



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata

EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PRODUCTIVIDAD Y ESTUDIO DEL TRABAJO

Cátedra: Organización Industrial
Docentes: Carlos A. Giudice
Andrea M. Pereyra
Carrera: Ingeniería Química

Año 2005



EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

1. Productividad Empresarial

El **Sistema de Producción** comprende la totalidad de las actividades de transformación o conversión de los insumos (recursos) en productos (bienes y/o servicios).

Por su parte, la **Productividad de la empresa** es una variable fundamental, de ineludible análisis, que cuantifica la relación entre los productos y los insumos; de este modo, la implementación de una mejora en la misma involucra optimizar en numerosos aspectos los recursos afectados al proceso productivo con la finalidad de incrementar la cantidad y calidad de los productos elaborados y simultáneamente minimizar los costos.

Los recursos que se conjugan desde el punto de vista de la actividad empresaria y que son objeto de mejora se pueden clasificar en:

- Estratégicos básicos, constituidos por la conjunción recursos humanos-trabajo.
- Tangibles, referidos a las posesiones, como por ejemplo los terrenos, los edificios, las materias primas, las instalaciones, las maquinarias y los equipos.
- Intangibles, aquéllos conformados por bienes de difícil cuantificación como son la información, la capacitación de los operarios, la adquisición de tecnología, la imagen de la empresa y el tiempo.

Cabe mencionar que la importancia de cada uno varía según la naturaleza de la compañía, el país donde opera, la disponibilidad y costo de cada categoría de recursos, la índole del producto y el proceso de fabricación seleccionado.



Así, por ejemplo, un ítem que usualmente aborda el estudio de la productividad, es el referido al *empleo racional de las materias primas* ya que éstas representan un factor de elevada significación para el sistema de producción debido a que en muchas industrias su costo representa el 70% del artículo terminado; asimismo, cobran relevancia aún mayor en aquellos productos que requieren para su elaboración la importación de algún material básico cuyo precio usualmente se establece en moneda extranjera.

En general, se sugiere que la correcta asignación de los recursos disponibles se efectúe en la fase de proyección de la actividad productiva; para tal fin se debe:

- Adoptar el diseño que permite fabricar con el menor consumo de materias primas, particularmente cuando éstas son escasas o costosas.
- Asegurar que la especificación de los equipos permita obtener una alta relación rendimiento/costo.
- Seleccionar el procedimiento más adecuado y eficiente.
- Propender a la capacitación y estimulación continua de los operarios para certificar el mejor desempeño.
- Establecer la vigilancia y la correcta manipulación y almacenaje de las materias primas y productos.

En las últimas décadas, como consecuencia del éxito del sistema de producción japonés JIT (Just in Time) y del auge del concepto TQC (Total Quality Control), se promulga además que las actividades deben realizarse en el momento preciso, de modo tal que no se perjudique la secuencia de trabajo y se dé respuesta idónea en términos de satisfacción de las necesidades y requerimientos del consumidor a través de la excelencia en la producción y en el servicio cumpliendo con las normas técnicas de calidad.

Asimismo, otros aspectos emergentes de la actual definición de productividad involucran:



- Considerar el circuito de producción, establecido a través de la relación proveedor-empresa-consumidor con sus respectivas retroalimentaciones.
- Recibir, producir y entregar los artículos en el momento preciso y en condiciones óptimas.
- Manejar adecuadamente la metodología de trabajo, apuntando a la mejora permanente y evitando costos improductivos.
- Incrementar la calidad dirigiendo las acciones, a través del estímulo por parte de la dirección y la toma de conciencia individual y grupal de todos los integrantes de la empresa, hacia la meta de la excelencia (cero defectos).

1.1 Relación Productividad-Utilidad

Desde un punto de vista social, el incremento en la productividad se traduce en un mayor beneficio para toda la comunidad y se observa concretamente, entre otros hechos, en la disminución del precio del producto, en el aumento de la calidad, en los mayores salarios percibidos por los operarios y en la mejora de las condiciones laborales.

Para cuantificar la relación productividad-utilidad, el sector empresarial utiliza la relación dada por:

$$\text{Ventas/costos} = P \times E$$

siendo P la productividad considerando los precios y los costos constantes y puede definirse como: Cantidad de productos / Cantidad de insumos

E representa la recuperación o evolución de los precios y está dada por el cociente: Precios / Costos unitarios

De la hipótesis planteada puede deducirse que un cambio en las utilidades puede deberse a un incremento en la productividad o a un aumento en el precio



del producto. Sin embargo, corresponde puntualizar que una empresa que mantiene sus utilidades en función de la productividad tiene mayor posibilidad de sobrevivir a largo plazo que aquella que basa su utilidad en el incremento del precio; en este último caso, la utilización de los recursos resulta deficiente y la mala calidad se transmite al consumidor por lo que el éxito de ventas resulta temporal, volviéndose vulnerable a la competencia.

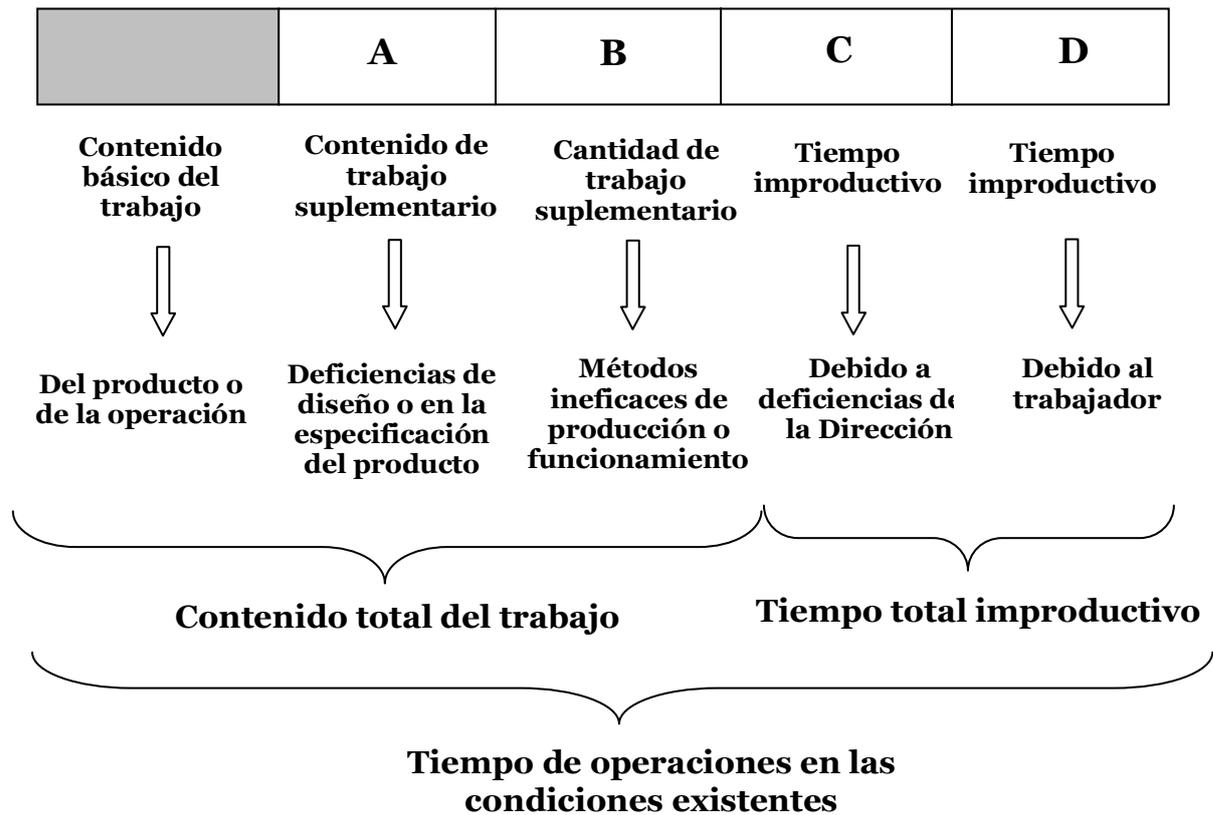
Finalmente se puede concluir que las empresas que poseen elevada productividad resultan altamente competentes frente a las presiones del mercado, ya que pueden elaborar bienes o prestar servicio de alta calidad pero con reducido precio.

1.2 Importancia de la incidencia de factor tiempo en la productividad

Si bien los factores anteriormente mencionados son de singular importancia, está demostrado que el *tiempo* se convierte por su naturaleza en el índice base de la productividad y es el factor que condiciona en mayor medida al sistema de producción.

Sustentándonos en este hecho, podemos definir dos conceptos importantes que se emplean para realizar el análisis: el primero de ellos, denominado *productividad humana*, establece las horas reales de trabajo de un operario; la segunda definición se refiere a la *productividad intrínseca de una máquina*, que involucra el tiempo teórico de producción, pero afectando éste por el rendimiento de la misma.

De este modo se infiere que para realizar un estudio de productividad (o de tiempo productivo) resulta conveniente la evaluación del *contenido de trabajo*, cuantificado ya sea según las horas-hombres o bien las horas-máquina invertidas en un proceso de elaboración de un producto. Usualmente, las observaciones prácticas establecen que los tiempos reales invertidos son muy superiores a los estimados teóricamente y en consecuencia la composición del tiempo total se evalúa según se indica en la figura siguiente:



El *contenido básico de trabajo* es el tiempo teórico, mínimo e irreducible que demanda la elaboración de una unidad de producción en condiciones ideales, es decir si el diseño y el proceso fueran perfectos.

El *contenido de trabajo suplementario* (A) es el tiempo que se adiciona por deficiencias en el diseño o en la especificación del producto y que origina correcciones continuas en el mismo. Dicho suplemento puede disminuirse precisando diseños adecuados con *normalización apropiada*, es decir evitando especificaciones muy exigentes de carácter innecesario.

El *contenido de trabajo suplementario* (B) es el tiempo que se añade debido a métodos ineficaces de producción o funcionamiento. Puede reducirse, por ejemplo, utilizando equipos con características adecuadas para la elaboración del producto, empleando herramientas apropiadas para el tipo de tarea que no demanden un gasto de energía extra al operario, planificando la



disposición de las máquinas e instalaciones para evitar movimientos de materiales innecesarios y recorridos que involucren pérdida de tiempo, etc.

El *tiempo improductivo debido a deficiencias de la Dirección (C)* es consecuencia de un planeamiento deficiente, falta de coordinación e inspección ineficaz. Para subsanarlo se deben tener en cuenta una importante cantidad de factores:

- Estandarizar en el mayor grado posible la metodología de trabajo instruyendo al operario en lo referente al modo de efectuar con mayor eficiencia la tarea asignada

- Establecer de modo preciso los períodos de reposición de materiales o la cantidad necesaria en stock, es decir evitar capitales inactivos (en los casos de exceso de reposición) e impedir una parada en la producción (en los casos de defectos).

- Determinar la frecuencia del proceso de compra-venta, previendo que éstas no se producen con la rapidez deseada.

- Prever los períodos de mantenimiento preventivo ya que producen inactividad

- Asegurar ambientes saludables y seguros a fin de alcanzar el máximo rendimiento de los operarios.

- Evadir la variedad de productos, ya que los tiempos de preparación de la maquinaria y puesta en marcha tienden a incrementar la improductividad.

- Establecer un diseño perfectamente especificado y probado, de modo de cumplir con las exigencias del cliente ahorrando el tiempo que demandarían posteriores modificaciones.

El *tiempo improductivo debido al trabajador (D)*, es aquél que se atribuye al operario y se soluciona gracias al *estudio del trabajo*. Se reduce, entre otras mejoras que se detallan a posteriori, creando ambientes laborales adecuados que motiven a realizar las tareas con entusiasmo, estableciendo normas de conducta referidas a la seguridad, puntualidad, disciplina, etc. que aseguren la eficiencia en la actividad realizada.



2 Estudio del Trabajo

En lo referente a la responsabilidad de efectuar las actividades inherentes al aumento de productividad, éstas son planificadas, programadas y ejecutadas por la cumbre estratégica mediante el previo *Estudio del Trabajo*. Esta metodología abarca dos disciplinas perfectamente diferenciadas pero complementarias; la primera de ellas es el **estudio de métodos** que comprende la evaluación de todos los modos posibles de realizar una tarea, mientras que la segunda técnica, denominada **medición o cuantificación del trabajo**, propone la aplicación de modelos para determinar el tiempo invertido en la realización de una tarea (según una norma de ejecución previamente establecida) y permite detectar aquellas actividades ávidas de mejoras.

2.1 Estudio de Métodos

Esta técnica posee como objetivo principal la eliminación de movimientos innecesarios contribuyendo de este modo al aumento de la productividad; se lleva a cabo a través del registro y análisis crítico y sistemático de todos los modos existentes de realizar una tarea en condiciones de seguridad y posee como finalidad idear el método más simple y eficiente para reducir costos.

El estudio contempla:

- La *Definición* del problema, que puede ser de índole social, económica o técnica.
- La *Selección* de la tarea que será objeto de análisis.
- El *Registro* y la *recolección* de datos referidos a la actividad que se realizará, empleando gráficos y diagramas para tal fin (cursogramas sinópticos, cursogramas analíticos, diagramas de recorrido, diagrama de hilos, de actividades múltiples, etc.).
- El *Examen crítico* de cada uno de los pasos cuestionando el modo de desempeño, las condiciones, la secuencia de operaciones, los medios empleados e intentando encontrar soluciones alternativas.



- La *Creación* del nuevo método de características más económicas y más eficientes que el método original.
- La *Institución* del método nuevo como práctica formal.
- La *Conservación* del método mediante inspecciones periódicas.

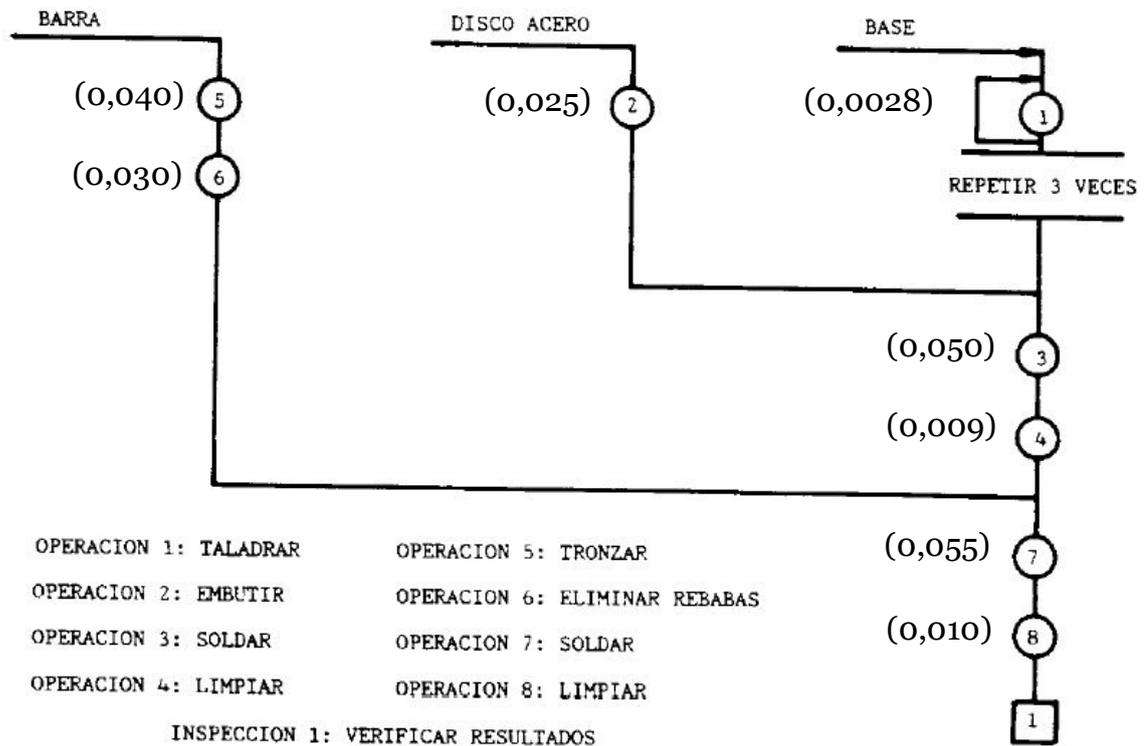
En este estudio resulta necesario establecer las normas de actuación para poder diferenciar entre el trabajo de buena y mala calidad, es decir entre los resultados que deben aceptarse o los que deben rechazarse. Además, cabe exponer que la información sobre las actividades que se realizan, la corrección de las tareas anómalas, los resultados obtenidos y la transmisión de tales datos a los interesados constituyen el paso fundamental para llevar a cabo las actividades de control.

2.1.1 Diagramas de Registro

Como ya se mencionara, en la etapa de registro y recolección de datos se utilizan una serie de diagramas que describen de manera simple y clara las características de la tarea en estudio; de este modo, la finalidad del empleo de dichos diagramas no sólo se circunscribe al análisis de la tarea, sino también admite la incorporación de posibles mejoras:

- **Cursograma Sinóptico:** Presenta un cuadro general del modo en que suceden las principales operaciones e inspecciones; además permite añadir los tiempos que demanda cada operación.

Para su realización se recomienda anotar las operaciones e inspecciones que se efectúan a cada material (por ejemplo a un compuesto en un proceso químico); el tiempo se indica en horas y a la izquierda de cada operación (en el caso de las inspecciones no se les asigna el tiempo). Usualmente se añaden comentarios en las zonas adyacentes a cada símbolo. Un ejemplo del Cursograma Sinóptico es el siguiente:



Este diagrama sólo se emplea para visualizar las actividades principales; de este modo y a través de su análisis, se logra eliminar las acciones innecesarias o bien combinar alguna de ellas con el fin de obtener la mayor eficiencia. Para realizar un estudio más detallado se recurre a un cursograma analítico ya que este último aporta mayores detalles en lo referente a cada operación.

- **Cursograma Analítico:** Muestra la trayectoria detallada de un procedimiento o un producto registrando cada acción mediante un símbolo preestablecido. Su aplicación se extiende al estudio del empleo de equipos o maquinarias, a la manipulación de materiales y al estudio del desempeño de los operarios.



La simbología usualmente empleada es la siguiente:

	Operación
	Inspección
	Demora
	Almacenamiento
	Transporte
 	Combinados



Características Principales:

a) Se debe realizar un cursograma para cada pieza importante o para cada actividad, ya que este constituye un estudio mucho más detallado que el cursograma sinóptico.

b) Los detalles que figuran en el diagrama deben reunirse por observación directa.

a) Se deben realizar con la mayor precisión ya que se utilizan para la normalización del trabajo o para el estudio de la mejora de métodos.

b) Deben reflejar el máximo de información por lo que deben llevar encabezamientos con amplios espacios para apuntar las anotaciones necesarias para interpretar el diagrama:

- Nombre del material o equipo representado.
- La actividad bajo estudio, indicando si el método es el actual o el propuesto.
- El lugar (taller, departamento, etc.) en el cual se realiza el análisis.
- El número correspondiente al diagrama, detallando el número de hojas.
- Nombre del analista y de la persona que aprueba el diagrama.
- La fecha de estudio.
- La definición de cada símbolo.
- Resumen de la distancia, tiempo y si se considera conveniente el costo de la mano de obra y de las materias primas con el fin de comparar los métodos antiguos con los recientes.
- Se debe verificar, con espíritu crítico, si se ha registrado correctamente cada actividad.

En lo referente al cursograma analítico aplicado a los operarios, éste registra la trayectoria de los trabajadores y se emplea para estudiar tareas en las que no se repiten los mismos movimientos. Para su interpretación más eficaz se recomienda añadir a la planilla del cursograma un croquis que indique la trayectoria seguida por el operario.

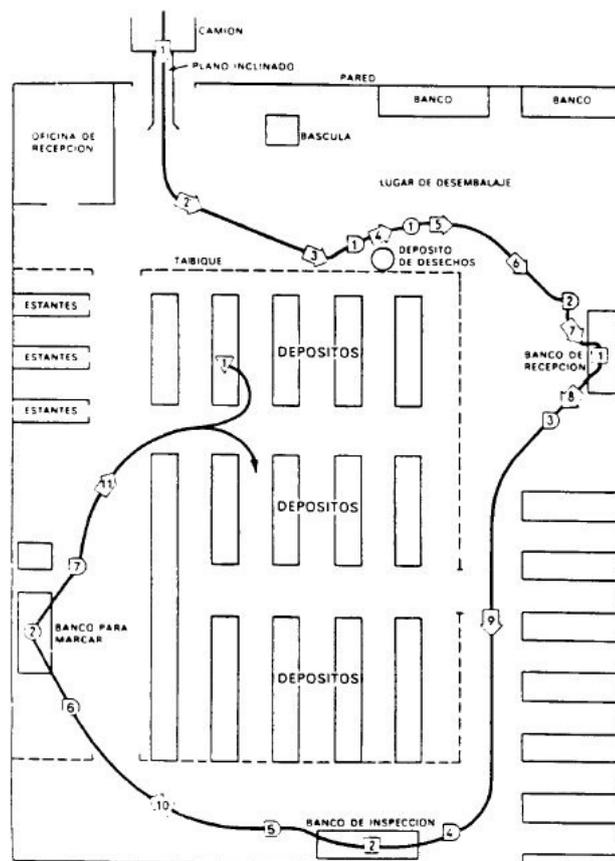
- **Diagrama de Recorrido o circulación:** Es un plano de la fábrica que determina la disposición de los equipos y maquinarias, de las áreas de trabajo,

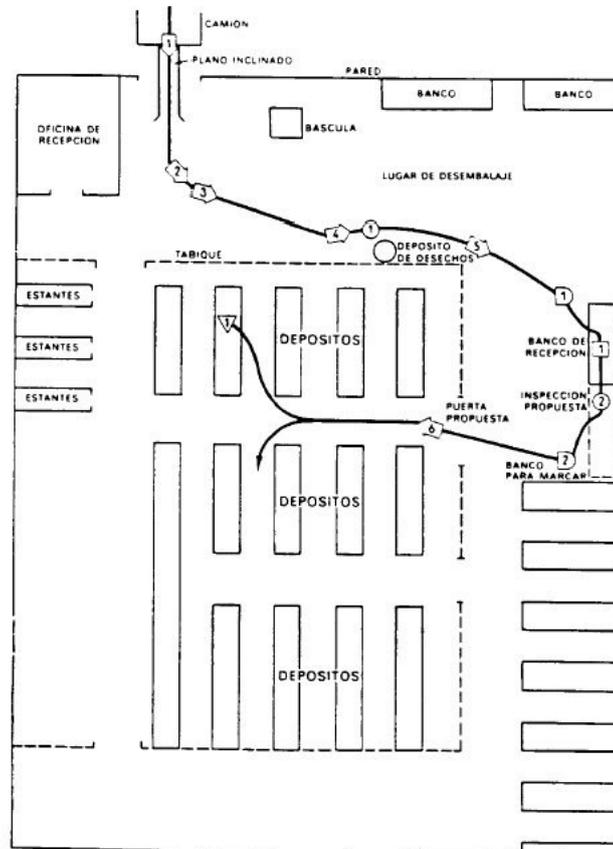


etc. y sobre el cual es usual indicar, con los símbolos definidos previamente, las operaciones realizadas; en éste se estudia el recorrido de los materiales y de los operarios (empleando diferentes colores) que permite lograr la mayor facilidad de manipulación y transporte, situación que redunda en ahorro de tiempo y disminución de los costos. La finalidad de estos diagramas, realizados preferentemente a escala, es evaluar los caminos más adecuados para mejorar la productividad.

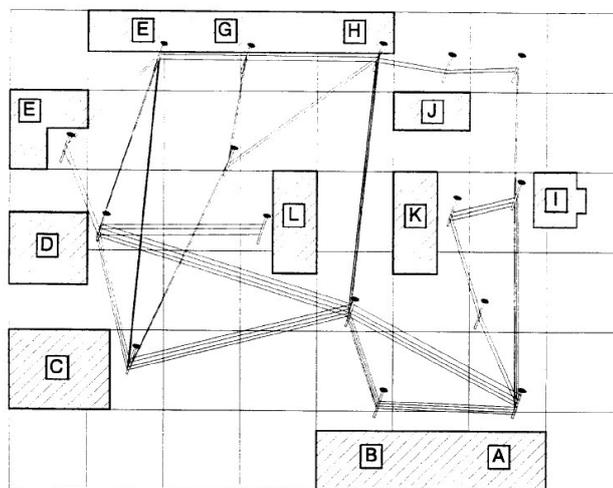
Si bien el cursograma analítico es útil para registrar las distancias recorridas y el tiempo de cada operación, éste debe complementarse con el diagrama de recorrido construido a través de las observaciones in situ.

En la figura se observa un diagrama de recorrido al cual se le han introducido posteriormente algunas mejoras según se muestra en el segundo gráfico:





- **Diagrama de hilos:** Constituye un plano o modelo a escala (maqueta) en el cual se sigue y mide con un hilo tanto el trayecto de los operarios como el de los materiales y maquinarias.

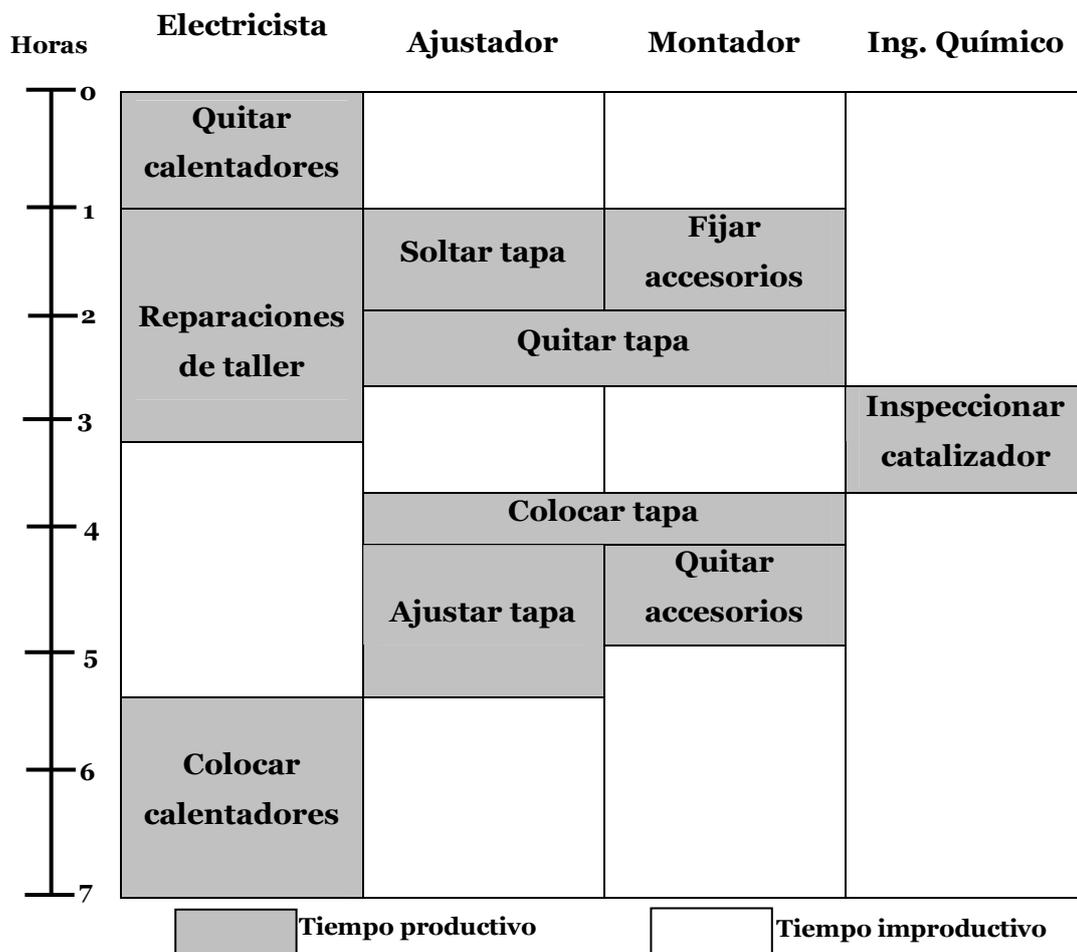




- **Diagrama de Actividades Múltiples:** Registra simultáneamente en una escala de tiempo las actividades de operarios, equipos y maquinarias a fin de establecer una correlación entre las mismas. Resulta de singular importancia ya que proporciona una herramienta útil para la organización de equipos y máquinas en la producción en serie, así como también para determinar el momento de efectuar las tareas de mantenimiento principalmente en aquellos casos en que se utilizan medios y personal comunes a otras actividades.

La representación en columnas verticales, según la escala de tiempo, de las diversas actividades de maquinarias y operarios permite visualizar de un modo preciso los tiempos improductivos.

Un ejemplo de un diagrama de Actividades Múltiples para la inspección de un catalizador se muestra en la figura siguiente:





Se puede observar que se puede optimizar la tarea si el ajustador comienza con la operación de soltar la tapa en el mismo momento en que se quitan los calentadores; del mismo modo se pueden colocar estos últimos simultáneamente al ajuste de la tapa. Con las modificaciones mencionadas se logra un ahorro de dos horas (25% del tiempo total).

- **Diagrama Bimanual:** Registra las actividades realizadas por las extremidades superiores e inferiores de un operario; es un cursograma en el cual no se utiliza el símbolo de inspección, debido a que esta acción se efectúa generalmente operando con las manos y además el símbolo de almacenamiento corresponde en este caso al “sostenimiento”. Se emplea generalmente para el estudio de operaciones repetitivas.



DIAGRAMA BIMANUAL					
DIAGRAMA núm. 1 HOJA núm. 1			DISPOSICION DEL LUGAR DE TRABAJO		
DIBUJO Y PIEZA: <i>Tubo de vidrio de 3 mm diám. y 1 m long.</i>			METODO ORIGINAL 		
OPERACION: <i>Cortar trozos de 1.5 cm</i>					
LUGAR: <i>Talleres generales</i>					
OPERARIO:					
COMPUESTO POR:			FECHA:		
DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	○	⇒	□	▽	DESCRIPCION MANO DERECHA
<i>Sostiene tubo</i>					<i>Recoge lima</i>
<i>Hasta plantilla</i>					<i>Sostiene lima</i>
<i> Mete tubo en plantilla</i>					<i>Lleva lima hasta tubo</i>
<i>Empuja hasta fondo</i>					<i>Sostiene lima</i>
<i>Sostiene tubo</i>					<i>Muesca tubo con lima</i>
<i>Retira un poco tubo</i>					<i>Sostiene lima</i>
<i>Hace girar tubo 120°/180°</i>					<i>Sostiene lima</i>
<i>Empuja hasta fondo</i>					<i>Acerca lima a tubo</i>
<i>Sostiene tubo</i>					<i>Muesca tubo</i>
<i>Retira tubo</i>					<i>Pone lima en mesa</i>
<i>Pasa tubo a la der.</i>					<i>Va hasta tubo</i>
<i>Dobla tubo para partirlo</i>					<i>Dobla tubo</i>
<i>Sostiene tubo</i>					<i>Suelta trozo cortado</i>
<i>Corre a otra parte de tubo</i>					<i>Va hasta lima</i>
RESUMEN					
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		
	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	
<i>Operaciones</i>	8	5			
<i>Transportes</i>	2	5			
<i>Esperas</i>	—	—			
<i>Sostenim.</i>	4	4			
<i>Inspecciones</i>	—	—			
Totales	14	14			



- **Diagrama Multiproducto:** Establece una visión conjunta de los procesos correspondientes a diversos productos; resulta especialmente interesante cuando se trata de grupos de productos con procesos similares, ya que resulta conveniente realizar un planeamiento conjunto de la distribución para todo el grupo.

ARTICULACION/ SECCION	PRODUCTO O SEMIELABORADO			
	a (200)	b (150)	c (250)	d (100)
M ALMACEN DE MATERIAS PRIMAS	▽	▽	▽	▽
P PRENSAS	① 0,2	⑦ 0,1	⑩ 0,15	⑬ 0,25
F FRESADORAS	② 0,8 ④ 0,9	⑧ 0,5	⑫ 0,7	⑯ 0,6
T TALADRADORAS	③ 1,2		⑪ 0,6	
I INSPECCION	② 0,5 ① 0,6	③ 0,3	⑤ 0,8 ④ 0,2	⑥ 0,6
A ACABADO	⑤ 1,8		⑬ 2,1	⑰ 1,3
E EMBALAJE	⑥ 0,2	⑨ 0,3	⑭ 0,4	⑱ 0,6
Z ALMACEN DE PRODUCTOS ACABADOS	▽	▽	▽	▽

2.2 Medición del Trabajo

Este estudio permite determinar el tiempo necesario para realizar una operación contemplando normas de rendimiento preestablecidas y eliminando el tiempo improductivo; de este modo se logra establecer la duración de los procesos y en consecuencia la cantidad de puestos de trabajo y equipos necesarios para llevarlo a cabo. Asimismo la medición de los tiempos en el trabajo se emplea para la implementación de incentivos basados en la eficiencia, la comparación de diseños alternativos del proceso, la programación de la producción, la evaluación de costos y precios, el control de desempeño, etc.

Desde siempre la medición del trabajo humano ha constituido un problema para la administración ya que a menudo los planes para la provisión de bienes o servicios, de acuerdo con un programa confiable y un costo



predeterminado, dependen de la exactitud con que se puede pronosticar y organizar la cantidad y tipo de trabajo implicado. Aunque la práctica común ha sido estimar y fijar objetivos basándose en la experiencia pasada, con demasiada frecuencia resultan ser un guía burda e insatisfactoria. Al permitir precisar fechas objetivo, en que se incorporen periodos de descanso adecuados al tipo de trabajo que se realiza, la medición del trabajo proporciona una base mucho más satisfactoria sobre la cual hacer planes.

Para los fines de la medición del trabajo, se puede considerar al trabajo como repetitivo o no repetitivo. En el primer caso, la operación principal o grupo de operaciones se repite continuamente durante el tiempo dedicado a la tarea; por el contrario, en el trabajo no repetitivo se incluyen algunos tipos de trabajo de mantenimiento y de construcción en los que el propio ciclo del trabajo casi nunca se repite de igual manera.

Los procedimientos más conocidos son los de *cronometraje*, *sistemas de tiempos predeterminados*, *datos normalizados*, *muestreo del trabajo* y *método de las operaciones instantáneas*. No obstante la variedad presentada, el más utilizado debido a su simpleza y confiabilidad es el primero de ellos.

2.2.1 Cronometraje

Este método, según la British Standards Institution, consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo empleado por un *operario calificado* para realizar una tarea según una norma de ejecución establecida previamente. *Un trabajador calificado es aquél que posee las aptitudes físicas necesarias, la inteligencia e instrucción requerida y que ha adquirido la destreza para efectuar el trabajo con normas satisfactorias de seguridad, en la cantidad y la calidad óptima*. Estas características resultan fundamentales para establecer los valores normales de tiempo en que se incurrirá durante el desempeño del proceso diseñado.

El cronometraje es empleado aproximadamente por el 60% de los analistas debido a que su implementación es sencilla y además permite medir

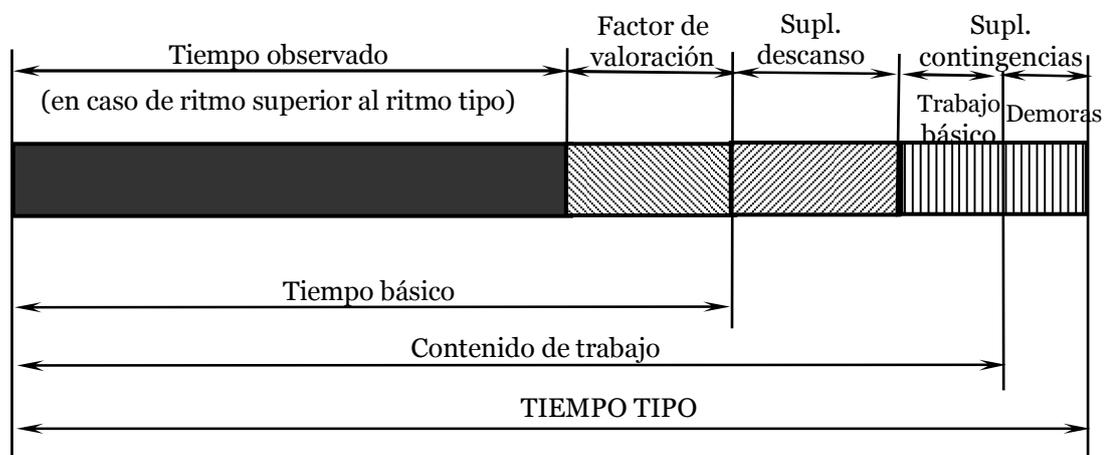


directamente el tiempo invertido en la realización de la tarea; sin embargo resulta demasiado subjetivo e inoperante para trabajos no repetitivos.

Este método, así como algunos de los nombrados precedentemente, determina en primera instancia el *tiempo básico*, el cual se define como aquél que resulta necesario para completar una operación cuando ésta se ejecuta según un método especificado y a un cierto ritmo de trabajo que se asume como el desempeño razonable de un trabajador calificado. Implica la instrucción y el entrenamiento del operario, además del cumplimiento exacto de la metodología.

Cuando al tiempo básico se la añaden tiempos suplementarios atribuibles a necesidades fisiológicas o fatiga se obtiene el *tiempo tipo* que es el total de ejecución de una tarea al ritmo tipo.

La descomposición del tiempo tipo se muestra en la figura siguiente:



2.2.1.1 Determinación del tiempo básico

a. Determinación de los elementos que componen la operación

El primer paso para la implementación de este método, luego que el analista haya tomado conocimiento pleno de la tarea en estudio, consiste en dividir la operación total en una serie de breves elementos que se correlacionan con una acción determinada; de este modo, este fraccionamiento permite una



observación más minuciosa, además de lograr mayor exactitud en el cálculo de los tiempos como así también hallar las actividades cuello de botella, las cuales serán objeto de un análisis más detallado.

Los elementos en los que se divide una operación deben tener las siguientes características:

- Ser de fácil identificación.
- Poseer un comienzo y final claramente definidos.
- Poseer corta duración (mayores de 0,04 minutos y menores de 0,33 minutos).
- Deben contener una acción bien definida (transportar, alcanzar, asir, etc.).

b. Determinación del número de observaciones

Otra consideración de importancia es estimar el tamaño de la muestra o el número de observaciones que deben efectuarse para cada elemento a fin de obtener un resultado confiable de tiempos básicos, dado un nivel de confianza y un margen de exactitud previamente determinado.

El tratamiento estadístico se basa en el número de observaciones realizadas previamente; la fórmula a aplicar para un nivel de confianza de 95,45 % y un margen de error de +/- 5 % es la siguiente:

$$n = \left[\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

Siendo:

n = tamaño de la muestra a determinar.

n' = número de observaciones del estudio preliminar.

x = valor de las observaciones.



Otro método utilizado es el de la curva de aprendizaje que se tratará más adelante.

c. Medición y registro de los tiempos observados

Para realizar la medición de los tiempos se utiliza el cronómetro, y el ensayo puede realizarse en forma acumulativa o vuelta a cero. Los tiempos observados para cada elemento se registran en la planilla siguiente, cuyo formato fue tomado de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT):



En lo referente a la valoración del ritmo (V), ésta se realiza en forma conjunta a la medición y tiene como objetivo determinar el tiempo básico que el trabajador calificado promedio utiliza para realizar la tarea. Asimismo, es una variable que debe ser juzgada por un analista que conozca a pleno la actividad que está evaluando.

Durante este estudio se aprecian diversos factores que influyen de manera negativa en la velocidad de efectuar las operaciones. Algunos de ellos son ajenos a la voluntad del trabajador, tales como eficiencia de herramientas y equipos, calidad de los materiales, factores del medio ambiente como temperatura e iluminación, etc.; entre aquéllos que dependen directamente del operario se pueden nombrar el esquema de sus movimientos y su ritmo de trabajo.

Con el objetivo de comparar el ritmo de trabajo observado con el ritmo necesario para realizar adecuadamente la operación, es indispensable contar con una escala numérica que cumpla la función de patrón. Actualmente existen diversas normas de aplicación (mostradas en la tabla siguiente), aunque la mayormente empleada es la británica.

Escala				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable ¹ (km/h)
60-80	75-100	100-133	0-100 (norma británica)		
0	0	0	0	Actividad nula	
40	50	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	4,8
80	100	133	100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	6,4
100	125	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio	8
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes	9,6

¹ Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, sin carga, que camine en línea recta, por terreno llano y sin obstáculos.

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England) Association, Department of Work Study.



En la escala británica la cifra 100 representa el desempeño tipo. De este modo, si el analista considera que la operación se lleva a cabo a un ritmo inferior al tipo, aplicará un factor de menor valor; en el caso contrario, si la operación se realiza a una velocidad mayor empleará un factor superior a 100. En general, se aconseja utilizar factores múltiplos de diez o, para analistas expertos, se permiten los múltiplos de cinco.

En consecuencia, para convertir los tiempos observados en tiempos básicos se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo básico} = \text{Tiempo observado} \times (\text{Valor atribuido} / \text{Valor tipo})$$

Así, por ejemplo, un operario emplea 40 segundos en realizar un elemento y el analista experimentado observa que su velocidad es un poco menor a la del ritmo tipo, por lo cual la califica con el valor 85 de la escala británica; de este modo, a través de la aplicación de la fórmula para hallar el tiempo básico obtiene:

$$\text{Tiempo básico} = 40 \times 85 / 100 = 34$$

Consecuentemente se concluye que un operador que trabaja al ritmo tipo utiliza 34 segundos en realizar el elemento asignado.

En la práctica, al cronometrar los elementos, rara vez el tiempo básico de cada elemento es constante debido por ejemplo a inexactitudes en la anotación y registro, inexactitudes en la valoración, variaciones en el redondeo, etc. Por lo anteriormente expuesto se debe obtener el valor medio de los tiempos básicos correspondientes a cada elemento y registrarlos en la siguiente planilla resumen:



2.2.1.2 Determinación del tiempo tipo

Resulta indiscutible que para obtener el *tiempo tipo o real* de una actividad, se debe adicionar al tiempo básico otros tiempos, denominados *suplementarios*, vinculados ya sea con el descanso o con las contingencias. La tabla siguiente resume los factores de concesión porcentuales atribuibles a los suplementos fijos y variables:

Factores de concesión, F					
Suplementos fijos	Hombre, %	Mujer, %	Suplementos Variables	Hombre, %	Mujer, %
A. Necesidades Personales	5	7	E. Calidad del Aire - Buena ventilación o aire libre - Mala Ventilación, pero sin emanaciones tóxicas ni nocivas - Proximidad de hornos, etc.	0	0
B. Básico por Fatiga	4	4		5	5
	9	11		5 - 15	0 - 15
Suplementos Variables			F. Tensión Visual - Trabajos de cierta precisión - Trabajos de precisión - Trabajos de gran precisión		
A. Por Trabajar de Pie	2	4		0	0
				2	2
				5	5
B. Por Postura Anormal			G. Tensión Auditiva - Sonido Continuo - Intermitente y fuerte - Intermitente y muy fuerte - Estridente y fuerte		
- Ligeramente incomoda	0	1		0	0
- Incomoda (inclinado)	2	3		2	2
- Muy incomoda (hechado-Esturado)	7	7		5	5
				5	5
C. Levantamiento de pesos y uso de fuerza			H. Tensión Mental - Proceso bastante complejo - Proceso complejo o atención muy dividida - Muy Compleja I. Monotonía mental - Trabajo algo monótono - Trabajo bastante monótono - Trabajo muy monótono		
2.5 -----	0	1		1	1
5.0 -----	1	2		4	4
7.5 -----	2	3			
10 -----	3	4		8	8
12.5 -----	4	6			
15 -----	6	9			
17.5 -----	8	12			
20 -----	10	15		0	0
22.5 -----	12	18		1	1
25 -----	14	-		4	4
30 -----	19	-			
40 -----	33	-			
50 -----	58	-			



D. Intensidad de la Luz			J. Monotonía física		
- Ligeramente por debajo de lo recomendado	0	0	- Trabajo algo aburrido	0	0
- Bastante por debajo	2	2	- Trabajo aburrido	2	2
- Absolutamente insuficiente	5	5	- Trabajo muy aburrido	5	5

De este modo, el tiempo tipo se obtiene sumando al tiempo básico el producto de éste último por el factor correspondiente:

$$\text{Tiempo tipo} = \text{Tiempo básico} + \text{Tiempo básico} \times F$$

$$\text{Tiempo tipo} = \text{Tiempo básico} \times (1 + F)$$

Debe tenerse en cuenta que la fatiga se manifiesta en un tiempo determinado de la jornada, por lo que la posición para realizar la tarea genera un cansancio corporal. Los suplementos de descanso son aplicados principalmente en procesos en los que se requiere mucho tiempo en una posición incómoda; en algunas empresas se propone la rotación de personal para disminuir este tipo de suplementos.

Finalmente, en la planilla siguiente se registran los resultados del análisis:



2.2.3 Curva de aprendizaje: Debido a que el tiempo es una variable importante en el aprendizaje de la modalidad de ejecutar una tarea, como ya se mencionara, resulta de importancia registrar los tiempos en que incurren los operarios durante el procedimiento establecido. Tal vez sean necesarias varias semanas de práctica antes de que el trabajo se pueda cronometrar verdaderamente para fijar el tiempo tipo o estándar.

Se debe destacar que lograr el dominio de una operación muy sencilla puede demorar horas mientras que una tarea de alta complejidad puede tomar días o semanas antes de que el operario logre la coordinación física y mental que le permitan proceder de un elemento a otro sin duda o retraso. De este modo, un procedimiento convencionalmente aceptado requiere registrar gráficamente los tiempos observados para un determinado número de repeticiones de una tarea. En general, esta curva posee forma exponencial detectándose que a medida que aumenta el número de ciclos o repeticiones el operario demora un tiempo menor.

Una vez que el operario alcanza la parte más plana de la curva se simplifica el problema de calificar el desempeño; sin embargo, no siempre es conveniente esperar demasiado para desarrollar un estándar: quizá los analistas se vean obligados a establecerlo en el punto donde la pendiente de la curva es mayor y en tales casos se auxilian con fórmulas de aproximación (además de utilizar su poder de observación y su amplia capacitación para calcular un tiempo equitativo).

La teoría de la curva de aprendizaje propone que si se duplica la cantidad total de unidades producidas, el tiempo por unidad disminuye en un porcentaje constante. La curva de aprendizaje es de la forma $y = kx^n$, sin embargo en papel logarítmico la curva queda representada por:



$$\log_{10} y = \log_{10} k + n \times \log_{10} x$$

Donde:

y = tiempo de ciclo

x = número de ciclos o unidades producidas

n = exponente que representa la pendiente

k = valor del primer tiempo de ciclo

Por definición, el porcentaje de aprendizaje es entonces igual a:

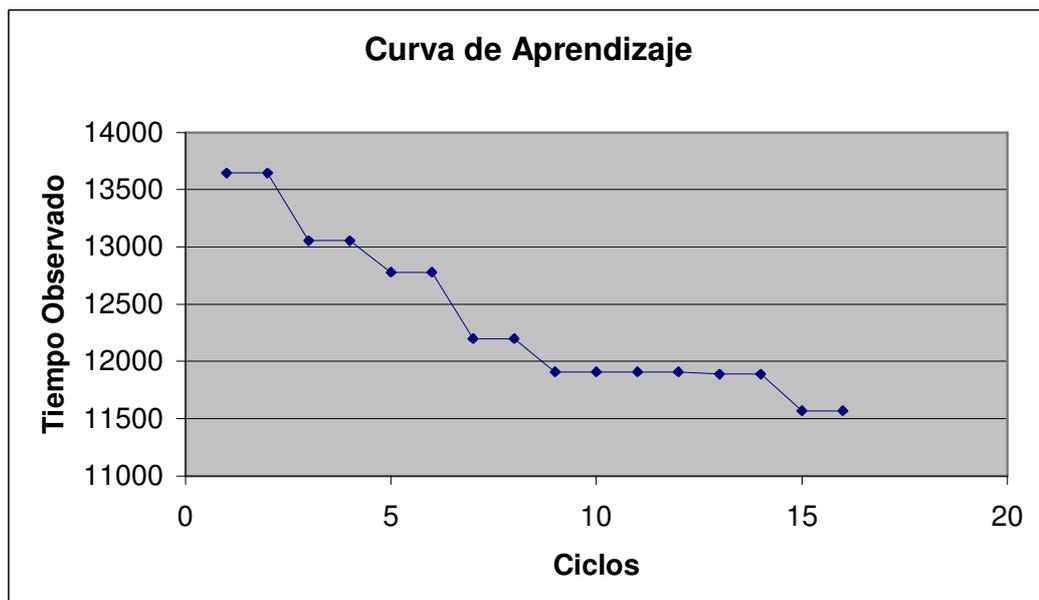
$$\frac{k(2x)^n}{kx^n} = 2^n$$

tomando logaritmos en ambos lados de la ecuación,

$$n = \frac{\log_{10}(\text{porcentaje de aprendizaje})}{\log_{10} 2}$$

También se puede encontrar n a partir de la pendiente:

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(\log_{10} y_1 - \log_{10} y_2)}{(\log_{10} x_1 - \log_{10} x_2)}$$





N	TPU	TO
1	13645	13645
2	13645	13645
3	13448	13055
4	13350	13055
5	13236	12780
6	13160	12780
7	13023	12200
8	11344	12200
9	12808	11910
10	12718	11910
11	12645	11910
12	12583	11910
13	12530	11890
14	12484	11890
15	12423	11570
16	12370	11570

N = número de ciclos
TPU = Tiempo promedio unitario
TO = Tiempo observado
H = Tiempo del primer ciclo

El Tiempo Promedio Unitario también se cuantifica a través de la ecuación dada por: $TPU = H N^n$

A través del análisis de esta curva observamos que el valor de la pendiente es negativo, hecho que indica el grado de dificultad de la tarea y el modo en que los operarios logran su dominio. Asimismo, conforme avanza el número de ciclos, se puede determinar el valor en el cual la pendiente tiende a ser cero y consecuentemente especificar los estándares.

2.3 Tiempos predeterminados

Este estudio emplea valores tabulados de los tiempos básicos; de este modo se elimina la medición con cronómetro evitando las distorsiones que puede cometer el analista y eliminando el subjetivo factor de calificación del ritmo.



Los tres sistemas más empleados son:

- Methods Time Measurement (MTM)
- Work Factor
- Basic Motion Timestudy (BMT)

De los tres precedentemente nombrados el más empleado es el MTM, el cual emplea nueve tablas básicas de tiempos predeterminados que corresponden a las operaciones o movimientos más usuales (alcanzar, mover, voltear y aplicar presión, sujetar, colocar, soltar, sacar, movimiento ocular y enfoque y movimiento de cuerpo, piernas y pies).

La medida utilizada para la aplicación del MTM es el UMT:

$$\begin{aligned} 1 \text{ UMT} &= 0,00001 \text{ horas} \\ &= 0,0006 \text{ minutos} \\ &= 0,36 \text{ segundos} \end{aligned}$$

El procedimiento MTM se reduce a:

- Descripción amplia del objeto.
- Organización detallada de la información.
- Planificación de la operación y descomposición de la misma en sus elementos.
- Descripción de dichos elementos.
- Observación y anotación de los movimientos que se requieren para realizarla.
- Revisión del orden de sucesión de los movimientos con el fin de evitar errores.

Una vez descrita y analizada la tarea se le asignan los valores según la siguiente ficha de datos:



Nota: La tabla MTM define tres parámetros básicos para el movimiento “alcanzar”:

- Distancia: Trayectoria real en pulgadas que recorre la mano entre dos puntos.
- Blanco: Identificación de la posición y la naturaleza de cinco objetivos diferentes.
- Movimiento: El estado de movimiento al principio y al final del alcance.

Posteriormente a la asignación de los UMT, éstos se convierten en valores de tiempos equivalentes; en este caso también se emplean los factores de concesión para determinar el tiempo total.



Bibliografía

- Solana, Ricardo F.- Producción. Su organización y Administración en el Umbral del Tercer Milenio. Ediciones Interoceánicas S. A., 4º ed., Argentina, 1998.
- Ramírez Cavaza.- Ergonomía y Productividad, Editorial Limusa, México, 2000.
- Oficina Internacional del Trabajo.- Introducción al Estudio del Trabajo, OIT 3º ed., Ginebra, 1992.
- Machuca Domínguez, José A.- Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y en los servicios. McGraw-Hill, España, 1995.