



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**TIEMPO ESTÁNDAR DE PRODUCCIÓN,  
ELEMENTO INDISPENSABLE EN LOS  
PROCESOS PRODUCTIVOS.**

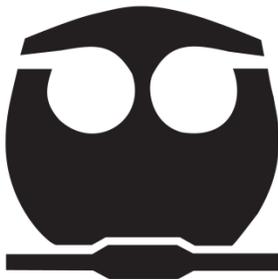
**TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA:**

**PAOLA SUNASHI MONROY RIVERA**



**MÉXICO, D.F.**

**2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE: Mtro. José Antonio Ortiz Ramírez.**

**VOCAL: Mtro. Arturo Rubén Valles Terrazas.**

**SECRETARIO: Mtro. Jorge Cayetano María Rubio Avelino.**

**1er. SUPLENTE: Mtro. Antonio Valentín Castro Martínez.**

**2° SUPLENTE: I. Q. Jorge Rafael Martínez Peniche.**

### **Asesor del tema**

---

Mtro. Jorge Cayetano María Rubio Avelino.

### **Sustentante**

---

Paola Sunashi Monroy Rivera.

## *Agradecimientos*

Doy gracias a **Dios** por permitirme un logro más en la vida.

Agradezco a mis padres **Leo** y **Javier** por estar siempre conmigo, guiándome en todo momento y apoyándome en las decisiones que en esta vida he tomado, sé que sin ustedes no habría llegado tan lejos.

A mis hermanos **Javier** y **Diana** por todos esos momentos felices y todas esas peleas de la infancia que nos ayudaron a formar lazos más estrechos. Ahora sabemos que al final siempre seremos sólo nosotros y por eso nos debemos apoyar en todo momento.

A mi **familia** por haberme permitido ser parte de este círculo y por todas las lecciones aprendidas, gracias por dejarme pasar momentos grandiosos con ustedes.

A mis **sobrinos** por darme la oportunidad de actuar como infante sin importar mi edad y al mismo tiempo darle un nuevo sentido a la palabra responsabilidad. En especial a **Axel** que por ser el más pequeño siento que hay más de qué protegerte.

A mis amigos **Montse, Tuby, Aldu, Topher** y **Dieguito** por hacer amenos los primeros años de la prepa.

A **Yorch, Nic, Engu, Ham** y **Juan Pablo** por hacer del último año de prepa una fiesta, por los campamentos compartidos y por no dejar a nadie atrás.

A mis amigos de la facultad **Mafs, Toñin, Lucy, Surya, Verito, Javier, Marquitos, Edith, Gerardo, Arnold** y **Dieguito** por todos esos buenos momentos compartidos a lo largo de estos años, todas esas comidas en las ardillas, todas las fiestas y reuniones que hicimos, pero sobre todo gracias porque sé que en ustedes puedo confiar en todo momento. **Gerardo**, gracias por enseñarme que en

esta vida siempre existe algo más allá de lo que conocemos y que lo primero es nuestra felicidad.

A **Sandra Liliana** por todas las pláticas llenas de sabiduría que me brindaste.

A **Diana Judith “Master”** gracias por todos estos años compartidos, por escucharme cada que necesito desahogarme y por todos tus consejos acertados, gracias por ser mi mejor amiga.

A **Mari Segura** por todo el apoyo brindado, gracias porque sé que soy parte de lo que tu consideras familia, y porque a pesar de los desacuerdos puedo contar contigo para lo que necesite, desde un consejo hasta un lugar para dormir.

A **Oscar “Nami”** por todos estos años a tu lado, por todo lo que juntos hemos conocido, tantas experiencias vividas, por todo tu apoyo para que me supere y porque sé que siempre estarás ahí para mí.

A mi querida **Universidad Nacional Autónoma de México**, que desde la educación media-superior me ha formado no sólo como profesionista sino como persona. Gracias por todas las oportunidades que me brindaste, desde estudiar en tus aulas hasta practicar deportes y por qué no, andar de ociosa. Gracias por los maestros que conocí y a los grandes amigos que encontré. Por todos los momentos que viví dentro de tus instalaciones, gracias, sé que no pude haber estado en mejor universidad.

# Índice

<b>OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
OBJETIVO .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	1
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>PRODUCTIVIDAD Y TIEMPO ESTÁNDAR DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
PRODUCTIVIDAD.....	8
EFICIENCIA .....	10
EFICACIA .....	10
TIEMPO ESTÁNDAR .....	11
<b>IMPORTANCIA Y USO DE LOS TIEMPOS ESTÁNDAR DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS ESTÁNDAR.....</b>	<b>18</b>
USO DE LA EXPERIENCIA Y CRITERIO PARA REALIZAR ESTIMACIONES. ....	19
MUESTREO DE TRABAJO .....	20
ESTIMACIÓN ESTRUCTURADA .....	23
ESTUDIO DE TIEMPOS.....	24
NORMAS DE TIEMPO PREDETERMINADAS (NTPD).....	27
<b>CONDICIONES DE TRABAJO .....</b>	<b>29</b>
SEGURIDAD, HIGIENE Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES. ....	30
LOCALES DE TRABAJO .....	33
ORDEN Y LIMPIEZA.....	34
ILUMINACIÓN .....	35
RUIDO .....	37
CONDICIONES CLIMÁTICAS .....	38
EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS TÓXICAS.....	39
ERGONOMÍA.....	40
TIEMPO DE TRABAJO .....	43
<b>APLICACIONES .....</b>	<b>44</b>
DETERMINACIÓN DE TIEMPO ESTÁNDAR; OBSERVACIONES Y CONFIABILIDAD. ....	44
USO DE NTPD .....	45
DETERMINACIÓN DE EMPLEADOS ESTÁNDAR Y PLAN DE PRODUCCIÓN .....	46
<i>Operarios Estándar</i> .....	48
<i>Plan de Producción</i> .....	49
<i>Tabla comparativa de Planes de Producción</i> .....	54
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN; PRODUCCIÓN A COSTO MÍNIMO. ....	54

<i>Eficiencia de máquina con respecto al tiempo trabajado</i> .....	55
<i>Eficiencia de máquina con respecto a material producido</i> .....	56
REGLAS DE DECISIÓN .....	58
REGLAS DE DECISIÓN II .....	59
<i>First Come First Serve</i> .....	59
<i>Shortest Processing Time</i> .....	60
<i>Earliest Due Date</i> .....	60
<i>Longest Processing Time</i> .....	61
<i>Critical Ratio</i> .....	61
RUTA CRÍTICA .....	62
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>70</b>
ANEXO A .....	70
ANEXO B.....	72
ANEXO C.....	73
ANEXO D .....	74
ANEXO D .....	75
ANEXO F.....	76
ANEXO G .....	83
ANEXO H .....	86
ANEXO I.....	87

## Diagramas

DIAGRAMA 1. ORGANIGRAMA .....	3
DIAGRAMA 2. ÁREA DE PRODUCCIÓN, MANUFACTURA Y OPERACIONES .....	4
DIAGRAMA 3. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES .....	5
DIAGRAMA 4. RELACIÓN ENTRE LAS TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DEL TRABAJO.....	14
DIAGRAMA 5. ETAPAS PARA EL ESTUDIO DEL TRABAJO .....	15

## Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PAPEL SCRIBE .....	33
ILUSTRACIÓN 2. EJEMPLO DE UN CORRECTO ALMACENAMIENTO DE HERRAMIENTAS.....	34
ILUSTRACIÓN 3. ORGANIZACIÓN Y LIMPIEZA EN LABORATORIOS FARMACÉUTICOS .....	35
ILUSTRACIÓN 4. ESPACIO MÁXIMO RECOMENDADO PARA EL ESPACIAMIENTO DE LÁMPARAS.....	36
ILUSTRACIÓN 5. ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO.....	37
ILUSTRACIÓN 6. PROTECCIÓN AUDITIVA.....	37
ILUSTRACIÓN 7. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	39
ILUSTRACIÓN 8. EQUIPO DE PROTECCIÓN.....	40
ILUSTRACIÓN 9. ERGONOMÍA DE TRABAJADORES Y OPERARIOS.....	42

## Tablas

TABLA 1. TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL RUIDO .....	38
TABLA 2. OPERARIOS ESTÁNDAR, PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA BASADOS EN CUELLO DE BOTELLA.....	48
TABLA 3. PLAN DE PRODUCCIÓN; ESTIMADO DE VENTAS.....	50
TABLA 4. PLAN DE PRODUCCIÓN; DEMANDA PROMEDIO.....	51
TABLA 5. PLAN DE PRODUCCIÓN; DEMANDA MÍNIMA.....	52
TABLA 6. PLAN DE PRODUCCIÓN; DEMANDA PROMEDIO MENOS VALOR MÁXIMO Y MÍNIMO.....	53
TABLA 7. TABLA COMPARATIVA DE COSTOS.....	54

## **Objetivo y Justificación**

### **Objetivo**

Valorar la importancia de la determinación del tiempo estándar en las operaciones realizadas en las industrias.

Conocer las herramientas aplicables en la determinación de tiempos estándar así como evaluar sus ventajas y desventajas.

### **Justificación**

El uso de tiempos estándar de producción debe ser considerado como un factor importante en todas las organizaciones. Dichos estándares son indispensables para realizar planes de programación agregada, planeación lineal y establecer la ruta crítica de los procesos.

Por medio de estas herramientas podemos medir la productividad del proceso o área, aumentar la calidad y reducir costos, así como facilitar la supervisión de varias actividades y establecer parámetros de aprendizaje de nuevos trabajadores.

## Introducción

La administración de operaciones se ocupa de la producción de bienes y servicios que la sociedad compra y usa todos los días; es la función que permite a las organizaciones alcanzar sus metas mediante la eficiente adquisición y uso de recursos. <sup>1</sup>

Toda organización, ya sea pública o privada, de manufactura o de servicios, cuenta con una función de operaciones. <sup>(ídem)</sup>

A la planeación de operaciones le incumben las tácticas de realización y el uso de recursos para alcanzar los objetivos generales. <sup>2</sup>

En un inicio, la administración de operaciones se limitaba sólo a la producción manufacturera. Sin embargo, hoy en día abarca la dirección y el control de los procesos mediante los cuales los insumos se transforman en bienes y/o servicios terminados.

Las empresas siempre deben de buscar aumentar su productividad, por lo cual es importante planificar la secuencia de las operaciones y de los pedidos.

Para establecer un plan de trabajo acertado hay que tener muy bien establecido lo siguiente:

1. ¿Qué se va a fabricar o hacer?
2. ¿Cuánto voy a fabricar?
3. ¿Qué operaciones son las indispensables para realizar el trabajo?
4. ¿Qué instalaciones, equipo y herramientas necesito?
5. ¿Qué tipo de mano de obra requiero?
6. ¿Cuánto tiempo toma cada operación?
7. ¿De qué herramientas e instalaciones dispongo?

---

<sup>1</sup> Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Ruiz, A. C. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: Pearson Educación. p.p 2

<sup>2</sup> Martino, R. L. (1978). *Planeación de operaciones aplicada*. México: Editora Técnica. p.p 15

8. ¿De cuánta mano de obra dispongo y en que especialidades?

La información de los primeros dos puntos debe proveerla el departamento de ventas, los puntos 3, 4 y 5, se obtienen de la planificación de procesos con la ayuda de los estudios de métodos. Para el apartado 6, se requiere de las técnicas de medición del trabajo, el punto 7 es proporcionado por los registros de cada departamento y finalmente, el punto 8 se encuentra en los archivos de personal general o de cada departamento.

Ilustraré con el siguiente organigrama las áreas que componen los puestos de una industria, resaltando el área de “producción, manufactura y operaciones”, en la cual se desarrolla el objeto de estudio de éste trabajo.

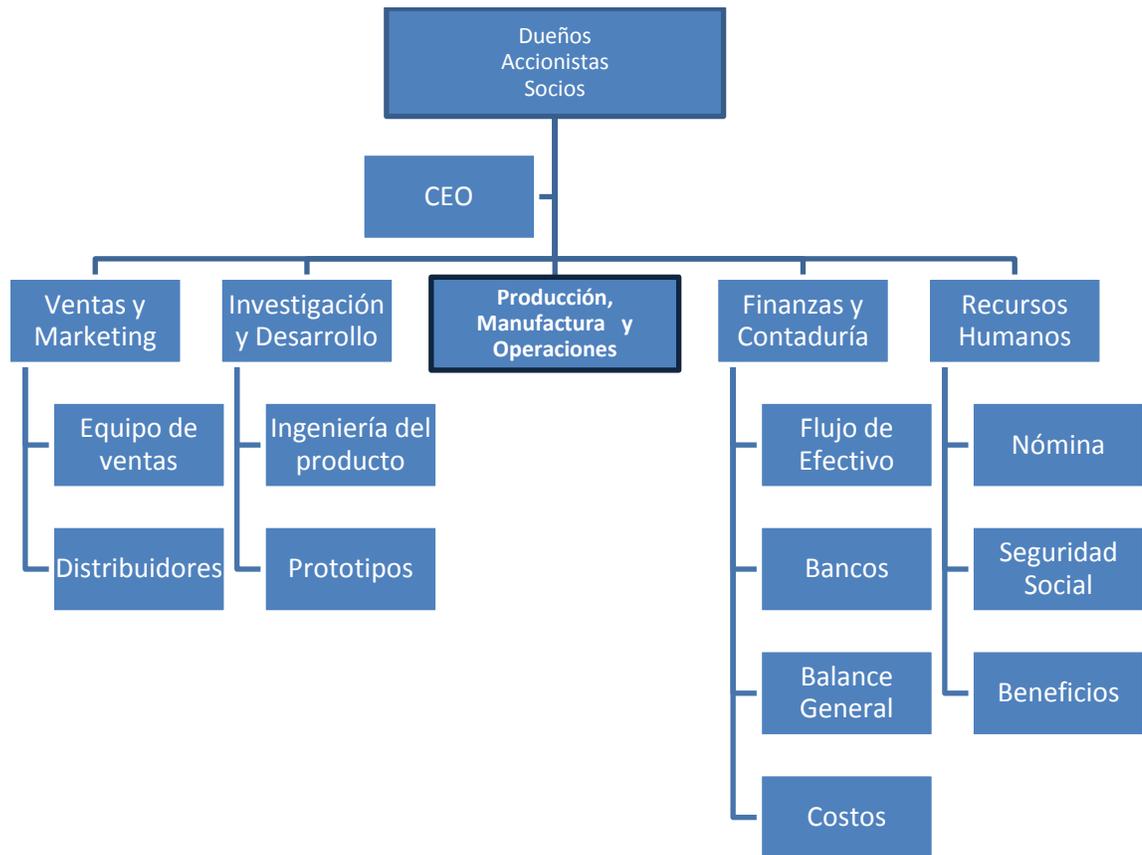
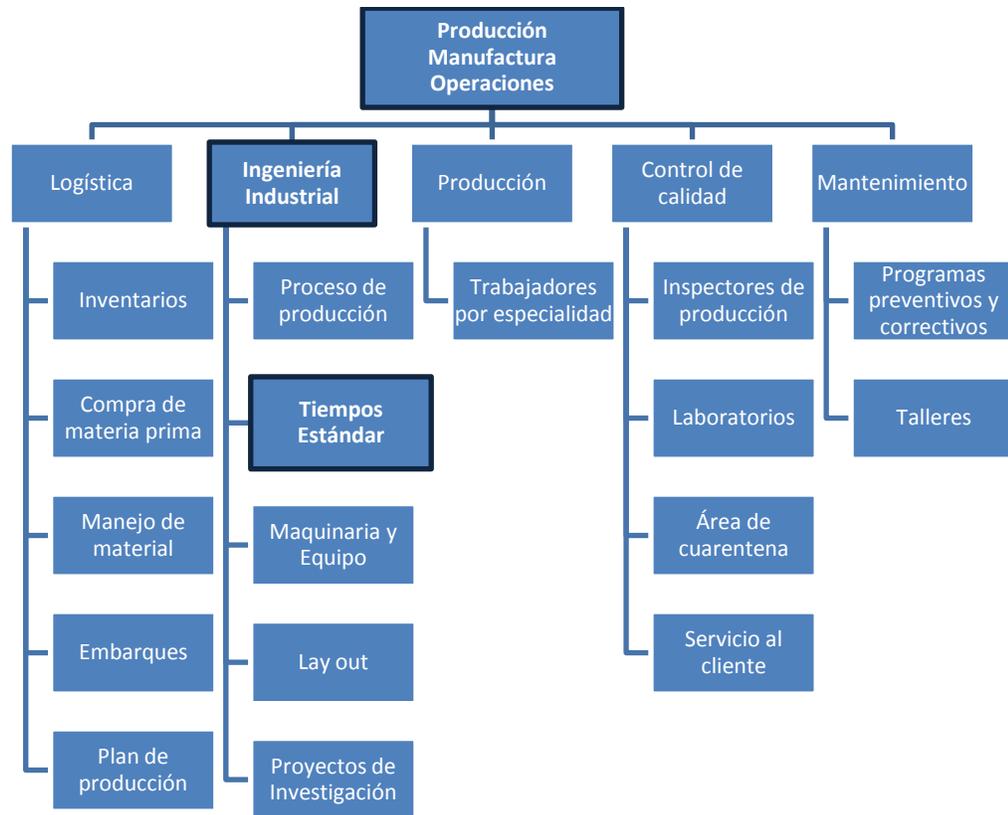


Diagrama 1. Organigrama<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Septiembre 20). Administración de Inventarios. *Administración de Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..



**Diagrama 2. Área de Producción, Manufactura y Operaciones <sup>4</sup>**

La administración de operaciones forma parte de un sistema de producción que consiste en insumos, procesos, productos y flujos de de información que conectan a la organización con los clientes.

Dentro de los insumos encontramos recursos humanos (trabajadores), materiales (equipo e instalaciones) y servicios comprados, tierra y energía. Todo esto está representado en el Diagrama 3, que no sólo es aplicable a una empresa completa sino que también podemos aplicarla a cada departamento de dicha empresa.

<sup>4</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Septiembre 20). Administración de Inventarios. *Administración de Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

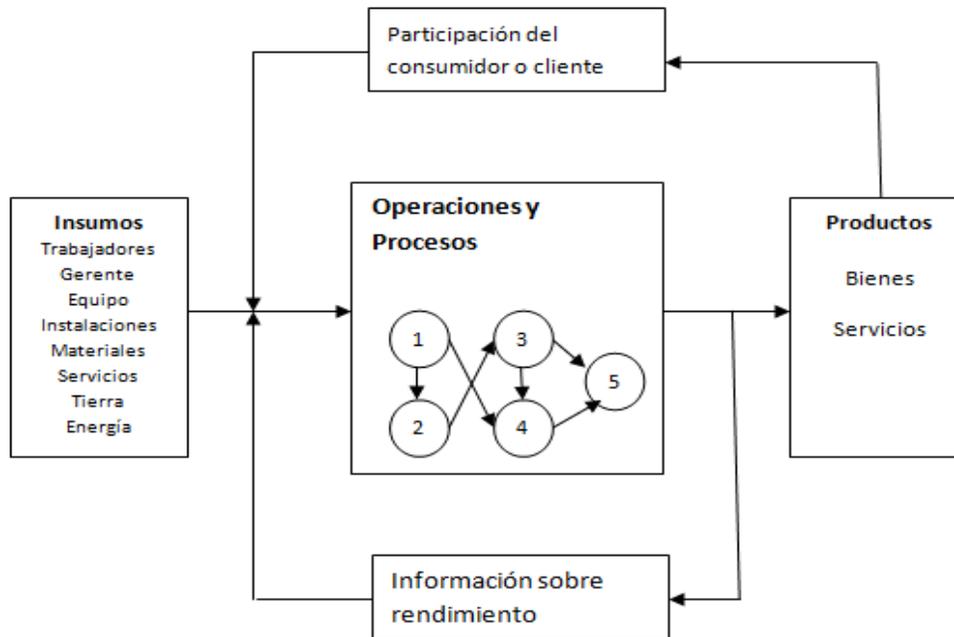


Diagrama 3. Sistema de administración de operaciones <sup>5</sup>

La administración de operaciones se basa en la toma de decisiones, algunas de carácter estratégico y otras de carácter táctico; las primeras se desarrollan más pensando a futuro, por lo que son menos estructuradas y tienen consecuencias a largo plazo, mientras que las decisiones de carácter táctico son más estructuradas, rutinarias y repetitivas, y tienen consecuencias a corto plazo. <sup>(Ibidem, p.5)</sup>

Las decisiones estratégicas son generalmente enfocadas a toda la organización y las tácticas sólo a departamentos específicos, equipos o tareas. <sup>(ídem)</sup>

Los tipos de decisiones que deben tomar los administradores de operaciones pueden separarse en 5 rubros:

<sup>5</sup> Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Ruiz, A. C. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: Pearson Educación. p.p 3

1. Selecciones de estrategias

Consisten en determinar las estrategias globales y las prioridades competitivas de la compañía para decidir si la estrategia de flujo deberá organizar los recursos en torno a productos o procesos.

2. Procesos

Se refiere a las decisiones que se deben tomar acerca de los tipos de trabajos que serán realizados en la planta. Como la cantidad de automatización que se utilizará, los métodos que permitirán mejorar los procesos actuales, las tecnologías más convenientes, el modo de proveer liderazgo ante el cambio tecnológico, las formas de estructurar la organización y fomentar el trabajo en equipo, el grado de especialización o ampliación de los trabajos creados por los procesos y los métodos para realizar estimaciones de tiempo correspondientes a los requisitos de trabajo.

3. Calidad

Se basa en establecer objetivos de calidad. Se busca la forma de mejorar la calidad de los productos y servicios de la empresa, haciendo uso de inspecciones y métodos estadísticos para vigilar la calidad producida por los diversos procesos.

4. Capacidad, localización y distribución.

Radica en la determinación de la capacidad del sistema, la localización de nuevas instalaciones, así como la organización de un departamento y la distribución física de instalaciones. Cabe mencionar que estas decisiones requieren de un compromiso a largo plazo.

5. Decisiones de operación

Se refieren al funcionamiento de la instalación una vez que ha sido construida. Deben coordinarse las diversas partes de la cadena de

suministro tanto internas como externas, pronosticar la demanda, administrar el inventario y controlar los niveles de personal y de salida de productos a través del tiempo. También toman decisiones sobre la expedición de órdenes de compra o producción, y las cantidades que deberán comprar o producir; deciden la conveniencia de técnicas como “Just in Time”, qué clientes o qué trabajos deberán tener mayor prioridad, así como el uso y la programación de recursos en proyectos grandes.

Con lo visto anteriormente, podemos darnos cuenta que el tema de éste trabajo, pertenece a la toma de decisiones con respecto a “procesos”, ya que como mencioné, dentro de las funciones de ésta sección se encuentra el estimar el tiempo requerido para realizar una función.

## Productividad y tiempo estándar de producción

Para poder comprender qué es lo que busca el establecimiento de tiempos estándar debemos primero tener en claro algunos conceptos como son productividad, eficiencia y eficacia.

Explicaré la diferencia de éstos tres conceptos para evitar confusiones ya que es importante denotar que la determinación del tiempo estándar va directamente relacionada con la productividad y como consecuencia puede llegar a alterar la eficiencia y la eficacia.

### Productividad

Productividad se refiere a la cantidad de productos y servicios realizados con los recursos utilizados; es la medida de qué tan bien se están utilizando los recursos o factores productivos y siempre debe de compararse con un estándar que se actualizará o adecuará en base a las circunstancias del proceso o de la operación.<sup>6</sup>

En pocas palabras podemos decir que la productividad es la relación entre producción e insumos y puede medirse como:

$$Productividad = \frac{Cantidad\ de\ productos\ o\ servicios\ realizados}{Cantidad\ de\ recursos\ utilizados}$$

Para aumentar la productividad se debe realizar alguna de las siguientes acciones:

- Aumentar la producción utilizando los mismos o menos recursos.
- Reducir los recursos, manteniendo o incrementando al mismo tiempo la producción.

---

<sup>6</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Octubre 12). Determinación de la Capacidad de Producción. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

- Permitir que se incrementen los recursos utilizados, siempre y cuando la producción se incremente.
- Permitir que se reduzca la producción, siempre y cuando la cantidad de recursos utilizados sea menor.

La productividad aplicada a un recurso puede definirse como la cantidad de productos o servicios producidos en un periodo, dividido entre el monto requerido de dicho recurso así, la productividad de cada recurso puede y debe medirse en un periodo determinado para tener una comparación y poder mejorar.

La productividad puede enfocarse también a varios sectores como son:

- Capital  
Volumen de productos producidos dividido entre el valor de los activos.
- Materiales  
Volumen de productos producidos dividido entre dinero desembolsado en materiales.
- Mano de obra directa  
Volumen de productos producidos dividido entre horas de mano directa.
- Gastos generales  
Volumen de productos producidos dividido entre dinero desembolsado en gastos generales.<sup>7</sup>

Éstas medidas si bien no son exactas, proporcionan un punto de partida para llevar el control de la productividad, de manera que los gerentes puedan estar conscientes de las tendencias que se presentan.

Es importante tomar en cuenta que el hecho de aumentar la productividad no quiere decir que se debe explotar la mano de obra sino que se deben de aprovechar todos los recursos disponibles. (Ibídem, 586)

---

<sup>7</sup> Gaither, N., García, G., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (8. ed.). México: International Thomson Editores. p.p 585

## Eficiencia

La eficiencia se refiere a la proporción de la producción real de un proceso en relación con algún parámetro, por ejemplo, si se tiene una máquina para empacar cereal a un ritmo de 30 cajas/min pero los operadores del turno logran empacar 36 cajas/minuto, entonces la eficiencia es de 120%.<sup>8</sup>

La eficiencia también puede verse como término para medir la ganancia o pérdida de un proceso, como ejemplo podemos usar la transformación de energía, si usamos 1000 unidades de energía “x” y sólo producimos 800 unidades de energía “y” podemos decir que nuestro proceso tiene un 80% de eficiencia.<sup>(ídem)</sup>

Algunas maneras de ver la eficiencia son las siguientes:

$$Eficiencia = \frac{Resultados\ reales}{Resultados\ teóricos} * 100$$

$$Eficiencia = \frac{Resultados\ materiales\ obtenidos}{Resultados\ materiales\ estándar} * 100$$

## Eficacia

La eficacia se refiere a resultados económicos o de ganancias como logros en el aumento de utilidades y puede definirse de la forma siguiente:<sup>9</sup>

$$Eficacia = \frac{Resultados\ Económicos\ Obetnidos}{Objetivos\ Planeados}$$

---

<sup>8</sup> Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R., Muñoz, H., Sacristán, P., et al. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (12a ed.). México: McGraw-Hill. p.p 169

<sup>9</sup> Castro, A. (Director) (2012, Agosto 24). La Naturaleza de los Procesos de Producción y la Demanda. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

## Tiempo estándar

Pasando a la parte fundamental de éste trabajo, queda explicar la definición del tiempo estándar.

El tiempo estándar forma parte de algo conocido como estudio del trabajo, donde se aplican técnicas como el muestreo de trabajo y el estudio de tiempos y movimientos.

El estudio del trabajo está enfocado a mejorar la productividad por medio de examinar los métodos por los que se realizan actividades con el fin de mejorar el uso eficaz de los recursos y establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se realicen.

Por medio de dichos estudios se simplifica o simplemente modifica el método operativo para que el trabajo innecesario sea mínimo o incluso nulo, y de este modo fijar el tiempo normal para realizar una actividad.

El tiempo estándar, es un patrón que mide el tiempo que toma terminar una unidad de trabajo utilizando método y equipo estándar por un trabajador que tiene las habilidades requeridas para realizar una labor en específico, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día a día.<sup>10</sup> También se puede ver como el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, capacitado y trabajando a un ritmo normal lleve a cabo las operaciones sin mostrar síntomas de fatiga.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Metodología para la Determinación de Cargas de Trabajo. (n.d.). *Ministerio de Salud*. Consultado en Marzo 14, 2013, de [www.ministeriodesalud.go.cr/sobre\\_ministerio/do/productos/IV-B%20Cont%20May%2008-Dic%2008/Informe%20final%20etapa%204B%2030%20enero%202009/Anexo%202%20Productos/Anexo%202.4/Anexo%202.4.6%20Informe%20Cargas%20de%20Trabajo/Informe\\_Cargas\\_de\\_Trabajo\\_12-11-08](http://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/do/productos/IV-B%20Cont%20May%2008-Dic%2008/Informe%20final%20etapa%204B%2030%20enero%202009/Anexo%202%20Productos/Anexo%202.4/Anexo%202.4.6%20Informe%20Cargas%20de%20Trabajo/Informe_Cargas_de_Trabajo_12-11-08)

<sup>11</sup> Forero, C. (n.d.). *Tiempo estándar. Upload & Share PowerPoint presentations and documents*. Consultado en Marzo 14, 2013, de <http://www.slideshare.net/lauraagil/tiempo-estandar-7633916>

Por lo general, el tiempo estándar contempla varias cosas como son el tiempo real que el empleado dedica al trabajo, tolerancias para demoras personales, demoras inevitables y en ocasiones demoras por fatiga.<sup>12</sup>

Uno de los propósitos del estudio del tiempo es determinar cuántas unidades por hora pueden producir los trabajadores empleando determinados métodos de manera que puede fijarse una ruta y programación cronológica efectiva.

Cabe denotar que una vez establecido el tiempo estándar no debe ser modificado a menos que se cambie el contenido de trabajo, se reorganice el trabajo, se incorporen nuevas tecnologías o se rectifique un error administrativo.

---

<sup>12</sup> Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R., Muñoz, H., Sacristán, P., et al. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (12a ed.). México: McGraw-Hill. p.p 192

## Importancia y uso de los tiempos estándar de producción

El estudio del trabajo requiere de varias técnicas para dar resultados pero las principales o de las cuales se derivan las demás son el estudio de métodos y la medición del trabajo.

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar las actividades para poder realizar mejoras.<sup>13</sup>

En cuanto a la medición del trabajo se deben de aplicar técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según un patrón de rendimiento previamente establecido. (ídem)

El estudio de métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo en una tarea u operación, mientras que la medición del trabajo se relaciona con la investigación de los tiempos improductivos asociados con la tarea y con la consecuente determinación de normas de tiempo para ejecutar la operación de manera mejorada. (ídem)

---

<sup>13</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 19

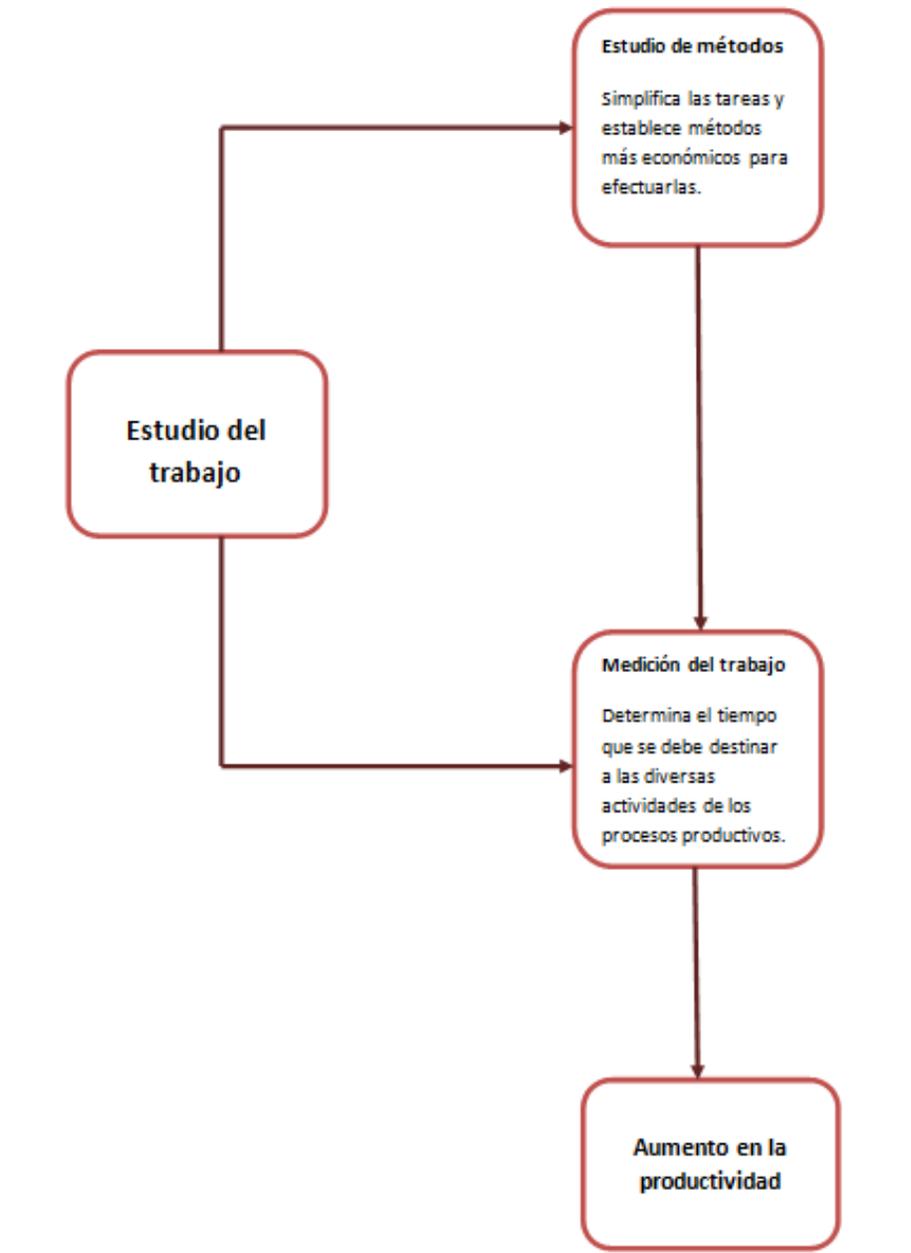


Diagrama 4. Relación entre las técnicas para el estudio del trabajo<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 20

Para realizar un correcto estudio del trabajo es necesario pasar por ocho etapas fundamentales que se presentan en el diagrama siguiente:

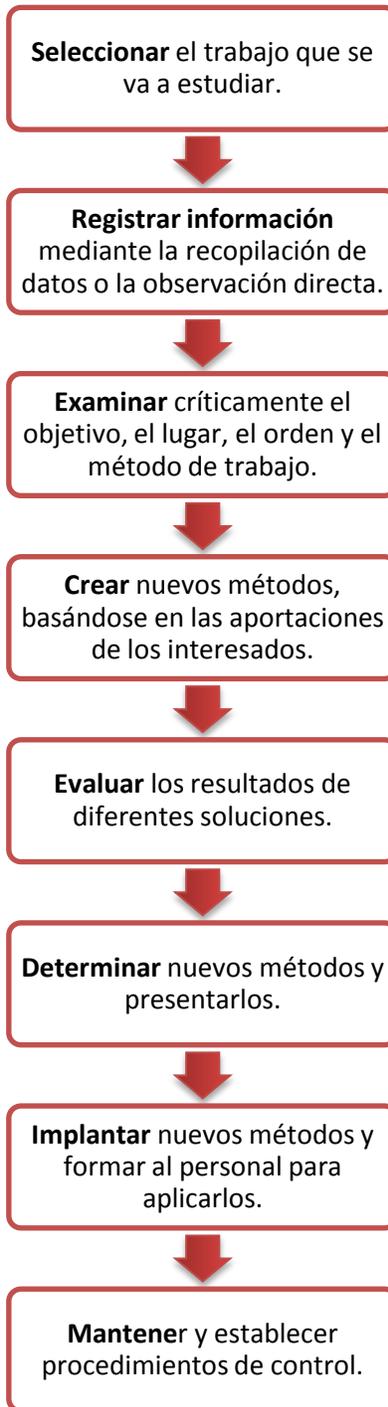


Diagrama 5. Etapas para el estudio del trabajo<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 22

Las primeras tres etapas pueden considerarse generales, sin embargo, la etapa 4 es exclusiva del estudio de métodos, mientras que la 5 exige la medición del trabajo.

Como vemos en el Diagrama 5, la parte del estudio del trabajo enfocada a la determinación del tiempo que toma realizar una actividad se encuentra en la “medición del trabajo” por lo que me enfocaré en las ventajas que ésta técnica proporciona.

El propósito fundamental de la medición del trabajo es establecer tiempos que sirvan de modelo para un trabajo, dichos estándares tienen 5 motivos principales:

1. Programar el trabajo y asignar capacidad.

Todos los enfoques de programación requieren que se estime la cantidad de tiempo que tomará desarrollar el trabajo programado.

2. Ofrecer una base objetiva para motivar a la fuerza de trabajo y para medir el desempeño de los trabajadores.

Los estándares medidos juegan un importante papel a la hora de emplear programas de incentivos basados en cantidad de producto producido.

3. Presentar cotizaciones para nuevos contratos y evaluar el desempeño de los existentes.

4. Proporcionar puntos de referencia para las mejoras.

Los puntos de referencia no sólo son usados para la evaluación interna, sino también para evaluar la competencia en puestos equiparables.

5. Asignar costos estándar y control de presupuestos.

La medición del trabajo nos proporciona información importante para fijar los costos de mano de obra, que a su vez nos ayuda para realizar el control presupuestario de producción y gastos indirectos.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R., Muñoz, H., Sacristán, P., et al. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (12a ed.). México: McGraw-Hill. p.p 190

Dentro de los usos de los estudios de tiempos está mejorar la forma en que se hacen los trabajos, ya que se tiene la oportunidad de evaluar los métodos usados al ejecutar los trabajos y así realizar mejoras.

Mediante estos estudios se tiene la oportunidad de observar la forma en que los mejores trabajadores ejecutan el trabajo para implementar nuevos procedimientos.

A pesar de que para muchas empresas el uso del estudio de tiempos es conveniente existen varias actividades que no son candidatas para dicho estudio, como son principalmente los trabajos que implican pensamiento, planeación y otras actividades mentales ya que para estas actividades se requiere de un tiempo incierto para su realización por lo que no se les puede estandarizar.

Otra de las limitaciones que tiene es que no es aplicable en los trabajos que no se ejecutan con frecuencia ya que no tiene caso realizar todo un estudio si la actividad sólo va a realizarse un par de veces.

## Procedimientos para la determinación de los tiempos estándar

La medición del trabajo aplica métodos, procedimientos o técnicas para la determinación del tiempo que se debe invertir en cada tarea.

Así como para realizar un estudio de trabajo se deben seguir diversos pasos, para realizar una eficaz medición del trabajo se debe de cumplir con ciertas etapas que mencionaré a continuación:

1. Seleccionar el trabajo que se va a estudiar.
2. Registrar datos referentes a las circunstancias en que se efectúa el trabajo seleccionado, y los métodos a utilizar.
3. Examinar los datos registrados para verificar si se están utilizando los métodos y movimientos más eficaces, así como separar los elementos improductivos de los productivos.
4. Medir la cantidad de trabajo de cada elemento mediante la técnica más apropiada de medición del trabajo; es importante que esta medición sea en base al tiempo.
5. Compilar el tiempo estándar de la operación tomando en cuenta descansos y necesidades personales.
6. Definir la metodología de operaciones y los tiempos correspondientes.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 255

Dentro de los procedimientos a elegir para la medición del trabajo encontramos:

- 1) El uso de la experiencia y criterio para realizar estimaciones;
- 2) Muestreo del trabajo;
- 3) Estimación estructurada;
- 4) Estudio de tiempos;
- 5) Normas de tiempos predeterminadas.

### **Uso de la experiencia y criterio para realizar estimaciones.**

Como su nombre lo dice, hace uso de la experiencia y del criterio para realizar las estimaciones del tiempo que tomará realizar una actividad.

Es un método rápido y para nada costoso ya que sólo se basa en preguntar a un supervisor o capataz el tiempo que toma hacer determinado trabajo, sin embargo no es muy exacto ya que es difícil que dos personas tengan exactamente la misma estimación de cuánto les toma hacer un trabajo, además la estimación depende de las condiciones de trabajo y de la persona que lo esté realizando.

Otro inconveniente que éste método presenta, es cuando se deben de fijar tiempos para trabajos nuevos que no se han realizado antes ya que no se tiene experiencia sobre la cual basarse y por lo tanto la estimación será incorrecta.

Una herramienta usada en éste método es el uso de relojes marcadores; el trabajador marca una tarjeta con el reloj cuando se inicia el trabajo, numera la tarjeta, realiza el trabajo y finalmente marca de nuevo la tarjeta cuando el trabajo está hecho. Para realizar la estimación de tiempo estándar se utilizan dichos registros y aunque es un poco más cuantitativo que sólo preguntar, tiene las limitaciones de que no se sabe si los procedimientos empleados son los más eficientes y que los registros sólo indican el tiempo transcurrido total y no se sabe cuál es el tiempo efectivo de trabajo. Por estas razones éste método no puede considerarse como un método representativo para la determinación de los tiempos estándar.

## Muestreo de Trabajo

El muestreo de trabajo es una técnica que usa muestreos estadísticos y observaciones aleatorias para tener una visión completa del tiempo productivo y del inactivo.

Para el muestreo de trabajo, se necesita observar aleatoriamente una parte o muestra de la actividad laboral por un número determinado de ocasiones y con lo observado se realizan afirmaciones respecto a dicha actividad. Sin embargo, el número de veces que observemos una actividad puede no ser suficiente para proporcionar cálculos con la exactitud deseada por lo que para perfeccionar este cálculo, se deben decidir tres puntos clave.<sup>18</sup>

1. ¿Qué grado de confiabilidad estadística se desea que tengan los resultados?
2. ¿Cuántas observaciones se necesitan?
3. ¿En qué momento se deben de hacer las observaciones?

Las principales aplicaciones de éste procedimiento son:

- Ayuda a determinar el porcentaje de tiempo de la actividad correspondiente al personal o al equipamiento. Por ejemplo, conocer la cantidad de tiempo que una máquina está funcionando o parada.
- Medición del desempeño a efecto de elaborar el índice de desempeño de los trabajadores. Cuando el tiempo del trabajo está relacionado con la cantidad de producto, se prepara una medida del desempeño, la cual resulta muy útil para las evaluaciones periódicas.
- Estándares de tiempo para las tareas. Cuando el muestreo del trabajo se usa para este efecto, el observador debe ser experimentado ya que debe adjudicar un índice de desempeño a sus observaciones.<sup>(Ibidem, 195)</sup>

---

<sup>18</sup> Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R., Muñoz, H., Sacristán, P., et al. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (12a ed.). México: McGraw-Hill. p.p 194

El número de observaciones requeridas para un estudio con muestreo del trabajo puede ser bastante grande, desde varios cientos hasta varios miles, dependiendo de la actividad y del grado de exactitud deseada. Dicho número puede calcularse con fórmulas, sin embargo, el camino más fácil y rápido es hacerlo por medio de tablas que contienen el número de observaciones requeridas para diversos grados de confiabilidad. <sup>(ídem)</sup>

La preparación de un estudio con muestreo del trabajo sigue cinco pasos:

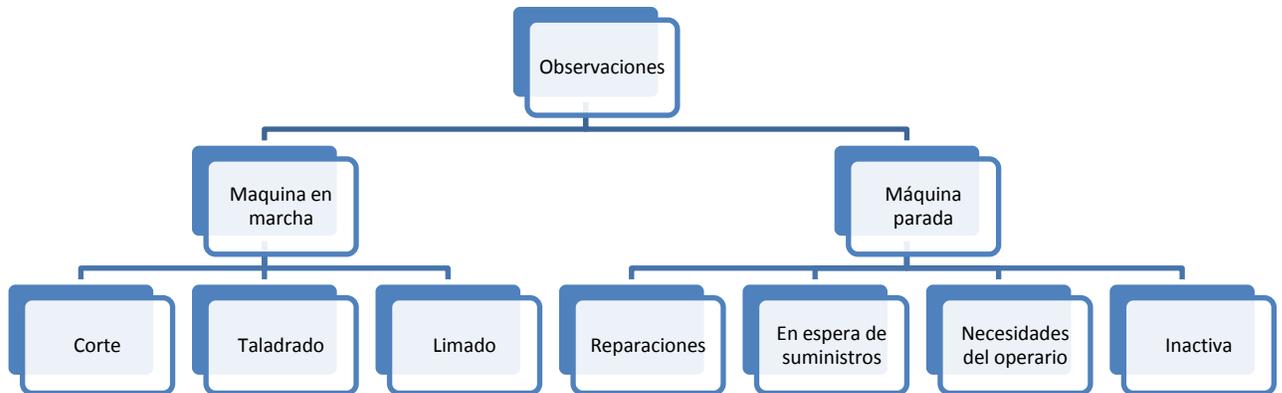
1. Identificar la o las actividades específicas que son el objeto central del estudio.  
Por ejemplo determinar el porcentaje de tiempo que el equipo está funcionando, parado o en reparación.
2. Calcular la proporción de tiempo de la actividad en cuestión con relación al tiempo total.
3. Establecer la exactitud que se desea de los resultados del estudio.
4. Establecer las horas específicas en que se efectuará cada observación.
5. Durante el periodo del estudio, cada dos o tres intervalos, se debe volver a calcular el tamaño que requiere la muestra utilizando los datos que se hayan reunido hasta ese momento. Se debe ajustar el número de observaciones si fuera necesario. <sup>(ídem)</sup>

Para realizar el muestreo, se debe decidir el objetivo, por ejemplo, averiguar si una máquina está parada o en marcha, y a su vez determinar las razones por las cuales la máquina se encuentra parada; de la misma manera, especificar las actividades que la máquina en marcha está realizando para así determinar el porcentaje de tiempo que le toma a cada actividad con respecto del tiempo total. <sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 265

Podemos ver un ejemplo de las observaciones en el siguiente diagrama:



**Diagrama 9. Ejemplo de observaciones referentes a la maquinaria.<sup>20</sup>**

El muestreo de trabajo puede aplicarse a una amplia variedad de operaciones, ya sean de fabricación, mantenimiento u oficina, además que la información que genera puede ser usada para comparar eficiencia y productividad entre departamentos, distribuir equitativamente el trabajo de un grupo, y facilitar el trabajo de la alta dirección en cuanto a la determinación del tiempo improductivo y sus razones. (Ibidem, p269)

Con todo esto, se puede mejorar la manipulación de materiales o introducir mejores métodos de planes de producción.

<sup>20</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 266

## Estimación Estructurada

Las técnicas de estimación estructurada intentan en base a la experiencia predecir acontecimientos futuros y al mismo tiempo imponer una estructura y una disciplina sobre el proceso de estimación con el fin de que los resultados obtenidos puedan tratarse con confianza.<sup>21</sup>

Como ventajas tiene que sus costos son bajos y puede usarse para predecir tiempos de un trabajo que no se ha observado, siempre y cuando los trabajos no sean realizados en serie. (Ibidem, p.271)

Es utilizado principalmente cuando los tiempos no necesitan ser muy detallados por lo que son empleados en datos de medición globales para realizar planear y controlar procesos que duran mucho tiempo. (ídem)

Dentro de la estimación estructurada encontramos la estimación analítica, técnica que se basa en el hecho de descomponer los trabajos en elementos constitutivos y los elementos individuales son medidos o calculados, y de ésta manera se obtiene un tiempo global aceptable.

Para la medición primero se debe descomponer un trabajo en los elementos que lo conforman, se aplican datos sintéticos que se tengan y se realizan las mediciones de los elementos que se considere sean justificables y finalmente se estiman los elementos restantes según la experiencia y conocimientos de las condiciones de trabajo. (ídem)

Dentro de la estimación también encontramos la estimación comparativa que se basa en la determinación y medición de puestos de trabajo de referencia los cuales tienen un contenido de trabajo conocido y en base al cual se medirán y compararán los demás trabajos. (ídem)

---

<sup>21</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 270

## Estudio de Tiempos

Éste método comprende la observación de un trabajador ejecutando una actividad, el registro de los tiempos reales necesarios para ejecutar cada uno de los elementos del trabajo por varios ciclos, hacer ajustes relativos a la eficiencia del trabajador ya sea por demoras personales o por demoras de producción inevitables, y finalmente calcular el tiempo estándar requerido para el trabajo.

Para el estudio de tiempos se utilizan cronómetros, aunque también se puede hacer analizando grabaciones de los trabajos, un tablero de observaciones y formularios de estudio de tiempos.<sup>22</sup>

Lo primero que se debe de hacer es seleccionar el trabajo a estudiar y tener un motivo para hacer el estudio como puede ser que la tarea sea nueva o que el material utilizado o la metodología fueron cambiados por detectar retrasos en la producción debido a una actividad específica (determinación de un cuello de botella), excesos en los tiempos muertos o costos excesivos de un trabajo.

Es importante que antes de empezar el estudio de tiempos se haya realizado un estudio de métodos donde se haya determinado la mejor manera para realizar el trabajo. (Ibídem, p.289)

También es importante que la tarea a estudiar se divida en elementos medibles y el tiempo de cada uno debe ser cronometrado de forma individual.<sup>23</sup>

Algunas recomendaciones para dividir el trabajo son:

1. Definir cada elemento de trabajo de modo que dure poco tiempo, pero lo bastante como para poder cronometrarlo y anotarlo.
2. Si el operario trabaja con equipo que funciona por separado se debe dividir las acciones del operario y del equipo en elementos diferentes.
3. Definir las demoras del operador o del equipo en elementos separados. (ídem)

---

<sup>22</sup> Riggs, J. L., & Pérez, R. (1998). *Sistemas de producción: planeación, análisis y control*(3. ed.). México: Limusa :. p.p 347

<sup>23</sup> Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R., Muñoz, H., Sacristán, P., et al. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (12a ed.). México: McGraw-Hill. p.p 19

Antes de tomar los tiempos requeridos por los elementos con un cronómetro, deben tomarse varias decisiones preliminares como son:

- Definir si se estudia a los trabajadores promedio o a los trabajadores muy eficientes.

En teoría, el tiempo estándar debe reflejar al trabajador promedio, sin embargo, al haber trabajadores con una mayor eficiencia se podría pensar que el trabajador promedio no esté utilizando el mejor método para realizar las actividades por lo que tarda más en hacer el mismo trabajo. A pesar de todo esto, el trabajador promedio es el que suele ser elegido para éstos estudios.

Un buen argumento para elegir a los trabajadores más eficientes para el estudio es que poseen destrezas y métodos que pueden ser útiles en el rediseño del trabajo. Sin embargo, lo más recomendable es seleccionar a trabajadores calificados, lo que significa que tienen la experiencia, conocimientos y otras cualidades para realizar el trabajo sin fatiga excesiva. Si se elige al trabajador más lento se puede llegar a tiempos muy largos que harían la operación antieconómica, por otro lado, si se elige a los que realizan las tareas con gran velocidad puede generar tiempos muy cortos que serían injustos para la mayoría de los trabajadores y puede generar quejas.

- Determinar si se debe de estudiar el método ya existente o revisar el método y luego hacer el estudio de tiempos.

Si el método utilizado tiene una eficiencia aceptable, se iniciará el estudio sin hacer cambio alguno, pero si la ineficiencia es evidente, se puede tomar un tiempo para sugerir cambios en el método para realizar el trabajo y así ahorrar tiempo, dinero y energía del trabajador; en caso de cambiar el método es importante darle un periodo de tiempo al operario para que se acostumbre a su nueva labor antes de cronometrarlo.

Es importante mencionar que se debe de cambiar el método de trabajo cuando los trabajadores logran engañar a los analistas aplicando

movimientos innecesarios para obtener una holgura en el tiempo que la gerencia apruebe como tiempo estándar.

Una vez que se analizó lo anterior se prosigue a realizar de lleno el estudio de tiempos que consta de ocho etapas:

1. Obtener y registrar toda la información sobre la tarea, el operario y las condiciones que influyan en la ejecución del trabajo.
2. Registrar la descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.
3. Verificar si se utilizan los mejores métodos y movimientos y determinar el tamaño de muestra.
4. Medir el tiempo que le toma cada elemento al operario y registrarlo.
5. Determinar el ritmo tipo por medio de la velocidad del trabajo del operario.
6. Pasar de tiempos observados a tiempos básicos.
7. Determinar las holguras que se le adicionaran al tiempo básico.
8. Determinar el tiempo estándar de la operación.

Una forma de ilustrar los pasos es la siguiente, haciendo uso del “Tiempo Normal o básico”. Por ejemplo, supongamos que un operario tarda dos minutos en desempeñar una tarea, pero el analista considera que su desempeño es 20% más rápido de lo normal, entonces el índice del desempeño del operario sería de 120% del normal. El Tiempo Normal sería 2 minutos\*1.2 o 2.4 minutos.<sup>24</sup>

Podemos decir que:

$$TN = \text{Tiempo del desempeño por unidad} * \text{Índice de desempeño}$$

---

<sup>24</sup> Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R., Muñoz, H., Sacristán, P., et al. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (12a ed.). México: McGraw-Hill. p.p 192

La manera de calcular el Tiempo Normal cuando se observa a un operario y el número de unidades producidas durante un periodo, así como el índice de desempeño quedaría de la siguiente manera:<sup>(ídem)</sup>

$$TN = \frac{\text{Tiempo trabajado}}{\text{Número de unidades producidas}} * \text{Índice del desempeño}$$

Para la determinación del tiempo estándar se suma el *TN* más algunas holguras para las necesidades personales como descansos para ir al baño o tomar café, demoras inevitables en el trabajo como descomposturas del equipo o falta de material, y la fatiga física o mental del trabajador.<sup>(ídem)</sup>

El cálculo del tiempo estándar lo podemos calcular como:

$$\text{Tiempo Estándar} = \text{Tiempo Normal} + (\text{Tolerancias} * \text{Tiempo Normal})$$

$$TE = TN(1 + \text{Tolerancias})$$

### **Normas de Tiempo Predeterminadas (NTPD)**

Esta técnica pretende fijar el tiempo necesario que toman diversas actividades por medio de tiempos previamente establecidos para los movimientos que constituyen cada actividad.<sup>25</sup> (Anexo A)<sup>26</sup>

El tiempo estándar de las operaciones se puede establecer por medio de normas NTPD, además de examinar la operación e identificar los movimientos básicos que la constituyen.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 387

<sup>26</sup> Laboratorio de Ingeniería de Métodos."UPIICSA. IPN, n.d. Web. 19 June 2013. <[www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMetII/POLILIBRO/1%20DOCTOS/PRACTICA%208/DOWNLOAD%201P8.pdf](http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMetII/POLILIBRO/1%20DOCTOS/PRACTICA%208/DOWNLOAD%201P8.pdf)>

<sup>27</sup> Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Ruiz, A. C. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: Pearson Educación. p.p 184

Los sistemas NTPD asocian un tiempo a cada movimiento, a diferencia del estudio de tiempos donde se asocia un tiempo a una secuencia de movimientos. <sup>(ídem)</sup>

El uso de éste tipo de sistemas es complicado por lo que el especialista que lo realice necesitará de mucha práctica para lograr hacer las estimaciones correctas.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 388

## Condiciones de trabajo

Hasta el momento me he enfocado en cómo calcular el tiempo estándar de producción y la sección del estudio del trabajo que se encarga de hacerlo, sin embargo un factor de gran peso para que las actividades se realicen de manera correcta y en un tiempo adecuado son las condiciones en el lugar de trabajo tales como la seguridad y prevención de accidentes, orden y limpieza del área de trabajo, iluminación, ruido y vibraciones, condiciones climáticas entre otros.

Las razones por las cuales se deben de analizar todos estos detalles son que una mala ejecución de las actividades nos puede llevar a tener mayores tiempos improductivos, más fallas en la calidad de los productos, accidentes y enfermedades de los trabajadores, lo cual genera costos indirectos que pueden incluso llegar a superar los costos directos de producción, así pues, podemos decir que el organismo humano tiene un rendimiento mayor cuando las condiciones donde se encuentra son óptimas.

A pesar de que la sección del estudio del trabajo encargada del establecimiento de estas condiciones es el estudio de métodos, el estudio de movimientos es una parte esencial para el establecimiento correcto de tiempos estándar de producción ya que afectan directamente la productividad de las actividades realizadas.

El estudio de movimientos se enfoca en determinar la mejor forma posible de ejecutar una actividad; se dirige hacia el desarrollo de procedimientos y condiciones óptimas para el trabajo, se encarga de investigar el conjunto de movimientos humanos empleados en el trabajo así como en el arreglo del sitio donde se trabaja, el diseño del producto, el diseño de herramientas y en el proceso de materiales.

El estudio de movimientos debe procurar:

1. Eliminar tantos movimientos innecesarios como sea posible.
2. Combinar las actividades relacionadas.
3. Mejorar la secuencia de las actividades

4. Aumentar la eficiencia de las actividades
5. Reducir la fatiga física.
6. Mejorar el arreglo del sitio de trabajo.
7. Mejorar el proceso del manejo de materiales.
8. Aumentar la seguridad de las actividades.
9. Mejorar el diseño productivo.
10. Mejorar el diseño de herramientas, implementos y otros auxiliares.
11. Estandarizar los procedimientos y condiciones de trabajo óptimos.

### **Seguridad, higiene y prevención de accidentes.**

Las medidas más eficaces para la prevención de accidentes de trabajo abarcan el reconocimiento de la importancia de que los empleados puedan garantizar que su lugar de trabajo sea seguro.<sup>29</sup>

La adopción de políticas de seguridad e higiene en el trabajo y el estímulo de la participación de los trabajadores en las actividades y brigadas de seguridad e higiene en el lugar de trabajo.<sup>(ídem)</sup>

Los trabajadores deben estar informados, desde su contratación, de los riesgos profesionales a los que pueden llegar a estar expuestos.

Es importante que dentro de las labores de capacitación se realice también la enseñanza en materia de seguridad e higiene y deben realizarse periódicamente (no sólo cuando se contrata personal) y en todos los niveles, siempre promoviendo medidas que den soluciones y no sólo reconocer los peligros a los que se está expuesto.<sup>(ídem)</sup>

Dentro de la capacitación inicial, es importante que los nuevos trabajadores aprendan a realizar sus actividades de una manera segura y después seguir con capacitaciones de actualización.

---

<sup>29</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 36

La causa de los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales no siempre son fáciles de determinar, aún cuando parecen ser banales, lo cual podría explicar la multiplicidad y variedad que presentan. <sup>(Ibidem, p. 37)</sup>

Cabe destacar que las estadísticas muestran que las causas más comunes de accidentes no suceden gracias a la maquinaria o por sustancias peligrosas sino en actos como tropezar, caerse, manipular objetos sin el cuidado o equipo debido o ser golpeado por objetos mal posicionados. <sup>(ídem)</sup>

Un accidente es el resultado de varios factores técnicos, fisiológicos y psicológicos, dependen de la maquinaria que se usa, de la iluminación, de vibraciones, del ruido, de sustancias a las que se expone el trabajador y a la fatiga, pero no solo eso, sino que también pueden influir el trayecto del hogar al lugar de trabajo y actividades desarrolladas fuera de la empresa, la malnutrición y enfermedades endémicas en caso de existir en el lugar en que se habita. <sup>(Ibidem, p. 38)</sup>

Para la precaución de accidentes la primera medida a tomar es eliminar las causas potenciales ya sean técnicas o humanas, también se debe respetar las normas técnicas, hacer inspecciones y mantenimiento a las máquinas y la formación en materia de seguridad de todos los trabajadores. <sup>(ídem)</sup>

Las estadísticas marcan, que el 30% de los accidentes suceden en las actividades de manipulación, por lo que reducir el número de operaciones a realizar o el trayecto de los productos ayudaría a reducir ese porcentaje. <sup>(ídem)</sup>

La posibilidad de que se produzcan accidentes graves va directamente relacionada con el aumento en producción, almacenamiento o uso de sustancias peligrosas; dichos accidentes pueden causar lesiones graves o incluso la muerte tanto a trabajadores como a la población en general, por esto es preciso adoptar medidas especiales para prevenir dichos desastres. <sup>(Ibidem, p. 41)</sup>

Para combatir los riesgos industriales hay algunos componentes básicos preventivos que se deben de analizar como son:

1. La determinación de las instalaciones que pueden conllevar a riesgos importantes.

Se debe de indicar las instalaciones industriales en las que existen riesgos graves por medio de una lista de categorías de sustancias químicas peligrosas y las cantidades límites de exposición correspondientes.

2. Información acerca de la instalación industrial.

Se debe recopilar información sobre el diseño y funcionamiento de las instalaciones dentro de un informe sobre seguridad que debe estar al alcance de todas las personas involucradas de la empresa como la dirección y los trabajadores, y fuera de la empresa como son los órganos estatales que pueden necesitarla para efectos de concesión de licencias o de inspección.

3. Medidas a adoptar dentro de las instalaciones.

Se debe tener una política de seguridad que establezca inspecciones técnicas, mantenimientos preventivos, capacitación y selección del personal adecuado con correctos procedimientos, así como un informe de seguridad presentando accidentes ocurridos con anterioridad.

4. Establecer un plan de emergencia.

Todos los elementos anteriores representan un plan preventivo, sin embargo, es importante también mitigar las consecuencias que los accidentes graves pueden tener y para esto es importante establecer un plan de emergencia que cuente con información sobre las sustancias peligrosas con que se trabaja, sus antídotos, y qué hacer en caso de emergencia, establecer vías de alarma y de comunicación así como mantener coordinación con las autoridades con respecto a dicho plan. <sup>(Ibidem,</sup>

p. 42)

En cuanto a la prevención de enfermedades profesionales, la higiene industrial juega un papel muy importante, y se apoya en conocimientos médicos y técnicos

para determinar las enfermedades más propensas a desarrollarse en un cierto lugar de trabajo. (Ibidem, p. 39)

### **Locales de trabajo**

En cuanto a la disposición de las instalaciones hay varios criterios que se deben de conocer para asegurar la seguridad y el buen desempeño de los trabajadores.

Dentro de estos criterios se encuentra el aislar las actividades peligrosas, construir los locales de trabajo a nivel de piso con ventanas que sobrepasen el 17% de la superficie del piso; los techos deben estar a una altura mínima de 3 metros y el aire en el lugar de trabajo debe ser al menos 10 metros cúbicos por trabajador y cada trabajador debe disponer de mínimo 2 metros cuadrados para realizar sus actividades.<sup>30</sup>

En cuanto a la estructura de los edificios, las paredes y el techo deben de disponer de acabados que no permitan la acumulación de suciedad ni la absorción de humedad y cuando se requiera, que no permita el paso del ruido. Por otro lado, los pisos no deben ser resbaladizos, ni deben soltar polvo, deben ser fáciles de limpiar y se recomienda que sean aislantes eléctricos y térmicos. (ídem)



**Ilustración 1. Planta de producción de papel Scribe**

<sup>30</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 43

## Orden y limpieza

Mantener un lugar de trabajo ordenado y limpio no sólo es significado de seguridad, sino también de productividad, ya que el tener almacenados los utensilios de trabajo y tener los pasillos libres y limpios ayudan a reducir la cantidad de tiempos muertos improductivos al realizar actividades.

Para tener un buen orden se debe de cumplir con varios elementos por ejemplo, eliminar los materiales y productos innecesarios tirando los que no se usan y almacenar los que se usen con muy poca frecuencia, las herramientas y el equipo que se usa diariamente debe estar ordenado de tal manera que se puedan encontrar fácilmente y al término de su uso se deben volver a colocar en su sitio. Los pasillos, deben estar despejados y marcados con rayas de un grosor no menor a 5 centímetros de ancho, las zonas de almacenamiento también deben estar marcadas y los materiales tóxicos deben de ser identificados.<sup>31</sup>



Ilustración 2. Ejemplo de un correcto almacenamiento de herramientas

<sup>31</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 45

Toda área debe estar limpia para prevenir accidentes como que una persona resbale debido a aceite tirado, o para prevenir enfermedades provocadas por el polvo o materiales tóxicos derramados.



**Ilustración 3. Organización y limpieza en laboratorios farmacéuticos**

## **Iluminación**

La buena visibilidad es un factor físico muy importante en la realización de los deberes en el trabajo.

La correcta visualización del equipo con que se trabaja, el producto y las especificaciones que se requieren para realizar las operaciones es un factor que debe tomarse en cuenta para lograr una mejor producción y reducir el número de piezas defectuosas, minimizar las mermas y desperdicios y evitar problemas de salud como el cansancio ocular. La visibilidad insuficiente también se suma a las causas de accidentes en el trabajo.<sup>32</sup>

La iluminación debe adaptarse al tipo de trabajo, dependiendo del grado de precisión del producto (Anexo B), pero otro factor importante que se debe contemplar al ajustar la intensidad de la luz es la edad de los trabajadores, ya que trabajadores de edad avanzada necesitan una mayor intensidad de luz para tener

---

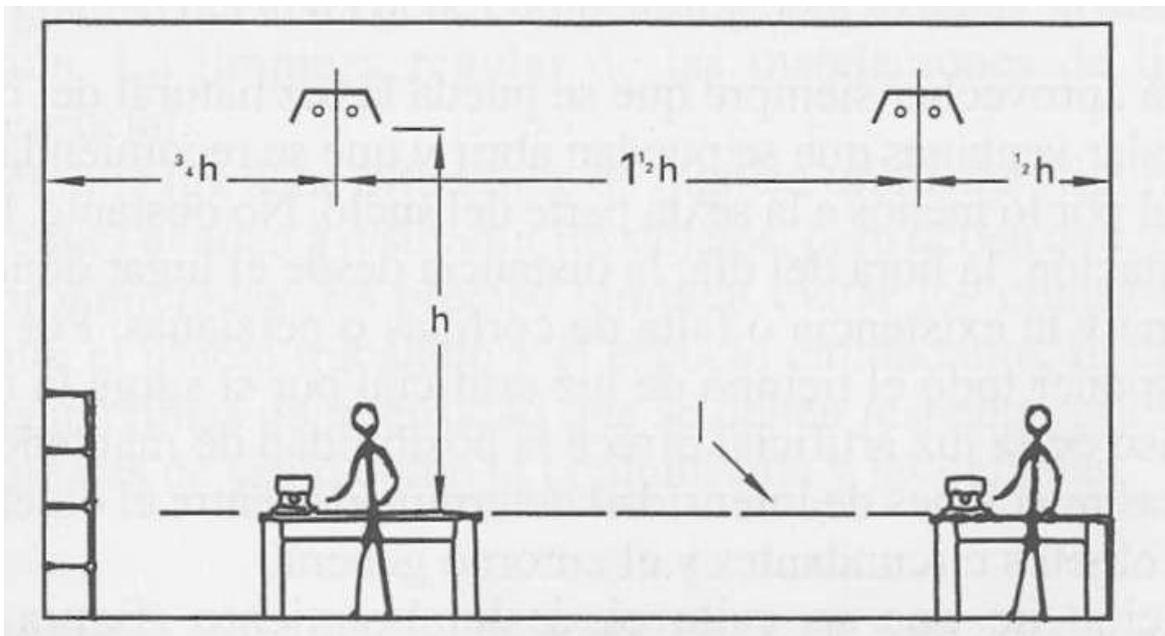
<sup>32</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 46

reacciones visuales más rápidas, sumado a esto, también es realizar limpiezas constantes de los sistemas de iluminación ya que de no ser así, el polvo puede llegar a disminuir hasta un 50% el nivel inicial. <sup>(ídem)</sup>

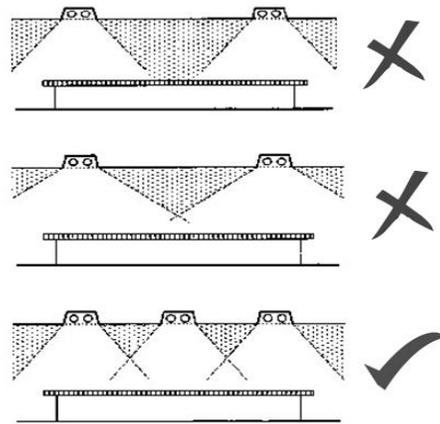
Siempre que sea posible, se debe de aprovechar la luz natural por lo que es importante instalar ventanas que puedan abrirse y con unas dimensiones que mencioné en la sección anterior. <sup>(Ibídem, p. 47)</sup>

Aunque la luz natural debe ser explotada en su totalidad no es constante y varía mes con mes e incluso hora con hora por lo que siempre se debe disponer de luz artificial ya que ayuda a mantener una visión adecuada del objeto con que se trabaja, los objetos circundantes y el entorno mismo. <sup>(ídem)</sup>

Para que el deslumbramiento no sea un problema en el lugar de trabajo se recomienda utilizar luz fluorescente ya que permite ver los colores con mayor fidelidad y su costo anual disminuye con el número de horas que se usa. <sup>(ídem)</sup>



**Ilustración 4. Espacio máximo recomendado para el espaciamiento de lámparas.**



**Ilustración 5. Iluminación en los centros de trabajo.**

## Ruido

El oído humano responde de diferentes maneras a sonidos de diferentes frecuencias.<sup>33</sup>

El oído reacciona a las frecuencias comprendidas entre los 20 y 20 000 Hz. (ídem)

Se entiende por ruido a todo sonido desagradable o no deseado, es causa de diversos problemas de comunicación (Anexo C) y provoca la elevación del umbral auditivo cuando el ruido al que se ha estado expuesto supera los 78 u 80 dB. (ídem)



**Ilustración 6. Protección auditiva.**

<sup>33</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 52

La exposición prolongada al ruido a ciertos niveles puede provocar daños temporales o permanentes a la audición. En la tabla siguiente, se muestra el número de horas a los que puede estar expuesta una persona a determinados niveles de ruidos:

Duración diaria del ruido (h)	Nivel de ruido en dB
16	80
8	85
4	90
2	95
1	100
½	105
¼	110

Tabla 1. Tiempo de exposición al ruido <sup>34</sup>

### Condiciones climáticas

El clima es un elemento que debe de ser controlado para mantener la salud y comodidad de los trabajadores y de ésta manera mantener la productividad. <sup>35</sup>

El organismo humano regula la temperatura para mantener un valor constante en el sistema nervioso y en los órganos internos, y el grado o esfuerzo que esto requiera depende de la temperatura del aire, la ventilación y la humedad. <sup>(ídem)</sup>

Cuando se trabaja en lugares de clima caluroso el organismo recurre al sudor para la regularización de la temperatura, sin embargo, cuando el clima es muy húmedo regular la temperatura de ésta manera es difícil por lo que se deben de dar ciertas pausas para no sobrecalentar el organismo. <sup>(Ibidem, p. 57)</sup>

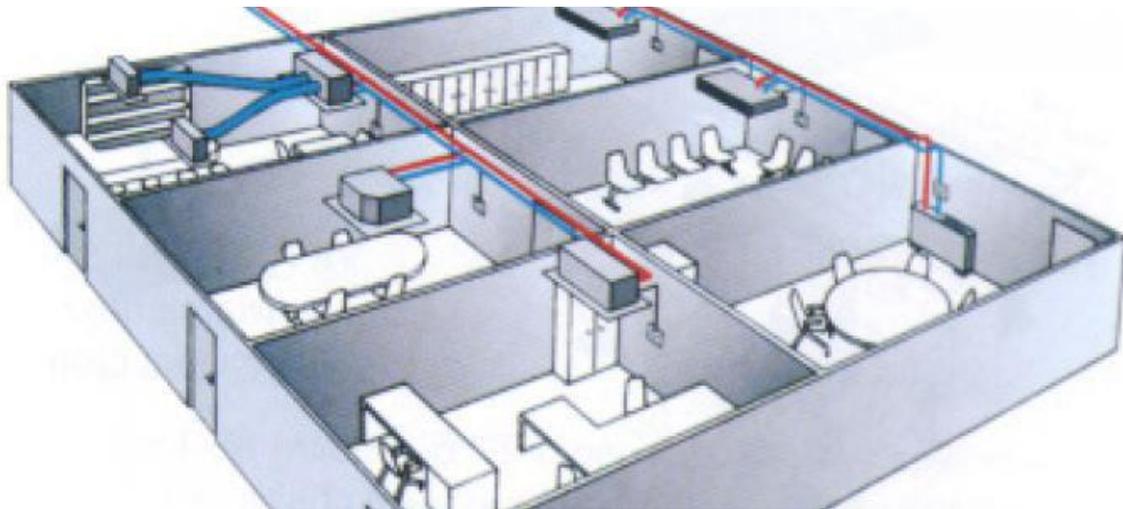
<sup>34</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 55

<sup>35</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 56

Cuando la gente es expuesta al frío, aún durante periodos breves puede producir graves efectos, especialmente a temperaturas menores a 10 grados Celsius. (Ibidem, p. 58)

Cuando los trabajos a temperaturas bajas sean imprescindibles, los periodos de trabajo en el ambiente frío deben alternarse con periodos de trabajo a temperatura normal y deben siempre llevar ropa y calzado que los proteja contra el frío. (ídem)

En cuanto a la ventilación, es importante dispersar el calor de las máquinas y de los trabajadores, disminuir la contaminación atmosférica y mantener la sensación de frescura en el aire; es importante que todo esto se lleve por medio de ventilación y no sólo por circulación de aire, ya que en la primera se sustituye el aire viejo por fresco y en la segunda sólo se mueve el aire dentro del lugar de trabajo. (Ibidem, p. 60)



**Ilustración 7. Sistema de aire acondicionado.**

## **Exposición a sustancias tóxicas**

Como en todos los casos, lo primero es evaluar si el riesgo puede ser suprimido por medio del control de las emanaciones de sustancias tóxicas en el ambiente de trabajo por medio de la sustitución de dichos productos por otros menos nocivos, y

procurar realizar las actividades que requieren de éstas sustancias en lugares cerrados que no permitan la liberación al ambiente.<sup>36</sup>

Otro aspecto importante es dar mantenimiento al sistema de tuberías para evitar fugas y establecer sistemas de evacuación local para eliminar los contaminantes. Otra opción viable es cambiar las operaciones manuales por mecánicas, y en caso de que no sea viable se debe reducir el tiempo de exposición de los trabajadores a éstas sustancias. (idem)

Cuando las medidas mencionadas anteriormente no son factibles por el tipo de proceso, como último recurso debe aplicarse la protección del trabajador por medio de vestimentas adecuadas que eviten el contacto directo con las sustancias nocivas y siempre empleando evaluaciones al ambiente determinando los niveles de exposición que se tienen. (idem)



**Ilustración 8. Equipo de protección**

Los trabajadores expuestos a sustancias tóxicas deben estar sometidos a exámenes médicos periódicos para detectar cualquier cambio o deterioro en su salud y en caso de ser necesario, tomar medidas para su protección. (Ibidem, p.63)

<sup>36</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 62

## Ergonomía

La ergonomía se ocupa del estudio del operario individual o del equipo de trabajo y de la facilitación de los datos para el diseño.<sup>37</sup>

El objetivo de la ergonomía es mejorar el bienestar humano y de esa manera promover la eficacia funcional. (Ibídem, p. 64)

Las medidas ergonómicas pueden definirse como aquellas que procuran el bienestar de los trabajadores por medio de la creación de condiciones de trabajo apropiadas y el uso idóneo de sus características físicas y de su capacidad fisiológica y psicológica. (Ídem)

A pesar de que la ergonomía se centra en las personas, hay estudios que pueden hacerse enfocándose en el objeto a producir, en el método de trabajo, en los aspectos de seguridad o en la productividad misma. (Ídem)

La tarea de la ergonomía es crear el ambiente o las condiciones más confortables para el trabajador en cuanto a iluminación, clima, nivel de ruido y las cargas de trabajo, facilitar las funciones psicosenoriales y el manejo de la maquinaria para evitar esfuerzos innecesarios. (Ídem)

Otro aspecto en el que se enfoca la ergonomía es el establecer la comunicación entre la maquina y el operario para lo cual se debe perfeccionar el diseño de los indicadores tanto visuales como auditivos para evitar riesgos y facilitar el trabajo. (Ídem)

---

<sup>37</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 63

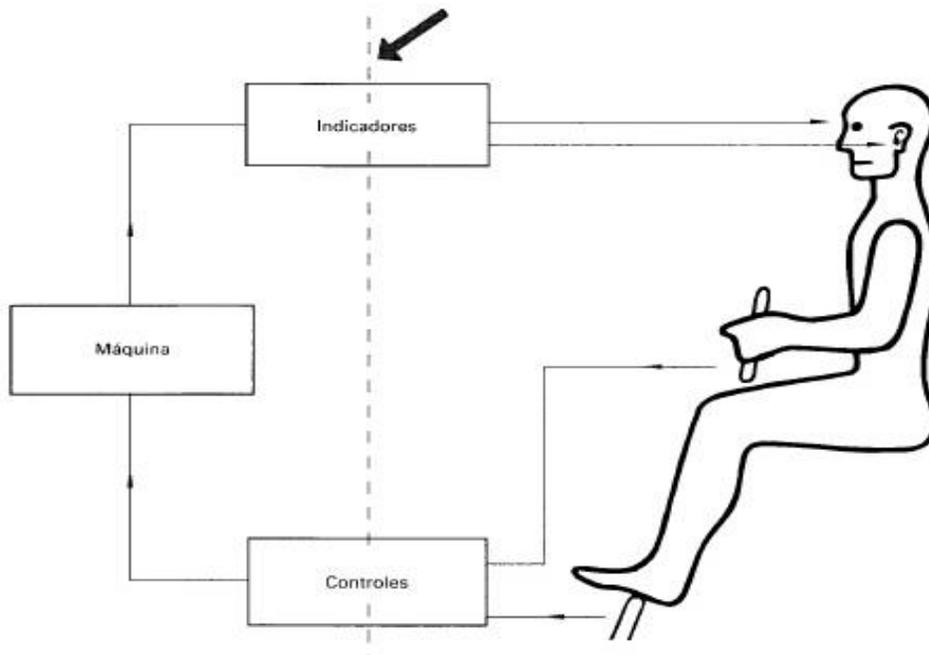
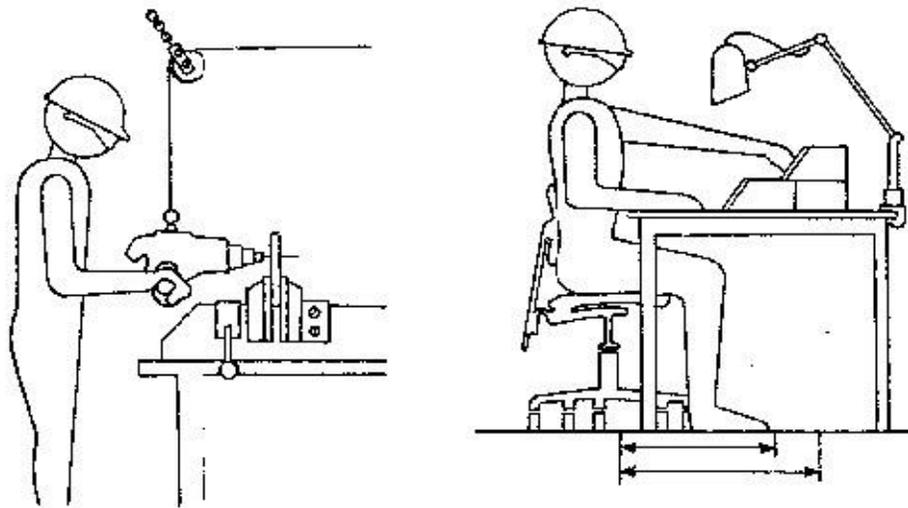


Ilustración 9. Ergonomía de trabajadores y operarios.

## Tiempo de trabajo

La extensión de las jornadas laborales genera un gran impacto en la productividad. Una reducción en las jornadas laborales produce mejoras y previene accidentes y enfermedades profesionales que pueden comprometer la salud de los trabajadores y la productividad de la empresa.<sup>38</sup>

De igual manera, para no tener problemas con la productividad o la salud de los trabajadores, en la mayoría de los países se han establecido periodos mínimos de descanso diario y semanal. (Ibidem, p. 69)

Algunos países industrializados tienen disposiciones explícitas sobre periodos mínimos de descanso diario de aproximadamente once o doce horas y un periodo de descanso continuo que va de veinticuatro a cuarenta y ocho horas por un periodo de siete días. (Ídem)

En cuanto al descanso durante el trabajo, se recomienda hacer pausas durante la jornada laboral para evitar la acumulación de fatiga; la naturaleza de dichas pausas es determinada por el tipo de actividad que se realiza, por ejemplo, en los trabajos físicos se recomienda que en las pausas el trabajador pueda sentarse a descansar un momento, y en cuanto a los trabajos intelectuales, se recomienda moverse y en algunos casos incluso realizar ejercicios de gimnasia. (Ídem)

---

<sup>38</sup> Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT. p.p 68

## Aplicaciones

Como último tema de éste trabajo, analizaré las ventajas tangibles que nos proporciona el conocimiento del tiempo estándar de producción.

Como ya se mencionó antes, los tiempos estándar de producción nos ayudan a tener una medida de la productividad de la empresa y del trabajador, pero también nos ayudan a tener indicadores de eficiencia, realizar un correcto reparto del trabajo y a determinar el número de operarios estándar. Con esto podemos determinar algo muy importante que es la capacidad de producción que tiene nuestra empresa.

Por otro lado, nos ayuda a determinar el costo de mano de obra y los precios de venta.

En el caso específico de la determinación del costo de la mano de obra directa, incluida en el costo de un producto es función de dos factores. Uno de ellos es la tarifa de pago por hora o por unidad producida; el otro, es el tiempo requerido para producir una unidad del producto.

En cuanto a los costos estándar que se hayan desarrollado, sus utilidades principales son controlar las operaciones comerciales y medir la eficiencia de departamentos y empleados en particular.

### **Determinación de Tiempo Estándar; observaciones y confiabilidad.**

Como mencioné anteriormente, existen diversos métodos para establecer el tiempo estándar de alguna actividad. El muestreo del trabajo se apoya en el uso de la estadística para tener un grado de confiabilidad especificado, lo cual ilustraré a continuación:

La compañía Dubuque Cement empaca costales de 80 lbs. (36.3 Kg) de mezcla de concreto. Los datos del estudio de tiempos para la actividad de llenado se muestran en la siguiente tabla. La política de la compañía es de un 20% de concesión para los trabajadores. Calcular el tiempo estándar para esta tarea del

trabajo. ¿Cuántos ciclos son necesarios para una confiabilidad del 99%, dentro del 5% de exactitud?<sup>39</sup> (Anexo D)

Elemento	Tiempo del ciclo (segundos por ciclo)					Tasa de desempeño
	1	2	3	4	5	
Asir y colocar el costal	8	9	8	11	7	110%
Llenar el costal	36	41	39	35	112*	85%
Sellar el costal	15	17	13	20	18	105%
Colocar el costal en la banda transportadora	8	6	9	30**	35**	90%

\*Se rompe el costal

\*\*Se atasca la banda transportadora

Elemento	Tiempo promedio (s)	Tiempo Normal (s)	Tiempo normal total (s)	Tiempo estándar (s)
Asir y colocar el costal	8.60	9.46	65.88	82.35
Llenar el costal	37.75	32.09		
Sellar el costal	16.60	17.43		
Colocar el costal en la banda transportadora	7.67	6.90		

Observaciones para tener una confiabilidad de 99%			
h=	0.05	$n=(Z^2 * p * (1-p))/h^2$	
z=	2.58		
p=	0.2	n=	426

## Uso de NTPD

El afilado de un lápiz es una operación que se puede desglosar en ocho pequeños movimientos elementales. En términos de la NTPD, a cada elemento se le puede asignar un cierto número de TMU's (Time Measurement Unit), según se muestra a continuación.<sup>40</sup> (Anexo E)

<sup>39</sup> Render, B., Heizer, J. H., & Terán, J. (1996). *Principios de administración de operaciones*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. p.p 291, 301

<sup>40</sup> Render, B., Heizer, J. H., & Terán, J. (1996). *Principios de administración de operaciones*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. p.p 295, 302

Actividad	TMU
Alcanzar el lápiz a 4 in	6
Asir el lápiz	2
Mover el lápiz 6 in	10
Posicionar el lápiz	20
Insertar lápiz en sacapuntas	4
Afilar el lápiz	120
Sacar el lápiz	10
Mover el lápiz 6 in	10
Total	182
Total minutos	0.1092
Total segundos	6.552

1 TMU = 0.0006 minutos

### **Determinación de empleados estándar y plan de producción**

El gerente de producción de una fábrica de lámparas quiere definir qué es más barato en cuanto a producción y embalaje de las mismas para cumplir con la demanda prospectada por el departamento de ventas sin tener problemas de desabasto, para lo cual debe analizar las siguientes estrategias:<sup>41</sup> (Anexo F)

- a. Producir exactamente lo requerido por el departamento de ventas
- b. Producir para satisfacer la demanda promedio
- c. Producir para cumplir la demanda mínima y subcontratar la diferencia mensual o usar tiempo extra.
- d. Producir para satisfacer la demanda promedio menos el mes más alto y el más bajo y subcontratar la diferencia o producir lo que hace falta en tiempo extra.

<sup>41</sup> Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Ruiz, A. C. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: Pearson Educación. p.p 182, 198

Para poder realizar este análisis, se realizó previo un estudio de tiempo de las siguientes actividades:

1. Tomar los componentes	5. Introducir la lámpara en la caja
2. Armar la lámpara	6. Insertar dos empaques en la caja
3. Probar la lámpara	7. Sellar la caja
4. Tomar la caja de cartón	8. Colocar la caja en el lugar para almacenamiento.

Los datos recolectados fueron los siguientes:

Elemento	Observaciones										F	RF
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>1</b>	1.27	1.27	1.24	1.25	1.20	1.26	1.24	1.27	1.26	1.24	1	1.05
<b>2</b>	2.45	2.37	2.43	2.50	2.43	2.40	2.47	2.38	2.42	2.41	1	0.95
<b>3</b>	0.56	0.55	0.60	0.63	0.61	0.64	0.57	0.58	0.60	0.56	1	1.05
<b>4</b>	0.39	0.42	0.32	0.40	0.34	0.36	0.37	0.38	0.40	0.32	1	0.90
<b>5</b>	0.51	0.53	0.45	0.44	0.47	0.49	0.45	0.50	0.46	0.50	1	0.95
<b>6</b>	0.26		0.29		0.30		0.27		0.28		0.5	1.00
<b>7</b>	0.86	0.91	0.89	0.86	0.84	0.85	0.91	0.88	0.86	0.84	1	1.10
<b>8</b>	1.19	1.18	1.20	1.16	1.21	1.15	1.16	1.20	1.18	1.17	1	1.00

En base a estos datos se define el tiempo estándar por operación y total:

Elemento	f'	ST (f'*F*RF)
<b>1</b>	1.25	1.3125
<b>2</b>	2.43	2.3047
<b>3</b>	0.59	0.6195
<b>4</b>	0.37	0.3330
<b>5</b>	0.48	0.4560
<b>6</b>	0.28	0.1400
<b>7</b>	0.87	0.9570
<b>8</b>	1.18	1.1800
<b>Tiempo Estándar Total</b>		<b>7.3027 min/lámpara</b>

## Operarios Estándar

En base a los días laborales por mes, la demanda diaria y los minutos laborales por turno se pueden determinar en número de operarios estándar (Std.), y la eficiencia y productividad como función del cuello de botella. <sup>42</sup>

Días laborales	20 días/mes
Minutos laborales	480 min/turno
Demanda mensual	13100 piezas/mes
Demanda diaria	655 piezas/mes

Operación	Min. Std. por lámpara	Número de op. Std.	Número de op. ajustado	Tiempo ajustado por E de T (min/lámpara)	Tiempo ajustado basado en C.B. (min/lámpara)	Eficiencia basada en C.B. (%)	Productividad basada en C.B. (%)
1	1.3125	1.79	2	0.6563	0.66	100.00	S.V.S.
2	2.3047	3.14	4	0.5762	0.66	87.80	-12.20
3	0.6195	0.85	1	0.6195	0.66	94.40	-5.60
4	0.3330	0.45	1	0.3330	0.66	50.74	-49.26
5	0.4560	0.62	1	0.4560	0.66	69.49	-30.51
6	0.1400	0.19	1	0.1400	0.66	21.33	-78.67
7	0.9570	1.31	2	0.4785	0.66	72.91	-27.09
8	1.1800	1.61	2	0.5900	0.66	89.90	-10.10
Total	7.3027	9.97	14	3.8494	5.25	73.32	-26.68

**Tabla 2. Operarios estándar, productividad y eficiencia basados en cuello de botella**

<sup>42</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Octubre 19). Determinación de la Capacidad de Producción. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

## Plan de Producción

Conociendo los siguientes costos:

Costos	
Materia Prima (por lámpara)	\$ 50.00
Inventario (lámpara*mes)	\$ 0.80
Subcontratación (por lámpara)	\$ 30.00
Contratación y Capacitación (por trabajador)	\$ 130.00
Despido (por trabajador)	\$ 180.00
H-H	\$ 7.00
H extra	\$ 10.00
min (pieza)	7.30

Se puede realizar diversos planes de producción para elegir el de menor costo.<sup>43</sup>

Si suponemos que inicialmente contamos con 10 trabajadores, los planes de producción quedarían como nuestro a continuación:

---

<sup>43</sup> Gutiérrez, O. (Director) (2012, Noviembre 16). Procesos Productivos. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

- Producir exactamente lo requerido por el departamento de ventas

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Demanda mensual</b>	14500	14800	12100	11500	13000	12700
<b>Días laborales</b>	20	20	20	20	20	20
<b>Reserva (15%)</b>	2175	2220	1815	1725	1950	1905
<b>Inventario Inicial</b>	2000	2175	2220	1815	1725	1950
<b>Producción</b>	14675	14845	11695	11410	13225	12655
<b>Inventario Final</b>	2175	2220	1815	1725	1950	1905
<b>M-H mes</b>	107167.12	108408.58	85405.08	83323.81	96578.21	92415.67
<b>H-H mes</b>	1786.12	1806.81	1423.42	1388.73	1609.64	1540.26
<b>H-H día</b>	89.31	90.34	71.17	69.44	80.48	77.01
<b>Empleados</b>	11.16	11.29	8.90	8.68	10.06	9.63
<b>Empleados Ajustados</b>	12	12	9	9	11	10
<b>Contratación</b>	0	0	0	0	2	0
<b>Despidos</b>	2	0	3	0	0	1
<b>Costos</b>						
<b>Materia Prima</b>	\$ 293,500.00	\$ 296,900.00	\$ 233,900.00	\$ 228,200.00	\$ 264,500.00	\$ 253,100.00
<b>H-H</b>	\$ 14,288.95	\$ 14,454.48	\$ 11,387.34	\$ 11,109.84	\$ 12,877.09	\$ 12,322.09
<b>Contratación</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 120.00	\$ -
<b>Despidos</b>	\$ 180.00	\$ -	\$ 270.00	\$ -	\$ -	\$ 90.00
<b>Inventario</b>	\$ 652.50	\$ 666.00	\$ 544.50	\$ 517.50	\$ 585.00	\$ 571.50
<b>Total</b>	\$ 308,621.45	\$ 312,020.48	\$ 246,101.84	\$ 239,827.34	\$ 278,082.09	\$ 266,083.59
<b>Costo Total del periodo:</b>	\$ 1,650,736.80					

Tabla 3. Plan de producción; estimado de ventas

- Producir para satisfacer la demanda promedio

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Costo Total
<b>Demanda mensual</b>	14500	14800	12100	11500	13000	12700	
<b>Demanda promedio</b>	13100						
<b>Días laborales</b>	20						
<b>Inventario Inicial</b>	2000	600	0	1000	2600	2700	
<b>Producción</b>	13100						
<b>Inventario Final</b>	600	-1100	1000	2600	2700	3100	
<b>M-H mes</b>	95665.37						
<b>H-H mes</b>	1594.42						
<b>H-H día</b>	79.72						
<b>Empleados</b>	9.97						
<b>Empleados Ajustados</b>	10.00						
<b>Contratación</b>	0	0	0	0	0	0	
<b>Despidos</b>	0	0	0	0	0	0	
<b>Costos</b>							
<b>Materia Prima</b>	\$ 262,000.00	\$ 262,000.00	\$ 262,000.00	\$ 262,000.00	\$ 262,000.00	\$ 262,000.00	
<b>H-H</b>	\$ 12,755.38	\$ 12,755.38	\$ 12,755.38	\$ 12,755.38	\$ 12,755.38	\$ 12,755.38	
<b>Contratación</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
<b>Despidos</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
<b>Inventario</b>	\$ 180.00	\$ -	\$ 300.00	\$ 780.00	\$ 810.00	\$ 930.00	
<b>Subtotal</b>	\$ 274,935.38	\$ 274,755.38	\$ 275,055.38	\$ 275,535.38	\$ 275,565.38	\$ 275,685.38	\$ 1,651,532.30
<b>Subcontratación</b>							
<b>Piezas</b>	-	1,100	-	-	-	-	
<b>Costo</b>	\$ -	\$ 15,400.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,666,932.30
<b>Horas extra</b>							
<b>H-e</b>	-	134	-	-	-	-	
<b>Costo H-e</b>	\$ -	\$ 1,338.83	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,652,871.12

**Tabla 4. Plan de producción; demanda promedio.**

- Producir para cumplir la demanda mínima y subcontratar la diferencia mensual o usar tiempo extra.

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Costo Total
<b>Demanda mensual</b>	14500	14800	12100	11500	13000	12700	
<b>Días laborales</b>	20						
<b>Inventario Inicial</b>	2000	0	0	0	0	0	
<b>Producción</b>	11500						
<b>Faltantes</b>	-1000	-3300	-600	0	-1500	-1200	
<b>Inventario Final</b>	0	0	0	0	0	0	
<b>M-H mes</b>	83981.05						
<b>H-H mes</b>	1399.68						
<b>H-H día</b>	69.98						
<b>Empleados</b>	8.75						
<b>Empleados Ajustados</b>	9.00						
<b>Contratación</b>	0	0	0	0	0	0	
<b>Despidos</b>	1	0	0	0	0	0	
<b>Costos</b>							
<b>Materia Prima</b>	\$ 230,000.00	\$ 230,000.00	\$ 230,000.00	\$ 230,000.00	\$ 230,000.00	\$ 230,000.00	
<b>H-H</b>	\$ 11,197.47	\$ 11,197.47	\$ 11,197.47	\$ 11,197.47	\$ 11,197.47	\$ 11,197.47	
<b>Contratación</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
<b>Despidos</b>	\$ 90.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
<b>Inventario</b>	\$ 600.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
<b>Subtotal</b>	\$ 241,887.47	\$ 241,197.47	\$ 241,197.47	\$ 241,197.47	\$ 241,197.47	\$ 241,197.47	\$ 1,447,874.84
<b>Subcontratación</b>							
<b>Piezas</b>	1000	3300	600	0	1500	1200	
<b>Costo</b>	\$ 14,000.00	\$ 46,200.00	\$ 8,400.00	\$ -	\$ 21,000.00	\$ 16,800.00	\$ 1,554,274.84
<b>Horas extra</b>							
<b>H-extra</b>	121.71	401.65	73.03	-	182.57	146.05	
<b>Costo H-e</b>	\$ 1,220.00	\$ 4,020.00	\$ 740.00	\$ -	\$ 1,830.00	\$ 1,470.00	\$ 1,457,154.84

**Tabla 5. Plan de producción; demanda mínima.**

- Producir para satisfacer la demanda promedio menos el mes más alto y el más bajo y subcontratar la diferencia o producir lo que hace falta en tiempo extra.

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Costo Total
Demanda mensual	14500	14800	12100	11500	13000	12700	
Demanda promedio	13075						
Días laborales	20						
Inventario Inicial	2000	575	0	975	2550	2625	
Producción	13075						
Inventario Final	575	-1150	975	2550	2625	3000	
M-H mes	95482.80						
H-H mes	1591.38						
H-H día	79.57						
Empleados	9.95						
Empleados Ajustados	10.00						
Contratación	0	0	0	0	0	0	
Despidos	0	0	0	0	0	0	
Costos							
Materia Prima	\$ 261,500.00	\$ 261,500.00	\$ 261,500.00	\$ 261,500.00	\$ 261,500.00	\$ 261,500.00	
H-H	\$ 12,731.04	\$ 12,731.04	\$ 12,731.04	\$ 12,731.04	\$ 12,731.04	\$ 12,731.04	
Contratación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Despidos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Inventario	\$ 172.50	\$ -	\$ 292.50	\$ 765.00	\$ 787.50	\$ 900.00	
Subtotal	\$ 274,403.54	\$ 274,231.04	\$ 274,523.54	\$ 274,996.04	\$ 275,018.54	\$ 275,131.04	\$ 1,648,303.74
Subcontratación							
Piezas	-	1,150	-	-	-	-	
Costo	\$ -	\$ 16,100.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,664,403.74
Horas extra							
H-e	-	140	-	-	-	-	
Costo H-e	\$ -	\$ 1,399.68	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,649,703.43

**Tabla 6. Plan de producción; demanda promedio menos valor máximo y mínimo.**

## Tabla comparativa de Planes de Producción

Tabla comparativa		
Opción		Costo
Producir lo requerido		\$ 1,650,736.80
Demanda promedio	Subcontratación	\$ 1,666,932.30
	Horas extra	\$ 1,652,871.12
Demanda mínima	Subcontratación	\$ 1,554,274.84
	Horas extra	\$ 1,457,154.84
Demanda promedio*	Subcontratación	\$ 1,664,403.74
	Horas extra	\$ 1,649,703.43

Tabla 7. Tabla comparativa de costos.

### Capacidad de producción; producción a costo mínimo.

Un fabricante quiere producir, mediante tornos de rosca, cinco tornillos diferentes, denominado de la A a la E, y tiene disponibles tres diferentes tornos de rosca I, II y III. Cualquiera de ellos puede producir cualquiera de los tornillos, pero las tasas de operación son diferentes y cada pieza tiene una producción promedio semanal, tal como se muestra en la siguiente tabla.<sup>44</sup> (Anexo G)

Determinar la producción óptima de cada tornillo por máquina.

Horas disponibles por máquina por semana: 40 hrs

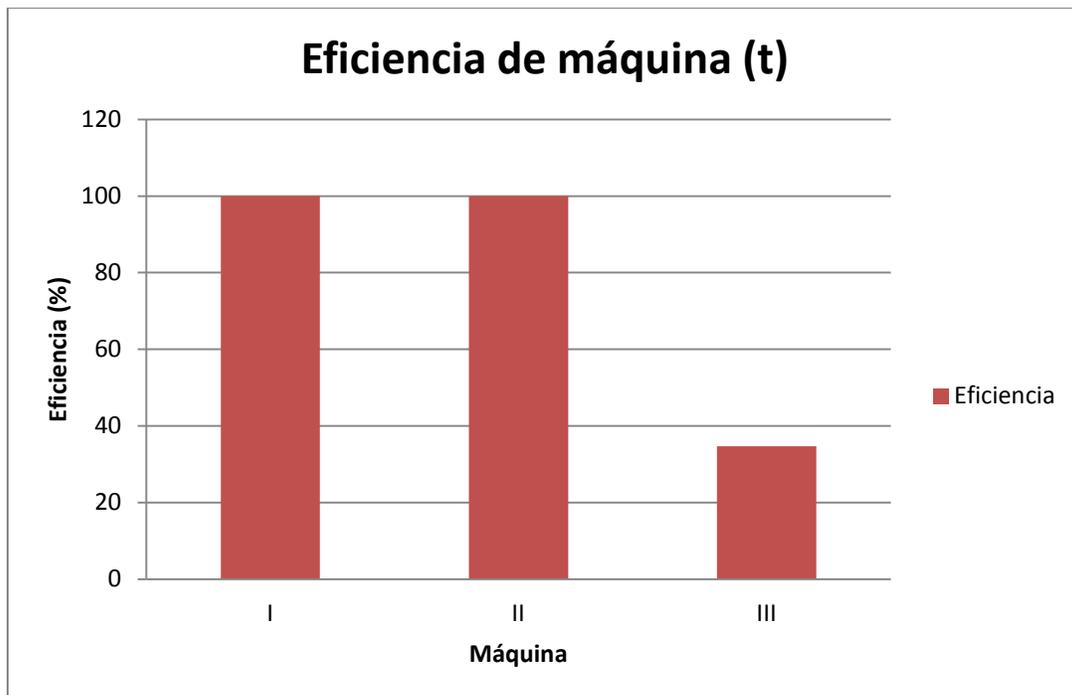
Máquina	I	II	III	Producción semanal promedio
Pieza	Tiempo unitario por máquina (min)			
A	0.2	0.4	0.5	4000
B	0.1	0.3	0.5	9000
C	0.2	0.2	0.4	7000
D	0.1	0.3	0.3	9000
E	0.2	0.3	0.5	4000
Costo de op variable(USD/hr)	12	9	9	0

<sup>44</sup> Bock, R. H. (1966). *Planeación y control de la producción*. México: Limusa :. p.p 109

Producción de modelo por máquina <sup>45</sup>					
<b>A1</b>	2667	<b>A2</b>	0	<b>A3</b>	1333
<b>B1</b>	9000	<b>B2</b>	0	<b>B3</b>	0
<b>C1</b>	0	<b>C2</b>	7000	<b>C3</b>	0
<b>D1</b>	9000	<b>D2</b>	0	<b>D3</b>	0
<b>E1</b>	334	<b>E2</b>	3333	<b>E3</b>	333

### Eficiencia de máquina con respecto al tiempo trabajado

Eficiencia de Máquina (t) <sup>46</sup>			
	I	II	III
<b>Minutos Efectivos</b>	2400	2400	833
<b>Minutos Disponibles</b>	2400	2400	2400
<b>Eficiencia f(t)</b>	100	100	34.71

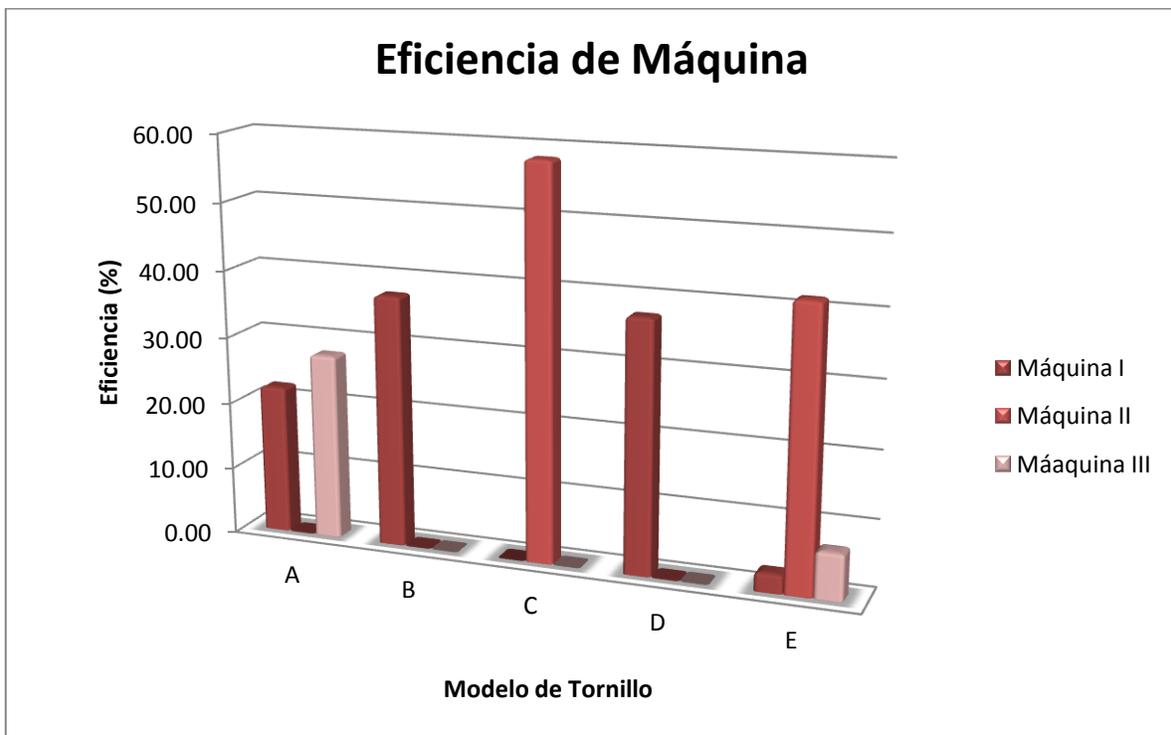


<sup>45</sup> Gutiérrez, O. (Director) (2012, Noviembre 21). Procesos Productivos. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

<sup>46</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Octubre 12). Determinación de la Capacidad de Producción. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

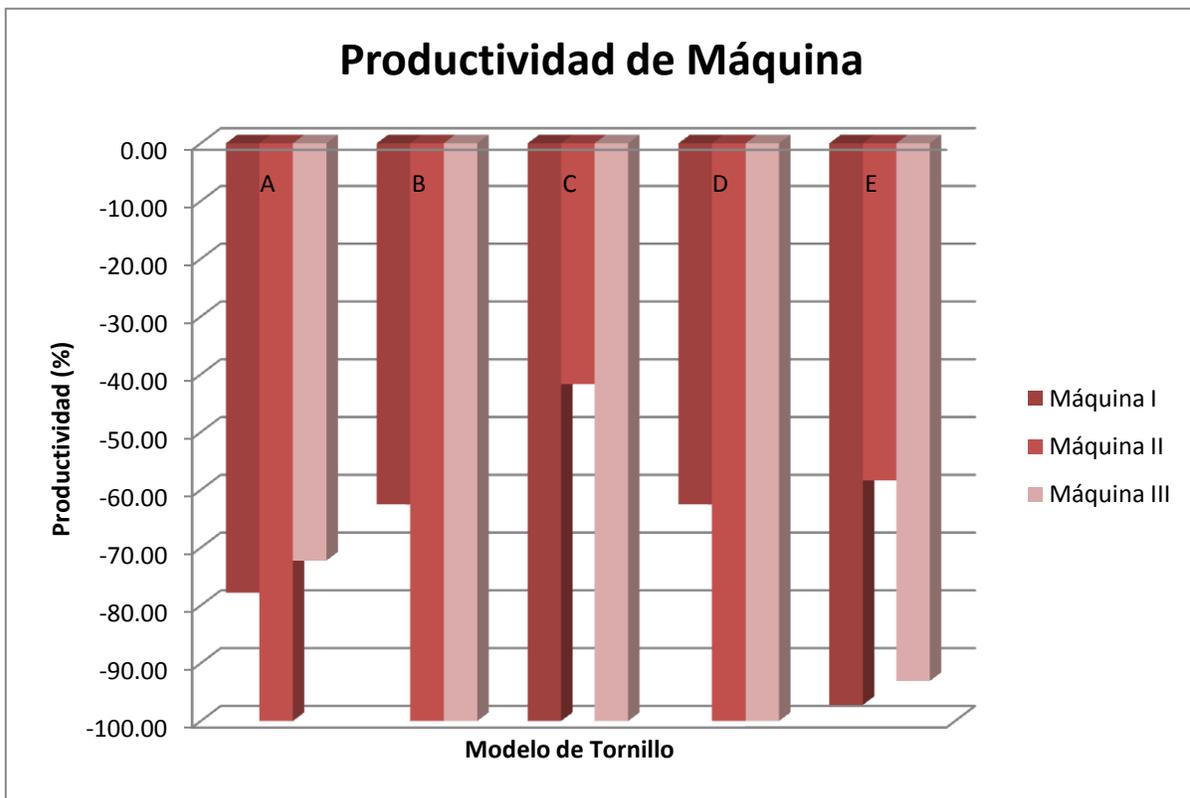
## Eficiencia de máquina con respecto a material producido

Eficiencia de máquina como función de la producción % <sup>47</sup>			
	I	II	III
A	22.23	0.00	27.77
B	37.50	0.00	0.00
C	0.00	58.33	0.00
D	37.50	0.00	0.00
E	2.78	41.66	6.94



<sup>47</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Octubre 12). Determinación de la Capacidad de Producción. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

Productividad de Máquina en función de la eficiencia <sup>48</sup>			
	I	II	III
A	-77.78	-100.00	-72.23
B	-62.50	-100.00	-100.00
C	-100.00	-41.67	-100.00
D	-62.50	-100.00	-100.00
E	-97.22	-58.34	-93.06



<sup>48</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Octubre 12). Determinación de la Capacidad de Producción. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

## Reglas de decisión

Se van a procesar seis trabajos a través de una operación de dos pasos. La primera operación involucra el arenado y la segunda involucra la pintura. Los tiempos de los procesos son de la siguiente manera:

Busque minimizar el tiempo total de terminación de estos trabajos.<sup>49</sup>

Trabajo	Operación I (hrs)	Operación II (hrs)
A	10	5
B	7	4
C	5	7
D	3	8
E	2	6
F	4	3

Debido a la naturaleza del problema el procedimiento a seguir es aquel conocido como “Método de Johnson” que establece lo siguiente:

1. Localizar la actividad cuya “Operación II” tome menos tiempo y programarla al final.
2. De las actividades restantes, elegir nuevamente la que tenga el menor tiempo de duración para la “Operación II” y ponerla antes del trabajo elegido en “1” y así sucesivamente.
3. Aquel trabajo elegido como primero, debe ser el que tenga el menos tiempo de procesamiento de la “Operación I”.

Así entonces, el orden en que debemos realizar los trabajos es el siguiente:

E	D	C	A	B	F
---	---	---	---	---	---

Diagrama de Barras. (Ibidem, p.523)

Horas	5		10			15		20		25		30		35
Operación I	E	D	C	A			B		F					
Operación II	E		D			C		A		B		F		

<sup>49</sup> Render, B., Heizer, J. H., & Terán, J. (1996). *Principios de administración de operaciones*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. p.p 539

## Reglas de decisión II

Los siguientes trabajos están esperando para ser procesados en el centro de producción de aceite de soja. Hoy es el día 130.<sup>50</sup> (Anexo H)

Trabajo	Fecha de recepción del trabajo	Días de producción necesarios	Fecha de entrega requerida
A	110	20	180
B	120	30	200
C	122	10	175
D	125	16	230
E	130	18	210

## First Come First Serve

(Ibídem, p.519)

Trabajo	Tiempo de procesamiento	Flujo de tiempo	Fecha de terminación	Fecha de entrega real	Retraso
A	20	20	180	150	0
B	30	50	200	180	0
C	10	60	175	190	15
D	16	76	230	206	0
E	18	94	210	224	14
<b>Total</b>	94	300		950	29

Tiempo promedio de terminación: 60

Número promedio de trabajos en el sistema: 3.19

Retraso promedio del trabajo: 5.8

<sup>50</sup> Render, B., Heizer, J. H., & Terán, J. (1996). *Principios de administración de operaciones*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. p.p 539

## Shortest Processing Time

(Ibídem, p. 520)

Trabajo	Tiempo de procesamiento	Flujo de tiempo	Fecha de terminación	Fecha de entrega real	Retraso
C	10	10	175	140	0
D	16	26	230	156	0
E	18	44	210	174	60
A	20	64	180	194	14
B	30	94	200	224	24
<b>Total</b>	94	238			98

Tiempo promedio de terminación: 47.6

Número promedio de trabajos en el sistema: 2.53

Retraso promedio del trabajo: 19.6

## Earliest Due Date

(idem)

Trabajo	Tiempo de procesamiento	Flujo de tiempo	Fecha de terminación	Fecha de entrega real	Retraso
C	10	10	175	140	0
A	20	30	180	160	0
B	30	60	200	190	0
E	18	78	210	208	0
D	16	94	230	224	0
<b>Total</b>	94	272			0

Tiempo promedio de terminación: 54.4

Número promedio de trabajos en el sistema: 2.89

Retraso promedio del trabajo: 0

## Longest Processing Time

(idem)

Trabajo	Tiempo de procesamiento	Flujo de tiempo	Fecha de entrega	Fecha de entrega real	Retraso
<b>B</b>	30	30	200	160	0
<b>A</b>	20	50	180	180	0
<b>E</b>	18	68	210	198	0
<b>D</b>	16	84	230	214	0
<b>C</b>	10	94	175	224	49
<b>Total</b>	94	326			49

Tiempo promedio de terminación: 65.2

Número promedio de trabajos en el sistema: 3.47

Retraso promedio del trabajo: 9.8

## Critical Ratio

(Ibidem, p.522)

Trabajo	CR
<b>A</b>	2.5
<b>B</b>	2.33333333
<b>C</b>	4.5
<b>D</b>	6.25
<b>E</b>	4.44444444

Prioridad	Tiempo de procesamiento	Flujo de tiempo	Fecha de terminación	Fecha de entrega real	Retraso
B	30	30	200	160	0
A	20	50	180	180	0
E	18	68	210	198	0
C	10	78	175	208	0
D	16	94	230	224	0
<b>Total</b>	94	320			0

Tiempo promedio de terminación: 64

Número promedio de trabajos en el sistema: 3.40

Retraso promedio del trabajo: 0

### Ruta Crítica

Nearber Products, Inc., manufactura bebidas que tienen el mismo sabor que una buena cerveza de barril, pero que no contienen alcohol. Con cambios en las leyes sobre bebidas y la demografía, ha habido un creciente interés en la Nearber Lite. Nearber Lite tiene menos calorías que la cerveza regular, llena menos y tiene muy buen sabor.

La operación de empaque final de Nearber Lite requiere 13 tareas. La empresa embotella Nearber Lite durante 5 horas, cinco días a la semana y cada semana existe una demanda de 3,000 botellas de Nearber Lite. Dada la siguiente información, resuelva este problema de balanceo de la línea de ensamble.<sup>51</sup>(Anexo I)<sup>52, 53</sup>

<sup>51</sup> Render, B., Heizer, J. H., & Terán, J. (1996). *Principios de administración de operaciones*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. p.p 345

<sup>52</sup> Rubio, J. (Director) (2012, Octubre 12). Determinación de la Capacidad de Producción. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

<sup>53</sup> Gutiérrez, O. (Director) (2012, Noviembre 16). Procesos Productivos. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..

Tarea	Tiempo (min)	Predecesores
A	0.1	NA
B	0.1	A
C	0.1	B
D	0.2	B
E	0.1	B
F	0.3	C, D, E
G	0.1	A
H	0.1	G
I	0.2	G, H
J	0.1	I
K	0.2	F
L	0.2	J, K
M	0.1	L
<b>Total</b>	<b>1.9</b>	

Producción: 3,000 botellas/semana

Días Laborables: 5 d

Tiempo por día: 5 hrs

Tiempo ciclo: 0.5 min/unidad\*

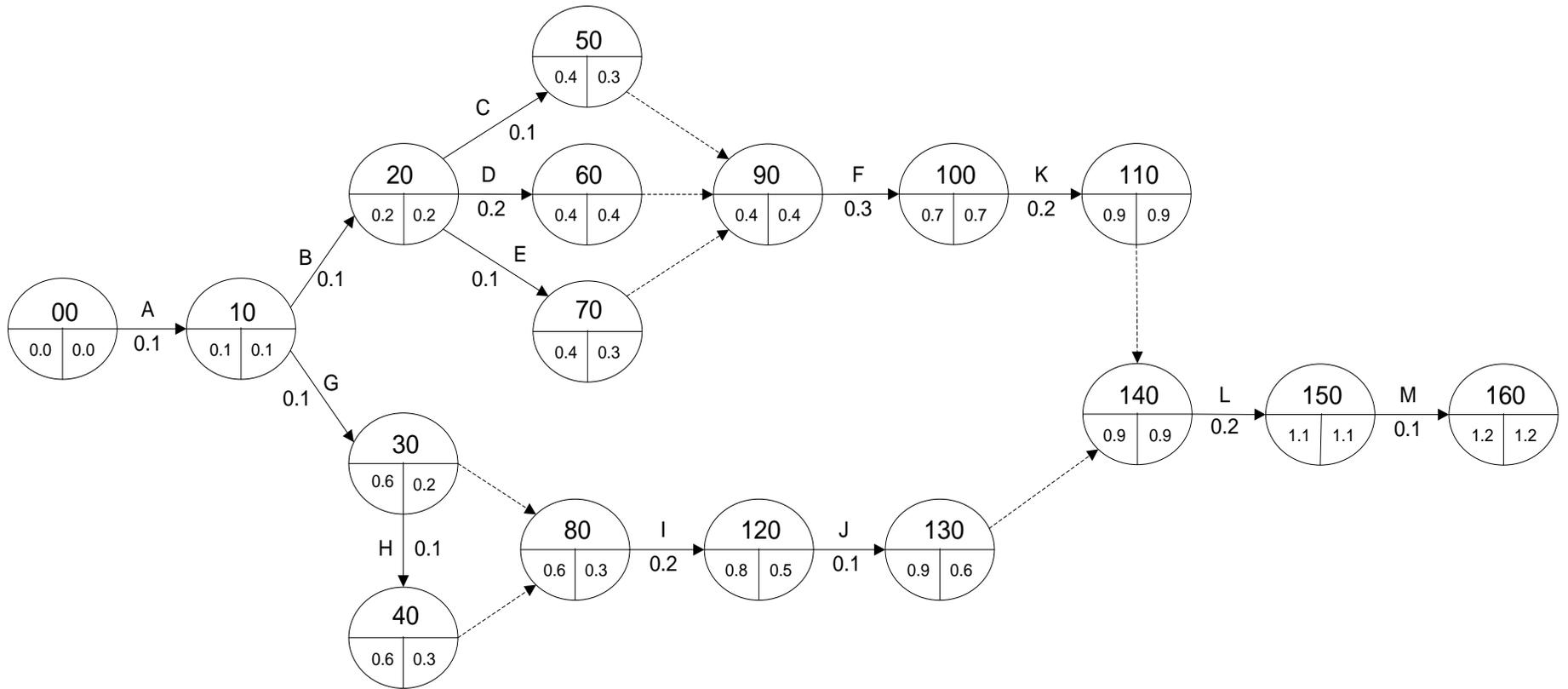
Tiempo Estándar Total: 1.9 min

# mínimo de estaciones: 4 estaciones

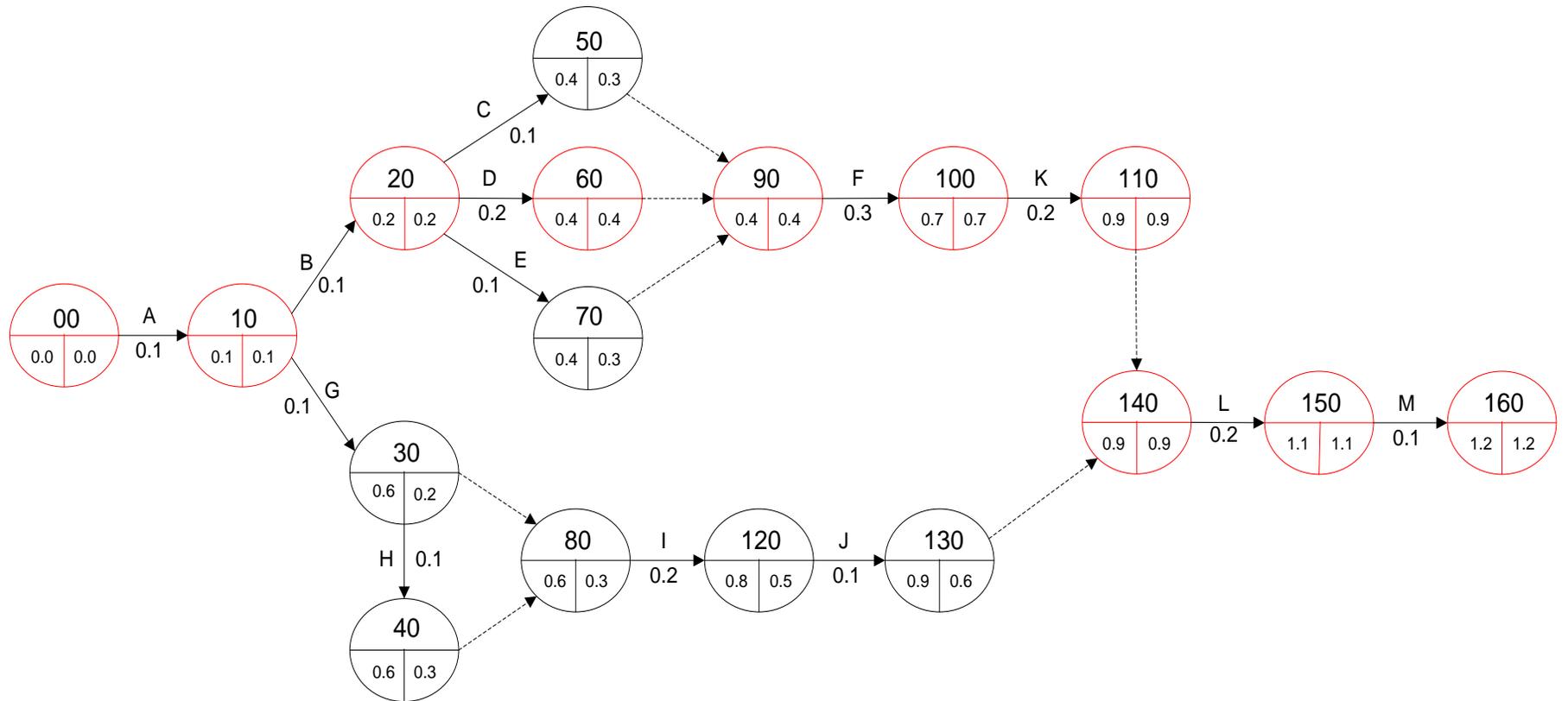
Estación	Eficiencia (%)	Productividad (%)
<b>I</b>	100	S.V.S.
<b>II</b>	100	S.V.S.
<b>III</b>	100	S.V.S.
<b>IV</b>	80	-20
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>-5</b>

\* El tiempo ciclo es un indicador para determinar si se puede cumplir con la demanda o no, en caso de que el tiempo ciclo sea mayor al tiempo que requiere el demanda podrá cumplirse cuello de botella la demanda podrá cumplirse.

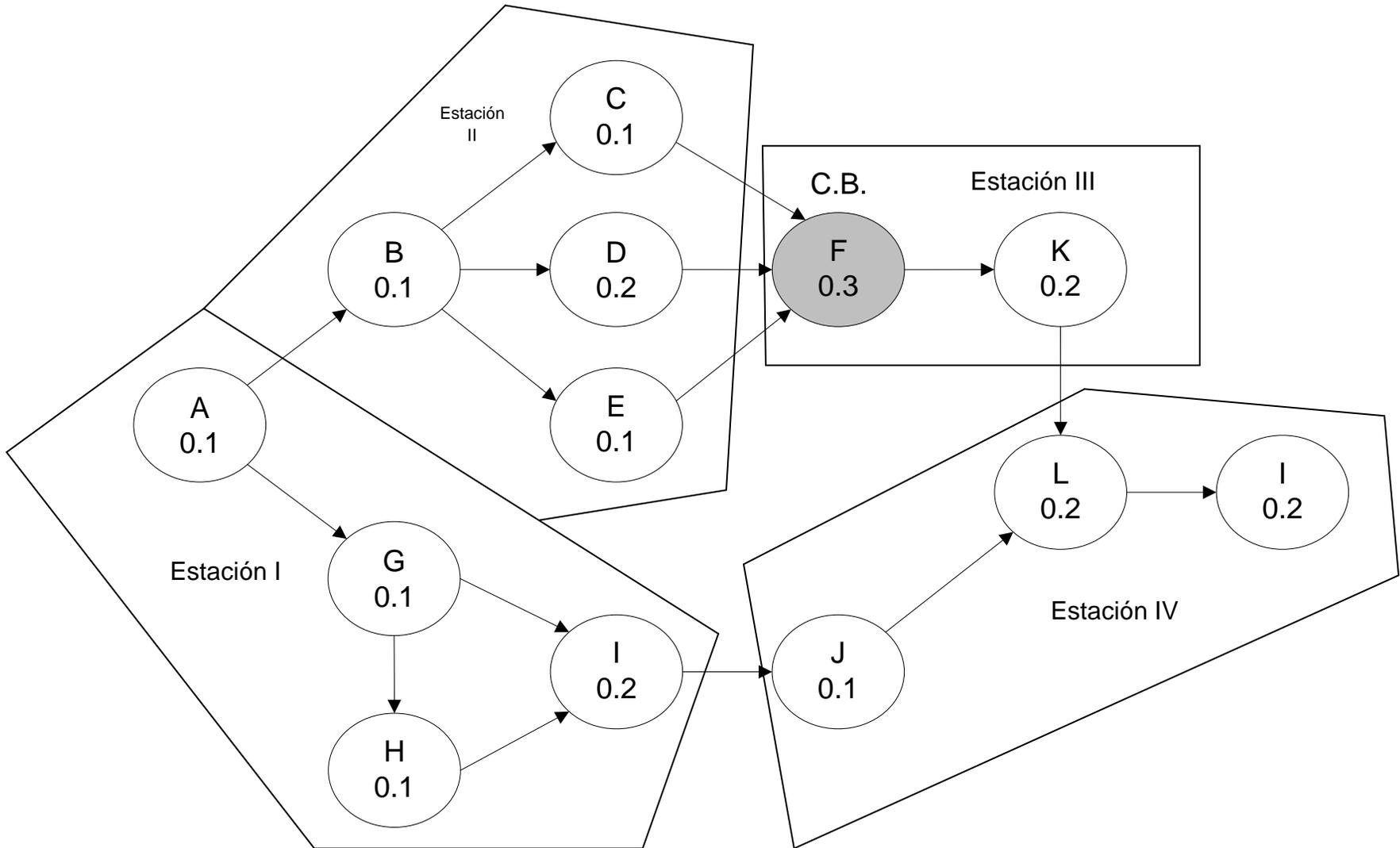
## Diagrama de Red



## Establecimiento de Ruta Crítica



### Cuello de Botella y estaciones de Trabajo



## Conclusiones

La importancia del establecimiento de tiempos estándar no radica sólo en conocer el tiempo que tardará un empleado en realizar una cierta actividad, va más allá de eso ya que nos permite determinar planes de producción, establecer la ruta crítica de un proceso, dar prioridad a ciertos trabajos cuando se tiene retrasos o determinar a qué maquina o área debo de proporcionarle más trabajo e incluso así todo esto nos genera repercusiones aún más impactantes como son el máximo aprovechamiento de la fuerza de trabajo, reducciones en costos y lograr la satisfacción de los clientes al cumplir con las fechas de entrega y/o reducirlas.

De las cosas que aprendí al realizar este trabajo fue a darle un enfoque diferente al trabajo del Ingeniero Químico, ya que generalmente pensamos que ésta carrera se enfoca sólo en diseñar intercambiadores, reactores, calcular bombas, realizar trabajos de investigación o al área de ventas y como estudiantes dejamos de lado todo lo que el área de operaciones tiene para nosotros; en esta área depende de los ingenieros obtener las materias primas con las especificaciones correctas y en una cantidad adecuada, procesar dichas materias para obtener productos útiles y hacerlos llegar a los consumidores.

A pesar de que este trabajo lleva por título “Tiempo estándar de producción” como mencione anteriormente va más allá lo cual me lleva a expresar otra de las cosas que aprendí; un ingeniero de planta realiza actividades tales como la planeación mensual de los requerimientos de la planta, la planeación del tiempo de trabajo normal y horas extras, el número de trabajadores y la supervisión de la operación de los equipos y la calidad de los productos, la seguridad industrial y la estimación de costos.

Por último me gustaría añadir que con este trabajo espero que las nuevas generaciones de Ingenieros Químicos se den cuenta de todo lo que la carrera nos ofrece y no se queden con el pensamiento cerrado que la mayoría en un inicio tenemos.

## Bibliografía

- Bock, R. H. (1966). *Planeación y control de la producción*. México: Limusa :.
- Castro, A. (Director). La Naturaleza de los Procesos de Producción y la Demanda. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R., Muñoz, H., Sacristán, P., et al. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (12a ed.). México: McGraw-Hill.
- Gaither, N., García, G., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (8. ed.). México: International Thomson Editores.
- Gutiérrez, O. (Director). Procesos Productivos. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed.). Ginebra: OIT.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Ruiz, A. C. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: Pearson Education.
- Martino, R. L. (1978). *Planeación de operaciones aplicada*. México: Editora Técnica.
- Render, B., Heizer, J. H., & Terán, J. (1996). *Principios de administración de operaciones*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.

- Riggs, J. L., & Pérez, R. (1998). *Sistemas de producción: planeación, análisis y control*(3. ed.). México: Limusa :.
- Rubio, J. (Director). Administración de Inventarios. *Administración de Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..
- Rubio, J. (Director). Determinación de la Capacidad de Producción. *Administración de la Producción*. Clase impartida en UNAM, D.F..
- Forero, C. (n.d.). Tiempo estándar. *Upload & Share PowerPoint presentations and documents*. Consultado en Marzo 14, 2013, de <http://www.slideshare.net/lauraagil/tiempo-estandar-7633916>
- Metodología para la Determinación de Cargas de Trabajo. (n.d.). *Ministerio de Salud*. Consultado en Marzo 14, 2013, de [www.ministeriodesalud.go.cr/sobre\\_ministerio/do/productos/IV-B%20Cont%20May%2008-Dic%2008/Informe%20final%20etapa%204B%2030%20enero%202009/Anejo%202%20Productos/Anejo%202.4/Anejo%202.4.6%20Informe%20Cargas%20de%20Trabajo/Informe\\_Cargas\\_de\\_Trabajo\\_12-11-08](http://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/do/productos/IV-B%20Cont%20May%2008-Dic%2008/Informe%20final%20etapa%204B%2030%20enero%202009/Anejo%202%20Productos/Anejo%202.4/Anejo%202.4.6%20Informe%20Cargas%20de%20Trabajo/Informe_Cargas_de_Trabajo_12-11-08)
- Laboratorio de Ingeniería de Métodos."UPIICSA. IPN, n.d. Web. 19 de Junio de 2013.  
<[www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMetII/POLILIBRO/1%20DOCTOS/PRACTICA%208/DOWNLOAD%201P8.pdf](http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMetII/POLILIBRO/1%20DOCTOS/PRACTICA%208/DOWNLOAD%201P8.pdf)>

## Anexos

### Anexo A

*Tabla I - Alcanzar - R*

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU				Mano en movimiento		CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C <sub>o</sub> D	E	A	B	
s/a o menor	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	A Alcanzar al objeto en localización fija, o al objeto en otra mano o sobre el que descansa la otra mano.
1	2.5	2.5	3.6	2.4	2.3	2.3	
2	4.0	4.0	5.9	3.8	3.5	2.7	B Alcanzar a un sólo objeto en una localización que puede variar ligeramente de ciclo a ciclo.
3	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.6	
4	6.1	6.4	8.4	6.8	4.9	4.3	C Alcanzar a objeto mezclado con otros en un grupo de modo que ocurran los elementos buscar y seleccionar.
5	6.5	7.8	9.4	7.4	5.3	5.0	
6	7.0	8.6	10.1	8.0	5.7	5.7	D Alcanzar a un objeto muy pequeño o donde se requiera un asiento exacto.
7	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5	
8	7.9	10.1	11.5	9.3	6.5	7.2	E Alcanzar a una localización indefinida para llevar la mano a una posición para el equilibrio del cuerpo, o el movimiento siguiente, o fuera del camino.
9	8.3	10.8	12.2	9.9	6.9	7.6	
10	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6	
12	9.6	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1	
14	10.5	14.4	15.6	13.0	8.9	11.5	
16	11.4	15.8	17.0	14.2	9.7	12.9	
18	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4	
20	13.1	18.6	19.8	16.7	11.3	15.8	
22	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3	
24	14.9	21.5	22.5	19.2	12.9	18.8	
26	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2	
28	16.7	24.4	25.3	21.7	15.5	21.7	
30	17.5	25.8	26.7	22.9	15.3	23.2	

## Tabla II - Mover - M

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU				Margen por peso			CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C	Mano en movimiento D	Peso (lb) hasta de	Factor	TMU constante	
s/a o menor	2.0	2.0	2.0	1.7	2.5	0	0	A Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.
1	2.5	2.9	3.4	2.3				
2	3.6	4.6	5.2	2.9	7.5	1.06	2.2	
3	4.9	5.7	6.7	3.6				
4	6.1	6.9	8.0	4.3				
5	7.3	8.0	9.2	5.0	12.5	1.11	3.9	
6	8.1	8.9	10.3	5.7	17.5	1.17	5.6	B Mover el objeto a una localización aproximada o indefinida.
7	8.9	9.7	11.1	6.5				
8	9.7	10.6	11.8	7.2	22.5	1.22	7.4	
9	10.5	11.5	12.7	7.9				
10	11.3	12.2	13.5	8.6	27.5	1.28	9.1	
12	12.9	13.4	15.2	10.0	32.5	1.33	10.8	C Mover el objeto a una localización exacta.
14	14.4	14.6	16.9	11.4				
16	16.0	15.8	18.7	12.8	37.5	1.39	12.5	
18	17.6	17.0	20.4	14.2				
20	19.2	18.2	22.1	15.6	42.5	1.44	14.3	
22	20.8	19.4	23.8	17.0	47.5	1.50	16.0	
24	22.4	20.6	25.5	18.4				
26	24.0	21.8	27.3	19.8				
28	25.5	23.1	29.0	21.2				
30	27.1	24.3	30.7	22.7				

## Girar y Aplicar Presión - T & AP

### Tabla III - A

Peso	Tiempo en TMU para ángulos (en°) girados										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño - 0 a 2 lb	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	9.1	8.7	9.4
Mediano - 2.1 a 10 lb	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
Grande - 10.1 a 35 lb	8.4	10.5	12.5	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	29.2

APLICAR PRESION, CASO 1-16.2 TMU    APLICAR PRESION, CASO 2-10.6 TMU

### Tabla III - B

Ciclo Completo			Componentes		
Símbolo	TMU	Descripción	Símbolo	TMU	Descripción
APA	10.6	AF+DM+RLF	AF	3.4	Aplicar fuerza
APB	16.2	APA+G2	DM	4.2	Mantener fuerza mínima
			RLF	3.0	Soltar fuerza

## Anexo B

Zona o parte del lugar de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (Lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1. Bajas exigencias visuales	100
2. Exigencias visuales moderadas	200
3. Exigencias visuales altas	500
4. Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Naturaleza del trabajo (esfuerzo visual)	Nivel mínimo de iluminación (lux) <sup>1</sup>	Ejemplos típicos
Percepción general solamente	100	Salas de calderas (manipulación de carbón y cenizas); almacenes de materiales toscos y voluminosos; vestuarios
Percepción aproximada de los detalles	150	Trabajos toscos e intermitentes en banco de taller y en máquina; inspección y recuento de existencias; montaje de grandes máquinas
Distinción moderada de los detalles	300	Trabajos con piezas de tamaño mediano en banco de taller o máquina; montaje e inspección de esas piezas; trabajos corrientes de oficina (lectura, escritura, archivo)
Distinción bastante clara de los detalles	700	Trabajos finos en banco de taller o máquina; montaje e inspección de esos trabajos; pintura y pulverización extrafinas; cosido de telas oscuras
Distinción muy afinada de los detalles	1500	Montaje e inspección de mecanismos de precisión; fabricación de herramientas y matrices; lectura de instrumentos de medición; rectificación de piezas de precisión
Tareas excepcionalmente difíciles o importantes	300 o más	Relojería de precisión (fabricación y reparación)

<sup>1</sup> Estos valores se refieren al valor medio de iluminación obtenido a lo largo del período de servicio de la instalación y sobre toda la superficie útil de la pieza o de la zona de trabajo (se trata de la llamada «iluminación en servicio»).

Fuente: OIT, Centro Internacional de Información sobre Seguridad e Higiene del Trabajo (CIS): *Artificial lighting in factory and office*. CIS Information Sheet No. 11 (Ginebra, 1965), cuadro 1.

# Anexo C

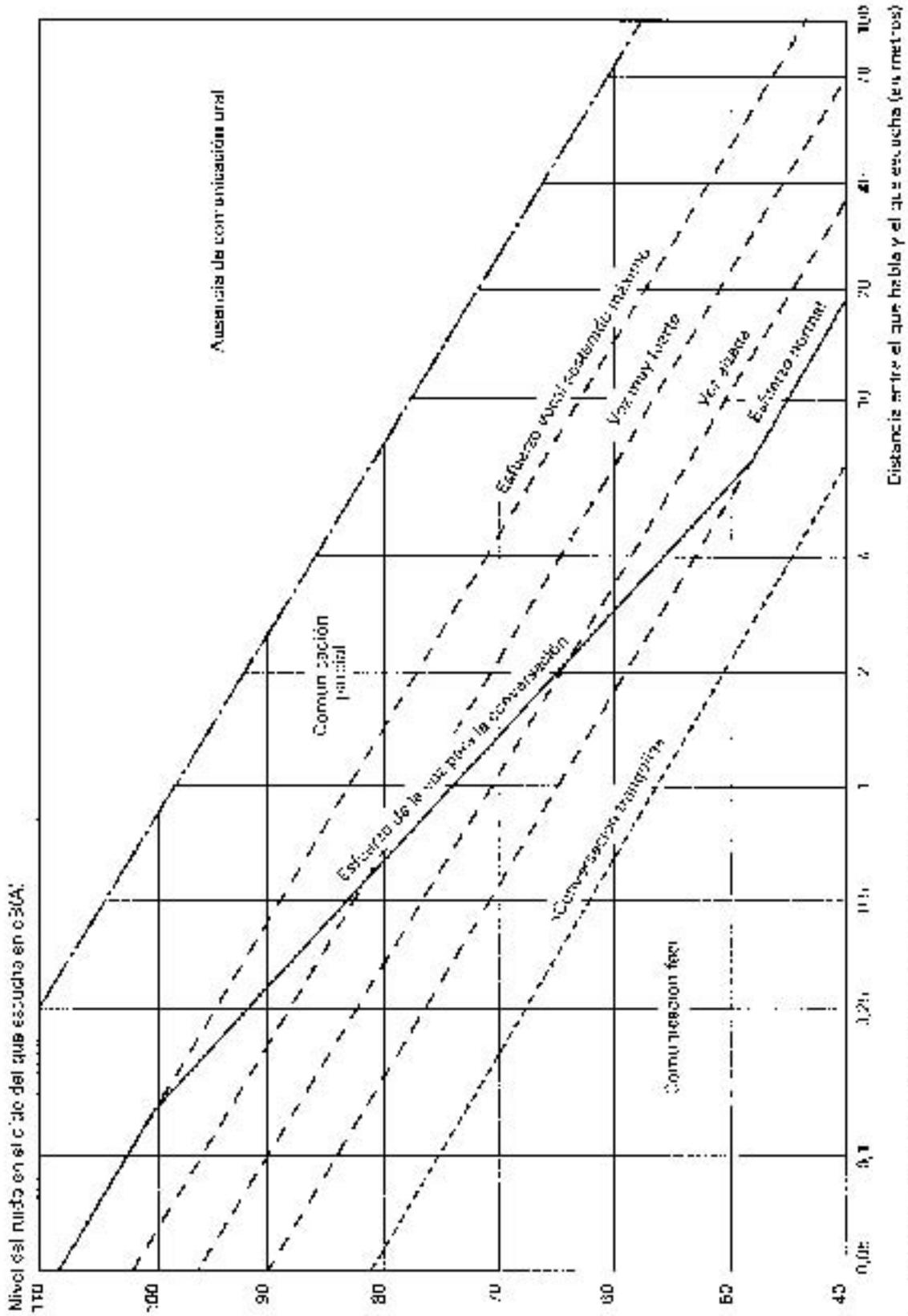


Fig. 3.1. Curvas de esfuerzo vocal y de comunicación. Fuente: Adaptado de "Acoustics and Audiology", Copyright 1978, pp. 200-201.

## Anexo D

### Tiempo estándar.

$$\text{Tiempo Promedio: } \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{tiempo ciclo})_i}{n}$$

$$\text{Tiempo Normal: } t_n = (\text{tasa de desempeño}) * \bar{t}$$

$$\text{Tiempo Normal Total: } T_n = \sum_{i=1}^n (tn)_i$$

$$\text{Tiempo Estándar: } ST = \frac{T_n}{1 - \text{porcentaje de concesión}}$$

Calculo del tiempo promedio para “asir y colocar el costal”

$$\bar{t} = \frac{8 + 9 + 8 + 11 + 7}{5} = 8.6 \text{ s}$$

Se repite para cada acción, en caso de reportarse anomalías como al “llenar el costal” y “colocar el costal en la banda transportadora”, los datos con asterisco no se toman en cuenta.

$$t_n = 1.1 * 8.60 = 9.46$$

$$T_n = 9.46 + 36.09 + 17.43 + 6.9 = 65.88 \text{ s}$$

$$ST = \frac{65.88 \text{ s}}{(1 - 0.2)} = 82.35 \text{ s}$$

### Confiabilidad.

Exactitud: h

Desviación normal estándar para el nivel de confiabilidad deseado: z

Proporción del tiempo ocioso: p

# de observaciones: n

$$n = \frac{z^2 * p * (1-p)}{h^2}$$

$$n = \frac{(2.58)^2 * 0.2 * (1-0.2)}{(0.05)^2}$$

## Anexo E

Uso de las tablas de NTPD; cálculo de TMU

$$1 \text{ TMU} = 0.0006 \text{ minutos}$$

$$TMU_{total} = \sum_{i=1}^n (TMU)_i$$

$$TMU_t = 6 + 2 + 10 + 20 + 4 + 120 + 10 + 10 = 182 \text{ TMU}$$

Tiempo Total

$$182 \text{ TMU} * \frac{0.0006 \text{ m}}{1 \text{ TMU}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ m}} = 6.552 \text{ s}$$

## Anexo F

Determinación de empleados estándar y plan de producción.

### Tiempo Estándar

$$\text{Tiempo Promedio: } \tilde{t} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Para la actividad de “tomar los componentes”

$$\tilde{t} = \frac{1.27 + 1.27 + 1.24 + 1.25 + 1.20 + 1.26 + 1.24 + 1.27 + 1.26 + 1.24}{10} = 1.25$$

Tiempo Estándar por Elemento:  $st = \tilde{t} * F * RF$

Para el mismo elemento

$$st = 1.25 * 1 * 1.05 = 1.31$$

Tiempo Estándar Total:  $ST = \sum_{i=1}^n (st)_i$

$$ST = 1.31 + 2.23 + 0.62 + 0.33 + 0.46 + 0.14 + 0.96 + 1.18 = 7.23$$

### Cuello de Botella

Número de Operarios STD por operación:  $Operarios\ STD = \frac{D_{diaria} * st}{\text{minutos/turno}}$

$$Operarios\ STD = \frac{655 + 1.3125}{480} = 1.79 \rightarrow 2\ operarios$$

Tiempo Ajustado por Estación de Trabajo:

$$\text{tiempo ajustado} / E\ de\ T = \frac{\text{Minutos STD} / \text{lámpara}}{\#\ de\ operarios\ ajustado}$$

$$\text{tiempo ajustado} / E\ de\ T = \frac{1.3125}{1.79} = 0.6563$$

Tiempo Ajustado en Cuello de Botella:

Se debe establecer qué actividad es el C.B. y ese valor se toma como indicador para establecer Eficiencia y Productividad de cada operación, en este caso el valor es de 0.66.

$$\text{Eficiencia Basada en C.B.: } E = \frac{t_{\text{ajustado}}/E.T.}{t_{\text{ajustado en C.B}}}$$

$$E_1 = \frac{0.66}{0.66} * 100 = 100 \%$$

$$E_2 = \frac{0.58}{0.66} * 100 = 87.80 \%$$

$$\text{Productividad Basada en C.B.: } P = E - 100$$

$$P_1 = 100 - 100 = 0 \rightarrow \text{SVS}$$

Cuando la productividad es igual a cero, podemos decir que la operación está “Sin Variación Sustancial”.

### **Planes de Producción**

Para poder realizar los planes de producción es necesario realizar proyecciones de la demanda mensual, conocer los días laborales y determinar un porcentaje de *stock* a manejar, así como el inventario y empleados iniciales.

Otros datos relevantes para realizar las evaluaciones son el tiempo estándar y los costos de materia prima, inventario, subcontratación, contratación y capacitación, despido, H-H, H-extra.

### Producir lo requerido por ventas

Para el mes de Julio:

#### *Reserva*

Como tenemos establecido que en *stock* debe haber un 15 % de la demanda, calculamos la reserva de la siguiente manera:

$$R = 0.15 * D_m$$

$$R = 0.15 * 14500 = 2,175 \text{ piezas}$$

\*La reserva del mes de Julio será el inventario inicial del mes de Agosto.

#### *Producción*

$$P = D_m + R - I_i$$

$$P = 14500 + 2175 - 2000 = 14,675 \text{ piezas}$$

#### *Horas-Hombre*

$$H - H_{mes} = P * \frac{ST}{60}$$

$$H - H_{mes} = 14,675 * \frac{7.3027}{60} = 1,786.12 \text{ hrs}$$

$$H - H_{dia} = \frac{H - H_{mes}}{20 \text{ días}}$$

$$H - H_d = \frac{1,786.12}{20} = 89.31 \text{ hrs}$$

### *Número de empleados*

Se considera una jornada de ocho días.

$$\# \text{ de } E = \frac{H - H_{\text{día}}}{8}$$

$$\# \text{ de } E = \frac{81.13 \text{ hrs}}{8 \text{ hrs}} = 11.16 \rightarrow 12 \text{ empleados}$$

### *Contratación y Despido*

En este caso, se establece que se inicia el periodo con 10 empleados y debido a que el plan nos indica que se requiere de 12 se considera una contratación de 2 empleados.

### *Costos de Materia Prima*

$$\$ MP = \$ MP_{\text{unitario}} * P$$

$$\$ MP = \$ 20 * 14,675 \text{ pzs} = \$293,500.00$$

### *Costos H-H*

$$\$ H - H = \$ H - H_{\text{unitario}} * H - H_{\text{mes}}$$

$$\$ H - H = \$ 8 * 1,786.12 \text{ hrs} = \$ 14,288.95$$

### *Costos de Contratación y Despido*

$$\$ \text{Contratación} = \$ \text{Contratación}_{\text{unitario}} * \text{Empleados contratados}$$

$$\$ \text{Despidos} = \$ \text{Despido}_{\text{unitario}} * \text{Empleados despididos}$$

$$\$ \text{Despidos} = \$ 90 * 2 \text{ empleados} = \$ 180.00$$

### Costo de Inventario

$$\text{\$ Inventario} = \text{\$ Inventario}_{\text{unitario}} * \text{Inventario Final}$$

$$\text{\$ Inventario} = \$ 0.30 * 2,175 \text{ pzs} = \$652.50$$

### Costo Total del Plan de Producción

Se debe sumar todos los costos del periodo para poder comparar los costos de cada plan de producción.

$$C.T. = \sum_{i=1}^n c.t._i$$

$$C.T. = c.t._{julio} + c.t._{agosto} + c.t._{septiembre} + c.t._{octubre} + c.t._{noviembre} + c.t._{diciembre}$$

$$C.T. = \$ 308,621.45 + \$ 312,020.48 + \$ 246,101.84 + \$239,827.34 + \$ 278,082.09 + \$ 266,083.59 = \$ 1,650,736.80$$

### Producir sobre demanda promedio

#### *Demanda Promedio*

$$\tilde{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{m_i}}{n}$$

$$\tilde{D} = \frac{14,500 + 14,800 + 12,100 + 11,500 + 13,000 + 12,700}{6} = 13,100 \text{ pzs}$$

#### *Producción*

$$P = \tilde{D}$$

$$P = 13,100 \text{ pzs}$$

### *Inventario Final*

$$I_f = P + I_i - D_m$$

Para el mes de Julio:

$$I_f = 13,100 + 2,000 - 14,500 = 600 \text{ pzs}$$

### *Costo de Subcontratación*

$$\$ \text{Subcontratación} = \$ \text{Subcontratación}_{\text{unitario}} * PzS_{\text{faltantes}}$$

Para el mes de Agosto:

$$\$ \text{Subcontratación} = \$ 14 * 1,100 = \$15,400.00$$

### *Costo de Horas-extra:*

$$H - e = PzS_{\text{faltantes}} * \frac{ST}{60}$$

$$H - e = 1,100 * \frac{7.3027}{60} = 134$$

$$\$ H - e = \$ H - e_{\text{unitaria}} * H - e$$

$$\$ H - e = \$ 10 * 134 \text{ hrs} = \$ 1,334.00$$

### Producir para cumplir con la demanda mínima

Para este plan de producción se elige el valor mínimo de la demanda mensual del periodo y sobre éste se trabaja, en este caso:

$$D_{min} = 11,500 \text{ pzs}$$

### Producir para cumplir con la demanda mensual promedio menos extremos

Se promedia la demanda mensual exceptuando el valor más alto y el más bajo, en este caso:

$$\bar{D} = \frac{14,500 + 12,100 + 13,000 + 12,700}{4} = 13,075$$

## Anexo G

### Capacidad de Producción/Planeación Agregada

Para resolver los problemas de “Planeación Agregada” se debe determinar las variables involucradas, las restricciones, una función objetivo y analizar si lo que se busca es maximizar o minimizar dicha función.

#### Variables

En este caso, las variables son la cantidad de cada tornillo que deberá producirse con cada máquina, los cuales denominaré como:

Máquina I	Máquina II	Máquina III
$A_1$	$A_2$	$A_3$
$B_1$	$B_2$	$B_3$
$C_1$	$C_2$	$C_3$
$D_1$	$D_2$	$D_3$
$E_1$	$E_2$	$E_3$

#### Restricciones

Debido a que no puede haber una producción negativa, la primera restricción es que las variables antes establecidas deben de ser mayor o igual a cero:

$$A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3, D_1, D_2, D_3, E_1, E_2, E_3 \geq 0$$

En base a la producción semanal de cada tornillo:

$$A_1 + A_2 + A_3 = 4,000$$

$$B_1 + B_2 + B_3 = 9,000$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 7,000$$

$$D_1 + D_2 + D_3 = 9,000$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = 4,000$$

El problema nos establece que cada máquina cuenta con 40 hrs disponibles por semana (2,400 minutos) y nos establece el tiempo que cada máquina tarda en producir cada pieza:

*Máquina I:*

$$0.2 A_1 + 0.1 B_1 + 0.2 C_1 + 0.1 D_1 + 0.2 E_1 \leq 2,400$$

*Máquina II*

$$0.4 A_2 + 0.3 B_2 + 0.2 C_2 + 0.3 D_2 + 0.3 E_2 \leq 2,400$$

*Máquina III*

$$0.5 A_3 + 0.5 B_3 + 0.4 C_3 + 0.3 D_3 + 0.5 E_3 \leq 2,400$$

### Función Objetivo

Nuestra función objetivo es determinar la cantidad a producir de cada tornillo por cada máquina minimizando el costo:

$$\begin{aligned} f_{objetivo} = & \left[ \frac{12}{60} (0.2 A_1 + 0.1 B_1 + 0.2 C_1 + 0.1 D_1 + 0.2 E_1) \right] \\ & + \left[ \frac{9}{12} (0.4 A_2 + 0.3 B_2 + 0.2 C_2 + 0.3 D_2 + 0.3 E_2) \right] \\ & + \left[ \frac{9}{12} (0.5 A_3 + 0.5 B_3 + 0.4 C_3 + 0.3 D_3 + 0.5 E_3) \right] \end{aligned}$$

### Eficiencia de Máquina con Respecto al Tiempo

Con la cantidad de tornillos producidos por cada máquina podemos determinar la cantidad de minutos que se encuentra trabajando.

$$\text{min de trabajo} = \sum_{i=A}^E tx_i * x_i$$

### Máquina I

$$\text{min de trabajo} = 0.2 * 2,667 + 0.1 * 9,000 + 0.2 * 0 + 0.1 * 9,000 + 0.2 * 334 = 2,400 \text{ min}$$

### Máquina II

$$\text{min de trabajo} = 0.4 * 0 + 0.3 * 0 + 0.2 * 7,000 + 0.3 * 0 + 0.3 * 3,333 = 2,400 \text{ min}$$

### Máquina III

$$0.5 * 1,333 + 0.5 * 0 + 0.4 * 0 + 0.3 * 0 + 0.5 * 333 = 833 \text{ min}$$

### Eficiencia de Máquina

$$E = \frac{\text{min de trabajo}}{\text{min disponibles}} * 100$$

$$E_{M_I} = \frac{2,400}{2,400} * 100 = 100 \%$$

### Eficiencia de Máquina Respecto a Producción

Este indicador compara la producción real de cada tornillo con la cantidad de tornillos que puede producir cada máquina.

$$\text{Producción Máxima} = \frac{\text{min disponibles}}{\text{tiempo de producción}}$$

Para producir tornillos A con la máquina I:

$$\text{Producción Máxima} = \frac{2,400}{0.2} = 12,000$$

$$E = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Máxima}} * 100$$

$$E = \frac{2,667}{12,000} * 100 = 22.23 \%$$

### Productividad

$$P = E - 100$$

$$P = 22.23 - 100 = -77.78\%$$

## Anexo H

Reglas de Decisión

First Come Firs Serve

Tiempo de Procesamiento:  $t_p = \text{Días de Producción}$

Flujo de Tiempo por Trabajo:  $ft_i = \sum_{i=1}^n t$

Flujo de Tiempo Total:  $FT = \sum_{i=1}^n ft_i$

Fecha de Entrega Real:  $FE_R = F_{actual} + ft_i$

Retraso:

$$R = FE_R - FE$$

\*Sólo si  $FE_R > FE$

Tiempo Promedio de Terminación:  $\tilde{t}_T = \frac{FT}{n}$

# Promedio de Trabajos en el Sistema:  $\tilde{T}_s = \frac{FT}{t_p}$

Retraso Promedio del Trabajo:  $\tilde{R}_T = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$

Trabajo	$t_p$	Ft	FE	FER	R
A	20	= 20	180	= 130 + 20	N.A.
B	30	= 20 + 30	200	= 130 + 50	N.A.
C	10	= 20 + 30 + 10	175	= 130 + 60	= 190 - 175
D	16	= 20 + 30 + 10 + 16	230	= 130 + 76	N.A.
E	18	= 20 + 30 + 10 + 16 + 18	210	= 130 + 94	= 224 - 210
<b>Total</b>	94	300			21

Critical Ratio

$$CR_i = \frac{FE_i - F_{actual}}{t_p}$$

Para este método, aquel trabajo cuyo C.R. es mayor debe tener mayor prioridad.

## Anexo I

Ruta crítica

Demanda diaria:  $D_{diaria} = \frac{D_{semanal}}{días_{laborales}}$

$$D_{diaria} = \frac{3,000}{5} = 600 \text{ u/d}$$

Tiempo ciclo:  $t_c = \frac{minutos_{por\ día}}{D_{diaria}}$

$$t_c = \frac{5 \text{ hrs} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}}}{600 \text{ u}} = 0.5 \text{ min/u}$$

Tiempo Estándar Total:  $ST_T = \sum_{i=1}^n ST_i$

$$ST_T = 0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.2 + 0.1 + 0.3 + 0.1 + 0.1 + 0.2 + 0.1 + 0.2 + 0.2 + 0.1 = 1.9$$

Número mínimo de estaciones:  $\# \min_{estaciones} = \frac{ST_T}{t_c}$

$$\# \min_{estaciones} = \frac{1.9}{0.5} = 3.8 \rightarrow 4 \text{ estaciones}$$

Eficiencia de estación:  $E = \frac{tiempo\ total\ de\ estación}{tiempo\ de\ estación\ mayor}$

$$E_{IV} = \frac{0.4}{0.5} * 100 = 80\%$$

Productividad:  $P = E - 100$

$$P_{IV} = 80 - 100 = -20\%$$