solo nos saldrían 2 piezas por cada hoja de material. Por lo que se opta por cortarlas de 60.75cm X 102, como se muestra a continuación:



Si nosotros sumamos las medidas verticales nos damos cuenta de lo siguiente:

$$\begin{array}{r} 60.75 \\ + 60.75 \\ \hline 121.50 \end{array}$$

Y podríamos pensar que podemos dejar la medida a 61cm, pero esto no es posible ya que ese 0.50 que nos hace falta es del disco de corte, es decir el material que perdemos por el hecho de cortar.

También podemos observar en la figura que de una hoja sacamos 4 cubiertas, y que para ello es necesario cortar  $122\text{cm} + 122\text{cm} + 244\text{cm} = 488\text{cm}$ . Por lo que  $4.8\text{m} / 4 \text{ pz.} = 1.22\text{m/pz.}$

Ahora, para sacar el tiempo estándar, es necesario utilizar los datos estándar de la tabla que lleva el mismo nombre. Y con esto vemos que:

$$\text{std} = 1.22 \frac{\text{m}}{\text{pz}} * 0.770 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 0.939 \frac{\text{min}}{\text{pz}}$$

Es decir, nos vamos a llevar 0.939 de minuto para cortar una pieza en el área de habilitado.

Después se tiene que sacar las piezas que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido ( $60 / 0.939 = 63.89$  pz/hr), para saber las pz/hr.

Las pz/hr nos sirven para calcular el costo de mano de obra de la pieza realizada. Para esto tomamos el salario del operador de la sierra circular de la tabla de salarios y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana ( $\$925 / 48hr = 19.27\$/hr$ ).

Estos datos (pz/hr y  $\$/hr$ ) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

$$63.89 \text{ pz} - 19.27\$\text{}$$

Por lo que una sola pieza costara 30¢.

Para saber el costo de la materia prima basta dividir el costo entre la cantidad que va a salir de cada materia prima.

En el área de prensa.

Lo primero que se tiene que hacer en esta área es aplicar pegamento (esta operación ya contempla el tiempo requerido para alinear, posicionar y empalmar los materiales) a una cara del L. A. P., dos caras del MDF y una cara al backer. Si ubicamos el dato estándar de la aplicación del pegamento se ve que las unidades en las que esta es en  $m^2$  por lo que, para poder calcular el tiempo estándar, necesitamos los  $m^2$ .

En la figura anterior, en el inciso a) nos damos cuenta que el ancho hasta ahora de la cubierta es de 60.75cm, mientras que el largo es de 1.02m. Así que  $0.6075 \times 1.02 = 0.61965m^2$  por cada superficie; hay que recordar que nosotros tenemos 4 caras, por los  $m^2$  de cada cara nos da un total de  $2.4786m^2$ .

En la tabla de datos estándares se muestra que 1.25 minutos se lleva por cada  $m^2$  por lo que:

$$std = 2.4786 \frac{m^2}{pz} * 1.250 \frac{min}{m^2} = 3.098 \frac{min}{pz}$$

Es decir, nos vamos a llevar 3.098 minutos para la aplicación de pegamento para una cubierta.

Después se tiene que sacar las piezas con el pegamento aplicado que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido ( $60 / 3.098 = 19.37$  pz/hr), para saber las pz/hr.

Las pz/hr nos sirven para calcular el costo de mano de obra de la pieza realizada. Para esto tomamos el salario del ayudante general (ya que si lo

realiza el operador de la prensa seria mas caro) de la tabla de salarios y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana ( $\$550 / 48\text{hr} = 11.45\$/\text{hr}$ ).

Estos datos (pz/hr y  $\$/\text{hr}$ ) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

$$19.37 \text{ pz} - 11.45\$$$

Por lo que una sola pieza costara 59¢.

Después de que se aplico el pegamento y se unieron las partes (M.P.) se tiene que poner la cubierta en la prensa para que los materiales prácticamente sean inseparables. Observamos que en la tabla de datos estándares la unidad que se maneja para prensa es de 2.350 minutos por cada  $\text{m}^2$  y recordemos que para nuestra cubierta tenemos  $0.6075 \times 1.02 = 0.61965\text{m}^2$ , por lo que el estándar de tiempo quedaría de la siguiente forma:

$$\text{std} = 0.61965 \frac{\text{m}^2}{\text{pz}} * 2.350 \frac{\text{min}}{\text{m}^2} = 1.456 \frac{\text{min}}{\text{pz}}$$

Es decir, nos vamos a llevar 1.456 minutos para la operación de prensado para una cubierta.

Después se tiene que sacar las piezas que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido ( $60 / 1.456 = 41.20$  pz/hr), para saber las pz/hr.

Las pz/hr nos sirven para calcular el costo de mano de obra de la pieza realizada. Para esto tomamos el salario del operador de la prensa de la tabla de salarios y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana ( $\$930 / 48\text{hr} = 19.37\$/\text{hr}$ ).

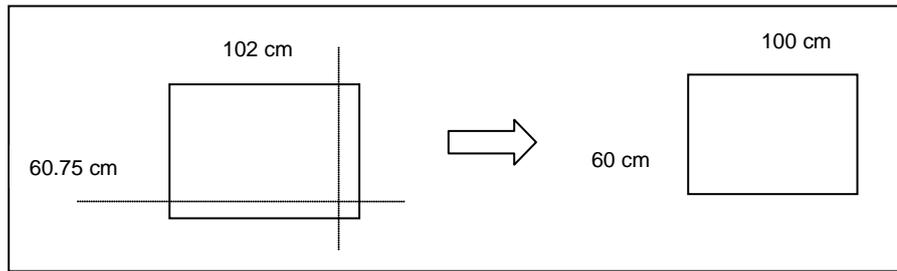
Estos datos (pz/hr y  $\$/\text{hr}$ ) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

$$41.20 \text{ pz} - 19.37\$$$

Por lo que una sola pieza costara 47¢.

En el área de dimensionado.

En esta área se necesita quitar el material excedente que se dio en el área de habilitado; es decir, la cubierta de 60.75cm X 102cm necesita quedar de 60cm X 100cm, tal y como se muestra en la siguiente figura. Se tiene que realizar los cortes trazados con la línea punteada, uno de 60.75cm y otro de 1m (debido a que en el primer corte se eliminaron 2cm). Con esto nos da un total de 1.6075m lineales de corte.



Ahora, para sacar el tiempo estándar, es necesario utilizar los datos estándar de la tabla que lleva el mismo nombre. Y con esto vemos que:

$$\text{std} = 1.6075 \frac{m}{pz} * 0.770 \frac{min}{m} = 1.237 \frac{min}{pz}$$

Es decir, nos vamos a llevar 1.237 de minuto para cortar una pieza en el área de dimensionado.

Después se tiene que sacar las piezas que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido ( $60 / 1.237 = 48.50$  pz/hr), para saber las pz/hr.

Las pz/hr nos sirven para calcular el costo de mano de obra de la pieza realizada. Para esto tomamos el salario del operador de la sierra circular de la tabla de salarios y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana ( $\$925 / 48hr = 19.27\$/hr$ ).

Estos datos (pz/hr y \$/hr) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

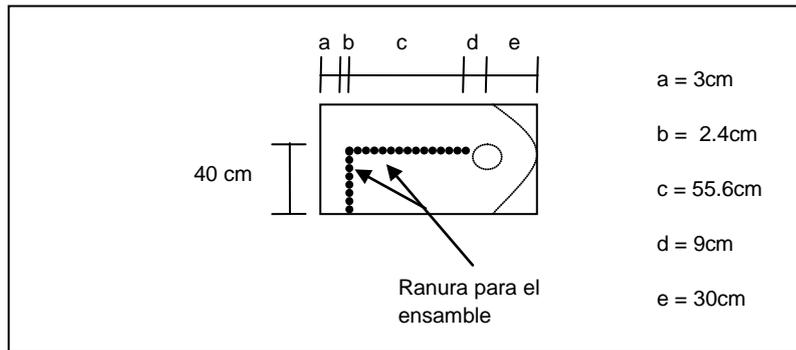
$$48.50 \text{ pz} - 19.27\$$$

Por lo que una sola pieza costará 39.7¢, aunque para fines prácticos lo manejaremos como 40¢.

En el área de Reuter.

En el área de Reuter se realizan las a) ranuras para ensamble, b) la moldura (forma en D), así como las c) ranuras para la colocación del PVC.

a) Para el cálculo del estándar de la ranura para el ensamble se necesita calcular los metros lineales que se van a reutear.



Si observamos la figura anterior, se muestran dos tramos (40cm y 55.6cm) para la ranura donde entrará otra pieza, con un total de 95.6cm lineales. Por lo que:

$$\text{std} = 0.956 \frac{m}{pz} * 0.730 \frac{min}{m} = 0.697 \frac{min}{pz}$$

Después se tiene que sacar las piezas que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido ( $60 / 0.697 = 86.08$  pz/hr), para saber las pz/hr.

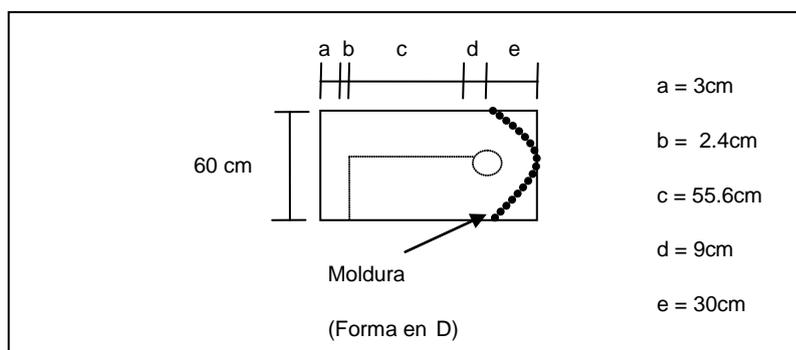
Para esto tomamos el salario del operador del Reuter de la tabla de salarios y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana ( $\$1,100 / 48\text{hr} = 22.91$  \$/hr).

Estos datos (pz/hr y \$/hr) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

$$86.08 \text{ pz} - 22.91\$$$

Por lo que una sola pieza costara 26.6¢, aunque para fines prácticos lo manejaremos como 27¢.

b) Para el cálculo de la moldura (forma en D) se necesita calcular los metros en curva que se van a reutear.



Recordemos que el diámetro de la forma en D es de 60cm. Como se necesita saber la medida de esta curvatura, sacamos el perímetro de la circunferencia ( $\pi\phi$ ), aunque solo es la mitad ( $[\pi\phi]/2$ ) por lo que los metros a rautear en curva son 0.942. Por lo que:

$$\text{std} = 0.942 \frac{m}{pz} * 0.900 \frac{min}{m} = 0.848 \frac{min}{pz}$$

Después se tiene que sacar las piezas que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido ( $60 / 0.848 = 70.75$  pz/hr), para saber las pz/hr.

Para esto tomamos el salario del operador del Reuter de la tabla de salarios y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana ( $\$1,100 / 48hr = 22.91$  \$/hr).

Estos datos (pz/hr y \$/hr) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

$$70.75 \text{ pz} - 22.91\$$$

Por lo que una sola pieza costara 32¢.

c) Para el cálculo de las ranuras para la colocación del PVC se necesita calcular los metros en curva y en línea que se van a reutear.

Como ya calculamos los metros que están en curva, solo retomaremos el dato que es 0.942m por lo que:

$$\text{std} = 0.942 \frac{m}{pz} * 0.900 \frac{min}{m} = 0.848 \frac{min}{pz}$$

Mas 1.4m (70cm de largo de cada lado) + 0.6m (ancho). Por lo que:

$$\text{std} = 2 \frac{m}{pz} * 0.730 \frac{min}{m} = 1.460 \frac{min}{pz}$$

Ahora bien, el estándar es de 2.308min/pz, esto debido a que el realizar esta operación linealmente o en curva es un factor determinativo para el tiempo.

Después se tiene que sacar las piezas que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido ( $60 / 2.308 = 25.99$  pz/hr), para saber las pz/hr.

Para esto tomamos el salario del operador del Reuter de la tabla de salarios y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana ( $\$1,100 / 48hr = 22.91$  \$/hr).

Estos datos (pz/hr y \$/hr) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

$$25.99 \text{ pz} - 22.91\$$$

Por lo que una sola pieza costará 88¢.

En el área de Armado.

En el área de Armado como su nombre lo dice, se arman los muebles, solo que hay que recordar que solo se pide el costo de fabrica de la cubierta de escritorio; por este motivo solo se van a hacer los cálculos de colocar PVC.

Primero se sacara los metros de la semicircunferencia  $[\pi\phi]/2 = 0.942m$  + 0.7m (costado 1) + 0.7m (costado 2) + 0.6m (lado opuesto del semicírculo).

Por lo que:

$$\text{std} = 2.942 \frac{m}{pz} * 0.300 \frac{min}{m} = 0.883 \frac{min}{pz}$$

Después se tiene que sacar las piezas que se hacen en una hora; como ya sabemos cuánto tiempo nos llevamos en esta actividad, solo basta dividir 60min que contiene una hora entre el tiempo requerido (60 / 0.883 = 67.95 pz/hr), para saber las pz/hr.

Para esto tomamos el salario del ayudante general de la tabla de salarios (esto es porque esta labor no es tan complicada y no es necesario que lo haga el especialista de armado) y la dividimos entre las horas que se laboran a la semana (\$550 / 48hr = 11.45 \$/hr).

Estos datos (pz/hr y \$/hr) si nos damos cuenta tienen un factor común (1/hr), lo que quiere decir que:

$$67.95 \text{ pz} - 11.45\$$$

Por lo que una sola pieza costará 17¢.

Para saber el costo de la materia prima basta realizar una regla de tres ya que sabemos que un Rollo de 100m de PVC cuesta \$180; recordemos que necesitamos 2.942m, por lo que el PVC para la cubierta del escritorio costara \$5.30.

Una vez que se han desglosado los costos de M.P. y M.O. por área, se procede a realizar una tabla de concentrado para calcular el total del costo.

		Medida-cm	M. P.	Costo M.P.	Costo M.O.
Habilitado	Cara	60.75x102	L.A.P.	\$ 112.5	30¢
	Cuerpo	60.75x102	MDF	\$ 80	30¢
	Contracara	60.75x102	Backer	\$ 16.25	30¢
Prensa	Cubierta	60.75x102			59¢ + 47¢

Dimensionado	Cubierta	60x100			40¢
Reuter	Cubierta	60x100			27¢ + 32¢ + 88¢
Armado	Cubierta	60x100	PVC	\$ 5.30	17¢
Sub-Total				\$214.05	\$ 4
Total M.P. y M.O.				\$ 218.05	

Una vez que se ha calculado el total de M.P. y M.O. se aplica el factor miedo<sup>5</sup> más alto (para solventar los costos menores de la cubierta, que se lleguen a omitir por error), por lo que este costo es de \$ 272.56.

Este costo es porque generalmente en la industria esto representa el 60% del costo de fábrica, dicho de otra forma:

$$60 \% - \$ 272.56$$

Por lo que el costo de fábrica que tiene la cubierta de escritorio modelo D60X100 es de \$ 454.27.

Y con esto el vendedor solo tendrá que aplicar la ganancia deseada, para poder realizar su cotización solicitada.

Actividad (es) de la unidad IV.

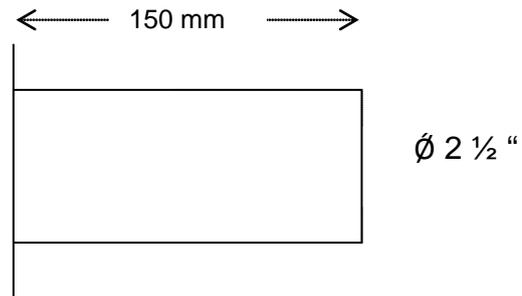
Actividad 7. Realice el siguiente ejercicio.

¿Cuál será el tiempo de corte?, con las siguientes condiciones:

DOC	0.5-3 mm
FEED	0.24-0.45 mm/rev
Vc	125-230 m/min

<sup>5</sup> Véase el punto 1.2.2

Además las revoluciones del torno son las siguientes: 260, 540, 820, 1400 y 1550.



Actividad 8. Realice el siguiente ejercicio.

¿Cuánto tiempo tomara perforar un barreno de 3/8 in a través de un componente de 2in, con una velocidad de 800 pies por minuto y una tasa de alimentación de 0.005?

## UNIDAD 5. Muestreo del trabajo.

### Objetivo:

Conocerá la metodología del muestreo del trabajo; para su aplicación.

### 5.1. Definición.

“El muestreo de ocurrencias (una serie de instantáneas) es una técnica en la cual hay huecos entre las lecturas de muestreo (suponiendo que la desviación estadística es binomial). Aunque los cálculos estadísticos son válidos incluso si no hay huecos entre los eventos muestreados, el registro continuo de las ocurrencias presenta cuestiones acerca de si la muestra representa a la población” (Konz 2000:174).

*“El muestreo del trabajo es una técnica para determinar, mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de aparición de determinada actividad” (George Kanawaty 2000:257).*

“El muestreo de trabajo es una técnica usada para investigar las proporciones del tiempo total dedicada a las diversas actividades que constituyen una tarea o una situación de trabajo. Los resultados del muestreo del muestreo del trabajo son efectivos para determinar: la utilización de las máquinas y personal; los suplementos aplicables a las tareas, y los estándares de producción” (Niebel - Freivalds 2004:525).

“El muestreo del trabajo consiste en observar suficientes empleados las veces suficientes para reunir las muestras necesarias para obtener la exactitud y la confianza previstas en el estudio. La observación del operador debe hacerse a primera vista y en momentos elegidos al azar sin ninguna planeación previa. La ciencia del muestreo se basa en la teoría de que una muestra aleatoria tiende a *exhibir las mismas características de toda la población. Entonces el muestreo del trabajo de un operador será un indicador de cómo aprovecha su día. Una muestra única no lo conseguirá, pero muchas muestras sí*” (Meyers 2000:207).

“Se puede definir al muestreo del trabajo como la técnica para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de la actividad de hombres, máquinas o cualquier condición observable de operación (García 2005:250).

Por lo que para fines de estos apuntes utilizaremos la siguiente definición: El muestreo del trabajo es una técnica que mediante el muestreo estadístico y observaciones aleatorias, exhibe las mismas características de

toda la población. Entonces el muestreo del trabajo de un operador será un indicador de cómo aprovecha su día.

## 5.2. Antecedentes históricos muestreo del trabajo.

“El muestreo de ocurrencias de tiempos se empleo por primera vez a principios de los años treinta por Tippett (1934) en la industria textil británica. Fue introducido en los EUA en 1940 aproximadamente con el nombre de proporción de demoras, puesto que se aplica a menudo al estudio de las proporciones de diversas demoras, se le conoce también como muestreo de trabajo, ya que los tiempos muestreados son con frecuencia los de personas trabajando” (Konz 2000:174).

“L. H. C. Tippett empleo básicamente el mismo enfoque que usamos hoy, [...] debido a que sus apuntes originales no estaban disponibles en la mayoría de las bibliotecas y a que muchas personas interesadas en el muestreo del trabajo desean estudiarlos, Ralph Barnes los reprodujo, con la autorización del autor, en su libro sobre el muestreo del trabajo. Robert Lee Morrow, profesor de la New York University, introdujo este método a Estados Unidos en 1941 y cambio el nombre de “método de lectura instantánea” por el de “estudio de la proporción de las demoras”, y se concentro en el muestreo de varias demoras en la producción” (Hodson, 1996:T1-4.40).

## 5.3. Usos del muestreo del trabajo.

Los usos del muestreo del trabajo se van a dividir según así donde van dirigidos los esfuerzo de esté, ya sea a los trabajadores o al producto.

El muestreo del trabajo se divide en tres técnicas según su uso (trabajadores):

1. Estudio de razones o proporciones elementales. La tarea principal del trabajador (la que hace la mayor parte del tiempo) define el titulo de su puesto. Pero muchas otras actividades (productivas e improductivas) también ocupan tiempo. Cada unidad debe ser medida y comparada con el tiempo total. Esta es la razón entre los elementos. Un estudio de razones elementales determinará cuál es el porcentaje del tiempo que requiere cada elemento del trabajo.
2. Estudio de muestreo del desempeño. El muestreo de desempeño requiere observar al operador para calificarlo. La calificación o valoración fue un tema de importancia cuando nos ocupamos del estudio de tiempos con cronometro, y esto es exactamente lo que se debe hacer en el muestreo de desempeño. La observación de un operador ocurre en un

momento, y es en ese momento cuando el observador debe juzgar la velocidad y ritmo de aquel.

Tal velocidad y ritmo varían según el trabajador, y aun este mismo exhibe diferencias de un instante al otro. Para el muestreo del trabajo, el muestreo del desempeño perfecciona y hace más precisas las razones.

3. Estudio de establecimiento de estándares de tiempo. El muestreo del trabajo sirve también para establecer con exactitud y rapidez estándares de tiempo. Los estudios para el establecimiento de estándares de tiempo se valen de todas las técnicas de muestreo del trabajo y son su fin último.

Mientras que para el producto el muestreo de trabajo se ocupa para la aceptación o rechazo del mismo.

#### 5.4. Ventajas y desventajas muestreo de trabajo.

*El muestreo de trabajo tiene ciertas ventajas para adquirir datos sobre el procedimiento convencional del estudio de tiempos.*

*Esta técnica ofrece algunas ventajas sobre los otros métodos, a saber:*

1. *No requiere observación continua de un analista en un largo periodo.*
2. *Disminuye el tiempo manual.*
3. *Generalmente, el número empleado total de horas-hombre es mucho menor.*
4. *El operario no está sujeto a largos periodos de observaciones medidas con cronómetro.*
5. *Un solo analista puede estudiar fácilmente operaciones de grupos.*

*Sin embargo, también presenta algunas desventajas:*

1. *Generalmente no es económico para estudiar una sola operación hombre o maquina.*
2. *En general no es económico para determinar tiempos tipo de operaciones respectivas con ciclos muy cortos.*
3. *No suministra una información tan detallada sobre los elementos que forman una operación como hace la técnica del cronometro.*
4. *No proporciona un registro detallado del método empleado.*
5. *Es más difícil explicarlo a la gerencia y a los empleados (García 2005:250).*

### 5.5. Teoría del muestreo de trabajo.

“La teoría del muestreo del trabajo se basa en la ley fundamental de probabilidad: en un momento dado, un evento puede estar presente o ausente. Los estadísticos han derivado las siguientes expresiones para mostrar la probabilidad de  $x$  ocurrencias de un evento en  $n$  observaciones:

$$(p + q)^n = 1$$

donde:  $p$  = probabilidad de una ocurrencia,

$q = (1 - p)$  = probabilidad de una ausencia de ocurrencia,

$n$  = número de observaciones.

Si esta expresión,  $(p + q)^n = 1$ , se expande de acuerdo con el teorema del binomio, el primer término de la expansión da la probabilidad de  $x = 0$ , el segundo término la probabilidad de  $x = 1$ , y así sucesivamente. La distribución de estas probabilidades se conoce como distribución binomial. Los estadísticos han demostrado que la media de esta distribución es igual a  $np$ , y la varianza es  $npq$ . La desviación estándar es igual a la raíz cuadrada de la variancia.

Según la estadística elemental, cuando  $n$  crece, la distribución binomial se aproxima a la distribución normal. Como los muestreos del trabajo involucran tamaños de muestras grandes, la distribución normal es una aproximación satisfactoria de la binomial. En lugar de usar la distribución binomial, es más conveniente emplear la distribución de una proporción, con media  $p$  (es decir,  $np/n$ ) y desviación estándar

$$\sqrt{\frac{pq}{n}} = \left( \text{es decir, } \frac{\sqrt{npq}}{n} \right)$$

como la variable aleatoria con distribución normal aproximada.

En los estudios de muestreo del trabajo, se toma una muestra de tamaño  $n$  para intentar estimar  $p$ . Se sabe de la teoría elemental de muestreo que no se puede esperar que el valor de  $p$  ( $p$  = la proporción basada en la muestra) para cada muestra sea el valor verdadero  $p$ . Sin embargo, se espera que la  $p$  de cualquier muestra esté dentro del intervalo  $p \pm 1.96$  desviaciones estándar alrededor de 95% del tiempo. En otras palabras, si  $p$  es el porcentaje verdadero de una condición dada, se espera que  $p$  de cualquier muestra quede fuera del intervalo  $p \pm 1.96$  desviaciones estándar solo cerca de 5 veces en 100 debido al azar.

Esta teoría se puede usar para estimar el tamaño de la muestra total necesario para lograr cierto grado de precisión. La expresión para la desviación estándar  $\sigma_p$  de una proporción muestral es:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{n}} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

- donde:
- $\sigma_p$  = desviación estándar de un porcentaje,
  - $p$  = porcentaje verdadero de ocurrencia del elemento que se busca, expresado como decimal,
  - $n$  = número total de observaciones aleatorias en las que se basa  $p$ .

Con base en el concepto del intervalo de confianza, considere el término  $z_{\alpha/2} \sigma_p$ , como límite aceptable de error (exactitud) con un error en el porcentaje de confianza  $(1 - \alpha) 100$ , donde:

$$\lambda = z_{\alpha/2} \sigma_p = z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

Elevando al cuadrado ambos lados y despejando  $n$  se tiene:

$$n = z_{\alpha/2}^2 pq / \lambda^2 = z_{\alpha/2}^2 p(1 - p) / \lambda^2 \quad \text{” (Niebel - Freivalds 2004:526-527).}$$

## 5.6. Exposición aprobatoria del muestreo de trabajo.

“Antes de iniciar un programa de muestreo, el analista debe vender su utilización y confiabilidad a todos los miembros de la organización a quienes puedan afectar los resultados. Sí, el programa va a establecer suplementos, debe venderse al sindicato y al supervisor igual que a la administración de la compañía. Esto se puede lograr con varias sesiones cortas con los representantes de las distintas partes interesadas para explicar ejemplos de la ley de probabilidades e ilustrar porque funcionan los procedimientos de razón-demora. Tanto los trabajadores como los sindicatos favorecen las técnicas de muestreo de trabajo una vez que se explica el procedimiento, ya que es completamente impersonal, no usa el cronómetro y se basa en métodos matemáticos y estadísticos aceptados” (Niebel - Freivalds 2004:531).

## 5.7. Planeación de un muestreo de trabajo.

Una vez que el ingeniero industrial ha mostrado el método del muestreo del trabajo, así como la aprobación del jefe inmediato y el sindicato (si se requiere), se debe cubrir por lo menos los siguientes pasos:

1. “Identifique el sujeto.
2. Establezca el propósito y la meta del estudio.
3. Identifique los elementos.
4. Estime los porcentajes de razón de los elementos.

5. Determine el nivel de exactitud y confianza.
6. Determine el número de observaciones necesarias para alcanzar las metas de calidad.
7. Programe las observaciones.
8. Hable con todos los participantes.
9. Reúna los datos.
10. Resuma y enuncie las conclusiones” (Meyers 2000:210-211).

Se debe de cumplir con los pasos antes indicados para poder llegar a lo que se planeo<sup>6</sup>.

### 5.7.1. Selección del trabajo y actividades a observar.

La selección del trabajo normalmente lo designa la gerencia ya que está vinculada con la problemática, o lo que se cree que causa algún problema. Como por ejemplo: en una empresa aceitera, la máquina de enlatado de un litro produce 3,200 cajas por turno, sin embargo el gerente está molesto por el bajo desempeño de está, ya que el proveedor de la maquina asegura que esta podría producir 800 cajas por hora.

Como primer paso es identificar el sujeto, nos damos cuenta que la maquina es el sujeto que tiene problemas (bajo desempeño), por lo que esta máquina será la que se estará observando. El segundo paso es establecer el propósito y la meta del estudio, el cual es identificar las causas del bajo desempeño de la maquina. El tercer paso es identificar los elementos, para este ejemplo, son los siguientes:

1. Trabajo
2. Ociosa (causado por operador)
3. Puesta en marcha
4. Manejo de material
5. Control de calidad
6. Mantenimiento
7. Material defectuoso

### 5.7.2 Trabajadores involucrados.

A los trabajadores involucrados se les debe de concientizar a cerca del muestreo del trabajo, ya que estos representan en muchas ocasiones una gran problemática; ya que si estos trabajadores no comprenden el funcionamiento del muestreo, se sienten atemorizados y como consecuencia comienzan a

---

<sup>6</sup> Véase el punto 1.1

obstaculizar el muestreo, y de esta forma nunca se lograrían alcanzar los objetivos.

### 5.7.3. Layout, recorrido físico y puntos de observación.

El Layout es el ordenamiento físico de los elementos de la producción, tomando en cuenta sus características y todos aquellos factores que inciden enormemente en su funcionamiento, entendiendo estos factores como el flujo de materiales, y todos requerimientos de espacios.

Para el caso del muestreo de trabajo, sobre el layout se marcaran los recorridos físicos que tendrán que hacer las personas que estén encargadas de recolectar datos; claro que para esta recolección también se tendrán que marcar el lugar en donde hacer las observaciones (generalmente son lugares donde los operadores no ven a quienes realizan el muestreo).

### 5.7.4. Estudio preliminar muestreo de trabajo.

Este es el paso cuatro: estime los porcentajes de razón de los elementos, también conocido como estudio preliminar; quiere decir que se debe plantear un previo de cuánto tiempo se dedica para cada elemento. Esto quiere decir que tendremos que realizar unas observaciones preliminares (no menos de treinta) para ver el porcentaje de los elementos. Para el ejemplo que nosotros estamos manejando queda de la siguiente forma (suponiendo que fue el porcentaje obtenido de las observaciones obtenidas):

Elemento	%
1. Trabajo	30
2. Ociosa (causado por operador)	20
3. Puesta en marcha	20
4. Manejo de material	5
5. Control de calidad	5
6. Mantenimiento	12
7. Material defectuoso	8

### 5.7.5. Como establecer los niveles de confianza y el porcentaje de error admisible.

La confianza o el porcentaje de confianza es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Esto quiere decir que un porcentaje del 100% equivale a decir que no existe ninguna duda para generalizar tales resultados, pero también implica estudiar a la totalidad de los casos de la población.

Para evitar un costo muy alto para el estudio o debido a que en ocasiones llega a ser prácticamente imposible el estudio de todos los casos, entonces se busca un porcentaje de confianza menor. Comúnmente en las investigaciones sociales se busca un 95%. Probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad. Cualquier información que queremos recoger está distribuida según una ley de probabilidad, así llamamos nivel de confianza a la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.

El nivel de confianza se obtiene a partir de la distribución normal estándar, pues la proporción correspondiente al porcentaje de confianza es el área simétrica bajo la curva normal.

Y para el establecimiento del nivel y el error, lo mejor es utilizar el intervalo de confianza de la distribución normal:

$$x - zE < \mu < x + zE$$

Donde:

$$E = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

### 5.7.6. Calculo del número de observaciones (tamaño de la muestra).

Como es natural, el número de veces que se debe tomar cada uno de los elementos depende de la precisión y del error con el que se desea calcular.

Lo mejor es emplear la formula de la distribución normal:

$$Z = \frac{x - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Despejando:

$$n = \left( \frac{z \sigma}{x - \mu} \right)^2$$

### 5.7.7. Elección y extensión del periodo a muestrear.

Como ya se menciona en el punto 5.7.1 la gerencia de producción es la que hace la elección de lo que se pretende muestrear

### 5.7.8. Determinación aleatoria de los horarios de las observaciones.

La frecuencia de las observaciones depende, en su mayor parte, del número de observaciones y el tiempo disponible para desarrollar los datos. Por ejemplo, para reunir 3600 observaciones en 20 días calendario, será necesario obtener alrededor de 180 observaciones por día.

Por supuesto, el número de analistas disponible y la naturaleza del trabajo que se estudia también influyen en la frecuencia de las observaciones. Por ejemplo, si sólo se cuenta con un analista para acumular los datos del ejemplo anterior, no sería práctico que esa persona tomara 180 observaciones diarias.

Una vez determinado el número de observaciones por día, deben seleccionarse los tiempos reales necesarios para registrar las observaciones. Para obtener una muestra representativa, las observaciones se toman a todas horas del día. Para el ejemplo, se supone que se dispone de un analista para tomar 180 observaciones en una batería de 20 tornos revólver que son completamente independientes entre sí, para determinar los suplementos por demoras inevitables y personales. Como hay 20 máquinas que observar, el observador debe hacer nueve visitas aleatorias a la sección de máquinas cada uno de los 20 días. El tiempo del día para realizar estas nueve observaciones también se elige en forma aleatoria. Así, el analista no establece un patrón de observación diaria en la planta.

Existen muchas formas de hacer aleatoria la ocurrencia de las observaciones. Con un enfoque, se pueden elegir nueve números cada día de una tabla estadística de números aleatorios. Sí, cada número se asocia con un valor en minutos, equivalente a 10 veces su valor absoluto, el número seleccionado establece la hora de observación, en minutos, a partir del inicio del día. Por ejemplo número aleatorio 20 significaría que el analista debe hacer una serie de observaciones 200 minutos después de iniciado el turno. Si el día

comienza a las 8 am, entonces a las 11:20 am iniciaría una inspección de los 20 tornos revólver.

#### 5.7.9. Preparación de los formatos de registro.

El analista debe diseñar una forma de observación para registrar los datos recolectados durante el estudio. Es común que una forma estándar no sea aceptable, ya que cada estudio de este tipo es único desde el punto de vista de las observaciones totales necesarias, los tiempos aleatorios en que se realizan y la información que se busca. La mejor forma se hace a la medida de los objetivos del estudio.

#### 5.7.10. Como efectuar las observaciones.

Se debe caminar a un punto o una cierta distancia del equipo, efectuar su observación y registrar los hechos. El analista debe aprender a efectuar observaciones o verificaciones visuales y realizar las anotaciones después de haber abandonado la zona de trabajo. Esto reducirá al mínimo la sensación de ser observado que experimentaría un operario, el que continuaría trabajando así en la forma acostumbrada.

#### 5.7.11 Procesamiento de la información recopilada.

El uso de los métodos estadísticos es muy variado y se aplican generalmente a distintos campos como son los negocios, economía, educación, medicina, ingeniería, etc. Para lo cual el proceso para realizar un estudio estadístico está constituido de las siguientes etapas:

1. Formulación del problema. Para realizar el estudio de un problema es necesario delimitarlo y formularlo adecuadamente, definiéndolo de manera clara y precisa.
2. Diseño del experimento. Esta etapa se basa primordialmente en obtener un máximo de información empleando un mínimo de costo y tiempo.

3. Recopilación de datos. Los datos provienen de observaciones reales o de documentos que se usan de manera cotidiana, es la parte que consume mayor tiempo la cual la podemos obtener de:

- análisis de trabajadores
- muestras aleatorias
- chequeos de entrada y salida

#### 5.7.12. Emisión del reporte correspondiente.

Un reporte es necesario para tomar decisiones y controlar cualquier proceso, además de servir como evidencia para los sistemas de gestión de la calidad.

Hacer un reporte, es con el fin de dar cierta información al jefe inmediato a través de la información ya sintetizada. El formato que se elija será de acuerdo a la institución que se pertenezca, es decir a las necesidades de cada lugar.

#### 5.8. Uso de videocámaras para análisis aleatorio de actividades.

En las industrias se emplean algunos tipos de dispositivos para el claro análisis de actividades las cuales se pueden mencionar como ejemplo es la videocámara.

Se utiliza para la seguridad de algunas empresas tales como los bancos; ellos los emplean para observar todo lo que pasa en un día y se queda registrado en una videocinta; otro uso que tienen las videocámaras es individualizar los movimientos para hacer un uso más exacto del movimiento.

En algunas empresas usan las videocámaras para observar a los trabajadores no tanto para vigilarlos si no para observar los movimientos y evitar así los movimientos torpes dándole así un buen uso a estos aparatos y aplicar el método del tiempo estándar.

## 5.9. Empleo de los diagramas de control en el Muestreo de Trabajo.

Las técnicas de los diagramas de control se utilizan tan ampliamente en las actividades de control estadístico de calidad que se pueden adaptar fácilmente para estudios de muestreo de trabajo. Como tales estudios tratan exclusivamente con porcentajes o proporciones, el diagrama p se emplea con mucha frecuencia.

El primer problema encontrado en la elaboración de un diagrama de control es la elección de los límites, se buscan un equilibrio entre el costo de localizar una causa asignable cuando no exista ninguna; el analista que efectúa un muestreo de trabajo considera a los puntos fuera de los límites de tres sigmas de p como fuera de control.

## 5.10. Aplicaciones del Muestreo de Trabajo.

Los resultados del muestreo del trabajo son efectivos para determinar: la utilización de maquinas y personal; los suplementos aplicables a la tarea, y los estándares de producción, aunque se puede obtener la misma información con los procedimientos de estudio de tiempos, el muestreo de trabajo con frecuencia la proporciona más rápido y a mucho menor costo. Aunque el muestreo del trabajo es utilizado más comúnmente para a) la determinación de tiempos productivos e improductivos de mano de obra y/o maquinaria, b) establecimiento de estándares de mano de obra directa e indirecta, c) cálculo de la capacidad de producción y d) establecimiento de márgenes o tolerancias.

### 5.10.1. Determinación de tiempos productivos e improductivos de mano de obra y/o maquinaria.

Cuando se inicia un estudio de razones elementales, deben listarse los elementos del trabajo y estimarse las razones.

Se hacen algunas observaciones rápidas antes de iniciar el estudio para calcular estas razones, pero las estimaciones sirven para determinar la cantidad de observaciones que hay que hacer para llegar a un nivel específico de confianza y exactitud.

Por ejemplo: se realizó un muestreo del trabajo en el que se observó el tiempo productivo de cada uno de los operarios, así como el tiempo que

utilizan para realizar otras actividades consideradas no productivas (como estar fuera del lugar de trabajo, descanso, actividades personales, buscar material de trabajo o simplemente sin hacer nada).

Lo primero que se realizó fue un muestreo piloto para determinar el tamaño de la muestra del estudio. Tomando en cuenta las actividades que se consideran productivas y las no productivas, es decir cuando se encuentran realizando alguna actividad con relación a su trabajo o cuando se encuentran descansando o sin hacer nada.

Para este ejemplo se tomó el primer turno de la empresa “x”, para realizar el muestreo piloto. Donde se determinó arbitrariamente que se tomarían ciento veinte muestras durante las ocho horas del turno, asignando cuarenta observaciones a cada uno de los tres montacarguistas de dicho turno. Obteniendo los siguientes datos:

Número de observaciones en tiempo productivo	87
Número de observaciones en tiempo no productivo	33
Total de observaciones	120

Por lo que:

$$t_{po. productivo} = \frac{87}{120} = 0,725$$

$$t_{po. no productivo} = \frac{33}{120} = 0,275$$

Ahora bien, la fórmula que se utilizara para el tamaño de muestra es la siguiente:

$$N = \frac{Z^2(1 - p)}{(P)(A)^2}$$

según Fred E. Meyers. Cabe mencionar que existen otras fórmulas, de acuerdo a otros autores, sin embargo por algunas razones (por ejemplo: la fórmula que utiliza Niebel solo es ocupada para dos elementos, productivo y no productivo; ¿pero qué pasa si existen tres o más elementos?) se utilizara la fórmula ya mencionada.

Donde:

N = número de observaciones necesarias

Z = número de desviaciones estándar requeridas para cada nivel de confianza.

p = porcentaje del tiempo total en que los empleados ejecutan un elemento del trabajo.

P = porcentaje elemental. Un trabajo puede tener varios elementos, pero solo se considera el más pequeño de la operación.

A = exactitud deseada.

$$N = \frac{1.96^2(1 - 0,275)}{(0,275)(0,05)^2} = 4051$$

ó

$$N = \frac{1.645^2(1 - 0,275)}{(0,275)(0,10)^2} = 713$$

Es decir, se decide tener una exactitud del 10%, ya que por lógica, entre menos observaciones, es más económico.

Una vez que se realizan las observaciones necesarias (713), se registran, como por ejemplo:

Número de observaciones en tiempo productivo	498
Número de observaciones en tiempo no productivo	215
Total de observaciones	713

Por lo que:

$$t_{po. productivo} = \frac{498}{713} = 0,698$$

$$t_{po. no productivo} = \frac{215}{713} = 0,302$$

Y ahora si podemos decir con seguridad que el operador está ocupado casi el 70% del tiempo. Por lo que sí es dijera que no puede con el trabajo y necesita ayuda, simplemente podríamos decir que necesita trabajar más tiempo, en lugar de hacer otra actividad.

### 5.10.2. Establecimiento de estándares de mano de obra directa e indirecta.

*“Es posible utilizar la técnica de muestreo para encontrar los tiempos estándar de la producción (mano de obra directa, o indirecta). Para ello basta con conocer la probabilidad de la actividad de mayor interés a estudiar.*

*En consecuencia, debemos aplicar las siguientes formulas:*

$$P = \frac{\text{Actividad de mayor interés}}{\text{Número total de actividades}}$$

en donde:

$P$  = factor de probabilidad.

$$T_p = P \frac{T \times F}{P_p}$$

en donde:

$T$  = tiempo total de operador representado por el estudio (se debe dar en minutos).

$F$  = factor promedio de calificación de la actuación.

$P_p$  = total de producción en el periodo estudiado.

$T_p$  = tiempo del elemento.

*Ejemplo de aplicación:*

*Se desea conocer cuál es tiempo necesario para lubricar un motor mediante el empleo de la técnica de muestreo del trabajo. El estudio duró 60 horas (con una producción de 90 artículos en este tiempo) y se recopilieron 1800 observaciones, 196 referidas a la lubricación. El factor de actuación medio fue de 90% y se le concede 12% de tolerancias.*

*Solución.*

a) *En primer lugar se determina el factor de probabilidad:*

$$P = \frac{196}{1800} = 0,109$$

b) *Aplicando la fórmula del tiempo del elemento:*

$$T_p = 0,109 \frac{3600 \times 0,90}{90} = 3,924$$

c) *Luego, mediante la fórmula del tiempo estándar tenemos:*

$$T_s = T_p(1 + \text{suplementos})$$

$$T_s = 3,924(1 + 0,12) = 4,394$$

*Y con esto tendríamos que el estándar de mano de obra (directa o indirecta) para este elemento es de 4,394" (García, 2005:262).*

### 5.10.3. Cálculo de la capacidad de producción.

Se debe de recordar que existen varios tipos de capacidades, entre las más destacadas están: capacidad de diseño (nivel máximo de producción, normalmente se estima por año), capacidad efectiva (índice de la producción de trabajo para las condiciones existentes), utilización (referente a la utilización de las maquinas) y rendimiento (indica la cantidad de productos buenos que emergen de un proceso de producción, comparada con la cantidad de materiales que entraron).

Sin embargo, sea la capacidad que fuera; la forma más sencilla de saber si se cubrirá con la producción o no, es saber si tenemos los operadores necesarios para este trabajo, en el tiempo determinado, y para esto se necesita conocer el índice de producción:

$$IP = \frac{\text{observaciones esperadas del turno}}{\text{tiempo disponible del operador}}$$

Y también el número de operadores.

$$NO = \frac{T_s \times IP}{\text{eficiencia}}$$

Por ejemplo: se desea saber si se lograra sacar la producción del día, se cuenta con 3 operadores, según el ingeniero de producción se harán 104 observaciones (muestreo del trabajo) en el turno, el tiempo estándar que se

calculo fue de 4,394, y los trabajadores tienen una eficiencia del 65%. Se trabajan ocho horas diarias.

$$IP = \frac{104}{480} = 0,216$$

$$NO = \frac{4,394 \times 0,216}{0,65} = 1,46 \cong 2$$

Por lo que podemos ver que estamos sobrados en hombres, por lo que se recomienda pasar a un operador a otra área, ya que con dos operadores es suficiente.

#### 5.10.4. Establecimiento de márgenes o tolerancias.

Se calcula de la misma forma como se describió en el punto 5.10.1 solo que en este los elementos a observar estarán enfocados a las razones que no son productivas, para su análisis y determinar si son necesarias o no (para ver si se pueden evitar).

Por ejemplo se analiza en el tiempo improductivo como:

Interferencias de ingeniería.

Interferencias por suministros.

Interferencias de calidad.

Interferencias de mecánico.

Interferencias de supervisión.

Encendido de la luz.

Diversos.

Y por supuesto que se tendrían que analizar los porcentajes respectivos.

#### 5.11. Auto-observación.

“Los administradores conscientes realizan muestreos del trabajo periódico de su propio trabajo para evaluar la efectividad del uso de su tiempo. En la mayoría de los casos, los administradores dedican menos tiempo de lo que creen a los aspectos importantes. También dedican más tiempo a aspectos sin importancia, como demoras personales e inevitables, de lo que ellos creen.

Una vez que saben cuánto tiempo les toman las funciones que pueden delegar a sus subordinados y al personal de apoyo, pueden actuar en forma positiva” (Niebel 2004:544).

### 5.12. Muestreo de Trabajo asistido por computadora.

*“Se estima que usar una computadora puede ahorrar un 35% del costo total de un estudio de muestreo del trabajo debido al alto porcentaje de trabajo del personal de apoyo relacionado con el tiempo de observación real. La mayor parte del esfuerzo involucrado para resumir los datos del muestreo del trabajo es del personal de apoyo: calcular porcentajes y exactitudes, trazar datos en las graficas de control, determinar el número de observaciones requeridas, las observaciones diarias requeridas, el número de visitas diarias al área de estudio, la hora del día para cada visita, entre otros.*

*Cualquier software debe de proporcionar los siguientes beneficios para el analista del estudio del trabajo:*

- 1. La cantidad de tiempo disponible del ingeniero industrial se incrementa con la reducción del trabajo rutinario de oficina.*
- 2. Los resultados del estudio se logra con mayor rapidez y la presentación de datos es más profesional.*
- 3. El costo de realizar estudios de muestreo del trabajo se reduce en forma significativa.*
- 4. Mejorar la exactitud de los cálculos.*
- 5. El analista comete menos errores.*
- 6. El sistema automatizado proporciona un incentivo para hacer mayor uso de la técnica de muestreo del trabajo (Niebel 2004:548-549)”.*

### 5.13. Entrenamiento y preparación de los analistas en Muestreo de Trabajo.

Para cualquier método de trabajo es conveniente preparar y/o entrenar a las personas, para poder cumplir con el método (ver el punto 1.1); y así poder evitar errores en la técnica.

## **UNIDAD 6. Análisis y valuación de puestos.**

### **Objetivo:**

Conocerá la teoría del análisis y valuación de puestos; para su aplicación.

### **6.1. Importancia del estudio del trabajo para la descripción del puesto en la valuación del mismo.**

La evaluación de puestos para el establecimiento de sueldos y salarios es el proceso de determinar el valor de cada puesto de una empresa y compararlo con todos los demás. El propósito es establecer niveles de sueldos y salarios para todos los empleados. La importancia del estudio del trabajo radica en que la percepción económica por cada trabajador estará basada en sus movimientos y estos a su vez en el tiempo; y lógico el tiempo determinada esta percepción.

### **6.2. El estudio del trabajo en la estructura de salarios.**

Es una medida de valor que tiene mayor importancia en la cuestión económica de indicación. La escala de pagos refuerza mucho a los planes de pago por incentivo se basa en motivadores y son parte importante del análisis; los trabajadores se clasifican por hora, salario y exentos o no exentos. Se les paga por hora, semana, mes o pieza y pueden ganar cantidades adicionales por bonificaciones, comisiones y reparto de utilidades.

Se basa en el sistema de control del desempeño y de los estándares de tiempo para saber cuánto les pagaremos a los trabajadores. Hay tres maneras de pagarles a los trabajadores:

1. Salarios: pagados por hora semana o mes.

Cada puesto tiene requisitos de nivel académico, experiencia en el trabajo, responsabilidad y otros factores. Con el fin de pagar equitativamente diferencias, utilizamos un programa de evaluación de puestos. Para saber cuánto valen los puestos, hay que evaluarlos. Los grupos de puestos con un puntaje similar forma una clasificación. Una vez que sabemos que cual es el valor relativo de estas clasificaciones de puesto, se utilizan una encuesta de sueldos y salarios de la zona.

2. Incentivos y comisiones (incluyendo tiempo libre).
3. Bonificación y reparto de utilidades

### 6.3. El estudio del trabajo en los planes de incentivos.

Los sistemas de incentivos son tan antiguos como la humanidad, y funcionan puesto que satisfacen las necesidades jerárquicas de Maslow de supervivencia, reconocimiento y gratificación de ego. No se utilizan con mucha frecuencia por que requieren mucho trabajo, pero los ahorros pueden ser espectaculares. Es común un incremento del 41% en la productividad cuando se pasa de un sistema de desempeño a uno de incentivos en una planta de 100 personas, este incremento equivale a tener a 41 empleados más y puede dar a la empresa una gran ventaja competitiva. Por lo general, significa más negocios y más empleos.

Un sistema de incentivos bien diseñado consigue:

- 1.- reducir el costo unitario.
- 2.- incrementar el uso del equipo.
- 3.- fomentar el espíritu de equipo.
- 4.-incrementar la paga de los empleados por su mayor esfuerzo.
- 5.-mejorar la satisfacción laboral.
- 6.-reconocer a empleados extraordinarios.
- 7.-crear una fuerza trabajo consiente de los costos y los movimientos.

Los incentivos estimulan las necesidades de ego. La jerarquía quisiera que todos los empleados estuvieran en la etapa de autorrealización y se supervisarán ellos mismos.

Todo gerente ha visto lo que ocurre cuando un empleado se preocupa por su trabajo; al cabo lo haciende o recibe otro tipo de reconocimiento y premios. Piense lo que pasaría si todos los trabajadores de la planta se interesaran por su trabajo. Un plan de salarios con incentivos haría eso. La gerencia de ventas ofrecen incentivos más que cualquier otra área de los negocios. Este incentivo se conoce como comisiones. Los incentivos por comisiones de ventas han tenido mucho éxito y nadie pensaría en eliminarlos; así, ¿Por qué los gerentes rechazan el que los incentivos funcionaran en las operaciones?

Los incentivos adoptan muchas formas:

1. Porcentaje de ventas (comisión).
2. Destajos y etapas diferenciales por diferencia (trabajo y destajo de Taylor).

Este es cuando el empleado gana determinada cantidad por cada unidad producida. Un ejemplo es cuando una tripulación de un pesquero gana según los kilos de pescado; Si estos trabajadores no producen nada por lo consiguiente no ganan nada. En la manufactura, a los empleados se les

canaliza una taza por hora. Con el *destajo simple*, una vez que se alcanzan las piezas estándar por hora, las ganancias se incrementan a la tasa unitaria:

$$Tasa\ unitaria = \frac{(\text{salario})\$12.00/\text{Hora}}{(\text{estándar})100\text{ pz/Hora}} = \$0.12\text{ por unidad}$$

### 3. Planes de horas ganadas y plan de horas estándar.

Estos dos planes de incentivo son uno mismo, ambos siguen siendo los más populares en la manufactura actual. El plan de horas ganadas se basa en el sistema para control de desempeño. Las horas ganadas (horas por unidad) por el número de unidades producidas, mas las horas indirectas (horas no de tareas cubiertas por estándares de tiempo), multiplicadas por la tasa presente de salario del empleado es igual a la paga del día.

**Ejemplo.** Un empleado dedica siete horas a un trabajo con un estándar de tiempo de 250 por hora. Produce 2'000 unidades y pasa una hora en mantenimiento preventivo. A las tasa de 12.00 dólares la hora. ¿Cuánto gana?

$$\frac{2'000\text{ producido}}{250\text{ estándar}} = 8\text{ horas ganadas}$$

Más una hora de mantenimiento = nueva horas de paga.

Salario actual del empleado = \$12/hora.

\$108.00/día.

$$\% \text{ de desempeño} = \frac{8\text{ horas ganadas}}{7\text{ horas reales}} = 114\%$$

4. Tiempo libre pagado.
5. Reparto de productividad.
6. Sistema de sugerencias.
7. Reparto de utilidades, sistema de bonificación.

Los sistemas de incentivos individuales que se tienen en la industria, promueven el trabajo en equipo la cooperación y la paga, por la reducción de costos. Estas funciones cuando no hay ninguna conexión entre los operadores; Es decir cuando la operación es individual no grupal o dependa su trabajo de otro. Sirven también como motivadores y es más fácil convencer a los empleados de sus bondades que la de los incentivos por equipo; Esto da seguridad al empleado de sus ganancias sabiendo que trabaja sobre incentivos individuales.

## Bibliografía

Estudio de tiempos y movimientos (para la manufactura ágil).  
Fred E. Meyers.  
Ed. Prentice Hall; 2<sup>da</sup> edición, 2002.

Introducción al estudio del trabajo.  
Oficina Internacional del Trabajo Ginebra (George Kanawaty).  
Ed. Limusa Noriega Editores; 4<sup>ta</sup> edición, 2000.

Estudio del trabajo (Ingeniería de métodos y medición del trabajo).  
Roberto García Criollo.  
Ed. McGraw Hill 2<sup>da</sup> edición, 2005.

Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.  
Niebel<sup>+</sup> Freivalds.  
Ed. Alfaomega 11<sup>a</sup> edición, 2004.

Diseño de sistemas de trabajo.  
Stephan Konz.  
Ed. Limusa Noriega Editores.

Maynard (Manual del ingeniero industrial).  
William K. Hodson.  
Ed. McGraw Hill 4<sup>da</sup> edición, 1996.

Comité Técnico ISO/TC 176/SC 2 N544R2, 2006:3  
ISO 9001:2000

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/estudtiemtrab.pdf>  
(agosto 2009)

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/therbligs.htm>  
(septiembre 2009)

<http://www.itson.mx/dii/anaranjo/mtm/Conceptos.htm> (noviembre 2009)

[http://64.233.187.104/search?q=cache:6BqMPBW57tcJ:www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/estudtiemtrab.pdf+istemas+de+tiempos+pre+determinados&hl=es&lr=lang\\_es](http://64.233.187.104/search?q=cache:6BqMPBW57tcJ:www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/estudtiemtrab.pdf+istemas+de+tiempos+pre+determinados&hl=es&lr=lang_es) (diciembre 2009)

[http://www.itescam.edu.mx/principal/webalumnos/sylabus/asignatura.php?clave\\_asig=INC-0405&carrera=IIND0405001&id\\_d=12](http://www.itescam.edu.mx/principal/webalumnos/sylabus/asignatura.php?clave_asig=INC-0405&carrera=IIND0405001&id_d=12) (INC-0405 Estudio del Trabajo II ING. JORGE IVAN AVILA ORTEGA) (enero 2010)

[www.mitecnologico.com](http://www.mitecnologico.com) (junio 2010).

Anexos.

Respuestas de algunas actividades.

Actividad 2.

a) P1, S1, C2 = 4

b) 7

Actividad 5.

1.- a) MTM

2.- a) Mover un objeto con la otra mano o contra un tope

3.-a) Medir el trabajo

4.- a) Medición directa de tiempos de ejecución

5.- a) Métodos

6.- a) Ingeniería de métodos

7.- a) Ready work

8.- a) Movimientos

9.- a) Sistema MTM

10.- c) Crack

11.- d) Alcanzar

12.- a) Mover

13.- d) Girar

14.- a) Aplicar presión

15.- d) Asir

16.- a) Soltar

17.- c) Colocar en posición

18.- a) 1881

19.- a) Sistema ready work - factor

20.- d) 10

21.- c) 19

22.- d) A los movimientos básicos del sistema MTM