

878517 / 25

UNIVERSIDAD NUEVO MUNDO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
AREA INDUSTRIAL

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



"MANUAL BASICO DE INGENIERIA INDUSTRIAL"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
AREA INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

CARLOS MANUEL GARCIA GALEANA

DIRECTOR DE TESIS:
Ing. Cuauhtémoc Carrasco C.

México, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

Tesis Mac

IMPRESA

REVISADO

" MANUAL BASICO DE INGENIERIA INDUSTRIAL "

I N D I C E

CAPITULO 1: PLANEACION DE LA INVESTIGACION DE CAMPO.

1.1.- Problemática	1
1.2.- Objetivo de la Investigación.....	1
1.3.- Hipótesis.....	2
1.4.- Universo de Estudio.....	2
1.5.- Muestra.....	2
1.6.- Metodología.....	2
1.7.- Tipo de Estudio.....	3
1.8.- Escala de Evaluación.....	3
1.9.- Cuestionario.....	3
1.10.- Resultado.....	5

CAPITULO 2: INTRODUCCION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL.

2.1.- Generalidades.....	9
2.2.- La Ingeniería Industrial.....	10
2.3.- Introducción al Estudio de Tiempos y Movimientos.....	12
2.4.- Historia y Desarrollo de la Ingeniería Industrial....	15
2.5.- Tendencias actuales de la Ingeniería Industrial.....	20

CAPITULO 3: MEDICION DE TIEMPOS.

3.1.- Generalidades.....	24
3.2.- Equipos para el Estudio de Tiempos.....	25
3.3.- Realización del Estudio de Tiempos.....	30
3.4.- Toma de Tiempos.....	33
3.5.- Calificaciones para el Operario.....	38
3.6.- Márgenes y Tolerancias de Tiempos.....	46
3.7.- El Tiempo Estándar.....	53

CAPITULO 4: INVESTIGACION DE OPERACIONES.

4.1.- Generalidades.....	54
4.2.- Optimización.....	56
4.3.- La Técnica de la Simulación.....	59
4.4.- Módulos Básicos.....	62
4.5.- Balance de Materiales.....	66
4.6.- Balance de Energía.....	71
4.7.- Método.....	88

CAPITULO 5: DIAGRAMAS DE PROCESO.

5.1.- Generalidades.....	90
5.2.- Diagramas de Operaciones de Proceso.....	91
5.3.- Diagramas de Flujo de Proceso.....	93
5.4.- Diagramas de Recorrido de Actividades.....	100
5.5.- Diagramas de Proceso Hombre-Máquina.....	102
5.6.- Diagramas de Barras o de Gantt.....	106

CAPITULO 6: MICROMOVIMIENTOS.

6.1.- Generalidades.....	110
6.2.- Movimientos Fundamentales.....	112
6.3.- Realización del Estudio de Micromovimientos....	118
6.4.- Forma de Hacer la Película.....	123
6.5.- Análisis del Videocassette o Película.....	124
6.6.- Implantación del Estudio de Macromovimientos....	131

CAPITULO 7: SIMPLIFICACION DEL TRABAJO.

7.1.- Generalidades.....	132
7.2.- Economía de Movimientos.....	138
7.3.- Factores Relacionados con el Lugar donde se Trabaja.....	142

CAPITULO 8: CONTROL DE CALIDAD.

8.1.- Sistemas de Control de Calidad.....	149
8.2.- Sistemas de Control de Procesos.....	151
8.3.- Programación en el Tiempo.....	154

CAPITULO 9: SISTEMAS DE REMUNERACION.

9.1.- Generalidades.....	157
9.2.- Incentivos y Clasificación.....	158
9.3.- Planes Económicos Directos.....	160
9.4.- Implantación de un Plan de Incentivos.....	188
9.5.- Aspectos Legales.....	192

CAPITULO 10: SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL.

10.1.- Generalidades.....	198
10.2.- Normas y Reglas de Seguridad e Higiene.....	199
10.3.- Leyes Relativas a la Seguridad.....	204
10.4.- Prevención y Protección Contra Incendios.....	206
10.5.- Manejo de Herramientas Manuales.....	212
10.6.- Señalización.....	214

CAPITULO 11: IMPLEMENTACION DE LOS ESTUDIOS.

11.1.- Generalidades.....	220
11.2.- Establecimientos y Mantenimiento de Estándares de Tiempo.....	220
11.3.- Implantación de un Departamento de Ingeniería Industrial en una Empresa.....	227
11.4.- Recomendaciones Adicionales.....	232

CAPITULO 12: PRACTICAS PARA LABORATORIO.

CONCLUSIONES.....	237
--------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA GENERAL.....	i
----------------------------------	----------

"MANUAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL"

CAPITULO 1:

Planeación de la Investigación de Campo.

1.1.- Planteamiento de la Problemática:

Se ha detectado que muchos de los textos tradicionales de la Ingeniería Industrial "Manuales", están enfocados en gran parte a la industria metalmeccánica, técnica o eléctrica; que si bien representa un campo muy amplio para la aplicación de conocimientos, no es ni con mucho un porcentaje importante del área total de los aplicables en los fundamentos de la Ingeniería Industrial.

También existe una falta de secuencia de los contenidos temáticos, la cual aquí se mencionará de acuerdo a la opinión de Ingenieros Industriales, con experiencia profesional y docente aplicada al plan de estudios para la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

1.2.- Objetivo de la Investigación:

Establecer una jerarquía de temas y contenidos de las materias básicas que requiere la formación de un Ingeniero Industrial en forma de Manual.

Así como coadyuvar a que el estudiante y futuro Ingeniero tenga un elemento útil y básico, apoyado en los conceptos más importantes del área; además de un complemento necesario para comprender, manejar y entender el campo del Ingeniero Industrial en aspectos que harán de éste un buen profesionista.

Se podrá considerar como un libro de consulta que en base a la teoría actual, maneja los conceptos fundamentales; que además de lo anterior, impulsará al Ingeniero Industrial para su óptimo desarrollo profesional.

1.3.- Hipótesis.

Es posible establecer la secuencia de contenidos y materias sobre los conocimientos básicos de Ingeniería Industrial de acuerdo a expertos docentes de la materia. Aunque no necesariamente.

1.4.- Universo de Estudio.

Ingenieros de diversas áreas, los cuales llevaron materias curricula del plan de estudios de la carrera.

1.5.- Muestra.

Se decidió en considerar a varios catedráticos de la Universidad Nuevo Mundo (U.N.U.M.), relacionados con la carrera:

- 2 Ingenieros Mecánicos
- 1 Ingeniero Mecánico Eléctrico
- 1 Ingeniero Químico
- 1 Ingeniero Industrial
- 1 Ingeniero Civil
- 1 Ingeniero Electromecánico

Así como a expertos relacionados profesionalmente dentro de la industria.

- 8 Ingenieros Industriales
- 5 Ingenieros Mecánicos.
- 7 Ingenieros en Sistemas

1.6.- Metodología.

Para realizar la metodología del presente estudio se llevaron los siguientes pasos:

1. Visitar a profesores dentro y fuera de clases y se les

solicitó llenar un cuestionario.

- 2.- Se les presentó un cuestionario.
- 3.- En base a cada una de las opiniones se hizo un conteo o suma total de las respuestas.
- 4.- En base al valor asignado a cada materia se les dio un orden, el cual se presenta en este trabajo.

1.7.- Tipo de Estudios.

Es considerado como un tipo de estudio de observación, descriptivo y transversal debido a lo siguiente:

Es de observación: Porque está basado en opiniones de observación directa.

Es descriptivo: Porque se consideró una población docente.

Es transversal: Porque se maneja una sola vez las variables.

1.8.- Escala de Evaluación.

La evaluación del cuestionario fue en base a una escala -- del 1 al 10, en donde:

Del 10 al 9: Son los valores más altos a cada tema considerados como los más importantes.

Del 8 al 6 : Son los valores medios a cada tema.

Del 5 al 1 : Son los valores bajos de cada tema.

1.9.- Cuestionario.

El cuestionario, instrumento fundamental para el desarrollo de este estudio, fue realizado cuidadosamente seleccionando en primer lugar, las materias concernientes a la Ingeniería Industrial (sin considerar materias técnicas, eléctricas, etc.).

Posteriormente se procede a acomodar de acuerdo a la forma en que por su contenido son importantes.

En dicho cuestionario se abarcan temas de gran interés e importancia para el Ingeniero Industrial, que van desde su historia hasta lo más actualizado.

A continuación se presenta el cuestionario:

- I. Sirvase contestar el siguiente cuestionario, anotando en las columnas el número correspondiente. Número asignado de acuerdo a su interés e importancia.

Materia: Ingeniería Industrial.

Temas: _____

Ing. del Producto: _____

Control de Producción: _____

Mantenimiento Industrial: _____

Admón. de Personal: _____

Materia: Investigación de Operaciones.

Temas: _____

Optimización y simulación: _____

Módulos Básicos: _____

Métodos: _____

Materia: Optimización.

Modelado: _____

Actividades de Evaluación: _____

Materia: Ingeniería Industrial:

Temas: _____

Ingeniería y el Medio: _____

Problemática de Ingeniero:

El proyecto de Ingeniería Industrial:

Materia: Estudio del Trabajo:

Temas:

Análisis Factorial:

Seguridad e Higiene Industrial:

Materia: Métodos Numéricos:

Temas:

Aproximación Numérica:

Fórmula de Taylor:

Interpolación y Derivación Numérica:

Materia: Recursos y necesidades de México:

Temas:

Infraestructura:

Desarrollo Industrial:

Economía Actual:

Política Actual:

11. Si desea agregar un tema no expuesto anteriormente,
anótelo:

1.10.- Resultado:

El resultado del cuestionario anterior para dar un orden adecuado según el contenido para cada materia. Se debe indicar

que no sólo se tomaron esos puntos de vista así como esos temas, sino que se proponen y anexan otros que creo también son de importancia básica para el Ingeniero Industrial.

De tal manera que el orden quedó de la siguiente manera:

(Sólo se mencionan los temas, dentro del mismo se tratan los contenidos).

- Ingeniería Industrial (2 temas)
- Medición de tiempos
- Inv. de Operaciones
- Estudio del Trabajo
- Métodos Numéricos
- Control de Calidad
- Necesidades de México

Además de estos temas, se suman otros como Medición de tiempos, Diagramas de proceso y Micromovimientos, que en conjunto hacen más completo este trabajo para tener una base más sólida.

CUESTIONARIO SOBRE LA PLANEACION DE INVENTARIO
DE CAMPO CON LOS VALORES DE LOS INGENIEROS EN-
CUESTADOS.

1. Ingeniería Industrial.

* Ingeniería y el Medio	8	9	5	6	7
* Problemática del Ingeniero Industrial	10	9	8	7	8
* El proyecto de Ingeniería	10	10	10	8	10

2. Ingeniería Industrial.

* Ingeniería del Producto	10	10	10	4	10
* Control de la Producción	8	9	8	8	9
* Mantenimiento Industrial	8	8	7	8	8
* Administración de Personal	6	6	5	7	8

3. Inventario de Operaciones.

* Programación Lineal	10	10	9	4	7
* Problema de Transporte	8	7	8	8	9
* Dualidad	8	8	7	8	8
* Teoría de Colas	6	6	7	8	6
* Método Montecarlo	6	6	7	8	6

4. Optimización.

* Modelado	8	9	8	8	7
* Redes	8	8	6	7	8
* Actividad de Evaluación	8	7	7	6	7

5. Estudio del Trabajo					
* Análisis Factorial	6	7	6	7	8
* Estudio del Trabajo	8	9	6	8	9
* Seguridad e Higiene Industrial	10	10	10	10	10
6. Métodos Numéricos					
* Aproximación Numérica	8	9	8	8	9
* Fórmula de Taylor	6	7	8	8	7
* Interpolación y Ordenación Numérica	6	7	9	7	6
* Soluciones de Ecuaciones	6	7	8	7	9
7. Estadística Aplicada					
* Aplicaciones Industriales	10	10	9	10	10
* Métodos de Predicción	8	9	10	9	10
* Control de Calidad	10	10	8	9	9
* Econometría	8	9	10	9	8
* Diseño de Experimentos	6	7	8	9	9
8. Técnicas de Evaluación Económica					
* Costos de Evaluación	8	7	7	6	8
* Comparación de Costos	8	7	8	6	8
* Valor Anual y Valor Presente	6	5	9	6	6
* Impuestos	6	5	8	6	8
* Sensibilidad	6	6	8	6	7
9. Recursos y Necesidades de México					
* Infraestructura	6	8	8	8	9
* Desarrollo industrial	8	9	7	8	9
* Economía Actual	8	8	9	8	9
* Política Actual	8	6	8	8	9
10. Otros.					
11. Sugerencias.					

CAPITULO 2:

Introducción a la Ingeniería Industrial.

2.1.- Introducción:

Dentro de la época actual, los mercados externos e internos se tornan cada vez más competitivos, en donde el factor de productividad en organizaciones es de vital importancia para el éxito de las mismas.

Siendo México un país cuyo nivel de productividad en la Industria puede mejorarse considerablemente, y dado que es generalmente reconocida la Ingeniería Industrial como campo científico de conocimientos idóneos para lograr mayor nivel de productividad, se puede afirmar que la Ingeniería Industrial tiene dentro de la Industria Mexicana un campo fértil en el cual deberá aplicar todos los conocimientos en el menor tiempo posible para alcanzar la meta común: La Eficiencia.

Por ello debe catalogarse a la Ingeniería Industrial como una área prioritaria dentro del esquema nacional del desarrollo actual.

La Industria Nacional ha sido tradicionalmente una industria protegida y con mercados cautivos y noble, lo que en un momento dado propició que los niveles de eficiencia no fuesen los óptimos.

Además, la abundancia de mano de obra en el país, así como el alto costo que representaría para la Industria Nacional adquirir esta tecnología que permitiese una mayor automatización, hace aún más evidente la necesidad de aplicar los principios fundamentales de la Ingeniería tradicional, debido a que éstos están enfocados principalmente a la obtención de mejores rendimientos de trabajadores y obreros en plantas Industriales.

Podemos concluir, que una modernización radical y total en la Industria Mexicana podrá tener lugar en un período corto de tiempo, por lo que debe ser fundamental mejorar el incremento de

la productividad a partir de mejores rendimientos de la mano de obra, equipos, materiales, capacitación y conducta organizacional.

De aquí la importancia de los centros de enseñanza que logren formar profesionales capaces preparados para que puedan llevar a cabo una labor para hacer más productiva la industria Nacional.

En este contexto, y como respuesta a la problemática expuesta en este estudio, pretendo contribuir a proporcionar los conocimientos sobre los principios fundamentales en que se basa la Ingeniería como medio para obtener una mayor productividad. Se ha pretendido que los conocimientos sean amalgamados en forma didáctica y concreta, pero apegados a la realidad dentro de la Industria Mexicana.

A continuación se exponen los conceptos primordiales referentes a la Ingeniería Industrial y puesto que ésta se encuentra ligada al estudio de Tiempo y Movimientos, presentamos un esquema general sobre los principales componentes del Estudio de Tiempos y Movimientos, así como un método general para la resolución de problemas.

Se presenta una cronología histórica del desarrollo del estudio de Tiempos y Movimientos, ya que esto nos permitirá tener una concepción más clara de los orígenes y objetivos que persigue la Ingeniería Industrial.

2.2.- Ingeniería Industrial.

Como consecuencia de la Revolución Industrial, las organizaciones Industriales tuvieron la necesidad de adaptarse a las innovaciones tecnológicas que presentaban frecuentemente, esto trajo como resultado que el tamaño y la complejidad de las unidades industriales manufacturadas aumentaran drásticamente. La producción en masa fue hecha posible a través de dos conceptos fundamentales:

1. El intercambio de las partes.
2. La especialización de la Mano de Obra.

La primera se refiere a las ventajas de lograr la estandarización de los diferentes componentes de la manufactura de tal suerte que puedan ensamblarse las diferentes partes de cualquier lote de producción, sin que esto ocasione problemas de funcionamiento en el producto final.

El segundo, la especialización de la mano de obra se refiere a las ventajas que tiene para el aparato productivo destinar un operario exclusivamente para el trabajo específico, que funcione como eslabón en la cadena del proceso de manufactura.

Debido a la producción en masa, el costo unitario de los productos al consumidor se redujo en forma considerable.

Durante las primeras etapas de este movimiento se reconoció - que las prácticas de dirección y administración que habían funcionado bien en el pasado para pequeñas organizaciones productivas eran inadecuadas para una grande y compleja. La necesidad de mejorar dichos sistemas fue lo que condujo al desarrollo de lo que se conoce como Ingeniería Industrial.

Por tanto, podemos decir que a la Ingeniería Industrial le concierne el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados por el hombre, materiales y equipo. Se fundamenta en el conocimiento de una especialización y de ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios, métodos de análisis y diseño de la Ingeniería, para especificar predecir y evaluar los resultados que han de obtener de dicho sistema.

Esta definición que es la oficial del Instituto de Ingeniería Industrial en América, es muy amplia, pero no describe actividades específicas que se deben considerar como partes de la Ingeniería Industrial; las cuales son descritas a detalle por el American Institute of Industrial Engineering⁽¹⁾ como sigue:

1. Selección de procesos y métodos de ensamble.
2. Selección y diseño de herramental.
3. Diseño de Instalaciones y distribución de equipo.
4. Diseño o mejoramiento de sistemas de planeación y control para la distribución de bienes y servicios, producción, inventarios u otra función.
5. Desarrollo de sistemas de controles de costos.

6. Desarrollo del producto.
7. Diseño e instalación de sistemas de evaluación de proyectos y sistemas.
8. Diseño e instalación de sistemas de información gerencial.
9. Desarrollo de sistemas de sueldos e incentivos.
10. Desarrollo de valuaciones y eficiencia.
11. Desarrollo de valuaciones de puestos.
12. Evaluaciones de rentabilidad y eficiencia.
13. Investigación de operaciones.
14. Diseño e instalación de sistemas procesadores de datos.
15. Sistemas de oficinas, procedimientos y políticas.
16. Planeación organizacional.

Como se aprecia; el campo de la Ingeniería Industrial es extenso sin embargo es importante señalar que el presente trabajo se enfoca a las áreas relativas al estudio del trabajo.

Dentro de la concepción actual de la Ingeniería Industrial el concepto de productividad sigue siendo una de las principales preocupaciones de los responsables de los aparatos productivos modernos.

Se puede apreciar que la eficiencia traerá consigo una mayor productividad, es por ello que ambos conceptos quedan ligados, aunque de ninguna manera tienen el mismo significado.

2.3.- Introducción al Estudio de Tiempos y Movimientos.

El estudio de tiempos y movimientos es el análisis sistemático de los métodos de trabajo con el fin de:

- 1) Desarrollar el método y mejor sistema.
- 2) Estandarizar dicho método.
- 3) Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada realice cierta tarea a marcha normal.
- 4) Mejor adiestramiento para el operario.

Explicando cada uno de los incisos anteriores tenemos:

- (1) American Institute of Ind, Engineers; Membership Manual, secc. A. pág. 6-7.

1) Desarrollar el mejor método, Cada sistema productivo debe enfocarse por buscar la forma de proporcionar los bienes y servicios en la que se aprovechen de mejor manera; para lo cual nos podemos apoyar en lo siguiente:

- a) Definir el problema. Especificar con otras palabras.
- b) Análisis del problema. Determinar especificaciones y normas.
- c) Buscar soluciones. Uso de la creatividad.
- d) Recomendaciones para la implantación mediante reportes y análisis para realizar cada una de las operaciones que se precisen.

Es importante mencionar que el estudio de tiempos y el de movimientos son dos procedimientos diferentes; sin embargo por el Ingeniero son usados de igual manera.

De acuerdo a la terminología standar de Ingeniería Industrial de la ASME (Standar Industrial Engineering Terminology),⁽²⁾ el estudio de movimientos se define por:

"... el análisis de los movimientos manuales y de los ojos -- que se realizan en el ciclo de una operación o trabajo con el fin de eliminar movimientos inútiles y obtener una mejoría".

En la misma publicación se define el estudio de tiempos por:

"...el procedimiento por el cual se determina el tiempo real empleado para realizar una operación o elementos de ella, mediante un medidor o cronómetro de tiempo".

2) Estandarización de las operaciones: Una vez concebido el mejor método de hacer un trabajo, se procede a su estandarización.

(2) ASME Industrial Engineering Terminology, American National - Standar Z-94, 1972, Vol. 12 Work measurment and methods, New York.

El trabajo debe descomponerse en tareas u operaciones específicas, descritas detalladamente; especificando el tamaño, forma y calidad del material, las herramientas y dispositivos de fijación, calibres y máquinas o herramientas.

3. Determinación del Tiempo Estándar:

Cuando se haya hecho el método tan eficiente que se justifique económicamente y realizada su estandarización, la tarea que preparada para el estudio de tiempos el encargado de este estudio puede hacerlo con cualquier operario que lo desee.

El método más común para medir un trabajo manual es quizá el estudio de tiempos con cronómetro. La operación que se ha de estudiar se divide en elementos pequeños y cada uno de ellos se cronometra con exactitud. Para cada uno de dichos elementos se encuentra un valor de tiempo representativo o seleccionado y se suman a todos estos valores, a fin de obtener el tiempo total elegido para ejecutar la operación. El observador del estudio, valora la velocidad desarrollada por el operario durante el estudio y corrige el tiempo elegido mediante este factor de valoración; este tiempo corregido se le conoce como tiempo estándar, al cual se le añaden suplementos por necesidades personales como fatigas y esperas, cuya suma total es el tiempo fijo de trabajo.

4. Adiestramiento del Operario:

Se tiene que enseñar al operario a seguir el método aprobado, siempre es importante entrenarlo para que se consiga de éste una -- aceptable producción. Es evidente que no se puede esperar que los operarios descubran por sí mismos el método que el encargado de estudio de movimientos desarrolló como resultado de horas de estudio.

Además no puede hacerse un estudio exacto hasta que el operario siga el método aprobado hábilmente.

El analista tiene una valiosa ayuda para estos menesteres en

las hojas de instrucciones estandarizadas u hojas de descomposición de elementos. Cuando se ha de preparar un número de empleados a -- una sola operación es conveniente realizarlo en departamentos de -- aprendizaje separado en donde se utiliza diagramas, demostraciones y películas.

Resumiendo este inciso, diremos que los objetivos que persigue el estudio de tiempos y movimientos son: someter cada operación de trabajo de una pieza a un análisis minucioso para eliminar toda operación innecesaria, determinar el procedimiento más rápido y realizar cada una de las operaciones que se precisen, estandarizar además los métodos y las condiciones de trabajo; así como determinar mediciones científicas, el número de horas estándar en que se puede ejecutar la tarea de un obrero medio.

2.4.- Historia y Desarrollo de la Ingeniería Industrial:

La Ingeniería Industrial tal como la concebimos, es el producto de una evolución racional emprendida por ilustres pensadores que en las pasadas dos centurias trataron de hacer más simple el proceso productivo para el hombre menor trabajo, mayor producción. Las raíces de la Ingeniería Industrial se encuentran en la Revolución Industrial, cuyos comienzos van en los siglos XVIII y XIX, como consecuencia de las invenciones de muchos dispositivos industriales.

El primero en detectar las necesidades de aplicar criterios racionales y científicos fue el economista Británico Adam Smith; -- aunque anteriormente existieron los esfuerzos del francés Perronet que por tener poca difusión son intrascendentes.

Por el año de 1776 Smith, en su libro "Wealth of Nations"; habla acerca del principio de División de Labores, el cual establece la conveniencia de asignar una sola tarea a cada trabajador y en caso de no ser posible deberá asignarsele el menor número de tareas posible, este principio presenta tres ventajas económicas:

- 1) Se desarrollará una habilidad en el operario al hacer una tarea repetitivamente.
- 2) Un ahorro de tiempo, porque no cambia actividad.
- 3) El desarrollo de una capacidad de invención de herramientas.

Con el surgimiento de las factorías comienza la administración y el pensamiento administrativo. Sir Richard Arkwright, gran inventor, desarrolló implemento el Código de Disciplina Laboral.

Charles Babbage, es reconocido por el desarrollo de la máquina calculadora y por su obra "The Economy of Machinery and Manufactures" y varios otros análisis sobre las operaciones de manufactura.

Las bases de lo que llegaría a ser la Ingeniería Industrial fueron puestas por algunos estudiosos principalmente norteamericanos; en donde dentro de éstos destaca a quien se le ha llamado el Padre de la Administración Científica y la Ingeniería Industrial -- Frederick W. Taylor (1856-1915).

Taylor era Ingeniero Mecánico, quien inició investigaciones acerca de mejoras de trabajo las cuales lo llevaron a ser el primer individuo que desarrolló la Teoría Integral de Principios de Administración. (5)

Los métodos que Taylor utilizó fueron científicos debido a la acumulación de datos, estudios analíticos y derivación de principios.

Postuló cuatro principios fundamentales vigentes hoy en día, los cuales conciernen a la gerencia y obligaciones que a continuación se enuncian:

(5) Taylor, F.W. "The principales of scientific management", Haper & Brothers, New York, 1911, 144 pág.

1. Se debe pugnar por el desarrollo de una ciencia que pueda aplicarse a cada elemento del trabajo humano para reemplazar los métodos rutinarios.

2. Seleccionar el mejor trabajador para cada tarea.

3. Crear un espíritu de profunda cooperación entre la dirección y los trabajadores, con el objeto de que las actividades se desarrollen de acuerdo al método perfeccionado.

4. La división del trabajo casi en iguales circunstancias entre la dirección y los trabajadores debiendo cada departamento encargarse de la tarea para la cual esté mejor preparado.

Posteriormente, Henry L. Gantt, de quien hablaremos posteriormente se asoció con él y trabajaron en el establecimiento de estándares para todos los trabajos de producción. Carl Bath, trabajando para Taylor, perfeccionó su herramienta para el corte del metal. Taylor y Manussell White descubrieron el acero de alta velocidad para herramientas.

Uno de los conceptos organizacionales de Taylor, fue la supervisión racionalizada. Concebía el trabajo de los superiores como compuesto de ocho funciones principales, cada una de las cuales podría ser asignada a un supervisor especializado quien se concentraría en dicha función, cada función tendría entonces ocho jefes especializados.

Taylor era un hombre de fuertes convicciones y diferencias personales con la compañía acerera, las cuales lo orillaron a renunciar en 1901 a partir de entonces y hasta el día de su muerte, Taylor se convirtió en consultor gerencial, evocándose primordialmente a resolver problemas industriales y de negocios, mediante métodos científicos; además de revelarse como escritor y excelente conferencista. Su último libro "The Principles of Scientific Management"⁽⁶⁾ fue el primer intento de delinear una filosofía integral de la administración. Taylor fue el primero en ver la interconexión entre varios elementos de la administración e intentó envolverlos en concepto unificado. Su fórmula para la máxima producción incluye tres elementos:

(6) Taylor, F.W. "The principles of Scientific Management", Haper & Brothers, New York, 1911, 144 pág.

- a) Una tarea definida.
- b) Un tiempo definido.
- c) Un método definido.

Puede resumirse la invaluable contribución de Taylor a la ingeniería como sigue:

1. Estándares de Trabajo.
2. Sistemas Diferencial de Trabajos.
3. Supervisión Funcional.
4. La "Revolución Mental" que Taylor describió como la condición necesaria para el establecimiento de la administración científica.
5. Una serie de escritos extensivos sobre conceptos administrativos que incluyen tres libros: Industrial Leadership; Work, Wages and Profits; and Organization for Work.

Pese a que tanto Taylor como Gantt lograron establecer métodos científicos en materia de estudios y tiempos, tocaría al extraordinario equipo de esposos Frank Bunker Gilbreth (1868-1924) y Lillian Moller Gilberth, ser los fundadores del Estudio de Movimientos.

El Estudio de Movimientos puede definirse como el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se utilizan para ejecutar una operación laboral determinada, con la mira de mejorar éste, eliminando los movimientos innecesarios y simplificando los necesarios, logrando una eficiencia máxima. Un ejemplo de la forma de trabajar de Gilbreth, es famoso experimento sobre el tendido de ladrillos en la Industria de la Construcción.

Entre sus principales contribuciones se encuentra el plan - - Emerson de Incentivo a la Eficiencia, un plan que garantiza el sueldo base de un día y paga un bono diferencial. En uno de sus libros, "Tha twelve principles of Efficiency" define la esencia de una organización exitosa. Los doce principios de Emerson son los siguientes:

1. Ideales claramente definidos.
2. Sentido común.
3. Personal competente.
4. Disciplina.
5. Tratos justos.
6. Información confiable, inmediata y adecuada.
7. Atenciones.
8. Estándares.
9. Condiciones estandarizadas.
10. Operaciones estandarizadas.
11. Instrucciones de prácticas estandarizadas.
12. Recompensa a la eficacia.

Morris L. Cooke contribuyó con la aplicación de los principios de Taylor, él trabajó como Director del Departamento de Obras Públicas de la Ciudad de Filadelfia, E.U., aplicó las teorías de Taylor y Gilbreth en especificaciones estandarizadas para contratos y de productividad en muchas de las fases de la administración de su Ciudad, su mayor contribución es la aplicación del pensamiento de administración científica al área de operaciones gubernamentales.

Independientemente, pero al mismo tiempo, Henry Fayol, ingeniero francés, realizó grandes contribuciones en el campo de la gerencia del más alto nivel administrativo. Su libro "Administration Industrielle et Generale", describe su pensamiento. Fayol dividió los negocios y las operaciones industriales en seis grandes grupos:

1. Técnico.
2. Comercial.
3. Financiero.
4. De Seguros.
5. Contabilidad.
6. Administrativo.

Reconoció que debería existir una sola cabeza para una Empresa y que cada individuo en la organización debería depender de sólo una superior. Su trabajo en la definición de principios de la Administración, es bien conocida y aceptada.

Otro destacado pionero de la Ingeniería es Walter A. Shewart físico laboratorista, quien desarrolló unos diagramas para la medición y el control de variables, así como el concepto de subgrupo racional y su uso, determinó que este concepto es más efectivo, si se deja que el proceso establezca los límites naturales de la variabilidad.

Para 1931, produce su gran texto "Economic Control of Quality of Manufactured product", en el cual el tópico de control de calidad es expuesto, incluyendo la teoría filosófica, el aspecto económico del mismo. El campo de control de calidad industrial toma su nombre de esta obra y los diagramas de control son llamados frecuentemente Diagramas de Shewhart.

2.5.- Tendencias actuales de la Ingeniería Industrial.

Una era altamente significativa en el desarrollo de la Ingeniería Industrial comenzó después de la Segunda Guerra Mundial. Un gran número de nuevas actividades aparecieron, y la aplicación de principios y técnicas se fue ampliando. El alto ritmo de desarrollo tecnológico, requirió un mayor uso de la Ingeniería Industrial en muchos campos, teniendo como resultado una demanda sin precedentes de gente con entrenamiento en esta disciplina.

En la actualidad existen siete actividades y técnicas que son las de más trascendencia en el contexto del mundo exterior y que se mencionará a continuación:

1.- El Estudio de Tiempos y Movimientos. Desde su concepción, hasta el día de hoy sigue siendo la mejor forma de lograr una mayor eficiencia.

Actualmente, mediante pruebas y la instrucción del personal se considera un hecho que los individuos difieren en potencialidad de trabajo. El analista actual reconoce que los trabajadores se resisten, y con razón, a ser tratados como máquinas.

El técnico en estudios y movimientos en la actualidad debe -- aplicar un enfoque en términos humanitarios. Debe tener amplios co

nocimientos del estudio de la conducta humana y ser perito del arte de la comunicación. Siempre debe saber escuchar, indicando que respeta las ideas y opiniones de otros particularmente del operario en cuestión. Debe dar crédito a quienes lo ameritan en realidad y, -- también dar crédito a la otra persona, aun cuando dude si lo merece.

Los negocios, la industria y el gobierno convienen en que la potencialidad bien encausada para acrecentar la productividad es la mejor medida para afrontar la inflación. La clave principal para aumentar la productividad es una aplicación continua de principios de los métodos, estándares y salarios. Sólo de este método puede lograrse un mayor rendimiento de hombres y máquinas.

2.- La Ingeniería Industrial y la Computadora. El desarrollo de la primera computadora electrónica digital (ENLAC) en 1946, dio lugar a una nueva era de sofisticadas y veloces operaciones de cálculo y almacenamiento de información. Los Ingenieros Industriales están relacionados con ella de muchas formas: les concierne el diseño de las instalaciones computacionales desde el punto de vista gerencial, para hacer el uso correcto de la información obtenida en el proceso de toma de decisiones, también para resolver problemas complicados en la industria, como los que involucren técnica de programación, así como para controlar y operar los procesos de flujo continuo.

3.- El Desarrollo de Análisis y Diseño de Sistemas. En el área de procedimientos para la planeación y control, mucha atención se le está prestando a todos los tipos de sistemas de análisis y diseño.

4.- La Aplicación de Herramientas Matemáticas y Estadísticas. Cada vez es más reconocido el hecho de que las altas técnicas matemáticas puedan ser aplicadas exitosamente para la solución de problemas industriales y de negocios.

La teoría estadística ha sido aplicada en muchos problemas, el control Estadístico de la Calidad es factor determinante en muchas de las operaciones ingenieriles. Directamente relacionado en

esta área se encuentra el Control de Seguridad, que tiene gran importancia en las aeronaves militares y programas espaciales, aunque no restringidas a estos. Ambos campos utilizan la teoría de la probabilidad, parámetros probabilísticos, funciones de densidad y de distribución.

Los métodos prácticos estadísticos de la probabilidad como -- muestreos, variabilidades, regresiones, así como las correlaciones, forman parte del equipo de herramientas del Ingeniero Industrial.

La teoría matemática ha sido ampliamente aplicada a la solución de problemas complejos industriales, donde las variables pueden ser identificadas y colocadas en ecuaciones factibles de resolverse mediante el álgebra de matrices.

5.- Técnicas de Planeación de Redes y sus Aplicaciones. Otra técnica que tiene amplio uso es la llamada teoría de redes, que fue desarrollada originalmente en un programa de misiles tipo Polaris - de la armada norteamericana. Un equipo de personas comandada por - Donald Malcom, desarrollan la técnica de tiempos de entrega y secuencias de operaciones, ahora llamado PERT.

6.- Ingeniería de Valuación.- La Ingeniería de Valuación como una técnica reconocida, fue otro producto de la Segunda Guerra Mundial. Y puede definirse como un enfoque sistemático y creativo para asegurar la función esencial de un producto o proceso administrativo que se ha proporcionado al mínimo costo posible.

7.- Ciencias de la Conducta y Factores Humanos.- El hecho de trabajar con sistemas integrados de hombre, materiales y equipo, -- han diferenciado al Ingeniero Industrial de los otros campos de la Ingeniería; la inclusión del factor "Hombre"; hace que el Ingeniero Industrial deba tener una concepción humanística de su profesión.

La consideración de las ciencias de la conducta comenzó con las aplicaciones de Gantt sobre las motivaciones del trabajador y -

con el interés de los Gilbreth en el trabajador como un ser humano y en el campo de la psicología aplicada.

Estos trabajos han sido aplicados a varios campos de la Ingeniería Industrial, particularmente en las situaciones en que el Ingeniero Industrial debe estar en contacto estrecho con los trabajadores y las factorías.

CAPITULO 3:

Medición de Tiempos.

3.1. Generalidades.

A continuación procederemos a exponer los fundamentos de la medición del trabajo, que tiene en el estudio de tiempos una de sus bases principales.

Es importante señalar que mientras el estudio de tiempos involucra mediciones, el estudio de movimientos es, en gran parte análisis.

En la práctica es difícil separar uno de otro; el Ingeniero Industrial tiene que estudiar los métodos utilizados al hacer un estudio detallado de tiempos. La definición del estudio de tiempos establece que la tarea medida es realizada con un método específico, previamente determinado.

Actualmente el estudio de tiempo con cronómetro es el método de medida del trabajo, que se usa frecuentemente. Sin embargo, existe un lugar bien definido para el uso de otros sistemas de medidas de trabajo, como puede ser la determinación del tiempo estándar mediante datos elementales, tiempos predeterminados y muestreo de trabajo.

Los estándares de tiempo cuidadosamente establecidos posibilitan una mayor producción en una planta, incrementando así la eficiencia del equipo y del personal que la opera.

El estudio de tiempos con cronómetro puede emplearse para:

- 1).- Determinar programas y planificar trabajo.
- 2).- Determinar costos estándar y ayudar en la preparación de presupuestos.
- 3).- Estimar los costos de fabricación de un producto previamente. Factor determinante para la oferta y demanda.
- 4).- Determinar la eficacia de las máquinas, número de éstas que puede manejar una persona.
- 5).- Determinar los tiempos estándares que se han de utilizar como base para la aplicación de un sistema de salarios.
- 6).- Determinar tiempos tipo que se han de utilizar como base para el pago de mano de obra indirecta.
- 7).- Determinar tiempos estándares que servirán como base para el control de costo de la mano de obra.

Un programa sin tropiezos, requiere considerablemente una planeación y una comunicación eficaz por parte de todos los miembros de una empresa.

3.2. Equipos para el estudio de Tiempos.

El mínimo equipo necesario para llevar a cabo un programa de tiempos comprende un cronómetro, un tablero o paleta, formas impresas para estudio de tiempos y calculadora.

3.2.1. Cronómetros: Actualmente hay varios tipos de cronómetros, en donde casi todos están dentro de esta clasificación:

- 1) Aparato decimal de minutos (de 0.01 min.)
- 2) Aparato decimal de minutos (de 0.001 min.)
- 3) Aparato decimal de hora (de 0.0001 de hora)
- 4) Electrónico digital.

1) El cronómetro decimal de minutos, tiene su carátula con 100 divisiones en donde cada una corresponde a 0.01 de minutos. Por lo tanto una vuelta completa de la manecilla mayor requiere un minuto. El cuadrante

pequeño del instrumento tiene 30 divisiones, correspondiendo cada una a un minuto.

Tiende a ser el favorito de analistas debido a que es fácil de leer y registrar. Su manecilla mayor se mueve a un 60% de la velocidad de la aguja mayor de un cronómetro decimal hora, por lo tanto se lee en diezmilésimos de hora.

2) El cronómetro decimal de minutos 0.001 minutos es parecido al anterior. En el primero, cada división corresponde a un milésimo de minuto; de este modo la manecilla mayor o rápida tarda 0.10 minutos en dar una vuelta completa a la carátula, en vez de un minuto como el cronómetro decimal de minutos de 0.01 minutos este aparato se utiliza para tomar el tiempo a elementos muy breves a fin de obtener datos estándares.

3) El cronómetro decimal de hora tiene la carátula mayor dividida en 100 partes, pero cada división representa un diezmilésimo (0.0001) de hora. Una vuelta completa de la manecilla marcará un centésimo de hora es decir, 0.6 minutos. En un medidor de tiempo práctico y ampliamente utilizado, ya que la hora es la unidad universal de tiempo que se emplea para expresar rendimiento; aunque debido a la velocidad se necesita una destreza mayor.

4) El cronómetro digital electrónico es sin duda uno de los dispositivos más dinámicos dentro del campo del estudio de tiempos y movimientos, debido a que diariamente se incrementa más su uso y versatilidad. Existen básicamente dos tipos de estos cronómetros:

- A) Sin memoria
- B) Con memoria

A) Sin memoria: Posee tres botones que sirven para regular el tiempo. Un botón se utiliza para arrancar el contador de tiempo, partiendo de cero o bien, desde donde se detuvo. El segundo botón es para detener

el cronómetro. El tercero es para poner en ceros el aparato. Las ventajas de este dispositivo, son como las de obtener datos más exactos que los de un cronómetro analógico.

B) Con memoria: más avanzado, ya que se cronometra con exactitud cada elemento, lleva un registro aparte del número de elementos cronometrados, del tiempo total de ciclo, pero sobre todo una gran capacidad de almacenaje. Es indudable que tenderán a popularizarse en la Industria sin embargo pasará el tiempo hasta ser asimilados por la misma.

3.2.2.- Cámara Cinematográfica y Equipos de Video.

La velocidad de la cámara cinematográfica más frecuente usada es de 1000 cuadros por minuto, lo que permite la medición del tiempo en milésimas de minuto. La película de una operación es a la vez un registro permanente del método utilizado y del tiempo de cada elemento de operación. Incluso puede proyectarse la película a la velocidad exacta que se tomó, lo que permite una comprobación de la actuación del operario. Desde luego puede emplearse cámaras de velocidades superiores a 1000 imágenes por minuto, así como dispositivos para 50 ó 100 imágenes por minuto.

Cámaras de video. La cámara de video opera a la velocidad constante de 30 cuadros por segundo y números que identifiquen la escena, hora, minutos y segundos este cursor con datos aparece en la parte superior o inferior de la pantalla. El número de cuadros comienza con cero y el cuadro es numerado consecutivamente, entonces existe una forma de identificar cada cuadro y de medir el tiempo.

3.2.3.- Tablero Portátil para el Estudio de Tiempos.

Para sostener el papel y el cronómetro se utiliza un tablero de poco peso y ligeramente mayor que la hoja de observación tiene que ser li-

gero, para no cansar el brazo, y suficientemente rígido para servir como apoyo. El triplay de un cuarto de pulgada o plástico liso duro como la baquelita, pueden ser materiales apropiados. El tablero debe tener apoyos que se adapten al brazo o cuerpo a fin de que se pueda en él escribir.

Existen muchas disposiciones diferentes; pero lo mejor es montar rígidamente el reloj en cualquier sitio cerca del ángulo superior derecho del tablero y sujetar las hojas de observaciones mediante una pinza situada a un lado o en la parte superior del tablero. Como el analista registra los datos generalmente de pie, es preferible tener dispuesto el reloj y las hojas de la forma más conveniente posible.

Cuando se está realizando el estudio con cronómetro, el observador debe sujetar el tablero contra su cuerpo y su brazo izquierdo de forma que pueda manejar el reloj con el pulgar y el dedo índice de la manóizquierda, dejando libre la mano derecha para registrar los datos.

3.2.4. Hoja de Observación:

Esta hoja de observación es un impreso, con los espacios necesarios para anotar la información deseada sobre la operación que se estudia. Esta información incluye una descripción detallada de la operación, nombre del operario, nombre del observador del estudio, fecha y lugar de estudio. El impreso ofrece espacio también para anotar las lecturas del cronómetro para cada elemento de la operación, registrar las valoraciones de la actuación del operario y para cálculos. Se puede dejar un espacio para hacer un esquema del lugar de trabajo o dibujo de la pieza así como sus especificaciones, plantilla, calibres, herramientas, etc.

Las hojas de observación difieren grandemente en cuanto a tamaño y disposición, aunque la más usada es la de 216 por 280 mm, especialmente por la facilidad de archivar. Se anexa un ejemplo de hoja de observación.

HOJA DE ESTUDIOS DE TIEMPOS C.I.C.A.S.A

DEPARTAMENTO _____ SECCION _____
 OPERADOR _____ PZA. _____ NUM. PARTE _____
 OPERACION _____ MAQ. NUM. _____
 ESTUDIO NUM. _____ PAGINA _____ DE _____ FECHA _____
 OBSERVACIONES: _____

OPERADOR		No. TARJ.	EMPEZO	ACABO	ANALISIS DE TIEMPOS										PRODUCCION									
					NETO					BRUTO					PIZAS.		UNIDAD							
UPH EST.	UPH REAL	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	TIEMPO FUERA:										TOTAL	PROMEDIO	MINIMO	TIEMPO CONSIST.	FACTOR DE NIV.	TPD. NIVEL						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
			T																					
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
		T																						
		No.																						
RESUMEN DE TOLERANCIAS Personales _____ Descanso _____ Suplementarias _____ TOTAL _____ Va. Bn. _____			CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR T. H. Nivelado _____ min/Pza. Tolerancias _____ min/Pza. TOTAL _____ min/Pza. T. Máquina _____ min/Pza. T. STD _____ min/Pza.										PRODUCCION <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">60 UPH</td> <td colspan="2">75 UPH</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table> Pzas./HR _____ Pzas./TNO _____ Días P. _____				60 UPH		75 UPH					
60 UPH		75 UPH																						

JEFE DEL DEPTO. _____

3.2.5. Equipo Auxiliar:

Cuando se esté trabajando con máquina-herramientas, será necesario tener un tacómetro a fin de poder determinar la velocidad a la que ésta se trabaja.

Además las velocidades indicadas por el fabricante están basadas en diámetros de poleas que pueden haber sido alterados durante la preparación, servicio o mantenimiento. El tacómetro es un instrumento de medida que tiene pocas partes, su operación es sencilla e indicará con exactitud la velocidad de rotación (en RPM) en uno u otro sentido de ejes, poleas volantes, husillos, etc.

3.3. Realización del Estudio de Tiempos:

El primer paso para realizar un estudio de tiempos se realiza conjuntamente con el supervisor de líneas para asegurarse que la tarea a realizar esta lista para el estudio de tiempos. El observador de tiempos debe examinar la operación y estudiar, con el fin de cambiar o sugerir -- lo que él crea hacer antes del estudio. Antes de comenzar el estudio, -- deben hacerse todos los cambios que desee adoptar el supervisor, como es natural, el supervisor decide la forma en que se ha de hacer la tarea; -- pero discutirá con el analista cada elemento de la operación y ambos se -- podrán de acuerdo en que la operación esta dispuesta.

3.3.1. Selección del operario:

Si hay más de un operario ejecutando la misma operación, el análisis ta de tiempos deberá tener en consideración varios factores. Por lo general el operario tipo medio o áquel que está arriba del promedio es el -- que permita realizar un estudio más satisfactorio que el que pudiese efectuarse con un operario inexperto o uno altamente calificado.

Algunas veces el analista no tendrá oportunidad de escoger a quien observar por existir un solo trabajador haciendo la tarea a estudiar. En estos casos el analista debe tener mucho cuidado, debido a que el operario podría actuar de mala fe, es decir, siendo más lento, con lo cual haría que se obtengan tiempos más bajos para él poderlos superar, o bien más rápido ocasionando problemas sindicales.

3.3.2 Registro de la información:

Un error común en el analista es el no hacer registros suficientes del método de estudiar. Una forma impresa debe contener -- forzosamente un espacio para la fotografía o para croquis que muestra los detalles del área de trabajo, como puede ser el área de depósitos o materias primas y las partes terminadas. Así las distancias que el operario camine aparecen fácilmente.

Es importante que el método estandarizado sea conocido perfectamente, debe anotarse la mayor cantidad de información posible -- acerca de las máquinas, herramientas de mano, plantillas o dispositivos, condiciones de trabajo, materiales de uso, operación que se ejecuta, nombre del operador departamento, fecha. Entre mayor sea la información más útil resultará al futuro.

Existen varias razones para tomar nota de las condiciones de trabajo, en principio se puede mencionar que tiene una relación directa con el margen o tolerancia que se agrega al tiempo normal, si las condiciones llegaran a mejorar, entonces disminuye el tiempo, - debido a que el operario tendrá menos fatigas. Contrariamente fuera necesario empeorar las condiciones de trabajo es conveniente aumentar al factor de tolerancia.

Los siguientes ejemplos ilustran un tipo de descripciones que se registra al presentarse malas condiciones de trabajo:

"humedad, operario de pie, ruido excesivo (60 db) ambiente -- polvoroso".

Las materias primas deben ser identificadas dando información como el peso, calidad, forma y tratamientos previos. Una vez registrada toda la operación, está listo para tomar el tiempo que transcurre en cada elemento.

El analista de tiempos debe colocarse unos pasos detrás del operario de manera que no lo distraiga ni interfiera en el trabajo.

3.3.3.- División de la Operación en Elementos y Descripción del Método:

Esta descripción es de gran importancia, ya que en cualquier momento, después de fijada la norma de tarea, el departamento de estudio de tiempos puede ser requerido para determinar si el operario está ejecutando la tarea de la misma forma que cuando hizo el estudio de tiempos. La información descrita en la hoja de observación es la más completa del método.

Una parte esencial del estudio de tiempos es la división de la operación en elementos cortos para cronometrarlos por separado por las razones siguientes:

- 1.- Uno de los mejores medios para describir una operación es dividirla en elementos definidos y mensurables analizando éstos por separado.

- 2.- Pueden determinarse los tiempos estándares para los elementos de la tarea.

- 3.- Un estudio de tiempos puede mostrar que se está tomando en un tiempo excesivo para ejecutar ciertos elementos de la tarea o que se está gastando muy poco en otros elementos.

4.- Un operario puede no trabajar a la misma marcha en la totalidad del ciclo.

Para hacer más fácil la medición se divide en grupos de Therbligs conocidos como "elementos", con el objeto de descomponer la operación en sus elementos, el analista debe observar al trabajador durante varios ciclos. Sin embargo, si el ciclo es mayor de 30 min. el analista debe escribir la descripción de los elementos mientras realiza el estudio. De ser posible los elementos en los que se va a dividir la operación deben determinarse antes de comenzar el estudio. Divisiones elementales de aproximadamente 0.04 min. son las más pequeñas susceptibles de ser leídas consistentemente por un analista de tiempos experimentado, aunque se pueden registrar cortos como de 0.02 min.

Cada elemento debe registrarse en su orden y los procedimientos paso a paso, utilizando para ello hojas o formatos de registro, así como reportes diarios y semanales.

3.4.- Toma de Tiempos:

Existen tres técnicas para anotar los tiempos elementales durante un estudio:

- a) El método continuo
- b) Regreso o Vuelta a cero
- c) Lectura acumulativa con los que obtenemos datos estadísticos, retroalimentación a mantenimiento, eficiencia de producción, etc.

En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica se lee el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento; es la más recomendable por que presenta un registro completo de todo el periodo de observación.

En la técnica de vuelta a cero, el cronómetro se lleva la terminación de cada elemento y luego las manecillas se regresan a cero inmediatamente; así al reiniciarse, las manecillas parten de cero. El tiempo transcurrido se puede leer directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y las manecillas se regresan a cero otra vez.

El método de lectura acumulativa permite la lectura directa de cada elemento, se montan los relojes junto al tablero de observación y se conectan mediante un juego de palancas de forma que cuando se pone en marcha el primer cronómetro el segundo se para automáticamente y viceversa, de esta manera puede leerse el reloj con mayor facilidad y exactitud.

Debe anotarse en la forma impresa la hora en que se inició el estudio antes de ponerse en marcha el cronómetro. Al anotar las lecturas de cronómetro el analista registra solamente los dígitos o cifras y omite el punto decimal, teniendo así la mayor parte del tiempo posible para observar la actuación del operario, por ejemplo se utiliza un cronómetro con decimales de minuto y el punto terminal del primer elemento ocurre a 0.90 min., el analista anotará sólo el dígito 9, en la columna de lecturas de la misma manera, si la lectura fue de 1.36 min., se escribirá 136, cuando al observador se le escape una lectura debe indicarlo con una "E" en la columna de lecturas de la forma impresa para estudio de tiempos.

3.3.5.- Número de Ciclos a Cronometrar:

Generalmente varía el tiempo necesario para ejecutar los elementos de una operación, aun cuando el operario trabaje uniformemente, no siempre realiza los ciclos exactamente en el mismo tiempo; debiéndose ésta a variaciones de las piezas, variación de la lectura del cronómetro y a diferencias de los puntos terminales exactos a cada elemento en que se realiza la lectura. De alguna manera si se tuviese materia prima de buena calidad, herramental adecuado, y personal calificado habría alguna variación.

La uniformidad de las lecturas del cronómetro es del mayor interés para el analista, por ejemplo, se toman 20 ciclos de una operación determinada y en un elemento dado se obtienen variación en los tiempos determinados que oscilen entre 0.1 y 0.14 min., será evidente que el tiempo representativo para ese elemento se encontrará entre ambos valores. Si todas las lecturas fueran de 0.1 min., la uniformidad o estabilidad de las lecturas sería perfecta y como tiempo representativo para ese elemento se seleccionaría el de .10 min.

Las fórmulas que siguen se utilizan para determinar el número de ciclos que hay que estudiar para llegar a un estándar equitativo. Se da por supuesto que las variaciones en los tiempos observados son debidas al azar, lo cual es una hipótesis razonable.

El error típico de la media para cada elemento se expresa por:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_i}{\sqrt{N}} \rightarrow (1)$$

siendo σ_x = desviación estándar de la distribución de las medias.

σ_i = desviación estándar del colectivo o universo para un elemento dado.

N = Número efectivo de observaciones del elemento.

La desviación estándar es por definición, la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones de las lecturas con respecto a la media.

Puede demostrarse por medio de definiciones de estadística fundamental, de donde se obtiene que la desviación estándar del universo cronométrado es igual a:

$$= \frac{1}{N} \sqrt{NEx^2 - (Ex)^2} \quad \text{-----}(2)$$

De donde $x =$ al valor de la lectura de cronómetro u observación individual.

Sustituyendo este valor en la fórmula 1 (tenemos):

$$= \frac{1/n \sqrt{NEx^2 - (Ex)^2}}{\sqrt{N}} \quad \text{-----}(3)$$

Al determinar el número de observaciones a realizar hay que decidir el nivel de confianza y la precisión estadística deseada, mediante el estudio de tiempos, un nivel de confianza del 95% y una precisión del $\pm 5\%$, esto significa que existe un 95% de probabilidades de que la media de la muestra o el valor medio del elemento no estén afectados de un error superior al $5\% \pm$ del verdadero tiempo de elemento observado, por lo que tenemos:

$$0.05x = 2 \times \sigma \quad \text{ó} \quad 0.05 \frac{Ex}{N} = 2 \times \sigma$$

$$N = \frac{40 \sqrt{NEx^2 - (Ex)^2}}{Ex}$$

También es posible determinar N , con anterioridad al inicio del estudio de tiempos si se toma como base los datos históricos de elementos análogos, o en su defecto determinando la desviación estándar y la media usando mediciones efectuadas con la técnica de vuelta a cero con ciertos elementos que se deseen estudiar.

Por otro lado la General Electric Corp., estableció la siguiente tabla para determinar el número de ciclos que deben observarse:

Tiempo en ciclo en min.	No. de Ciclos recom.
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00- 5.00	15
5.---10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00-En adelante	3

Una vez que se ha determinado el número de observaciones que se deben hacer para el estudio sea válido surge el problema de cuando deben de observarse dichos ciclos. Por ejemplo si el número idóneo de observaciones es de 20, puede surgir la duda de si realizarlas 20 seguidas o bien realizar dos muestras de 10 horas diferentes, o en cuatro de cinco etc.

Debido a que la realización de un estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, el promedio de varias muestras pequeñas proporcionará estimaciones más confiables de parámetros que una sola muestra de tamaño equivale al total de las muestras pequeñas.

• • Con el objeto de tener una media estabilizada, las muestras individuales debe ser lo bastante grandes, una vez que se ha estabilizado la media, el muestreo de un ciclo extra, no variará en forma importante al valor de la media aritmética.

A medida que el observador realiza el estudio, determina también la valoración de la velocidad a la que está trabajando el operario. Es costumbre aplicar una clasificación global a todo el estudio cuando se

trata de ciclos cortos de trabajo repetitivo. Sin embargo, en caso de que los elementos sean largos y comprendan toda índole de movimientos manuales, será más práctico valuar la ejecución individual de cada elemento.

Debido a que el tiempo real que se requiere para efectuar cada elemento del estudio es función del esfuerzo y la destreza del operario, será necesario introducir un factor de ajuste que equilibre los tiempos de un trabajador hábil con el de uno deficiente.

En el sistema de valoración o calificación de la actuación el analista evalúa la eficiencia del trabajador en términos del concepto del operario "normal". Esta efectividad o eficiencia es expresada en términos de porcentaje y se asignan al elemento individual o al ciclo global, según el caso. Por otra parte, sería prácticamente imposible que un operario mantuviera el mismo ritmo de trabajo, durante cada minuto de la jornada. Es por ello, que el operario en ocasiones interrumpe su trabajo, por lo que hay que compensarlo con tiempo adicional para el estándar, esta holgura que se le da al trabajador se conoce como margen o tolerancia.

Para poder llegar a un estándar justo de un operario normal con un esfuerzo de tiempo medio, debe incorporarse cierto margen de tolerancia a tiempo nivelado o tiempo base, debido a que el estudio de tiempos se hace en período corto.

3.5.- Calificación del Operario:

La calificación de la actuación es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que un operario calificado "normal" ejecute correctamente una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio. Se puede definir el operario normal como aquel que es competente y experimentado de trabajo en condicio-

nes que le prevalecen ordinariamente en el ciclo o estación de trabajo, a un ritmo demasiado rápido ni lento, sino representativo del promedio.

La calificación de la actuación del operario es probablemente el paso más importante del procedimiento en el estudio de tiempos. Es el paso más criticable porque se basa en la experiencia. Sin embargo no existe ningún método universalmente aceptado para calificar actuaciones, ni tampoco un concepto universal de lo que es actuación "normal", ya que una empresa que fabrique artículos a bajo costo y altamente competitivos tendrá una concepción más rígida de la actuación estándar que una compañía que fabrique productos patentados.

Cada trabajador en forma individual presenta diferencias en conocimientos y habilidades para desempeñar algún puesto en particular. Esta diferencia es inherente a la capacidad corporal, estado de salud, conocimiento del trabajo, destreza física y nivel de capacitación.

3.5.1. Características y Métodos de Valuación:

Es importante mencionar que las características de un sistema de valuación son:

- a) La Actividad. Debe buscarse que todo el departamento de estudios de tiempos tenga un criterio uniforme y ponga su empeño en calificar al trabajador lo más equitativamente posible.
- b) Consistencia. Debe buscarse que todos los estudios realizados -- por los analistas presenten una coherencia con los estándares por ejemplo, si se determina un estándar de 8 microcircuitos por hora para cada circuito integrado de 5"x4", sería ilógico y acarrearía muchas protestas sindicales si el estándar para un circuito más grande de 6"x4" fuese de 15 microcircuitos por hora siendo que por su dimensión requiere de mayor trabajo.

c) Simplicidad. Un sistema de valuación que sea simple, conciso, fácil de explicación y basado en puntos de referencia perfectamente definidos, dará mejores resultados de técnicas complicadas con cálculos matemáticos que confunden al operario medio.

La clasificación debe otorgarse durante el curso de observación de los tiempos elementales. Conforme cada operador avance de un elemento a otro el analista debe evaluar con cuidado la velocidad, la destreza, la ausencia de falsos movimientos, la coordinación, la efectividad y todos los factores que influyen en el rendimiento.

La exactitud de la calificación del operario, dependerá en gran parte de la frecuencia en que se califique al trabajador. Será mínima la desviación en la actuación de un operario en operaciones respectivas de ciclo corto, durante un estudio de 15 a 30 minutos.

Los elementos controlados por máquinas o por alimentación de energía serán calificados como estándar puesto que su velocidad no puede ser cambiada por el trabajador, si se estudia un ciclo corto, será bastante difícil calificar la actuación en cada elemento sucesivo del estudio, puesto que en la atención del analista estaría ocupada en registrar los valores y descuidaría la observación, evaluación y actuación del operario.

Cuando se vaya a emprender un estudio de más de 30 minutos, o que tenga elementos individuales de larga duración, debe esperarse que la actuación del operario varíe durante el estudio de tiempos. En este tipo de trabajos será importante evaluar y calificar periódicamente la actuación. Para aquellos elementos cuya duración sea mayor de 0.10 min., se podrá calificar conscientemente conforme vayan transcurriendo pero si el estudio está compuesto de una secuencia de elementos de menos de 0.10 min., no se debe tratar de evaluar cada elemento de cada ciclo, ya que habrá poco tiempo para efectuar esta operación bastará calificar el tiempo global de cada ciclo.

5.5.2. Sistema Westinghouse de Calificación:

Uno de los métodos más ampliamente utilizados es el sistema desarrollado por la compañía Westinghouse, en donde se consideran cuatro factores principales para evaluar la actuación del operario, que son la habilidad, el empeño o esfuerzo, condiciones y consistencia.

La habilidad queda definida como la pericia para seguir un método dado, se considera que la habilidad del trabajador queda determinada por sus experiencias y sus aptitudes como coordinación natural y ritmo de trabajo.

Según el sistema Westinghouse de calificación, existen 6 grados o tipos de habilidad imputables a los operarios, tales grados son: deficiencia, aceptable, regular, buena, excelente y óptima. El analista deberá evaluar y determinar cada una de estas categorías a la destreza demostrada por el operario.

La calificación de la Habilidad asignada debe cotejarse contra un valor en porcentaje equivalente. Este porcentaje se combina algebraicamente con las calificaciones para el Esfuerzo, Condiciones y Consistencia, para llegar a la nivelación final o factor de actuación del operario; a continuación se muestra la tabla de categorías de habilidad con sus respectivos porcentajes.⁽⁹⁾

Destreza o Habilidad

0.15	A1 Optima
0.13	A2 Optima
0.11	B1 Excelente
0.08	B2 Excelente

(9) Lowry S.M., H. B. Maynard & G.J. Stegemerten; "Time and motion study and formulas for wage incentive" 3rd. Edition McGraw Hill

0.06	C1 Buena
0.05	C2 Buena
0.00	D Regular
- 0.05	E1 Aceptable
- 0.10	E2 Aceptable
- 0.16	F1 Deficiente
- 0.22	F2 Deficiente

El segundo factor de este sistema de calificación es el esfuerzo o empeño que queda definido como la demostración de una voluntad para trabajar eficientemente. La siguiente tabla da los valores numéricos para los diferentes grados de esfuerzo.

Esfuerzo o Empeño

0.13	A1 Excesivo
0.12	A2 Excesivo
0.10	B1 Excelente
0.08	B2 Excelente
0.05	C1 Bueno
0.02	C2 Bueno
0.00	D Regular
- 0.04	E1 Aceptable
- 0.08	E2 Aceptable
- 0.12	F1 Deficiente
- 0.17	F2 Deficiente

El tercer factor son las condiciones, son aquellas que afectan al operario principalmente y no a la operación misma. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo son: temperatura, ruido, iluminación, ventilación; cuya tabla es:

Condiciones

0.06	.....	A Ideales
0.04	.....	B Excelentes
0.02	.....	C Buenas
0.00	.....	D Regulares
- 0.05	.....	E Aceptables
- 0.07	.....	F Deficientes

Como último factor es la consistencia del trabajador; es decir la capacidad de mantener un ritmo de trabajo lo más constante posible. Se muestra la tabla para evaluar la consistencia :

Consistencia

0.04	.....	A Perfecta
0.03	.....	B Excelente
0.01	.....	C Buena
0.00	.....	D Regular
- 0.02	.....	E Aceptable
- 0.04	.....	F Deficiente

Una vez asignado los factores anteriores al operario, se le asigna un valor numérico, que es la suma de todos, agregando la unidad. Veamos un ejemplo:

Habilidad	..... B2	0.08
Esfuerzo (empeño)	..... C2	0.02
Condiciones	..... D	0.00
Consistencia	..... C	0.01
	Suma algebraica	0.11
	Factor de la Actuación	1.11

3.5.3.- Sistema de Calificación por Selección del Operario:

Al utilizar este método debe de estudiar más de un operario y observar varios ciclos para poder obtener un tiempo medio confiable, si las actuaciones son muy lentas resultará un estándar muy holgado y reciprocamente, si es superior a lo normal el estándar será muy estrecho.

3.5.4.- Método de Calificación por Rapidez o Velocidad:

Aquí sólo se considera la rapidez de realización del trabajo por unidad de tiempo. Este método sirve para que el observador mida la afectividad del operario con respecto a un operario normal -- que efectúe el mismo trabajo. La velocidad de 100% se considera normal, si fuera de un 115% nos indica que el operador está un 15% más, así como un 95 nos indica que está un 5% debajo de lo normal. La escala va de 50 a 150%.

3.5.5.- Calificación por Factor de Ajuste:

En este sistema de calificación se establece una asignación de trabajo con la que se comparan, en cuanto a ritmo se refiere, todos los demás trabajos. Después de la apreciación del ritmo de marcha, se le asigna un factor secundario para ponderar su dificultad relativa.⁽¹⁰⁾ Los factores que influyen en el ajuste de dificultad relativa son:

- a) Extensión o partes del cuerpo empleadas.
- b) Utilización de pedales u objetos análogos.
- c) Si se usan las dos manos.
- d) Si requiere coordinación ojo-mano.
- e) Peso que se maneja o resistencia de esfuerzo físico.
- f) Requisitos sensoriales o de manipulación.

(10) Nundel & MARVIN "Notion and Time Study" 5th Edition. Prentice Hall, 1972.

Se han asignado valores numéricos a una serie de grados de cada factor, aprovechándose resultados experimentales. La suma de valores numéricos para cada uno de los seis factores comprende el ajuste secundario. Según este método, el tiempo estándar se expresa como sigue:

$$T = (P) \cdot (S) \cdot (D)$$

De donde T = Tiempo normal establecido para el cálculo

P = Factor de calificación por velocidad

S = Factor de ajuste por dificultades

D = Tiempo elemental medio de observación

Con este método podemos obtener resultados consistentes.

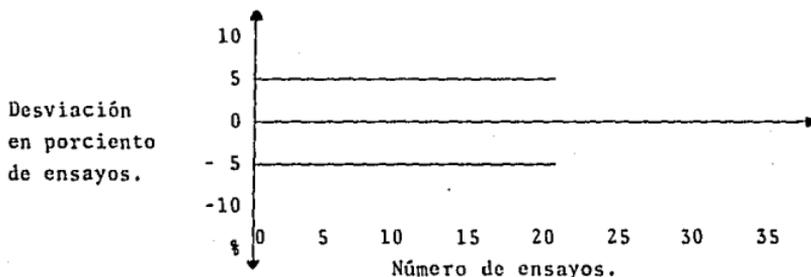
3.5.6. Capacitación del analista para que pueda calificar correctamente:

Uno de los sistemas más comúnmente empleados para la capacitación del analista de tiempos es la calificación de la actuación mediante películas ilustrativas de diversa índole. Una vez observada la película, se les pide a los aspirantes que la evalúen según su criterio. Debido a que cada película tiene un nivel conocido se compara la calificación del analista con la de la película. Si en alguno de los analistas el valor varía se le pedirá una justificación.

Después de proyectarse las películas será conveniente hacer una gráfica para evaluar los resultados obtenidos del analista que se está capacitando. Esta gráfica consiste en una línea recta a 45 grados que representa el estándar correcto, los ejes de la abscisa y ordenada estarán tabulados del 50 al 150 y representan las calificaciones que puede obtener el operario. Cuando el analista califique por debajo del estándar se trazará un punto debajo de la línea de estándares correctos y recíprocamente si lo hizo por encima. El número de puntos que no estén sobre la recta, así como la distancia a ella determinarán el grado de capacitación del operario.

3.6.- Márgenes y tolerancias de tiempos:

Si el trabajador fuera capaz de trabajar continuamente sin interrupción, el tiempo medio por el factor de calificación, sería suficiente para llegar al verdadero estándar, sin embargo no se espera que una persona trabaje todo el día sin alguna interrupción. El operario gastará cierto tiempo en sus necesidades personales, en descansar y por razones ajenas a su control.



El tiempo normal es el tiempo que necesitaría un obrero calificado para ejecutar la tarea si trabajara a marcha normal y por tanto es igual al tiempo medio por el factor de calificación.

El tiempo estándar es igual al tiempo normal más los suplementos o tolerancias. Los suplementos forman parte del factor de valoración y se obtiene mejores resultados si se aplican por separado.

En general las tolerancias se aplican para cubrir cuatro áreas que son: demoras personales, suplementos por fatiga, retraso inevitable y retrasos especiales.

3.6.1.- Demoras Personales:

Como su nombre lo indica, es el tiempo requerido por el operario y sus necesidades personales, esto incluye suplementos por ideas, a beber agua, ir al sanitario, lavado de manos, etc., no incluye el tiempo

para comer, aunque la cantidad de usos personales varía más bien con el individuo que con la clase de trabajo, existe el hecho de que los trabajadores necesiten más tiempo personal cuando el trabajo es pesado y se realiza en condiciones desfavorables especialmente atmósferas cálidas o húmedas.

5.6.2. Suplementos por fatiga:

En las fábricas bien dirigidas en la actualidad, se han hecho esfuerzos para eliminar la fatiga, se ha acortado la duración de la jornada y la semana de trabajo, se ha perfeccionado la maquinaria y el equipo de manipulación, las herramientas, de forma que el trabajo se realice -- más fácilmente, si embargo la fatiga puede reducirse pero no eliminarse.

La fatiga va ligada a la tolerancia por retrasos personales aunque la primera solo se aplica a las partes del estudio que tiene que ver con el esfuerzo. Las tolerancias por fatiga no se clasifican en base a teorías racionales y sólidas, pese a que la palabra fatiga es frecuentemente usada en los círculos industriales y que cualquiera que no haya estudiado la materia siente que sabe que es la fatiga, una corriente de pensamiento asegura que se le llama fatiga a la manifestación y conceptos análogos.

La fatiga puede ser causada por los siguientes factores:

- a) Condiciones de trabajo (luz, temperatura, aire, etc.)
- b) Repetitividad del trabajo
- c) Estado general del trabajador

El método más comúnmente utilizado para determinar el margen o tolerancia por fatiga, es aquella que mide el decrecimiento de la producción durante el período de trabajo.

El Coeficiente de Fatiga se expresa:

$$F = \frac{(T-t)}{T} \cdot 100$$

en donde: F= Factor de Fatiga

T = Tiempo requerido para realizar la operación al final del período de trabajo. (La fatiga es mayor en este período).

t= Tiempo necesario para efectuar la operación al principio del trabajo continuo.

Las tolerancias de fatiga se han dividido en tres grupos:

- a) Fatigas por trabajos agotadores que impliquen un gran desgaste físico.
- b) Operaciones monótonas que se realicen en ambientes de trabajo poco propicio o desagradables.
- c) Operaciones que se realicen en ambientes de trabajo poco propicio o desagradables.

La Oficina Internacional del Trabajo⁽¹¹⁾ (OIT), elaboró una tabla que presenta el efecto de fatiga, expresados en porcentaje, la cual ayuda a la determinación de las tolerancias.

La tabla es la siguiente:

- a) Tolerancia Constante §
 - 1.- Tolerancia personal..... 5
 - 2.- Tolerancia básica por fatiga..... 4
- b) Tolerancias Variables:
 - 1.- Tolerancia por estar de pie..... 2
 - 2.- Tolerancia por posición no normal..... 0

(11) International Laborn Office.- Vol. XII pág. 65-66. On Press Sweden 1978.

a) Ligeramente molesta	1	0
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7	7

3.- Empleo de fuerza o vigor muscular
(levantamiento de peso, empuje, etc.)

Kgs. y lbs.

2.5 ; 5	0	0
5 ; 10	1	1
7.5 ; 15	2	2
10 ; 20	3	3
12.5 ; 25	4	4
15 ; 30	5	5
17.5 ; 35	7	7
20 ; 40	9	9
22.5 ; 45	11	11
25 ; 50	13	13
30 ; 60	17	17
35 ; 70	22	22

4.- Alumbrado deficiente:

a) Ligeramente de lo recomendado	0	0
b) Muy inferior	2	2
c) Sumamente inadecuado	5	5

5.- Condiciones Atmosféricas:

(Calor, humedad) variables 0-10

6.- Concentración del operario:

a) Trabajo fino	0	0
b) Trabajo fino de gran cuidado	2	2
c) Trabajo muy fino e exacto	5	5

7.- Nivel de ruido:

a) Continuo	0	0
-------------------	---	---

b) Intermitente fuerte	2
c) Intermitente muy fuerte	5
d) De alto volumen fuerte	5
8.-Esfuerzo Mental:	
a) Procesos moderadamente complicado	1
b) Proceso muy complicado de alta atención	4
c) Muy complicado	8
9.- Monotonía	
a) Escasa	0
b) Moderada	1
c) Excesiva	4
10.- Tedio:	
a) Algo tedioso	0
b) Tedioso	2
c) Muy tedioso	5

Al utilizar esta tabla el analista debe determinar un factor de tolerancia para cada elemento del estudio. Por ejemplo un cierto elemento de un estudio dado puede requerir el levantamiento de un peso de 25Kgs. entonces a dicho elemento será necesario aplicarle una tolerancia del 13% según se ve en la tabla.

3.6.5. Retrasos Inevitables:

Durante el curso del día el operador es interrumpido con frecuencia para hacer algún trabajo complementario de la operación o para hacer cosas totalmente diferentes de la operación. Algunos retrasos pueden ser necesarios como realimentarse de materias primas, rechazar partes fuera del estándar y hacer el mantenimiento, reparación y servicio. Otros retrasos que son necesarios pero que no están relacionados con ningún tipo particular de trabajo, son aquellas ocasionadas por interrupciones del capataz o supervisor para preguntar, dar instrucciones o mensajes. La pérdida de

de tiempo experimentada por el operador debido a ese tipo de retrasos deben de estar cubiertos por los suplementos.

Otro tipo de retraso es el debido a la interferencia de máquinas que ocurre cuando se asigna más de una instalación trabajo un operario. Como es de esperarse en caso de tener varias máquinas, dependiendo de un trabajador, habrá momentos que durante un día de trabajo una de ellas debe esperar que termine otra. Cuanto mayor sea el número de máquinas o equipo que se le asigne, más aumentará el retraso por interferencia. Las investigaciones demuestran que la interferencia de las máquinas ocurre predominantemente de 10% a 30% del tiempo de trabajo total, con extremos de 0 a 50%.

Cuando se asignan menos de seis máquinas se recomienda el uso de gráficas empíricas para determinar la interferencia, en el caso de siete o más existe la fórmula.⁽¹²⁾

$$I = 50 \left(\sqrt{(1 + X - N)^2 - (1 + X - N)} \right)$$

de donde:

I= interferencia expresada en porcentaje del tiempo medio de atención.

X= Razón del tiempo medio de funcionamiento de máquina al tiempo medio de atención de la misma.

M= Número de Equipos o máquinas signado a un operador

Es importante recalcar que la magnitud de la interferencia es tá íntimamente ligada con la actuación del operador. Otro tipo de retraso inevitable es aquel concerniente a la limpieza del centro de trabajo, así como lo referente a la lubricación de la maquinaria. Con frecuencia los elementos "limpiar la estación de trabajo" y "lubricar la máquina", se manejan dando al operador 10 ó 15 minutos al final del día en que se realice el trabajo.

Un ejemplo, si el tiempo elemental medio observado en un estudio de tiempos es de 0.35 min., el factor de calificación fue de 1.1 y el factor de tolerancia es de 1.15, el tiempo elemental estándar será de:

$$T = (0.35) \cdot (1.1) \cdot (1.15) = 0.443 \text{ min.}$$

Los tiempos elementales estándar se redondean a tres cifras, por pieza o en horas por pieza, y debido a que la mayor parte de las operaciones industriales tienen ciclos relativamente cortos, en general, es más conveniente expresar los estándares en función de horas por centenar de piezas.

Para hallar la eficiencia del operario se debe dividir el trabajo realizado (expresado en horas estándar) entre el tiempo real que necesita para dicho trabajo. Por ejemplo, si para una determinada pieza, el estándar es de 0.097 horas por cien piezas y el obrero fabricó 9 000 piezas en su jornada habrá ganado (9 000) (0.097/100) = 8.73 horas de producción y su eficiencia sería igual a:

$$\frac{8.73 \text{ (horas estándar rebajadas)}}{8.00 \text{ (horas reales de trabajo)}} = 109\frac{1}{2}$$

Q2; Holmes W. G., "Applied Time and Motion Study", New York, 1955.

También se considera un retraso inevitable el tiempo que se requiere para poder suministrar la potencia de arranque a la máquina aunque es to generalmente ocurre una vez por jornada.

3.6.4. Retrasos Especiales:

Son aquellos que no los puede cubrir un estudio de tiempos, porque solo deben ocurrir en situaciones muy especiales y fuera de control de los operarios y de la empresa, como podrían ser accidentes de trabajo, fallas en el suministro de energía, visitas sociales, suspensiones del trabajo indebidas e inactividad distinta del trabajo normal.

Por último agregaremos, que la tolerancia se acostumbra expresarla en forma de multiplicador, de modo que el tiempo normal, que consiste en elementos de trabajos productivos, se puede ajustar al tiempo margen, -- por ejemplo si se tuviera que asignar una tolerancia del 11% a una operación dada, el multiplicador sería 1.11.

3.7. El Tiempo Estándar:

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado y -- trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos. Los tiempos elementales permitidos o asignados se avalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido, por un factor de conversión, de donde se obtiene la expresión:⁽¹²⁾

$$T = (Mt) \cdot (C) \cdot (To1)$$

de donde:

T = Tiempo elemental estándar

Mt = Tiempo elemental medio observado

C = Factor de calificación de la actuación

To1 = Factor de tolerancia o margen aplicable

(1 + el porcentaje de la tolerancia).

CAPITULO 4:

INVESTIGACION DE OPERACIONES.

4.1. Generalidades:

La Investigación de Operaciones va teniendo un impacto cada vez más grande en cuanto a la organización y administración de las empresas. El número y la variedad de estudios que comprende esta disciplina crece rápidamente y no se observa que el ritmo vaya en disminución. Su utilización comprende una gama muy extensa de instituciones de servicios e industrias, y se ha visto que entre éstas se cuentan la aeronáutica y de proyectiles, la automovilística, la alimentaria, la del transporte, los hospitales, las financieras y los organismos gubernamentales entre otros.

Los procesos más importantes que son motivo de estudio abarcan aquellos relacionados con la determinación de la combinación óptima de actividades y recursos disponibles. El tipo más sencillo comprende la asignación de varias tareas al mismo número de recursos (Hombres). Este problema se complica si algunas de las tareas requieren más de un recurso y si los recursos se pueden emplear en más de una tarea. El modelo se aplica con éxito a la asignación de personal, la combinación de materiales y los problemas de transporte.

Otra clase de proceso es el que se ocupa de la llegada de unidades cuando éstas requieren de un determinado servicio o atención, y la capacidad de brindar ese servicio es limitada.

La TEORIA DE LINEAS DE ESPERA se localiza en el ramo anterior, y su enfoque va dirigido a problemas concernientes a los congestionamientos, el mantenimiento de la maquinaria, la operación de diversos organismos y muchas otras áreas, tal como se explicará en el siguiente capítulo

del estudio.

La Investigación de Operaciones también se ocupa de los Inventarios de donde se obtiene:

- 1) Qué cantidad debe ordenar por vez
- 2) Cuándo se debe pedir dicha cantidad para aminorar el costo total

Es evidente que esta teoría constituye una herramienta fundamental para el desarrollo de cualquier organización administrativa. El aspecto referente a los modelos de Competencia ofrece una estructura dentro de la cual se pueden formular casi todos los problemas que involucran el trabajo de estrategia. Los negocios lo utilizan para publicidad, políticas de precios e introducción de nuevos productos.

Todas estas técnicas, aunque no son las únicas (pues de hecho existen bastantes más), son las más comunes y permiten a los tomadores de decisiones ser más objetivos al escoger un determinado curso de acción de entre todas las alternativas propuestas.

En general, importantes contribuciones de la I.O. son:

- 1) La transformación de una situación real a un modelo matemático; quedando incluidos los elementos esenciales para la obtención de una solución que este de acuerdo con los objetivos fijados.
- 2) La sistematización de procedimientos para resolver problemas
- 3) La búsqueda de soluciones "óptimas" con respecto a una función objetivo.

Por lo tanto un buen investigador de operaciones debe tener dos tipos de educación:

- a) Uno que éste orientado hacia los principios sobre los cuales se basa la I.O., así como sus técnicas.

b) Otro orientado hacia alguna profesión específica.

Se puede decir que las disciplinas fundamentales y sólidas para el desarrollo de la I.O incluyen las matemáticas básicas (álgebra lineal, etc.), teoría de probabilidad, estadística, economía, ciencias de la computación y administración de empresas. Por otro lado, algunas de las disciplinas que han contribuido con gran número de investigaciones de operaciones son las matemáticas, ingeniería, economía y administración de empresas. Es importante que un investigador de operaciones posea una profesión tradicional básica, porque solo se le permitirá aplicar y aprender el uso de la I.O en un campo específico conocido para él. En la actualidad existe una tendencia académica para aplicar cada vez más la I.O a las ciencias sociales (sociología, psicología, etc.).

4.2. Optimización:

En la discusión de modelos dijimos que en ciertos problemas el objetivo solamente es la simulación del comportamiento del sistema real mediante el uso de una representación física o matemática. Ese objetivo se alcanza variando, en una forma deseada, los valores de E, I y P. y luego observando su efecto en el valor de S. Esta es la estrategia de la simulación. Por otro lado, supongamos que el objetivo consiste en determinar los valores de E, I y P que maximicen o minimicen el valor de S (éste es el problema de control). En este caso tendríamos que buscar entre todas las combinaciones de valores de E, I y P, aquella que produjera el valor mínimo o máximo de S. El conjunto de combinaciones de valores posibles E, I y P sería el espacio (de soluciones) factible. Este espacio podría ser muy extenso y complejo; eso depende del número de valores que E, I y P puedan tomar.

Como se puede apreciar en el caso de la empresa industrial ya mencionada, en la mayoría de los problemas reales las variables E, I y P --

consisten cada una de muchos componente cuyo rango de valores puede ser muy amplio. El número de posibles combinaciones de valores suele ser tan grande que ni las modernas computadoras digitales de hoy en día podrían efectuar una búsqueda exhaustiva a un costo razonable. Es imperativo, pues, eliminar de alguna manera grupos de combinaciones que no incluyan la solución o combinación óptima.

Esta reducirá el número de computaciones requeridas y, consecuentemente, el costo. La idea de buscar un máximo o un mínimo del objetivo S en un sistema básico para el concepto de optimización en otras palabras, una solución factible no es suficiente, porque en una optimización se necesita buscar la mejor solución con respecto a un objetivo determinado.

Es posible eliminar grupos de combinaciones factibles utilizando reglas sistematicas o algoritmos determinista tales como el método Simplex la regla apropiada depende del tipo de modelo, lo complejo del sistema, del objetivo, etc. En general, el modelo orientado a optimización tiende a ser más simple (con menos variables) y, consecuentemente, más irreal que el orientado a simulación, porque la mayoría de los algoritmos de optimización requieren para su aplicación cierta estructura en el modelo. Un modelo de P. L. exigiría en el caso de una empresa, por ejemplo que la relación entre factores tales como el costo de producción y el volumen de producción fueran lineales. Se sabe, por experiencia, que esta suposición no es exacta; puesto que no toma en cuenta las economías o deseconomías de escala en producción.

Por otro lado, el uso de este modelo simplificado nos permitiría obtener una buena solución, pero tal vez no la óptima. Sin embargo, un partidario de simulación podría decir que él puede llegar también a un buen resultado por medio de un modelo de simulación, y que sería mejor puesto que el suyo sería más real y detallado que cualquier otro modelo de optimización. Esta controversia constituye una de las áreas de investigación más interesantes en la actualidad. La Ciencia de Sistemas contribuye más cada día al desarrollo de algoritmos eficientes que se pue-

den aplicar a modelos cada vez más reales; por otro lado la Ciencia de Computación contribuye día con día al desarrollo de computadoras, con el propósito de que éstas puedan implementar modelos y algoritmos cada vez más complejos y reales. Las técnicas de I.O tiene como objetivo implementar la filosofía de sistemas, especialmente - cuando el problema es complejo, como se mencionó en algunas técnicas el objetivo es optimización, mientras que en otras es simulación.

Las técnicas de optimización para problemas estáticos, frecuentemente llamadas Programación Matemática, puede dividirse en dos clases: técnicas Exactas y Técnicas de Búsqueda Las Técnicas Exactas incluyen desde el tradicional cálculo diferencial (útil - cuando el modelo no incluye restricciones) hasta las técnicas de La grange y Kuhn-Tucker (útiles en modelos con restricciones). Entre las Técnicas de Búsqueda se cuentan las de búsqueda parcial y las de búsqueda completa. Las de Búsqueda parcial se dividen a su vez en técnicas que optimizan sucesivamente la función objetivo y técnicas que reducen sucesivamente al espacio factible; las primeras incluyen las técnicas sistemáticas de gradiente y semi sistemáticas llamadas así porque utilizan alternativamente la pendiente (o derivada) de la función objetivo durante la búsqueda de la solución óptima; así como otras técnicas sistemáticas tales como la P. L., P. D. el Método de Rosenbrock, el Método Holcomb.

La optimización de sistemas dinámicos es más compleja matemáticamente entre las técnicas principales están el cálculo de variaciones y el Principio Máximo de Pontryagin. El hecho de que la mayoría de los sistemas reales sean dinámicos (que cambian con respecto a tiempo) hacen que estas técnicas sean de gran utilidad, por otro lado el costo de su implementación por medio de la computadora tiende a ser alto a causa de la complejidad matemática requerida y seguido es preferible aproximar el modelo utilizando varios submodelos estáticos (uno para cada período de tiempo) en serie o etapas; éste es el concepto utilizado por la P.D. la cual ha tenido éxito comprobado en una gran variedad de aplicaciones.

4.3.- La Técnica de la Simulación:

La técnica de simulación ha sido por mucho tiempo especial para la persona que diseña, ya sea que simule;

- a) El vuelo de un avión en un túnel de viento.
- b) La instalación de equipo de una planta mediante un modelo físico a escala.
- c) Los flujos de comunicación en una organización (por medio de un diagrama).

Gracias a la invención de la computadora digital, esa técnica comenzó a aplicarse utilizando modelos matemáticos. El objetivo de simulación a diferencia del objetivo de optimización, consiste en - ayudar al analista para que entienda las relaciones (causas efectos) entre las variables del sistema así como la relativa importancia de los distintos componentes, como la optimización se puede utilizar - para cumplir este objetivo, además, para obtener la solución óptima del problema, jamás se deberá utilizar la simulación.

En cierto modo, la técnica de simulación en la I.O. es la técnica de hacer experimentos estadísticos en un modelo matemático del sistema real. Esto a diferencia de la optimización, la cual no busca experimentos estadísticos, sino algoritmos sistemáticos que lleven a una solución. La computadora digital se emplea en simulación simplemente porque los experimentos estadísticos normalmente requieren que se lleve a cabo una gran cantidad de cálculos y computaciones. El "programa" de computadora para implementar la simulación es, por lo tanto, de gran importancia. Dicho programa debe ser lo suficientemente flexible para incluir todas las alternativas factibles y admitir las modificaciones que se hagan necesarias a medida que se entiendan mejor las relaciones entre variables y componentes del sistema. El desarrollo de lenguajes especiales para simulación (SIMSCRIPT, GPSS, DYNAMO, CSMP, etc.), ha sido quizá el avance teológico más importante en esta área. La ventaja de estos lenguajes especia

les consiste en que están diseñados para describir más explícitamente - los elementos que normalmente aparecen en modelos de simulación (ecuaciones, diferenciales, integrales de funciones complejas, condiciones iniciales, cálculos iterativos de parámetros, etc.).

Por otro lado, es imperativo que se enfatice que la estrategia de - un estudio de simulación debe ser planeada cuidadosamente antes de empezar a escribir el programa de simulación para la computadora. No es suficiente dejar que la computadora procese grandes masas de datos en una búsqueda ciega de buenas soluciones (alternativas) al problema. Así como en un experimento físico de laboratorio, así también en simulación se - debe prestar mucha atención al desarrollo de la teoría o hipótesis formal que vaya a ser evaluada y al diseño del experimento estadístico que se vaya a utilizar.

En general, la técnica de simulación es de gran valor en la solución de problemas que no pueden ser analizados por medio de los otros métodos de la I. O. Aunque aparentemente esto pueda ser considerado como una crítica a la simulación, en realidad no es así; porque existen muchos problemas complejos cuya solución es equivocada cuando se usan los demás métodos de la I. O. Algunas aplicaciones reales de simulación, son:

- 1) Simulación de las operaciones de una compañía aérea en un aeropuerto para estudiar los efectos de ciertos cambios en la política de la Compañía (capacidad de mantenimiento, aviones de reserva, espacio para carga y descarga de pasajeros, etc.)
- 2) Simulación de flujo de tránsito que pasa por una intersección y que es regulado por un semáforo para estudiar los efectos (en la eficiencia de la intersección) producidos por el cambio de la sincronización del semáforo.
- 3) Simulación de la economía de un país para predecir los efectos de las decisiones políticas de gobernantes.
- 4) Simulación de la operación de una cuenca para evaluar el beneficio de diferentes tipos de presas, plantas hidroeléctricas y tra

bajos de irrigación que satisfagan ciertas demandas de agua, electricidad y agricultura.

5) Simulación de la operaciones de una planta de acero para evaluar cambios de capacidad, diseño, políticas operativas.

6) Simulación de la organización gerencial de una empresa multinacional para evaluar las modificaciones en la política y filosofía operativa de la empresa (incluía el flujo de información y material de la empresa, la estructura gerencial, etc.).

En la actualidad, las computadoras se utilizan primordialmente en el procesamiento rápido de datos. No hay duda de que esta información -- proceda por computadoras será más utilizada cada día como una ayuda para el administrador en su trabajo de evaluación, análisis y toma de decisiones. Aunque actualmente los criterios de decisión, planes y objetivos de la mayoría de las organizaciones están a juicio, e intuición humanas, al nivel operativo (donde ocurren menos procesos físicos) es en donde se concentra el mayor potencial para simulación por computadoras. Existen ejemplos de procedimiento de datos automatizado, tales como el análisis de -- producción, control de inventario y contabilidad.

Algunos de ellos se pueden encontrar en publicaciones técnicas tales como el "Journal of Operations Research," "Management Science" y "Journal of Industrial Engineering." Es interesante notar que en todos los casos de automatización de procesamiento de datos todavía se necesitan supervisores que guíen el personal que en realidad opera los procesos. Esto indica que el procesamiento de ciertos datos en una empresa se puede y se han automatizado, pero que los administradores siguen tomando las decisiones básicas.

Aunque la simulación de un sistema tiene muchas ventajas, nunca se deberá subestimar el esfuerzo requerido para desarrollar el modelo, programarlo y utilizar los resultados. Uno de los principales problemas -- consiste en desarrollar el modelo. No es suficiente un experto en len

guajes de computadora, aunque frecuentemente es casi un requisito, es necesario que se conozca bien el sistema y que se escoja entre los diferentes tipos de modelos apropiados, todo depende del objetivo. Por otro lado, simplemente porque el modelo se implementó en la computadora no quiere decir que el modelo sea válido. Existe un gran número de técnicas para el análisis y evaluación de datos; entre otros el Método de Montecarlo que consiste en una simulación sobre una muestra artificial.

En estas técnicas, los datos se manipulan para minimizar el volumen de datos requeridos y para maximar la información que se puede obtener de la manipulación de estos datos, este es sin ninguna duda, el mayor reto para el industrial contemporáneo.

4.4. Módulos Básicos:

La tarea de seleccionar, transferir, adaptar y desarrollar tecnologías químicas apropiadas a nuestro medio tropieza, como ya se ha mencionado, con la falta de metodología adecuada. El elemento tiempo (urgencia de llevar a cabo la industrialización) hace deseable utilizar la tecnología existente, ya probada y confiable. A varios niveles de apertura del paquete tecnológico se puede aprovechar mucha de la información existente evitando duplicaciones innecesarias, y aplicarla a satisfacer nuestros objetivos. Para ello necesitamos usar una metodología dirigida a los recursos y limitaciones de este problema en particular (industrialización química en un país subdesarrollado), y no necesariamente copiar la metodología que se esté usando en países industrializados, sino únicamente las partes de esta metodología que sean aplicables a nuestro caso.

La utilidad de la teoría de operaciones unitarias encuentra un grave límite: perjudica al ingeniero que está transferido la tecnología a -- pensar nada más en las operaciones utilizadas en el proceso original. Así un proceso basado en una reacción de precipitación seguida de una filtración, un secado del sólido y una destilación del líquido se transferirá -- como una reacción de precipitación en menor escala, en un reactor más pe-

queño, pero con las mismas condiciones de la reacción original, seguida de una filtración para la que se estudiarán, en la nueva escala que se está considerando, filtros de menor tamaño que se podrán cubrir desde decantadores y centrifugas hasta filtros estacionarios, rotatorios o de placas y marcos, y lo mismo en cuanto al secado y la destilación. Es poco probable que, se le ocurra al ingeniero de procesos adaptar una reacción en medio fundido, o en lecho fluidizado, seguida de operaciones de separación radicalmente distintas a las de filtración, secado y destilación del proceso original.

Esta limitación es la que dio lugar fundamentalmente a la concepción de la metodología de módulos básicos, que permite al ingeniero de procesos hacer una transferencia y adaptación de tecnología usando un nivel de abstracción mayor que el de la teoría de operaciones unitarias, lo que a su vez abre las puertas a una mayor creatividad durante la adaptación, recurriendo a ideas de distintas fuentes a aún a ideas originales, que permitan simultáneamente asegurar la confiabilidad del proceso.

Su aplicación fundamental está orientada al desarrollo-adaptación de tecnología apropiada a mercados pequeños, con recursos financieros limitados y abundante disponibilidad de mano de obra, capitalizando el conocimiento de tecnologías ya desarrolladas para otros mercados. Se basa en un concepto simplista similar al que usaron los químicos industriales y en los conocimientos de ingeniería industrial, operaciones unitarias y disponibilidad de equipos que se han desarrollado en estas últimas cuatro décadas y, sobre todo, en subrayar la necesidad de mantener una perspectiva de todo el problema en conjunto, desde las materias primas más apropiadas (tomando en cuenta su costo, disponibilidad y generación de actividad económica), hasta los productos terminados (tomando en cuenta sus especificaciones mínimas adecuadas, la elasticidad de la demanda a variaciones del precio y del valor en uso, y la satisfacción de necesidades sociales), y considerando simultáneamente la interacción entre las operaciones de separación (causantes, por regla general, de las 3/4 partes de la inversión de la fábrica y de buena parte del costo de producción), la reacción química (que es la que puede dar la pauta para grandes ahorros tanto en inversión como en costos de producción a través de

una optimización de las etapas de separación, teniendo en cuenta las especificaciones mínimas adecuadas del producto final y de las materias primas) y los sistemas auxiliares, que deben complementar el diseño mínimo - adecuado de una tecnología apropiada para operar en nuestro medio, considerando nuestras limitaciones, nuestros recursos y nuestra productividad y escala de operación. Estas son las cinco etapas alrededor de las cuales se ha desarrollado la Metodología de Módulos Básicos:

- 1) Especificaciones mínimas adecuadas del producto.
- 2) Estudio de la materia prima disponible
- 3) Estudio de las reacciones alternativas
- 4) Estudio de las necesidades de separación y purificación.
- 5) Estudio de los sistemas auxiliares.

La Metodología de Módulos Básicos tiene las características siguientes:

- * Proporciona un punto de partida para el diseño del proceso y de la planta.
- * Su aplicación fundamental está dirigida al desarrollo-adaptación de una tecnología apropiada a un mercado pequeño, menos complejo en cuanto a sus necesidades, con recursos financieros limitados y abundante mano de obra.
- * Se basa en el enfoque simplista que se usaba hace más de cuarenta años para diseñar procesos: énfasis en las condiciones de la reacción y concepción global de todo el proceso. Toma de la teoría de fenómenos de Transporte el énfasis en las interrelaciones entre las variables físicoquímicas del proceso y de la teoría de operaciones unitarias, la fragmentación en los componentes principales del proceso (aunque el Método de Módulos Básicos lo hace a un mayor nivel de abstracción que la de operaciones unitarias), y la optimización de cada uno de esos componentes dentro de la

optimización global del sistema.

- * Se aplica a un nivel de abstracción intermedio, que permite ir -- definiendo las posibles opciones sin suprimir la creatividad del ingeniero de procesos, a la vez que fomenta un nuevo tipo de mentalidad para atacar los procesos con miras a resolver nuestros - problemas de manera apropiada a nuestros recursos y necesidades.

La aplicación del método del módulos básicos, al igual que otros - métodos de diseño de procesos, es iterativo. Es decir, se hace un estudio preliminar de cada una de las cinco etapas para estructurar el modelo general y se va profundizando después poco a poco, aumentando los recursos aplicados a este estudio a medida que se va adquiriendo información - y mayor confianza respecto al posible valor del resultado final. Dicho - de otra forma, no hace un estudio exhaustivo del producto (1a. etapa)- antes de empezar el estudio de las materias primas disponibles (2a. etapa), etc., ya que esto podría dar lugar al desperdicio innecesario de recursos y se perdería la perspectiva global que sólo se logra una vez que se ha estructurado todo el conjunto y que es la fuente primordial de creatividad en la adaptación y desarrollo de una tecnología apropiada.

Es muy importante tener en mente esta interacción entre todas las etapas del estudio ya que, por necesidades obvias, la descripción que sigue es secuencial y no resulta este aspecto tan importante.

Primera Etapa. Estudio del Producto.

Uno de los errores más frecuentes al adaptar una tecnología es suponer que necesariamente se va a fabricar el mismo producto que en el caso original. En la mayoría de los casos, las características propias del mercado y la presencia de varios competidores ha ido dando a través de los años una serie de especificaciones al producto, ya sea para hacerlo más efectivo, más seguro o más versátil en sus usos. Muchos de los -- usos son de un nivel de complejidad tal, de acuerdo al mercado de sociedad de consumo que satisface, que es poco probable que se presenten en el

medio al que se va a adaptar la tecnología durante toda la vida - - util de la fábrica. En los países industrializados las fuentes más comunes de estos usos se encuentran en las industrias militar, aero náutica, espacial, electrónica, etc., que requieren, por ejemplo, de disolventes de pureza óptica, plásticos de conductividad bajísima y gran estabilidad dimensional, etc. Además es frecuente que la pre--sencia de una incompetencia intensa haya llevado a la industria a - fabricar productos con especificaciones más exigentes que las necesarias o en las que alcanzar los últimos porcentajes de pureza re--presentan costos adicionales importantes de aquí.

4.5.- Balance de Materiales.

El balance de materiales es un prerrequisito esencial en la - ingeniería de detalle de una planta para poder diseñar hasta las -- operaciones más simples, tanto para calcular tamaño del equipo como - para considerar las interrelaciones de varias piezas de equipo.

Para una planta que ya esté operando, el balance de materia--les es una herramienta muy útil y efectiva para mejorar la eficien--cia de un proceso, ya que ayuda a identificar la naturaleza, la mag--nitud y la localización de cada fuente de pérdida de eficiencia. - El principio esencial de un balance de materiales (o balance de ma--sas, como a veces se le llama) es el de la determinación cuantitati--va de todos los materiales que entran y salen de un proceso, balan--ceando las cantidades correspondientes, igual que se hace en un balan--ce financiero de pérdidas y ganancias.

La figura 4.1 muestra el diagrama de flujo del equipo para una - unidad simple de destilación usada en la recuperación de acetato de etilo a partir de una corriente residual acuosa. La alimentación, formada fundamentalmente por agua con una pequeña cantidad disuelta de acetato de etilo entra en la parte superior de una columna de destilación en cuya base se inyecta vapor. Se condensa un azaótropo de acetato de etilo y agua, que fluye en dos fases líquidas separadas, junto con un exceso de

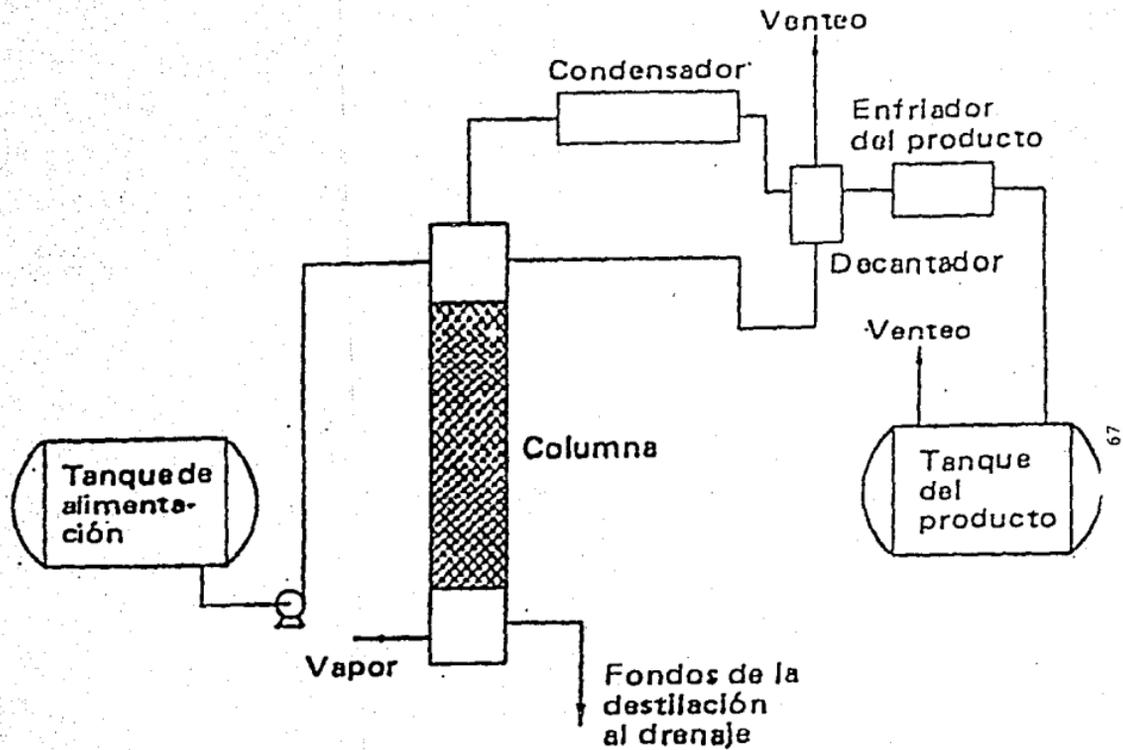


Figura 4.1- . Diagrama de flujo del equipo para una unidad simple de destilación.

agua, hacia el calentador. Aquí se devuelve la fase acuosa a la columna mientras que la fase con el disolvente y un poco de agua se enfría y pasa a un tanque de producto.

Siempre que sea posible, conviene preparar el balance de materiales en forma diagramática, ya que esto ayuda a evitar omisiones. La figura 4.2. ilustra el diagrama correspondiente al ejemplo descrito. Las unidades son moles y pueden representar kilos, libras, toneladas o cualquier otra medida conveniente, siempre y cuando sea una medida de masa y no de volumen ya que se cumple el principio de que la suma total de las masas que salen del proceso debe ser igual a la suma total de las masas alimentadas, principio que no se cumple casi nunca con respecto a los volúmenes que entran y salen del proceso.

En este caso el balance se ha calculado con base en una cantidad arbitraria de masa de 1 00 unidades que se alimentan al proceso. El análisis de la mezcla de alimentación indica una composición de 8% de acetato de etilo y 92% de agua en peso. tal como se indica en la figura 4.2.

El diagrama se va construyendo a base de agregar un nuevo bloque en cada punto donde cualquier material entra o sale del sistema. Nótese que no estamos necesariamente interesados en la cantidad de agua o de acetato de etilo que se recircula del material no sale del sistema, sino simplemente reciclada. La ventaja de preparar un balance de materiales completo en lugar de otras formas menos rigurosas de balances de materiales es que se puede aplicar a procesos donde tienen cambios químicos y físicos. Así por ejemplo, en el caso anterior donde no exista cambio químico, hubiese bastado con un balance de acetato de etilo que entra y el que sale del sistema, sin tomar en cuenta el agua para nada.

Supongamos, sin embargo, que tiene lugar un proceso químico como el siguiente:

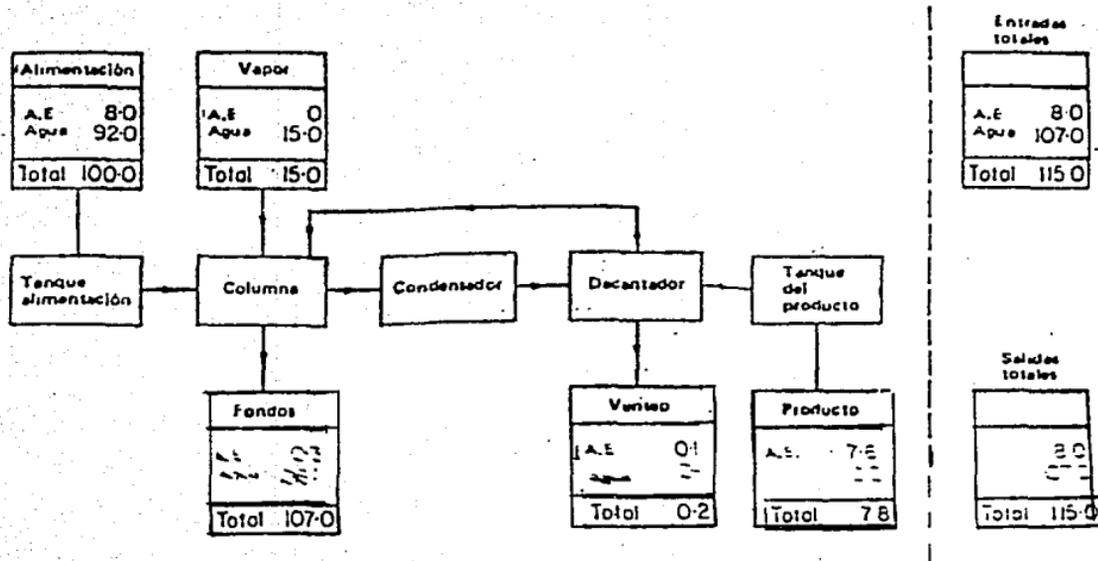
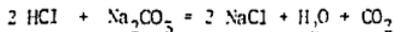


Figura 22- Balance de materiales - Destilación de acetato de etilo -



En este caso sí es necesario llevar a cabo un balance completo de materiales, ya que el ácido clorhídrico y el carbonato de sodio están presentes en grandes cantidades en la alimentación pero en cantidades pequeñas en el residuo de la reacción, mientras que el cloruro de sodio y el bióxido de carbono aparecen durante la reacción y el agua, aunque presente desde un principio, aumentará en cantidad.

Por otro lado, un balance sencillo y limitado es de considerable valor cuando las circunstancias permiten su uso, ya que simplifica lo que de otra forma sería un problema innecesariamente complejo. Considérese por ejemplo, un caso en el que se usa un disolvente en un sistema de separación por contacto líquido/líquido de donde se quiere extraer un producto de un líquido acuoso. Posteriormente se separa el producto del disolvente y el disolvente se recupera mediante dos destilaciones: Una para recuperar el disolvente que se haya quedado atrapado en la fase acuosa y la otra para destilar el grueso del disolvente.

El problema por considerar es por lo tanto, la eficiencia del manejo y recuperación del disolvente, que no sufre transformación química ni se genera ni se destruye en el proceso. Supongamos que se trata de un proceso relativamente complejo, que involucra el uso de tres tanques de disolvente recuperado, en el cual se pueden presentar pérdidas de disolvente en varios puntos del sistema y que requiere de la recirculación de varias corrientes laterales a otros tanques.

El balance se va elaborando lentamente, en forma escalonada, asegurándose que la suma total de disolvente en todas las corrientes que salen de un bloque es igual al total del disolvente en las corrientes que entran a ese bloque antes de pasar al siguiente. En las etapas iniciales muchos de los datos suelen ser inconcisos, por lo que requieren de un análisis.

4.6.- Balance de Energía:

Una vez elaborado el Balance de Materiales, las cantidades de masas se pueden utilizar para calcular el balance de energía. Los niveles de presión y temperatura en varios puntos importantes del proceso, en particular en cada pieza principal del equipo, servirán como guía para efectuar el balance de calor. Los resultados de estos balances de calor generalmente expresados en calorías o kilocalorías por unidad de tiempo, se pueden arreglar en varias formas diferentes de diagramas de flujo, en la misma forma que para el Balance de Materiales.

Los elementos principales de un Balance de Energía son el calor de reacción, que es el neto entre el calor de formación de los productos y el calor de formación de los reactivos a la temperatura de la reacción; el calor latente, necesario siempre que hay un cambio de fase y los calores específicos necesarios para calcular cambios de temperatura:

a) Manejo de Energía:

1.- Transferencia de Calor.- El equipo de transmisión de calor, en forma de cambiadores de calor y condensadores, es una parte vital en las industrias de procesos químicos. Los cambiadores de calor se emplean para enfriar o calentar toda clase de materiales de proceso, mientras que los condensadores se usan principalmente para la condensación de vapores provenientes de los evaporadores -- con una consecuente producción de vacío y para la recuperación de materiales evaporados en columnas de destilación.

2.- Cambiadores de Calor.- Los cambiadores de calor se construyen en un sinnúmero de formas y diseños, pero son tres los tipos más comunes 1) serpientes sumergidos en el líquido; 2) cambiadores de calor tubulares formados por tubos soportados por placas, una de las cuales está suelta con objeto de permitir la expansión entre los tubos y la cubierta; 3) cambiadores de calor de doble tubo, que consisten en dos tuberías concéntricas, una para cada fluido. Su diseño puede ser de tubos lisos con superficies extendidas por medio de aletas en los casos en que el coefi-

ciente de transmisión de calor de fluido sea muy bajo como en el caso de los gases líquidos viscosos.

Los comités de normas han elaborado prácticas patrón que se recomiendan en el diseño de cambiadores de calor, por ejemplo las longitudes de tubería que se encuentran en el comercio son de 2.40, 3.60, 4.80 y 6.00 m; debe tratarse de especificar la tubería en función de estas medidas normales. Los tamaños de las cubiertas llegan hasta los 60 cm de diámetro, usándose placas combadas (roladas) cuando son necesarios diámetros mayores. El espacio mínimo entre los tubos es de 5 cm, o de un quinto del diámetro interno de la cubierta, cualquiera que sea el mayor, mientras que la menor distancia permisible en la disposición de los tubos es de 1 1/4 veces el diámetro externo del tubo.

Por lo tanto, es necesario considerar ciertas limitaciones prácticas al diseñar un cambiador de calor. Siempre que sea posible debe seleccionarse un tamaño normal, lo que repercutirá en un costo menor que el de un tamaño especial, tanto desde el punto de vista del costo inicial como del de mantenimiento, la superficie del intercambiador debe dividirse en suficientes partes con objeto de que no sea de difícil manejo por su peso o sus dimensiones para el personal de mantenimiento.

3) Condensadores: Muchos condensadores se construyen siguiendo los lineamientos mencionados arriba para la construcción de cambiadores de calor especialmente los tipos 1 y 2 en estos casos se conocen como condensadores de superficie y se utilizan cuando es necesario evitar la mezcla de la fase que se condensa con el líquido de enfriamiento. Los condensadores que se usan en los evaporadores suelen ser el tipo de tromba (jet) en los cuales el agua de enfriamiento se mezcla con el vapor y lo condensa.

Los condensadores de tromba son de dos tipos: uno en el cual el flujo del vapor y el del agua de enfriamiento son paralelos y el otro en el cual ambos flujos están a contracorriente. Los condensadores de tromba suelen estar provistos de una columna barométrica que consiste en una

tubería larga de salida que se extiende por debajo de la superficie del pozo de agua caliente, la cual sirve como sello barométrico. En esta forma puede extraerse agua del condensador a cualquier vacío posible dependiendo siempre de la temperatura del agua de enfriamiento existente y sin necesidad del uso de una bomba de vacío. Sin embargo, suele ser necesario acoplar una bomba pequeña de vacío en seco a un eyector para eliminar los vapores no condensables.

Un tercer tipo de condensadores es el eductor, que consiste en un compresor de tipo Venturi en combinación con un condensador de superficie este tipo necesita grandes volúmenes de agua de enfriamiento, pero tiene la ventaja de operar con una agua de enfriamiento de temperatura superior debido a la acción de comprensión y por operar bomba de vacío.

4) Procedimientos de Diseño: En la literatura de la Ingeniería hay mucho material con la descripción de los métodos de diseño para los cambiadores de calor. Por regla general se basan en cambiadores de calor y ecuaciones de diseño económicamente óptimas en las cuales se combinan las variables básicas de velocidad de flujo de superficie de transmisión de calor. El aumentar las velocidades de flujo repercute en el aumento del valor de los coeficientes de transmisión de calor, un tamaño proporcionalmente menor del cambiador del calor y costos fijos anuales menores para un trabajo dado. La mayor caída de presión resultante aumenta el costo de bombeo, -- por lo que para elaborar un diseño económico es necesario recurrir a ecuaciones de costos. Un corolario que debe tomarse en cuenta en el cuadro de costos es el hecho de que algunas veces el aumento en la velocidad de una corriente se utiliza tan sólo para el intercambio de calor y no es fluido del proceso; un ejemplo típico es el intercambio de calor y no es fluido del proceso; un ejemplo típico es el del agua de enfriamiento como servicio y no como fluido del proceso.

Los calculos en base a lo dicho arriba son complejos, tediosos y consumen mucho tiempo, por lo que a menudo se parte de suposiciones con objeto de simplificar, tales como: 1) los costos de energía dentro y/o

fuera de los tubos son despreciables, 2) la velocidad de flujo de uno o de ambos fluidos es fija, 3) la temperatura de uno de los fluidos a lo largo de todo el cambiador es constante, como es el caso de un condensador. Sin embargo, las ecuaciones más rigurosas se pueden resolver con facilidad en las calculadoras digitales. El proceso de cálculo es generalmente el mismo, variando tan sólo en cada caso de los valores de las constantes.

Se recomienda al instructor desarrollar las ecuaciones básicas en clase y utilizar después una calculadora digital en una demostración en clase para obtener rápidamente la solución, si el tiempo lo permite y si se puede disponer del equipo necesario, los siguientes procedimientos generales deben seguirse al diseñar un cambiador de calor:

* Especificquense los balances de materiales y de entalpía en el cambiador, anotando las temperaturas de entrada y salida de todos los fluidos siempre que sea posible.

* Especificquense todas las propiedades de los fluidos: densidad, viscosidades en la pared y en el seno de la corriente, conductividad térmica, calor específico y calor latente.

* Calcúlense y estimense los coeficientes de transmisión de calor y los factores de ensuciamiento.

* Téngase un cambiador de calor tipo y de ahí una superficie de transmisión de prueba, junto con la longitud, arreglo y tamaño de los tubos y arreglo de las placas de desviación (baffles).

* Elíjase el camino de los fluidos, por dentro o por fuera de los tubos, escogiendo siempre la parte interior para las condiciones de mayor corrosión y/o de mayor presión, y usando la parte exterior para los fluidos que se vayan a condensar o en los casos en que haya caídas de presión pequeñas.

* Calcúlese la superficie de transmisión de calor y la caída de presión. Repítase todo el proceso hasta el área supuesta sea igual y la caída de presión tenga un valor económico, generalmente menor de 2 -- Kg/cm².

5) Hojas de especificaciones: En la preparación de diseños y cotizaciones de cambiadores de calor se requiere cierta información básica. - La asociación de Fabricantes de Cambiadores Tubulares (Tubular Exchanger-Manufactures' Association) suministra hojas de especificaciones que sirven de formas de requisición para el comprador a la vez que de formas para la cotización final del proveedor. Estas copias están disponibles y pueden conseguirse si se solicitan a la Asociación arriba mencionada. La información importante que se debe poner a la disposición de la persona encargada del diseño es:

1.- Fluidos a manejar:

- a) Nombre y fórmula química;
- b) Propiedades físicas para las ecuaciones de transmisión de calor;
- c) Porcentaje de líquido, de vapor y de no condensables;
- d) Tolerancias de corrosión ;
- e) Tipo de agua de enfriamiento si se requiere cruda o tratada.

4.1.6. Sí tesis Sistemática de Procesos Químicos Industrial es:

Cuando un Ingeniero Industrial se enfrenta al problema de desarrollar un nuevo proceso, a menudo debe jerarquizar las distintas fases del diseño, es decir, que ciertos aspectos del proceso deben ser diseñados antes que otros. Generalmente los factores sucesivos que deben ser considerados son:

- a) Selección de la reacción química y de la tecnología base;
- b) Asignación de especies químicas y diseño de reactores;
- c) Síntesis del sistema de separación;

- d) Síntesis del sistema de transferencia de energía;
- e) Síntesis del sistema de transporte de materiales;
- f) Síntesis de los sistemas de almacenamiento y control;

Puesto que el diseño de cada uno de estos aspectos requiere que se conozcan el comportamiento y los costos de aquellos que aún no han sido diseñados, el procedimiento debe ser iterativo. Las áreas principales -- que se suele tratar de refinar mediante experimentación en planta piloto -- son:

a) Producto.

- * Obtención de productos de distintas especificaciones, para comprobar su valor-en-uso y la elasticidad de la demanda al precio.
- * Obtención de productos crudos (mezclas de la masa reaccionante) o en distintas etapas de separación para definir las necesidades reales de separación.

b) Materia Primas.

- * Uso de materias primas en distintas formas de presentación (tamaño de partícula, concentración, etcétera).
- * Sustitución por materias primas similares.

c) Reacción.

- * Comportamiento de la reacción (velocidad de reacción y punto de equilibrio) ante cambios de temperatura, presión, concentración - uso de catalizadores, agitación, etcétera.
- * Materiales de construcción, contaminantes, control de la reacción etcétera.

d) Separación.

- * Métodos alternativos de separación: rendimientos, costos, impurezas resultantes, equipo necesario.

- * Materiales de construcción, necesidades de control, etcétera.
- e) Sistemas auxiliares.
 - * Balance de materiales, Sistema de transporte de materiales. - Almacenamiento en proceso.
 - * Balances de energía, generadores de energía, cambiadores de calor, etcétera.
 - * Sistemas de seguridad. Sistemas de control de la contaminación etcétera.

Una vez terminado el trabajo experimental de planta piloto para el desarrollo del proceso, se dispondrá de considerable información sobre:

- 1) El diagrama de flujo general del proceso y una idea de las áreas donde se podría esperar dificultades.
- 2) Los efectos probables de las impurezas de las materias primas sobre el rendimiento y la calidad del producto.
- 3) El tipo de reactor que se empleará, las conversiones y rendimientos que se espera obtener.
- 4) Las cantidades de calor que se van a transferir en varios puntos y los problemas que esta transferencia de calor va a presentar, en detalle suficiente para preparar un balance de materiales.
- 5) Los problemas de purificación del producto y los que se presentan en otras separaciones durante el proceso y un principio de preferencia sobre la mejor forma de resolverlos (filtración, extracción por disolvente, destilación, etcétera).
- 6) Los materiales de construcción más adecuados.
- 7) Los costos probables de construcción y de operación de la planta.

Con esta información como base se procede al diseño detallado de las partes individuales de la planta, sin perder de vista la interacción de una y otra parte para asegurarse de que la planta completa operará en for-

ma correcta.

4.6.2.- Bases Fundamentales para el Diseño del Equipo Principal en la Industria de Procesos.

En los proyectos grandes, una forma de evitar los problemas que presenta una inadecuada selección del equipo al transferir la tecnología del grupo de diseño del proceso al grupo de diseño del equipo, consiste en nombrar como coordinador o gerente del proyecto a un individuo cuya experiencia práctica le permita armonizar las tres áreas clave del proyecto representadas por los tres grupos que deberá coordinar:

1) Por lo que respecta a la gerencia general de la compañía a los propietarios del proyecto, debe entender e interpretar los objetivos económicos y financieros, tales como:

- * Confiabilidad de la capacidad y utilización de la planta.
- * Flexibilidad para expansiones futuras o modificación por obsolescencia.
- * Relación costo-calidad-servicio buscada.
- * Condiciones mínimas aceptables de seguridad, contaminación y apariencia física de la planta, etcétera.

2) En lo que se refiere al grupo de diseño del proceso, debe entender las capacidades y limitaciones del proceso, características conceptuales del diseño de sistemas auxiliares.

4.6.3. Características conceptuales del diseño de sistemas auxiliares:

Las características conceptuales que se deben buscar en el diseño de los sistemas auxiliares del proceso son:

a) Funcionalidad de la planta:

La capacidad de diseño de una planta se ve reducida siempre en

un factor (menor que 1) de utilización que está representado por el tiempo que una planta debe parar. La mayor parte de este tiempo se debe a fallas o necesidades de mantenimiento en los sistemas auxiliares. Es evidente que las medidas que se pueden tomar para mejorar la confiabilidad (a base de un sobre diseño) chocan con los criterios básicos económicos, por lo que es necesario buscar un nivel intermedio que resuelva en lo posible este conflicto.

Otro factor de reducción en la operabilidad de la planta son las emergencias como por ejemplo, fallas en la corriente eléctrica, ruptura de líneas o fallas en los equipos específicos. La solución técnica suele ser la instalación de equipo de emergencia y/o equipo secundario (standby), pero, nuevamente, se presenta el conflicto --clásico con los criterios económicos.

La capacidad de almacenamiento de materia prima, de productos intermedios y de productos terminados es otro motivo más que puede reducir la operabilidad de la planta. La falta de existencia de materias primas por irregularidades en el suministro de las mismas o la baja en la distribución y en las ventas de los productos terminados pueden provocar la saturación de la capacidad de almacenamiento, lo que traerá como consecuencia la necesidad de parar la producción.

La solución más obvia (y la más cara) es aumentar la capaci-dad de almacenamiento, pero afortunadamente en este caso hay otras soluciones más eficientes, como por ejemplo:

* Para asegurar un suministro confiable de materias primas, - es conveniente que los proveedores procedan de distintos lugares --geográficos y que los medios de transporte que se utilicen sean distintos, con el objeto de evitar la vulnerabilidad por huelgas, irregularidades en los sistemas de transporte o causas de fuerza mayor.

* Para optimizar el uso de la capacidad de almacenamiento de los - productos es conveniente desarrollar una sólida relación con los clientes,

lo que permitirá estar continuamente informados acerca de sus planes, sus necesidades futuras y conocer por lo tanto, cuanto antes, cualquier cambio imprevisto. Conviene también desarrollar alternativas de almacenamiento de contingencia, en los depósitos de los clientes o en depósitos rentados.

b) Diseño mínimo adecuado

Este concepto del que se ha abusado tanto en la literatura, es por desgracia uno de los que menos se toman en cuenta en la práctica, ya que ocupan más la atención las preocupaciones por la seguridad, la confiabilidad y la operabilidad de la planta.

Una de las raíces de la poca eficiencia que se observa en poner en práctica el concepto de diseño mínimo adecuado para transferir y adaptar tecnología, es que se empieza por el extremo equivocado, es decir, se empieza por mirar a la planta industrial más moderna, para después preguntarse de que se puede prescindir en una planta adaptada a las necesidades de nuestro país, sin reconocer que esta planta industrial es el resultado final de un diseño evolutivo, donde las adiciones se han ido entretejiendo por motivos diferentes, quedando ya firmemente fundidas y difícilmente aislables en las nuevas generaciones de esa tecnología. Muchos de los motivos para esas adiciones fueron localistas, otros más fueron pasajeros, debidos a crisis temporales, y casi ninguno es exactamente duplicable en nuestro medio.

Un enfoque más productivo es empezar por el otro extremo, por el diseño del proceso, y preguntarse cuáles son las condiciones de seguridad, confiabilidad, operabilidad etc.

os siguientes ejemplos ilustran algunas de estas ideas:

* Frecuentemente se instala equipo secundario o de emergencia (stand-by) en las plantas grandes porque el costo de esa inversión adicional es equivalente al costo de parar la producción por un tiempo corto. Ese mismo tiempo parado, al nivel de producción de una planta más pequeña

no justifica en muchas ocasiones el equipo de emergencia necesario, que suele costar relativamente más dinero.

*Para aumentar el rendimiento en fracciones de $\frac{1}{2}$ (si se tiene un nivel de producción grande) se justifica la instalación de equipo adicional de reacción, o el uso de distemas catalíticos más complicados. Ese mismo aumento porcentual, al aplicarse a una planta pequeña, muchas veces no justifica el costo del equipo adicional.

*Para ahorrar en el consumo de energía, las grandes plantas modernas utilizan muchos sistemas de intercambio de calor, corrientes de recirculación o aprovechamiento de presiones elevadas, que no se justifican en una planta pequeña.

*Los problemas de seguridad, de contaminaciones de ambiente de trabajo se resuelven también de manera muy distinta.

c) Uso Máximo de Mano de obra y Mínimo de Capital.

La Industria Química es una de las que tienen una relación -- más alta de capital por empleo por la naturaleza de sus procesos, - los que la hacen menos susceptible de sustituir capital por mano de obra. Sin embargo, conceptos tan simples como el uso de un reloj - de vigilante (para asegurarse de la periodicidad de las lecturas) y un papel tornasol o un termómetro manual para sustituir costos instrumentos, indicadores y registradores, pueden en muchas ocasiones, resultar en reducciones importantes en la inversión en una planta - pequeña, sacrificar la esencia del control, la seguridad o la confiabilidad.

2) Manejo de Materiales.

El equipo para el manejo de materiales puede ser manual o mecánico. El equipo mecánico es el mejor coordinador de los procesos; no sólo elimina el trabajo manual, sino que también sirve para regular la marcha del proceso, para unir varias piezas de equipo y frecuentemente para

convertir una operación intermitente en continua. Para asegurar un costo mínimo de operación, se debe sustituir siempre que sea el manejo manual por manejo mecánico. El equipo para manejo de materiales se divide lógicamente en equipo para operación continua y equipo para operación intermitente y se subdivide según se emplee para el manejo de sólidos, líquidos o gases. Los líquidos y los gases se manejan mediante bombas y ventiladores; en tuberías, canales y ductos y en recipientes del tipo de tambores, cilindros y carros --tanque, esta operación unitaria está tan especializada que el Ingeniero Químico debe consultar con ingenieros mecánicos competentes para la selección del equipo. Este último no puede efectuar el trabajo él solo, ya que con frecuencia son necesarias materiales de construcción especiales, hay riesgos particulares que incluyen corrosión, fuego, daños por calentamiento, explosión, contaminación y envenenamiento, eliminación de purgas y ventilas para disminuir la corrosión (en las roscas y en las esquinas agudas) y las fugas; - -ajuste sencillo del espacio entre el impulsor y la cubierta; medios para recoger el material que se pierda por fugas; protección de la caja de cojinetes y de las placas básicas contra la corrosión; disponibilidad de modelos con impulsor abierto, semicerrado o cerrado para condiciones diferentes y diseños especiales como el tipo sumergido o de autocebado.

Bombas rotatorias de engranes. Este tipo de bombas emplea -- dos engranes de una cubierta ajustada a ellos. El líquido es atrapado por los dientes de los engranes y llevado desde la entrada hasta la descarga. El ajuste de los engranes sella la bomba contra un flujo de retroceso. La bomba de tornillo es un tipo especial de -- bomba de engranes que emplea dos tornillos engranados dentro de una cubierta con forma de ocho. Este tipo de bombas se construye para manejar cualquier líquido o semilíquido que fluya a través de una tubería de succión, como melazas, salmuera, agua, grasa, ligera y pesada, aceite y lodos ácidos. Se construyen con capacidades que van desde 7.5 hasta 16 000 litros por minuto, y para trabajar a presiones hasta de 70 atm o más. Este tipo de bombas se ha utilizado para expulsar soluciones de nitrato de celulosa a presiones tan ele

vadas como 170 atm. La bomba de paletas deslizantes está formada por una cubierta excéntrica de forma elíptica o bien el rotor y la flecha son excéntricos con respecto a la cubierta. En el tipo de paletas deslizantes o el de anillo, el rotor arrastra las paletas hacia adentro y hacia afuera, ya que éstas descansan en un anillo estacionario. Dada la simplicidad del diseño y de su solidez, la mayoría de las bombas de engranes rotatorios y de paletas son particularmente adecuadas para el bombeo de líquidos más viscosos que el agua, del tipo de melazas, alquitrán, jabón y aceite. Este tipo de líquidos espesos y de flujo lento no siempre puede manejarse satisfactoriamente con bombas centrifugas o de pistón. Las bombas rotatorias dependen generalmente para su lubricación del material que bombean y, si se desea una vida larga, no deben usarse para líquidos que no tengan cualidades lubricantes. Se construyen con espacios libres muy pequeños y por lo tanto no deben usarse para manejar líquidos que contengan arena o sólidos.

Materiales de construcción para las bombas. Los materiales que se usan en la construcción de las bombas dependen del servicio a que se las destine. Aunque no existen materiales de uso universal, resistentes a la corrosión, hay materiales que tienen gran resistencia contra reactivos corrosivos específicos y el conocimiento de la reactividad química entre diversas soluciones de productos químicos y los materiales de construcción es necesario para hacer una selección adecuada de la bomba.

Las bombas recubiertas de vidrio, porcelana o esmalte no tienen sino un uso muy limitado, debido a la incapacidad de estos materiales de resistir choques mecánicos y términos severos. Las aleaciones de hierro con un contenido elevado de silicio del tipo del "duriron", y "corrosiron" son más adecuadas para aquellos trabajos con choques mecánicos severos que los materiales mencionados más arriba, pero la dificultad de torneear y pulir estos materiales tan duros y quebradizos limita su aplicación. El plomo y sus aleaciones son aplicables como materiales de construcción para las bombas, pero su uso está restringido a aquellos casos en que el plomo no entre en la reacción. Se ha adoptado como factible el uso de plomo -

duro especial firmemente adherido a una coraza exterior de hierro o de otro metal. Las bombas recubiertas de hule duro, las de Pyrex y las de plástico son muy adecuadas para el manejo de ácido clorhídrico.

Los latones y bronces; las aleaciones con base ferrosa, el níquel; el monel, las aleaciones de magnesio, el hule duro, los plásticos, el estaño, el aluminio y los metales similares deben añadirse al hierro fundido ordinario, gris y blanco, como materiales para la construcción de bombas. Prácticamente cualquier aleación o cualquier metal moderno puede utilizarse para fabricar bombas y queda sólo al Ingeniero Químico el estipular la clase de solución a la clase de metal que desea manejar y el fabricante de bombas intentará construir una bomba para el servicio solicitado.

Resumen de la información necesaria para seleccionar una bomba o equipo.

1.- Capacidad y presión hidrostática:

- a) Valor máximo para cada una.
- b) Valor permisible o márgenes deseables para cada una.
- c) Posibles cambios futuros de los requerimientos.

2.- Características deseables de operación:

- a) Presión hidrostática y capacidad constantes, o
- b) Capacidad variable y presión casi constante o
- c) Presión variable con alguna variación en la capacidad, o
- d) Capacidad constante contra presiones variables, etc.

(Algunas de ellas pueden hacer necesario el uso de velocidad variable, estrangulación o desviaciones).

3.- Características de Ambiente.

Si el motor se va a instalar en un lugar cerrado, debe investigarse la temperatura y la disponibilidad de aire limpio para ventilación. Para las operaciones a la intemperie debe considerarse el tiempo, lluvia, nieve, arena o tormentas de polvo que prevalezcan, así como las temperaturas extremadamente altas o bajas, por encima de 40°C o por debajo de 10°C. En presencia de atmósferas explosivas, el

líquido, vapor, gas o polvo presentes deben identificarse claramente con objeto de poder especificar el equipo eléctrico adecuado. Las bombas y agitadores especiales especifican para operación con motores sumergidos. Los riesgos del tipo de humos corrosivos, salpicaduras de ácidos, exceso de humedad, vapor de aceite, aire salino, polvo abrasivo, vapor de agua y crecimiento de hongos deben estudiarse atentamente para tener la seguridad de que los motores y reguladores se seleccionan con una protección adecuada o bien se sitúan fuera del área contaminada. Al hacerse la instalación debe prevenirse cualquier vibración, choque o inclinación anormales que puedan transmitirse de la máquina accionada al motor o bien pueden absorberse a través de la flecha, de las conexiones o de la base del motor o de la máquina.

Los motores y reguladores se indican para trabajar satisfactoriamente con la carga indicada sin exceder la elevación de temperatura señalada en la placa del fabricante, con una temperatura ambiente no mayor de 40°C, a cualquier altura sobre el nivel del mar no mayor a 900m; el aumento de temperatura del motor crecerá a razón del 1 por ciento del indicado en la placa del fabricante por cada 100 m arriba de los 1 000m. Para una operación arriba de 1 800m de altura, los autotransformadores, los transformadores reguladores del circuito y los resistores de servicio continuo deben trabajarse a un 75 por ciento del KVA normal indicado.

1) Suministro de Energía

Algunas plantas pueden situarse en áreas donde sólo se disponga de corriente directa de la fuente local de energía; la demanda combinada de grandes cantidades de corriente directa de bajo voltaje y de vapor de baja presión para el proceso puede muy bien seleccionarse para todos los impulsores de la planta sobre todo si se está operando equipo para manejo de materiales del tipo de grúas, montacargas y carros de volteo o si un gran número de máquinas necesita ajuste de velocidad. Si está implicado en el proceso un gran número de motores de velocidad constante y/o grandes demandas de energía, ciertas condiciones económicas pueden justificar el traer

una nueva fuente de corriente alterna o instalar un equipo generador de esta corriente, que permitirá el uso de motores impulsores de tipo jaula de ardilla o síncronos. Los motores de corriente alterna se diseñan para operar a una cierta carga con una variación en el voltaje de 10 por ciento arriba o abajo de voltaje indicado o con una variación en la frecuencia de 5 por ciento por arriba o por abajo de la indicada. Cualquier desviación del voltaje o la frecuencia indicados se traducirá en cambios en el factor de potencia, la fuerza motriz y la eficiencia.

Debe seleccionarse equipo metálico con interruptores de aire o de aceite para 1) arrancar y regular motores que operen por encima de 5 000 volts o 2) cuando la capacidad del motor es mayor que la de los interruptores y reguladores industriales.

2) Sistemas de Emergencia.

Los sistemas de suministro de energía eléctrica bien diseñados y mantenidos son bastante seguros. Sin embargo, pueden ocurrir interrupciones accidentales en el suministro de energía, por lo que deberá tenerse un equipo auxiliar que mantenga en funcionamiento el equipo esencial. Algunos reactores tanques y tuberías deberán ser vaciados; la refrigeración o el calentamiento deberán seguir funcionando para que no se eche a perder el producto; la iluminación de emergencia es importante para poder parar la planta con seguridad.

Para este objeto suele instalarse un generador movido con una máquina diesel o de gas.

Para tener una acción efectiva cuando ocurra alguna falla en las líneas principales deberá instalarse un sincronizador automático conectado al equipo de emergencia. El equipo de emergencia para incendios suele estar movido por máquinas de gasolina conectadas directamente.

3) Manejo de Gases:

1) Compresores

Su función es aumentar el diferencial de presión en un gas; al igual que las bombas, se clasifican en centrífugas, rotatorios y reciprocantes.

Existen compresores y centrífugas con un amplio rango de capacidades y presiones y generalmente son de varias etapas.

Los compresores axiales sirven para manejar grandes volúmenes de entrada y son aproximadamente 10% más eficientes que los compresores centrífugos.

Los compresores reciprocantes pueden desarrollar bajas o muy altas presiones (35 000 psi). Los más comunes son los de una o varias etapas con un cilindro de doble acción, y en los de varias etapas por lo general se enfría el gas entre las etapas. La eficiencia se refiere generalmente al comportamiento isoentrópico del gas.

Los compresores rotatorios se caracterizan por una descarga suave y continua. Hay varios tipos y tienen un amplio rango de posibles presiones y volúmenes. Estas bombas se utilizan para producir vacío.

2) Ventiladores.

Los ventiladores también manejan volúmenes de gases, pero la diferencia es que el efecto de compresibilidad se puede depreciar y considerar el volumen constante.

Los ventiladores se clasifican, por la dirección del flujo de aire en radiales y axiales y, también existen diferentes clasificaciones por el tipo de aletas:

El volumen de gas movido es proporcional a la velocidad; la energía al cubo y la presión estática al cuadro de la velocidad. En la práctica cada caso es diferente.

3) Eyectores.

Se emplean para el manejo de líquidos corrosivos, principalmente para producir vacíos (presiones subatmosféricas) no muy fuertes.

4.7.- Métodos y Modelos.

Cualquier estudio referente a Investigación de Operaciones involucra el uso de modelos. Un modelo es la representación simplificada de un sistema real, que tiene por objetivo el analizar el comportamiento del sistema, a fin de mejorar el funcionamiento del mismo. Para que sea completo, el modelo debe de ser representativo de la situación real que se investiga.

Ahora es fácil comprender que los modelos se utilizan básicamente para predecir y comparar. Así, al valerse la Investigación de Operaciones del uso de ellos en el estudio de los sistemas, es simple predecir las reacciones de acuerdo a distintos cursos de acción y por consiguiente, hacer comparaciones que conduzcan a la determinación de la mejor alternativa.

Dado lo anterior, se considera que uno de los elementos primordiales en la resolución de un problema, es la construcción de un modelo.

Existe una clasificación bastante amplia de los modelos, pero para los objetivos que se persiguen, bastará con mencionar sólo algunos de ellos:

1) LOS MODELOS ANALOGICOS, son aquellos capaces de representar situaciones dinámicas, transformando unas propiedades en otras y fomentando la posibilidad de hacer cambios. Ejemplos de estos modelos son las distribuciones de frecuencias y los diagramas de flujo.

2) LOS MODELOS SIMBOLICOS O MATEMATICOS, tal vez sean los más importantes de considerar, ya que gran parte de los estudiosos de

Investigación de Operaciones relacionan este nombre con los Modelos Matemáticos, y la razón es que tales modelos brindan la opción de encontrar la solución más factible a través de herramientas muy convenientes. Un tipo usado comúnmente es la ecuación, la cual es concisa y fácil de entender, su notación es más sencilla y se escribe más rápidamente que la palabra.

Entre otra de las varias categorías de los modelos Matemáticos se encuentran los PROBABILISTICOS O ESTOCASTICOS y los DETERMINISTICOS, siendo los primeros los que tienen sus fundamentos en la Probabilidad y estadística y se ocupan de incertidumbres futuras, mientras que los segundos no hacen uso en forma alguna de la Probabilidad y su atención se enfoca a las situaciones en las que los factores críticos o determinantes son cantidades exactas. Ejemplo de un modelo Probabilístico es la TEORIA DE LINEAS DE ESPERA, y de un modelo Determinístico es la Ruta Crítica (determinación de la secuencia óptima de actividades para una serie de eventos o tareas).

3) LOS MODELOS ESTATICOS Y DINAMICOS se ocupan de dar respuesta a una serie de condiciones que pueden o no tener cambio significativo a corto plazo. La capacidad de producción y los requerimientos de tiempo de algún producto pueden variar, constituyendo un modelo Dinámico, mientras que la disponibilidad de las horas por turno a corto plazo, es una condición que debe integrarse a un modelo Estático.

4) LOS MODELOS DE SIMULACION están formados por una gama de cálculos secuenciales muy numerosos, en donde se reproduce el funcionamiento de los sistemas de gran escala. En muchas ocasiones en la actualidad, ocurren relaciones sumamente complejas que pueden ser predecibles o son aleatorias.

CAPITULO 5:

DIAGRAMAS DE PROCESO

5.1.- Generalidades.

El término de diagramas de proceso se refiere a una familia de representación gráfica, relativa a un proceso industrial o administrativo. Nos sirven para recoger peculiaridades de un proceso en forma definitiva o definida. Representan las fases que atraviesa la ejecución de un trabajo o serie de actos. (1)

Los diagramas de proceso nos proporciona una descripción sistemática de un proceso o ciclo de trabajo, con suficiente detalle para realizar un análisis que nos permita mejoras en los métodos. Cada miembro de la familia de diagrama de proceso está diseñada para ayudar al analista a visualizar claramente el procedimiento en uso. Los formatos estandarizados de diagramas proporcionan un lenguaje común para varias personas. La gran parte de los diagramas combinan visualizaciones gráficas, escritas o grabadas, que necesitan la participación total de todas las personas involucradas en el proceso productivo.

Frecuentemente se encuentra la posibilidad de eliminar totalmente ciertas operaciones o ciertas partes de un proceso productivo, de combinar un método con otro, de obtener un recorrido mejor para los materiales, de emplear máquinas más económicas, de eliminar esperas entre operaciones; esto sirve para una gran mejoría si el Ingeniero Industrial se auxilia de los diagramas.

(1) Maynard H.B. (Editor in chief); "Industrial Engineering Handbook". Section 2. Ch3. "Process chart procedures" by W. Mullee. 1978.

Los cinco pasos para mejorar la producción o resolver un problema de la misma son:⁽²⁾

- 1.- Detectar y definir el problema.
- 2.- Obtener una visualización detallada sobre la situación.
- 3.- Cuestionarse con mente abierta sobre las posibilidades o fallas que tengan las personas involucradas en procesos.
- 4.- Desarrollar o implementar un método mejorado.
- 5.- Poner en marcha la puesta.

En el análisis de métodos se emplean cinco diagramas de proceso, cada uno de ellos tiene aplicaciones específicas, y son:

- 1).- Diagramas de operaciones de proceso.
- 2).- Diagramas de flujo de proceso.
- 3).- Diagramas de flujo de actividades.
- 4).- Diagramas de proceso hombre-máquina.
- 5).- Diagramas de barras o de Gantt.

5.2. Diagrama de operaciones de proceso.

Un diagrama de operaciones de proceso muestra el orden cronológico de todas las operaciones, e inspecciones y materiales a utilizar un proceso de fabricación o administrativo desde la llegada de materia prima hasta el arreglo final del producto terminado. Debe de señalarse la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el producto principal.

Este diagrama solo utiliza tres símbolos: un círculo pequeño, que usualmente tiene 10 mm. de diámetro, para representar una operación, un cuadrado, de también 10 mm. para representar una inspección, y un tercer símbolo que es el combinado de ambos. Se utiliza cuando suceden operaciones e inspecciones en forma simultánea, de forma que es difícil distin-

(2) Grant E. L. Ireson W. G. & Leave Worth R.S. "Principles of engineering Economy" 6th. edition John Wiley & Sons. 1979.

guir cuando principia una y finaliza otra.

Una operación ocurre cuando un objeto es transformado intencionalmente en sus características físicas o químicas, es ensamblado o desensamblado de otro objeto, o es preparado para un transporte, una inspección, un almacén.

Una inspección ocurre cuando un objeto es examinado para verificar si la cantidad y la calidad de un producto en alguna de sus características cumple con la norma o estándar previamente establecido para tal efecto.

Se debe utilizar líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso a medida que se realiza el trabajo, y se utilizan líneas horizontales que entroncan con las verticales para indicar la introducción de un subensamble o material, ya sea proveniente de una operación paralela o bien de compras o almacén de materias primas.

La figura adjunta representa los principios de la construcción de un diagrama de operaciones, así como la forma de introducir un material a proceso. Es importante notar en la figura que deben enumerar los eventos, operaciones e inspecciones a los eventos que ocurren en el ensamble principal les corresponden los primeros números, hasta encontrar un subensamble, entonces la numeración sube al primer evento de esta y baja hasta retornar al ensamble principal. (5.1)

Todos los pasos deben enlistarse en secuencia lógica, de arriba hacia abajo. El componente principal o chasis, si es el caso, se coloca a la extrema derecha y todos los demás son dibujados a la izquierda del componente principal.

El diagrama de proceso de operaciones es una valiosa ayuda para visualizar en todos sus detalles el método presente, y nos proporciona una herramienta útil para vislumbrar nuevos y mejores procedimientos. Este

diagrama nos puede indicar el efecto que tendría el cambio en una operación dada sobre las operaciones precedentes o subsecuentes.

Debido a que este diagrama indica la afluencia general de todos los componentes que entrarán a un producto en un orden cronológico puede ser muy valioso en la planeación de la distribución del equipo en planta.

Con solo cuatro consideraciones este diagrama nos permite con centrarnos más en estos puntos (materiales, operaciones, inspecciones, y tiempos), sin perdernos con otros factores que también ocurren en el proceso.

Una vez realizado el diagrama, todas las alternativas para el material como tolerancias y acabados deben ser evaluados en base a la rentabilidad, servicio y costo. A continuación, las operaciones son consideradas para posibles alternativas de proceso, maquinado, de fabricación de ensamble y para cambios en la herramienta y equipo.

5.3.- Diagrama de Flujo de Proceso.

Un diagrama de flujo de proceso es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, demoras, transportes, inspecciones, y almacenamientos que ocurren durante el proceso o procedimiento.

En este diagrama se utilizan símbolos además del de operación e inspección de empleados en el diagrama anterior; ellos son transporte, demora y almacenamiento.

Una pequeña flecha indica transporte. Tiene lugar un transporte cuando un objeto es movido de un lugar a otro, excepto cuando dicho movimiento forma parte de la operación o es causada por el --operario en la estación donde trabajó durante una inspección. Los trayectos de 1.5 mm. o menos no se registran a menos que el análisis

ta considere que repercutirán en forma importante en el desarrollo del proceso productivo que se estudia.

Un símbolo como la letra D, mayúscula, indica demora o retraso, él ocurre cuando no se permite a una pieza ser procesada inmediatamente en la siguiente estación de trabajo. El almacenamiento se representa por medio de un triángulo equilátero puesto sobre su vértice. Un almacenamiento ocurre cuando un objeto es retirado y protegido contra un traslado no autorizado.

Cuando dos actividades son efectuadas simultáneamente se dice que son combinadas. Por ejemplo si se lleva a cabo una operación y una inspección con el círculo de operación inscrito dentro del cuadro. El diagrama de flujo puede ser de tres tipos:

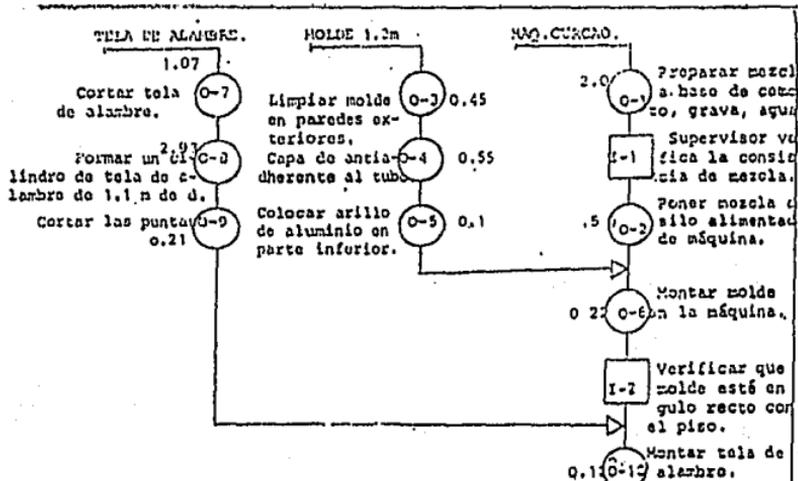
- a) De materiales. b) De personas. c) De equipo.

El primero se utiliza para seguir los pasos que se realizan sobre un componente o material durante el proceso y es muy útil para analizar los procesos productivos, el segundo para seguir a una persona indicando todas las actividades que realizan, este tipo de diagrama idóneo para operaciones de mantenimiento o servicio como tercero.

El diagrama debe estar plenamente identificado, por lo que es importante anotar en él la mayor cantidad de información pertinente como tipo de proceso, departamento, tipo de producto que se elabora, si el método es el actual o el propuesto y comentarios análogos. Entre más información contenga la hoja más útil será al futuro.

La hoja de diagramación puede tener una sola columna destinada a los símbolos de flujo o bien, cinco columnas cada una representando operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento. En caso de ser una columna, el analista deberá de dibujar el símbolo pertinente en cada paso, si es de cinco bastará con trazar una línea hasta el símbolo adecuado.

A la derecha de la columna de símbolos, deberán aparecer dos casilleros, uno para anotar el tiempo que requiere el elemento y otro para registrar la distancia que se corre.



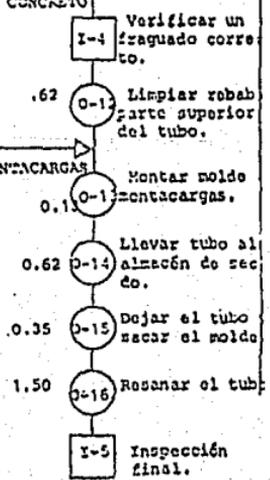
"DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA ELABORACION DE TUBO ARMADO DE CONCRETO DE 1.2 m DE DIAMETRO CON ADITIVOS PARA UNA MAYOR DUREZA Y RESISTENCIA."

AQUINA CURCAGO C-35-AF/S. FABRICACION BRASILEÑA.

ADITIVOS DE DUREZA PARA CONCRETO

PINZAS SUJETADORAS MONTACARGAS

EVENTO	NUM.	TIEMPO
OPERACIONES	16	12.87 min
INSPECCIONES	5	Jornada



"DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO".

Una vez que toda la información necesaria ha sido obtenida y escrita en la parte superior del diagrama, se procede a iniciar con el primer símbolo del evento.

Una vez registrado el primer paso, se traza una línea hacia abajo, vertical en caso de ser diagrama de una columna o bien, hasta el símbolo inmediato inferior adecuado si es de cinco columnas.

Se enumeran cronológicamente todos los elementos siguiendo -- una numeración particular para cada tipo; por ejemplo si el primer evento del proceso es un almacenamiento, deberá asignarsele el número uno, pero si a continuación se enumera, una demora deberá asignarse también con el número uno, puesto que cada símbolo tiene su secuencia particular; en el momento que aparezca otra demora podrá asignársele el número dos.

Cuando el proceso se invierte o retrocede, el cambio de sentido o dirección se indicará dibujando la flecha de modo que apunte a la izquierda. Si el proceso se efectúa en un edificio de varios pisos una flecha apuntando hacia arriba indicando que el proceso se efectúa siguiendo esa dirección y una flecha que apunta hacia abajo indicará que el flujo del trabajo es descendiente.

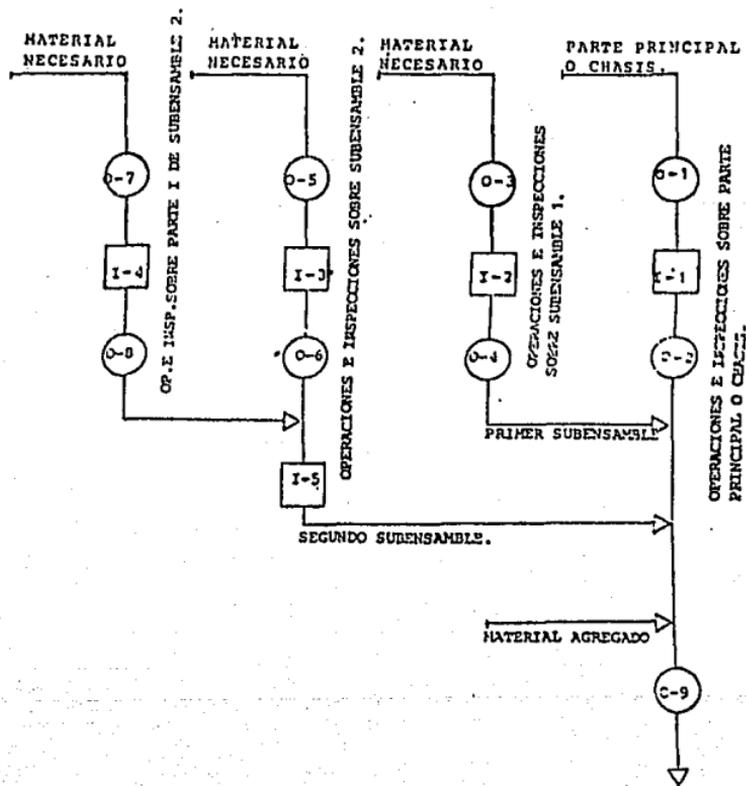
Este diagrama contiene más detalles que el diagrama de operaciones explicado en el inciso anterior del presente capítulo y es sumamente útil para descubrir costos ocultos como distancias, recorridos, retrazos excesivos, y almacenamientos temporales; una vez localizados estos pasos no productivos el Ingeniero procederá a mejorarlos, por ejemplo, la figura 5.1. Muestra el diagrama de flujo de proceso global para la misma operación de elaborar tubo armado de concreto del diagrama de operaciones de proceso de la figura 5.2 Es evidente que el diagrama de flujo revela más detalles acerca de la operación. Esto se debe a que en el diagrama de flujo de proceso global podemos incluir los transportes, las demoras y los almacenamientos. Con esta información podemos realizar un trabajo más exhaustivo de proceso.

La figura 5.2 nos muestra un diagrama de flujo de proceso tí-

GRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA LA REPARACION DE UN NEUMATICO PERFORADO.

EVENTO.	NUMERO	TIEMPO	DIST.
Operaciones	15	10.27	-
Inspecciones	3	0.67	-
Act. Combinadas	1	0.16	-
Transportes	4	0.66	14.5m
Almacenamientos	1	-	-
Demoras	4	2.3	-

TIEMPO	EVENTO	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD.				
1.02	1	Montar vehículo sobre la plataforma neumática.		0.21	10	Aplicar cemento para parche.
0.31	1	Verificar que ruedas del vehículo estén en puntos seguridad rampa.		0.36	11	Adhorir parche a la llanta.
0.35	1	Esperar que plataforma eleve vehículo.		0.21	2	Verificar la completa adhesión del parche y si cubre superficie parche.
1.52	2	Quitar tapón y desmontar llanta con pistola neumática.		0.57	12	Pasar el planchador de parches.
0.13	1	Llevar la llanta a zona de trabajo.		1.03	2	Esperar el sacado del parche.
1.40	3	Introducir llanta en pileta de agua para localizar lugar de fuga.	3.25m	3.25	3	Llevar la llanta al desmontador neumático.
0.10	4	Sacar llanta del recipiente y marcar con gis lugar de fuga.		0.45	13	Juntar la llanta con el rhin con ayuda de leva mecánica.
0.42	5	Quitar pivote y dejar escapar aire.		0.32	14	Poner pivote y colocar compresora para inflar.
0.34	6	Montar llanta en desmontador neumático.		0.51	3	Esperar el inflado a la presión requerida.
0.45	7	Introducir leva mecánica en llanta para separar de rhin.	4.0 m	0.15	4	Llevar llanta a plataforma neumática junto a vehículo.
3.25m 0.14	2	Llevar llanta a zona de parchado.		1.83	15	Montar llanta en vehículo con pistola neumática.
0.25	8	Localizar y sacar clavo de la llanta.		0.15	3	Verificar que las tuercas estén bien apretadas.
0.95	9	Limpiar lugar donde se colocará parche con raspadora de aire.		0.41	4	Esperar que vehículo descienda de la rampa.
0.16	1	Limpieza de residuos con compresora e inspección de limpieza total en superficie.			1	Poner vehículo en zona de entrega hasta que el cliente presente completa llanta de repaso.



"PRINCIPIOS DE CONSTRUCCION DE UN DIAGRAMA DE OPERACIONES."

pico de una columna que representa los eventos necesarios para realizar el parchado de una llanta que ha sido perforada por algún objeto punzocortante, dentro de una llantera con instalaciones normales. Se debe registrar el mayor número de eventos para realizar un análisis más completo. Es importante hacer notar la conveniencia de hacer un resumen por escrito de actividades para detectar si algún tipo de evento ocurre demasiadas veces o consume un tiempo excesivo. En caso de que sea detectada esta situación se debe proceder hacer mejoras correspondientes en el método.

Cada diagrama debe contener lo que el criterio del analista - considere respecto a la operación.

Una vez terminado el diagrama debe proceder a hacer un análisis detallado del mismo, con el objeto de eliminar los costos ocultos de un componente.

Una forma sistemática de analizarlo es cuestionándose a sí mismo cinco preguntas básicas: cuál, dónde, cuándo, quién, como. -- Las preguntas en su lógica secuencia y su acción esperada se enumeran a continuación:

P r e g u n t a :

1.- ¿Cuál es el propósito?

Acción esperada:

Eliminar actividades innecesarias.

2.- ¿Dónde debe hacerse?

Acción esperada:

Combinar o cambiar de lugar.

3.- ¿Cuándo debe hacerse?

Acción esperada:

Combinar o cambiar tiempos o secuencias.

4.- ¿Quién debe hacerlo?

Acción esperada:

Combinar o cambiar operario.

5.- ¿Cómo debe hacerse?

Acción esperada:

Simplificar o mejorar el método.

5.3.- Diagrama de flujo de proceso globales.

En muchas ocasiones, es necesario hacer un diagrama de operaciones que contenga los elementos de demora, transporte y almacenaje, ya que representan una parte muy importante del costo total de la actividad, esto es especialmente serio en operaciones que involucren hombres trabajando en grupos o si existen varios subensambles en un producto, en estos casos será de mucho valor poder visualizar la interrelación entre todos ellos y es por eso que se diseñó el diagrama de flujo de proceso global. El diagrama de flujo está diseñado para poder visualizar la acción sobre un ensamble o conjunto y no solo sobre una pieza o un hombre, como en el diagrama descrito en el inciso anterior.

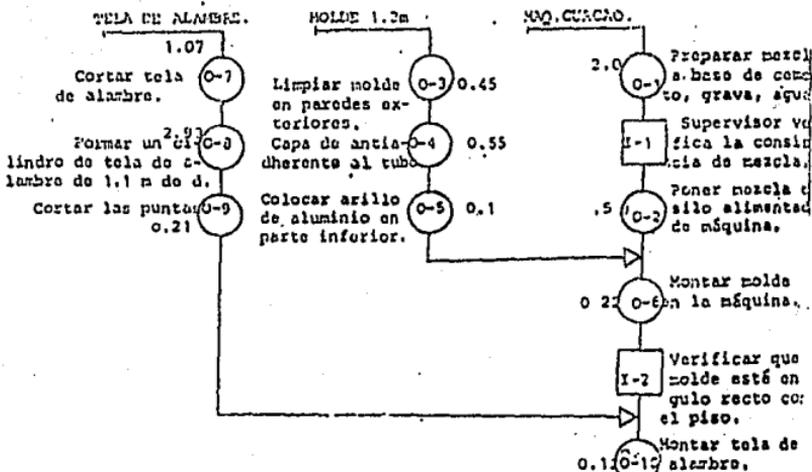
El diagrama de flujo de proceso global o multicolumnas es una combinación del diagrama de operaciones de proceso y del diagrama de flujo regular. Este tipo de diagramas representan una ayuda invaluable para el analista que desea hacer un estudio verdaderamente exhaustivo de todos y cada uno de las operaciones involucradas.

5.4.- Diagrama de Recorrido de Actividades.

El diagrama de recorrido es un croquis de la distribución de la planta y edificios en el cuál se muestra la localización de todas las actividades del proceso. La ruta del movimiento del material o de la persona se traza sobre el plano con una línea. Cada actividad es localizada e identificada en el diagrama de recorrido con un símbolo y un número, es el mismo del diagrama de flujo de proceso para la actividad. La dirección del movimiento se muestra por medio de flechas que indican hacia dónde -- tiene curso el proceso. (Fig. 5.4)

Si un movimiento regresa por la misma ruta por la que se fué, o es repetida en la misma dirección, debe de dibujarse líneas separadas para cada movimiento, con el objeto de poner énfasis en estos lugares de congestión potencial.

Cuando se desea hacer un diagrama que muestra los movimientos de más de un material o persona en el mismo diagrama de recorrido, cada uno debe identificarse con líneas y signos de color diferente. También puede



"DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA ELABORACION DE TUBO ARMADO DE CONCRETO DE 1.2 m DE DIAMETRO CON ADITIVOS PARA UNA MAYOR DUREZA Y RESISTENCIA."

MAQUINA CURCÃO C-35-AP/5. FABRICACION BRASILEÑA.

EVENTO	NUM.	TIEMPO
OPERACIONES	16	12.87 min
INSPECCIONES	5	Jornada

"DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO".

darse el caso de usar un color para el método actual y otro y otro para el método actual propuesto.

El diagrama de recorrido de actividades es muy útil para poder visualizar dónde habría lugar para introducir una instalación o dispositivo que permita acortar la distancia, igualmente, nos puede servir para considerar posibles áreas de almacenamiento, ya sea temporales o permanentes, estaciones de inspección y puntos de trabajo.

5.5.- Diagramas de Proceso Hombres-Máquina.

En algunas clases de trabajo, el operario y la máquina trabajan intermitentemente. Esto es, la máquina está inactiva mientras el operario la carga o la descarga, y recíprocamente el operario permanece inactivo mientras la máquina está en funcionamiento. No solo conviene eliminar el tiempo inactivo del operario, sino mantener también la máquina en funcionamiento tan próximo a su capacidad como sea posible.

Con el objeto de poder eliminar los tiempos de espera del operario y de la máquina, fué creado el diagrama de proceso hombre-máquina.

Es importante señalar que los diagramas de operación y flujo de proceso anteriormente explicados se usan primeramente para estudiar un proceso o secuencia de operaciones completo, mientras que el diagrama de operaciones de proceso hombre-máquina se emplea para estudiar, analizar y mejorar solo una estación de trabajo. Este diagrama debe de indicar la relación exacta en tiempo entre ciclo de trabajo de una persona y ciclo de operaciones de una máquina. Con estos hechos claramente expuestos, existirá una mayor posibilidad de una utilización completa de los tiempos de hombre y de máquina.

Lo primero que se debe hacer para eliminar los tiempos de espera del operario y de la máquina, es detectar con gran exactitud cuando trabaja el operario y cuando la máquina y que hace cada uno. La mayor parte de las operaciones hombre-máquina incluye tres frases fundamentales:

- a) Preparar. (cómo poner el material en la máquina)
- b) Realizar. (Ejecutar el trabajo).
- c) Retirar o limpiar (Cómo sacar de la máquina las piezas termina

nadas).

Debido a que en la actualidad muchas máquinas están completamente automatizadas; el operario de este tipo de instrumentos permanece generalmente inactivo durante alguna porción del ciclo de trabajo. La utilización de este tiempo de inactividad puede aumentar la retribución del operario y mejorar la eficiencia de la producción.

En la elaboración del diagrama hombre-máquina el analista deberá titular su diagrama en la manera usual e inmediatamente después debajo anotará la información que considere pertinente, como fecha, tipo de proceso, número de dibujo, si el método es el actual o el propuesto, al igual que los otros diagramas, es deseable anotar la mayor cantidad de información posible.

Debido a que los diagramas hombre-máquina se trazan siempre a escala, se deberá seleccionar la adecuada. Entre más tiempo dure el ciclo de la operación por diagramas, menor deberá ser la longitud elegida para una fracción decimal de hora. Una vez que se han establecido los valores exactos de escala representativa, en centímetro por unidad de tiempo, el analista podrá comenzar el diagrama. A la izquierda debe de indicarse una descripción breve de las operaciones de la columna designada como descripción de los elementos. Un poco más a la derecha debe anotarse el tiempo necesario para realizar el elemento. Por lo general este tiempo se expresa en decimales o centésimas de hora. Debe de trazarse una línea vertical con subdivisiones proporcionales al tiempo que necesita la operación -- junto a los valores numéricos de la operación. El tiempo de trabajo del obrero, se representa con una línea vertical seguida.

La interrupción o discontinuidad de tal línea representa el tiempo muerto del operario. De la misma manera, una recta vertical continua bajo el nombre de cada máquina representa el tiempo de trabajo de máquinas y la interrupción de dicha línea, que indica su tiempo muerto. (El tiempo en el que la máquina esté ociosa, se llama "tiempo muerto" y se representa por un espacio en blanco en el diagrama).

Todos los elementos de tiempo de ocupación y tiempo de inactividad se grafica hasta la terminación del ciclo al final del diagrama se indicará el tiempo total del trabajo y el tiempo muerto del operario. De la misma manera se registra el tiempo productivo y el tiempo muerto de cada máquina.

El tiempo productivo más el tiempo inactivo debe ser igual a la suma de los tiempos productivos y muertos de cada una de las máquinas. Puede observarse que se necesitan los tiempos de cada uno de los elementos de la operación para llevar a cabo el diagrama hombre-máquina. Estos tiempos deben ser tiempos estándares obtenidos tal como se indican en el capítulo anterior del presente trabajo.

Este programa muestra claramente las áreas en las que ocurren tiempos muertos tanto en las máquinas como de hombres. Con el objeto de asegurarse de cualquier propuesta, el analista debe conocer el costo de la inactividad de una máquina, así como el de la inactividad de un obrero. Únicamente cuando se considera el costo total, el analista puede decidir cual método le conviene más.

En resumen podemos decir, que el diagrama hombre-máquina se utiliza para calcular el número más económico de máquinas que debe atender un operario.

5.5.- Diagrama de Proceso Hombre-Máquina para Grupo.

Este diagrama es básicamente una variante del diagrama Hombre Máquina. Para elaborar este diagrama se debe comenzar por la parte superior de la hoja, en la identificación del proceso, si el método es el actual o el propuesto, nombre de quien elabora el diagrama, fecha y toda la información que sea pertinente.

Al igual que el diagrama hombre-máquina regular, debe de seleccionarse una escala de tiempos que se pueda representar completamente en la hoja del diagrama.

La siguiente figura (5.5) muestra un diagrama de proceso para grupo.

" DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO CON CINCO COLUMNAS RELATIVO AL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE A UN VEHICULO EN UN EXPENDIO CONVENCIONAL."

ST.	TIEMPO	OPERA.	TRANSP	INSP.	DEHORA	ALMAC.	DESCRIPCION DEL ELEMENTO.
	0.04	○	➡	□	D	▽	Verificar que el auto se encuentra aparcado a una distancia alcanzable por la manguera de la bomba.
	0.21	○	➡	□	D	▽	Pedir llave al conductor y preguntar la cantidad de servicio.
	0.42	○	➡	□	D	▽	Quitar el tapón del tanque del vehículo.
a	0.18	○	➡	□	D	▽	Ir por la manguera de la bomba, verificar que ésta se encuentre en cercos.
		○	➡	□	D	▽	Gasolina almacenada en depósito.
	0.09	○	➡	□	D	▽	Introducir manija de manguero en tanque del vehículo y accionar la válvula de flujo.
	2.03	○	➡	□	D	▽	Esperar el llenado del tanque.
	0.94	○	➡	□	D	▽	Llenar bien el tanque y recoger la manguera de gasolina.
	0.21	○	➡	□	D	▽	Cerrar el tanque.
	0.62	○	➡	□	D	▽	Verificar un cerrado hermético.
1 a	0.21	○	➡	□	D	▽	Llevar manguera a bomba y colocarla en posición vertical
	0.76	○	➡	□	D	▽	Pedir dinero y dar cambio.
	0.04	○	➡	□	D	▽	Verificar que el monto pagado sea el correcto.

RESUMEN: OPERACIONES 6 2.63 min. ALMACENAJES
 TRANSPORTES 2 0.39 min.
 INSPECCIONES 3 0.14 min.
 DEMORAS 1 3.03 min

Dentro del papel se debe de indicar las operaciones que se -- efectúan en la máquina o en el proceso. Inmediatamente se representan gráficamente los tiempos en forma similar a como se representan en el diagrama hombre-máquina regular, es decir una línea vertical continua para representar el trabajo productivo; la línea vertical punteada, para representar las operaciones de carga y descarga en una máquina. El espacio blanco entre las líneas verticales de flujo, indicará tiempo muerto y la longitud entre este espacio será -- proporcional a la magnitud de dicho tiempo muerto.

Al final, debe calcularse la totalidad del tiempo efectivo y del tiempo muerto de cada columna con el objeto de determinar el -- grado de ocupación de la máquina y de los operarios.

Este diagrama se utiliza cuando se detecta que un grupo de -- trabajadores mayor a lo necesario está siendo utilizado para operar una máquina o proceso. Este diagrama es un medio sumamente útil para determinar el número exacto de obreros necesario para atender -- eficazmente una máquina o proceso.

Este diagrama tiene como ventajas: que el equipo instalado en las plantas se utiliza a su capacidad, los costos de mano de obra se reducen, el estado de ánimo de los obreros mejora como resultado de la distribución más equitativa de las tareas o asignaciones de trabajo y una ayuda a la división del trabajo disponible entre los miembros del grupo de operarios al equipo con la consecuente determinación de las tareas a asignar a todos los componentes del grupo o cuadrilla.

5.6.- Diagramas de Barras o de Gantt:

En 1917, Henry Gantt, quien trabajara en un arsenal en la primera Guerra Mundial, se dio cuenta de la necesidad de un dispositivo formal para terminar con los problemas de programación y control de operaciones industriales. Para satisfacer esta necesidad ideó -- el diagrama que lleva su nombre.

En dicho diagrama, las columnas representan el tiempo en una escala dada. Cada columna puede significar un día, una semana, un mes, o cualquier otro intervalo de tiempo dado. Los renglones representan máquinas, personal, departamentos o cualquier otro tipo de recursos que se necesiten para llevar a cabo alguna tarea.

Se traza una línea horizontal delgada que abarca tantas columnas como períodos de tiempo se piense se necesitarán. Conforme se avanza, se traza una línea gruesa en donde apreciaremos el progreso del proyecto con respecto a lo planeado.

Cada máquina tiene su propio lugar de comienzo y terminación. La figura 5.6, muestra un diagrama de barras. Se puede observar que el período de programación periódica en que debe de ejecutarse el trabajo es semanal. La longitud de las barras gruesas representan la cantidad de tiempo acumulado en el cumplimiento del trabajo por la máquina y la línea recta horizontal fina, que representa el tiempo planeado durante el cual se cree que la máquina estará ocupada.

Los espacios vacíos entre las rectas finas representan períodos de tiempo no asignados o no comprometidos. Estos períodos están disponibles para asignarles nuevas tareas. Cuando las graficas de Gantt estén divididas en días, deben omitirse los domingos y días festivos y solo deben aparecer los días laborables.

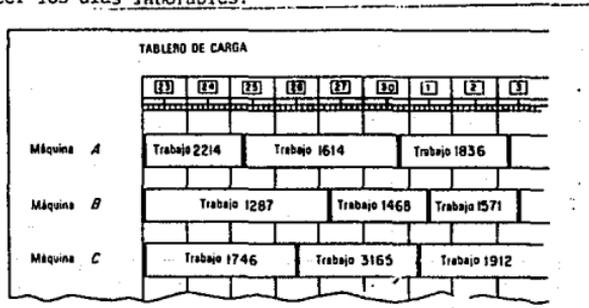


Fig. 5.6 Diagrama de Barras de Gantt.

Otra aplicación, es la relativa a la asignación de máquinas a un trabajador, en situaciones donde la máquina requiere de mano de obra externa solo al momento de prepararse para su ciclos automáticos, como el caso de un torno programado, donde el operario solo necesita cambiar la pieza de trabajo y el torno ya está programado para trabajar dicha pieza en forma automática.

Esta situación puede aplicarse mediante un diagrama de barras en

donde la longitud de las barras del diagrama debe estar de acuerdo a una línea horizontal del tiempo. Las barras hachuradas representan el tiempo de preparación, en el cual se requiere que el operario efectúe trabajo sobre la máquina, y las líneas verticales pequeñas a 90°, representan el tiempo en que la máquina trabaja automáticamente.

La manera de determinar la cantidad de un mismo tiempo que puede operar un trabajador esta determinado por la fórmula siguiente:

$$\frac{T_p + T_m}{T_p} = N_q$$

donde: T_p : Tiempo del funcionamiento automático de la máquina.

N_q : Número de máquinas que el trabajador podrá operar sin incurrir en interferencia. (La interferencia ocurre cuando por exceso de trabajo asignado al obrero, alguna máquina permanece ociosa e improductiva).

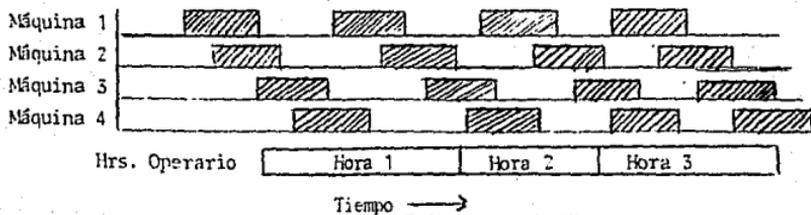


Fig. 5.7 Diagrama de Grantt.

La figura anterior nos muestra la manera en que se le asigna maquinaria a un mismo tipo de operario en un centro de trabajo.

El tiempo de preparación de cada máquina dé 10 min. (0.1667 hr.) y el tiempo de trabajo interno de la máquina es de 30 min. (5hr.)

En este caso $T_p = 10$ y $T_m = 30$

La escala utilizada en esta figura es de que 1 cm = 10 min.

Por tanto, según la fórmula anterior:

$$N = \frac{10 + 30}{10} = 4$$

El operario podrá manejar cuatro máquinas en forma eficiente.

La virtud principal es su sencillez, además de ser sumamente versátil, ya que pueden diagramarse trabajadores individuales en lugar de instalaciones y la escala de tiempos puede también ser de cualquier tipo de período .

CAPITULO 6:

"MICROMOVIMIENTOS"

6.1.- Generalidades.

El Estudio de Micromovimientos es una técnica para registrar y cronometrar una actividad. Esta es la técnica más refinada que puede emplearse en el análisis de un centro de trabajo existente.

Este tipo de estudios son ideales para estudiar ciclos de -- trabajos cortos que sean altamente repetitivos para el operario durante su jornada laboral, que involucren movimientos de las manos -- principalmente, aunque existen casos en los cuales principalmente -- hay que analizar los movimientos de otros miembros del cuerpo, como el tronco, las piernas, o los ojos, en cuyo caso el análisis de micromovimientos es perfectamente utilizable, siguiendo los mismos pasos que para el análisis de las manos.⁽¹⁾

El estudio de micromovimientos cuando se utiliza correctamente permite obtener una serie de mejoras valiosas que permitirán mejorar la eficiencia y disminuir los costos de producción.

Recientemente se ha empleado para ubicar a los trabajadores -- lisiados. En estos casos el estudio nos permite saber qué partes -- del cuerpo del operario necesitará utilizar para realizar su trabajo, con el objeto de asignarle solamente aquellas tareas en las cuales necesite utilizar los miembros de su cuerpo que no tenga lisiados, y también para localizar y eliminar movimientos que el operario no pueda realizar debido a carecer o no poder utilizar alguna -- parte de su cuerpo.

(1) Presgrave Ralph & Bailey G.B.: "Basic Motion Time Study" McGraw Hill Book Co. New York 1968, pág. 195.

Este estudio consiste básicamente en realizar una película de una operación con el objeto de tener un análisis permanente, mismo que se analiza detenidamente y con frecuencia a cámara lenta para detectar las ineficiencias o errores en los que se incurran durante el proceso. Para llevar a cabo este análisis debemos de auxiliarnos del diagrama de proceso para la mano izquierda y mano derecha, así como tener conocimiento cabal de los principios sobre los que se basan los llamados elementos fundamentales o "therbligs".

Al principio, se utilizaba para trabajos de análisis de tareas, pero recientemente se han encontrado nuevos usos para esta valiosa técnica. El estudio se ha utilizado para los siguientes fines: Como una forma de registrar permanentemente el método y el tiempo empleado por el operario y la máquina en la ejecución de un trabajo; en el estudio de la relación de las actividades de dos o más personas ocupadas en un trabajo de grupo; para medir operaciones y para investigar en el campo de los estudios de tiempos y movimientos.

Los dos usos más importantes son:

- 1.- Ayudar a encontrar el mejor método de realizar un trabajo.
- 2.- Ayudar al adiestramiento de los trabajadores, siguiendo un patrón ideal del método de movimientos, filmando la actuación de trabajadores de alta destreza, y mostrándoles sus imágenes amplificadas considerablemente en la pantalla y en movimiento lento a los aprendices. De este modo los trabajadores menos hábiles estarán en condiciones de amoldar su actuación a la de los expertos.

El estudio de micromovimientos proporciona una técnica sin igual para efectuar un análisis minucioso de una operación; el procedimiento consiste en:

- 1.- Realizar una película de la operación a estudiar.

- 2.- Analizar la película.
- 3.- Hacer un gráfico de los resultados del análisis.
- 4.- Desarrollar un método mejor aplicando los principios de la economía de movimientos.

En este capítulo se estudiarán los tres primeros puntos siendo el tema central, y el restante, economía de movimientos materia del siguiente capítulo.

6.2. Movimientos Fundamentales.

La mayor parte de los trabajos dentro de la Industria se realizan con dos manos y todo trabajo manual está constituido por unos movimientos fundamentales relativamente escasos, que se repiten una y otra vez.

Frank B. Gilbreth, de quien ya hablamos, ideó ciertas subdivisiones o elementos, que supuso comunes a toda clase de trabajos manuales. Formó la palabra Therblig (Gilbreth al revés), para tener un vocablo con el cual referirse a cualquiera de las diecisiete subdivisiones elementales en un ciclo de movimientos.⁽²⁾ Aunque no se consideran como elementos fundamentales, en el sentido de que no puedan ser subdivididos ulteriormente, constituyen la clasificación más aceptada de movimientos con la que cuenta en la actualidad. Un analista experimentado no tiene dificultad alguna en usar los therbligs para aplicaciones industriales.

NOMBRE DEL SIMBOLO	SIMBOLO THERBLIG	EXPLICACION SUGERIDA	C O L O R
BUSCAR	B	UN OJO BUSCANDO ALGO.	NEGRO

(2) - Gilbreth F.B.; "Morian Study". D. Van Nostrand Co. Princeton N. J. 1911, pag. 116

NOMBRE DEL SIMBOLO	SIMBOLO THERBLIG	EXPLICACION SUGFRIDA	C O L O R
SELECCIONAR	S	DIRIGIRSE AL OBJETO.	GRIS CLARO
COGER	C	UNA MANO ABTERTA.	ROJO
TRANSPORTE AL VACIO	TV	UNA MANO VACIA.	VERDE OLIVO
TRANSPORTE CON CARGA.	TC	UNA MANO LLEVANDO ALGO.	VERDE
SOSTENER	SO	UN IMAN SOSTENIENDO UNA BARRA.	OCRE
DEJAR LA CARGA	DC	DEJAR CAER UN OBJETO.	ROJO CARMIN
PONER EN POSICION.	PP	UN OBJETO COLOCADO CON LA MANO.	AZUL
DEJAR EN POSICION	DP	LAS PIEZAS ANTES DE TIRAR.	AZUL CIELO
INSPECCIONAR	I	UNA LENTE DE AUMENTO.	OCRE TOSTADO
MONTAR	M	DIVERSAS COSAS MONTADAS.	VIOLETA
DESMONTAR	D	QUITAR UNA PARTE.	VIOLETA CLARA
UTILIZAR	U	PRIMERA LETRA	MORADA
ESPERA INEVITABLE	EI	UN HOMBRE HACIA ADELANTE	OCRE AMARILLO
ESPERA EVITABLE	EE	UN HOMBRE ACOSTADO.	AMARILLO
PLANEAR	PL	UN HOMBRE PENSANDO.	MARRON
DESCANSO PARA LA FATIGA	DF	UN HOMBRE SENTADO P/DESCANSAR	NARANJA.

Nombre del símbolo	Simbolo del Therblig	Explicación sugerida por	Color	Simbolo del color
Buscar	B 	Un ojo girando en busca de algo	Negro	
Seleccionar	S 	Dirigirse al objeto	Gris claro	
Coger	C 	Una mano abierta para coger el objeto	Rajo claro	
Transporte en vacío	TV 	Una mano vacía	Verde olivo	
Transporte con carga	TC 	Una mano llevando algo	Verde	
Sostener	So 	Unión sosteniendo una barra de hierro	Ocre dorado	
Dejar la carga	De 	Dejar caer el objeto que se lleva en la mano	Rajo carmín	
Poner en posición	PP 	Un objeto colocado con la mano	Azul	
Dejar en posición	DP 	Las piezas de los juegos de bolas que se colocan antes de tirar	Azul cielo	
Inspeccionar	I 	Una lente de aumento	Ocre tostado	
Montar	M 	Diversas cosas montadas	Violeta oscuro	
Desmontar	D 	Una parte del conjunto quitada	Violeta claro	
Utilizar	U 	Primera letra de "Utilizar"	Marado	
Espera inevitable	EI 	Un hombre cediendo hacia adelante involuntariamente	Ocre amonito	
Espera evitable	EE 	Un hombre ocupado voluntariamente sobre su trabajo	Amarillo limón	
Pioneer	PI 	Un hombre con el dedo en la frente pensando	Marrón	
Descanso para superar la fatiga	DF 	Un hombre sentado para descansar	Naranja	

En la figura anterior, 6.1⁽³⁾, se muestran los diecisiete movimientos fundamentales de las manos junto con sus símbolos en Castellano e Inglés, además de un color distintivo que se les ha asignado y su símbolo convencional.

A continuación se explica cada uno de ellos:⁽⁴⁾

1) Buscar (B).

Buscar alude a esa parte del ciclo durante la cual los - - ojos giran o las manos palpan a su alrededor hasta dar con un objeto. La búsqueda se inicia cuando los ojos o manos comienzan dichos movimientos y terminan cuando se ha encontrado el objeto.

Es importante señalar que la lista original de los movimientos fundamentales de Gilbreth incluían el therblig encontrar (find). Pero debido a que el encontrar ocurre justo al final del therblig - buscar y es básicamente una reacción mental y no un movimiento físico propiamente dicho, puede desecharse en el análisis de micromovimientos.

Ejemplo: La búsqueda del destornillador sobre la mesa de trabajo antes de comenzar cualquier operación.

2) Seleccionar (S)

Es la operación de escoger un objeto de entre dos o más semejantes entre sí. Frecuentemente resulta bastante difícil, si no imposible, determinar cual es el límite entre buscar y seleccionar. - Debido esto, en la práctica es posible combinar ambos e incluirlos dentro de un therblig (seleccionar).

Ejemplo: localizar un lápiz de ciertas características de una caja que contiene lápices, plumas y artículos diversos.

(3) Barends Ralph M. "Motion and time Study design of work".

(4) Gilbreth F.B. & L.M. "Applied motion Study". Sturgis & Walton New York.

3) Coger (C)

Coger significa asir un objeto cerrando los dedos a su alrededor, siendo éste un movimiento precedente a su levantamiento, sostenimiento o manejo. Principia cuando la mano lo controla totalmente.

Ejemplo: Cerrar los dedos alrededor de una pluma.

4) Transporte de vacío (TV)

Transporte en vacío es el movimiento de la mano vacía cuando se dirige hacia un objeto. Se supone que la mano se mueve sin resistencia hacia o en dirección contraria al objeto. El transporte en vacío empieza cuando la mano empieza a moverse sin carga o resistencia y concluye cuando la mano se detiene.

Ejemplo: Mover la mano vacía para coger la pluma del escritorio.

5) Transporte con Carga (TC)

El transporte con carga es el movimiento de la mano al llevar un objeto de un lugar a otro. Puede ser transportado por las manos o dedos o puede ser movido de un lugar a otro deslizándolo, tirando de él o empujándolo. El transporte con carga incluye también el movimiento con la mano vacía contra la resistencia y concluye cuando la mano se detiene.

Ejemplo: Llevar la pluma desde su soporte en el escritorio hasta la carta que se ha de firmar.

6) Sostener (S)

Sostener indica que se retiene un objeto después de haberlo cogido, sin que tenga lugar ningún movimiento del mismo. Sostener comienza cuando cesa el movimiento que transportó el objeto y termina con el comienzo del siguiente therblig.

Ejemplo: Sostener un pan mientras se espera a introducir el -
cuchillo en la mermelada.

7) Dejar la carga (DC)

Dejar la carga es soltar el objeto. Empieza cuando empieza a
dejar la mano y termina cuando el objeto se ha separado totalmente
de ella.

Ejemplo: soltar la pluma después de haber colocado en el es--
critorio.

8) Poner en Posición (PP)

Poner en posición o posicionar consiste en girar o situar un
objeto de tal forma que quede debidamente acomodado para ajustar en
el lugar que le corresponde. Es posible poner en posición un objeto
durante el movimiento de transporte con carga. Por ejemplo, el -
carpintero puede poner en posición adecuada un clavo mientras los -
transporta desde la caja hasta la tabla en que va a clavarlo. El -
therblig comienza cuando la mano empieza a girar o a situar al obje-
to y terminan cuando el objeto ha sido colocado a la posición desea-
da.

Ejemplo: Alinear una llave de una puerta antes de insertarla
en el agujero de la cerradura.

9) Precolocar en posición (DP)

Precolocar en posición o dejar en posición consiste en dejar
un objeto en un sitio previamente determinado o situarlo en la posi-
ción correcta para algún movimiento posterior.

Precolocar en posiciones similares a poner en posición, excep-
to que el objeto queda colocado aproximadamente en la posición que
se necesitará después, esto es, que no es necesario una gran preci-
sión, basta con dejar el objeto dentro de un área relativamente am-
plia, cosa que no sucede con el poner en posición.

Ejemplo: Alinear el destornillador mientras se dirige hacia el tornillo que se va a accionar de forma que la punta apunte hacia el tornillo. (La operación de insertar el destornillador sería poner en posición).

10) Planear (PL)

Planear indica la reacción mental que precede al movimiento físico, esto es, la de decidir como ha de continuar su trabajo. Comienza en el momento en el cual el operario empieza a reflexionar sobre la fase siguiente de la operación y finaliza como ha determinado el procedimiento a seguir. Este therblig es característico de operarios noveles y generalmente puede evitarse mediante la práctica o la capacitación adecuada del personal.

Ejemplo: Carpintero que piensa sobre la forma en que debe cortar la hoja de madera para obtener un aprovechamiento máximo de material.

11) Descanso para superar la fatiga (DF).

Descanso para superar la fatiga es el factor o suplementos de fatiga o espera previsto para permitir al operario recuperarse de la fatiga que le ha producido. el descanso comienza cuando el operario interrumpe su trabajo y continúa cuando lo reanuda.

Ejemplo: Trabajador que descansa después de acarrear una carretilla de cemento.

Para finalizar el presente inciso agregaremos que la mayor parte de las personas, al observar a otro individuo que está realizando un trabajo, suele fijarse más en los materiales y herramientas que maneja el obrero y no en los movimientos que realiza para llevar a cabo su tarea. El ingeniero Industrial debe tratar de con seguir una mente que aprecie con claridad los movimientos, teniendo siempre en cuenta, la clasificación de los movimientos fundamentales. El analista debe apreciar perfectamente los movimientos realizados por la mano derecha y por la mano izquierda para poder enton-

ces proceder a mejorar o desechar los métodos utilizados. Las personas que más labor realizan no son necesariamente las que más trabajan, sino las que utilizan de forma adecuada cada movimiento, las que usan buenos métodos de trabajo. El Ingeniero no debe estar interesado en velocidad, sino en obtener más trabajo de calidad a expensas de un gasto menor de energía, la velocidad excesiva no suele ser un buen sustituto de los buenos métodos de trabajo.

6.3.- Realización del Estudio de Micromovimientos.

Para poder realizar un trabajo aceptable de estudio de micromovimientos, será preciso disponer de un equipo de video, o bien, de un equipo cinematográfico.

El equipo de video proporciona la gran ventaja de ser mucho más económico, de tener una repetición instantánea, ya que inmediatamente después de tomar la grabación en el video cassette, el analista podrá observar la operación en el aparato reproductor. Los video cassettes pueden ser utilizados una y otra vez en diferentes estudios de micromovimientos.

6.3.1.- Equipo Cinematográfico:

La utilización del equipo cinematográfico tiene la ventaja de tener los cuadros en cintas que son apreciables a simple vista, pero con el inconveniente de la necesidad de esperar por varios días hasta que la película sea revelada.

Al seleccionar la cámara cinematográfica conviene elegir una proyista de tres lentes. Esto permite el uso de una lente estándar, una lente angular, que proporciona un área visual adicional, y una lente telefoto para obtener mayor cantidad de detalles en un área visual limitada.

Cuanto mayor sea el lente en relación con su distancia focal, o sea, la distancia de la lente a la película, tanto mayor será la

cantidad de luz por intervalo de tiempo, tanto mayor será el alcance o campo que se puede dar a la cámara.

La cámara cinematográfica funciona de forma que una vista o exposición de la película se retira o coloca rápidamente enfrente de la lente de la cámara durante el instante en que el obturador intercepta la imagen. Una vez que la película está en el sitio debido, el obturador se abre de nuevo y permite fotografiar el objeto. A continuación, el obturador se interpone, y el siguiente cuadro ocupa su puesto para la exposición siguiente, y así sucesivamente. La Relación del tamaño del segmento abierto en el obturador cerrado determina el tiempo de exposición para una revolución del obturador.

Este da una vuelta completa cada vez que se hace una exposición. Debido a esto, la cámara cinematográfica fotografía escenas intermitentes. Al fotografiar objetos que se mueven existe un instante, entre dos exposiciones sucesivas, durante el cual no se registra la acción que está teniendo lugar. Es por ello que en ocasiones cuando el operario tenía que coger un objeto, una imagen puede mostrar la mano moviéndose hacia la derecha, mientras que el siguiente puede verse moviéndose hacia la izquierda. Durante el instante en que el obturador estaba cerrado, la mano continuo su movimiento hacia la derecha, cogió una pieza de material y se encontraba en su movimiento de retorno cuando se tomó la exposición siguiente. Para estudios muy exactos no es deseable la existencia de estos movimientos escondidos, por lo que conviene hacer funcionar la cámara a velocidades mayores con el fin de impedirlo.

En la actualidad existen cámaras con dispositivos integrados que nos indican la cantidad de luz ideal para una buena filmación. Cuando se hace mucho uso de la técnica de filmación con cámara cinematográfica, hay que tener en cuenta la necesidad de preparar un índice para localizar fácilmente las películas. Uno de los métodos más socorridos es el de asignar un número a cada película y colocar una tarjeta con dicho número de modo que salga fotografiado en la misma.

En la actualidad existen muchos modelos y tipos de equipos de proyección y de películas, por lo que se debe de escoger aquél que nos permita:

- a) Obtener una imagen clara para poder captar los más mínimos detalles de la operación.
- b) Obtener velocidad variable, incluyendo la cámara lenta para el análisis minucioso de la película.
- c) Obtener un dispositivo contador de cuadros con el objeto de librar al analista de la monótona y fastidiosa tarea de contar los cuadros mientras analiza los movimientos elementales.
- d) Detener la imagen con el objeto de que cada cuadro pueda proyectarse como una transparencia y con ésta, estar en condiciones de poder laborar un análisis detallado.
- e) Transportarse fácilmente, esto es, que sea pequeño y ligero.

6.3.2.- Equipo de Videocámara.

El Equipo de Videocámara desarrollado en años recientes ofrece al analista de movimientos diversas ventajas sobre el equipo ordinario de proyección cinematográfica. Dicho equipo de videograbación proporciona las capacidades de resolución de problemas de la película normal y la de alta velocidad, con las características de una gran capacidad de registro y una repetición instantánea.

Un videocasette, puede captar hasta más de cinco horas de actividad continua, estando el tiempo limitado por la capacidad de almacenamiento de energía de las filas de la videocámara en el caso de no estar operando con el adaptador de corriente alterna a corriente continua.

La videocámara está diseñada de tal forma que una persona tipo medio es capaz de hacer películas satisfactorias sin tener mucha práctica, y aunque las películas tomadas en el interior de la fábrica para un estudio de movimientos son más difíciles que las tomadas en el exterior, la mayoría de las personas pueden realizarlas bastante bien siguiendo las instrucciones que acompañan a la cámara. No obstante, aun a la persona capaz de hacer buenas videofilmaciones de las operaciones corrientes de la fábrica, le resultará útil aprender en cuanto pueda en relación con la fotografía.

Se recomienda que se adquiera un equipo de pantalla gigante - con el objeto de amplificar la imagen lo más posible y con ello poder captar los más mínimos detalles concernientes a la operación -- por estudiar.

Es también recomendable adquirir una videograbadora que posea el sistema de reproducción o cámara lenta. Con el objeto de poder - observar la operación a velocidades inferiores a la normal.

Existen videograbadoras tipo consola, que nos permiten tener dos o más cámaras con el objeto de captar la operación desde varios ángulos y escoger aquel que nos permita una más clara visualización de la operación.

Como podemos observar, es evidente que la videocámara es un - instrumento inapreciable y sumamente versátil que nos permite efectuar satisfactoriamente nuestros estudios de micromovimientos.

6.3.4.- Diagrama de Proceso de Mano Izquierda-Mano Derecha:

El diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha es un instrumento sumamente útil para el Ingeniero Industrial, ya que nos -- presenta en forma gráfica todos los movimientos y pausas realizadas por la mano derecha y la izquierda, y las relaciones entre las divisiones básicas relativas de la ejecución del trabajo realizadas por las manos. el principal objetivo del diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha es poner de manifiesto una operación dada con los detalles suficientes, de modo que se pueda mejorar por medio de un análisis.

6.3.5.- Forma de Elaborar el Diagrama:

Se debe comenzar por anotar toda la informaciónpertinente -- con relación al diagrama como puede ser fecha, tipo de proceso, si el método es el actual o el propuesto, pieza que se fabrica, e incluso, en caso de considerarlo necesario, un croquis a escala de la estación de trabajo.

Una vez que se haya descrito e identificado completamente la operación se deberá hacer una observación relativa a la duración -- del ciclo de trabajo, con el objeto de determinar la escala que se usará, ya que es deseable que el diagrama no ocupe más de una hoja.

Es recomendable comenzar a graficar concentrando la atención en una sola mano cada vez, y hacer una lista de los movimientos de una de ellas antes de hacerla con la otra, esto es, graficar completamente las actividades de una mano, y luego representar todas las actividades básicas del trabajo realizado por la otra.

Este diagrama debe ser diseñado de tal forma que todo el proceso pueda ser descrito por medio de símbolos de movimientos fundamentales o therbligs.

En primera columna debe aparecer el título de "mano izquierda" y debajo de ella se deben de anotar breves descripciones de los movimientos fundamentales realizados por la mano izquierda siguiendo un orden cronológico.

A continuación y a la derecha de cada elemento de movimiento fundamental deben de anotarse en la segunda columna el tiempo que necesitó el therbligs para ser efectuado. Este tiempo generalmente se expresa en centésimas de segundo.

La tercera columna corresponde al espacio designado para poner el símbolo del therbligs, ya sea con las letras correspondientes para cada elemento, con el código de colores, o con los símbolos nemotécnicos (ver figura 6-1 donde aparecen estos símbolos).

De la cuarta a la sexta columna son espacios designados para los movimientos de la mano derecha. En la cuarta columna se debe describir el símbolo del therblig para la mano derecha, en la quinta el símbolo que requirió elemento fundamental y en la sexta última la descripción breve del elemento de la mano derecha.

Una vez descritos cada uno de los elementos fundamentales en que incurren las manos derecha e izquierda, se debe proceder a sumar los tiempos de la mano derecha e izquierda separadamente. Ambos totales deben de coincidir, ya que el tiempo del ciclo es el mismo para las dos, aun cuando no tengan el mismo tiempo de actividad. (La que tenga menos actividad tendrá mayor tiempo de esperas). La figu-

ra 6-2 nos ilustra un diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha típico, para la operación de untar con mermelada dos piezas de pan.

En la figura podemos observar que existen dos elementos en -- una sola subdivisión, esto se debe a que ambos elementos ocurren -- tan próximos el uno del otro, que es difícil distinguir dónde termina uno y donde comienza el otro. Es por ello que se usa la válida notación doble o combinada. También es importante señalar que en la figura, se considera que la mano motora de la persona estudiada es la derecha.

6.4.- Forma de hacer la película:

El primer paso es la selección de uno de más operarios como sujetos para la película a realizar. Es conveniente que sean los más hábiles y los que ejecutan el trabajo de la forma más satisfactoria, ya que debe estudiarse todo operario que presente las mayores posibilidades de estar efectuando el trabajo en forma eficiente.

Hay que recalcar que el estudio de micromovimientos no intenta forzar al obrero a trabajar con más rapidez, sino que estudia -- sus movimientos a fin de encontrar los más cortos y mejores, esto es, la forma más fácil y menos fatigosa de realizar un trabajo. Si como sujetos del estudio se utiliza a los mejores operarios, el analista podrá llegar a una mejor solución de su problema que si utilizase a los inexpertos.

Es muy importante y a la vez necesario que tanto los obreros como los supervisores e incluso el sindicato sean informados de lo que se va a hacer, buscando su cooperación y la armonía laboral -- desde el principio.

Generalmente, el obrero trabajará lo mejor posible mientras se está filmando la película, ya que sabe que ésta constituirá un registro permanente de su trabajo y que tanto sus compañeros como sus jefes han de verle actuar en la pantalla.

Una vez que el operario u operarios han sido escogidos y comprenden que se ha de hacer un estudio de micromovimientos, el análisis del estudio de movimientos puede proceder a comenzar la filmación.

Las películas deben de ser lo suficientemente claras para ver todos los detalles necesarios cuando se proyectan sobre la pantalla. Se debe afocar cuidadosamente y debe ser tomada desde un ángulo tal que se obtenga una fotografía satisfactoria de todos los movimientos del operario.

El lente de la cámara se ha de situar lo más próximo al sujeto que se fotografía, pero sin caer en el error de omitir algo que debiera de figurar en la imagen. Al situar el área visual de la toma hay que tener en consideración tanto el lugar de trabajo como -- los movimientos del operario los movimientos del operario pueden -- producirse en dos direcciones:

- a) Perpendiculares a la línea de visión;
- b) Paralelos a la línea de visión.

La cámara se debe de colocar de modo que la mayor parte de los movimientos sean perpendiculares a la línea de visión. Esta disposición no sólo mejora el enfoque de todo el ciclo, sino que también facilita el análisis de la película, ya que es mucho más fácil juzgar la naturaleza y extensión de los movimientos que se realizan perpendicularmente a la línea de visión, que aquellos que son ejecutados -- paralelamente a la misma, donde se puede perder la noción de profundidad.

Debe situarse la cámara de modo que todos los movimientos que realiza el operario queden incluidos sin necesidad de mover la cámara para seguir sus movimientos.

en ocasiones, suele ser conveniente colocar como fondo una pantalla negra cuadrículada en blanco, con cuadros de 10cm x lado. También puede

de colocarse este mismo tipo de cuadriculado en la mesa de trabajo o en el suelo. Esto se hace con el objeto de ayudar a determinar la situación y la longitud de los movimientos al momento de analizar la película ⁹. Es importante tener en cuenta que se le debe de cuidar hasta el más mínimo detalle al momento de tomar la película, pues detalles aparentemente insignificantes como el color de la ropa del operario, por ejemplo, podría dificultar el análisis óptimo de la operación.

Es deseable montar la cámara en un tripie con el objeto de obtener una imagen fija.

Antes de comenzar a filmar, se debe de pedir al obrero que ejecute algunos ciclos de trabajo de práctica, con el objeto de eliminar un posible nerviosismo del operario al sentirse bajo las cámaras, una vez que se haya logrado esto, se procede a avisar al obrero que principiará la filmación, por lo que deberá hacer su mejor esfuerzo. Acto seguido debe de comenzar la filmación.

Se deben de filmar varios ciclos, ya que muy frecuentemente muy frecuentemente el primer ciclo no es satisfactorio, puesto que el operario suele ponerse nervioso cuando escucha que la cámara comienza a funcionar. Esta reacción generalmente es breve y muy pronto adquirirá la marcha o ejecución normal del trabajo.

6.5. Análisis del videocasete o película.

La película contiene un registro exacto de las actividades fotográficas, es por ello que se puede construir a partir de ella el diagrama mano izquierda-mano derecha.

Siempre es importante tener en consideración que la cámara se emplea en procesos fijos para filmar operaciones cortas o que difícilmente sean apreciables a simple vista. Si se proyecta la película a la misma velocidad, se podrá hacer también un estudio de tiempos con cronómetro.

Sin embargo, la herramienta ideal para un estudio de micromovimientos, - que es el tema que concierne al presente capítulo, es el diagrama mano - izquierda-mano derecha.

El primer paso para efectuar el análisis de la videocinta o película consiste en observar varias veces la totalidad de la filmación, con el objeto de determinar cual es el ciclo más representativo de la operación. Debe de escogerse aquel en el cual el operario haya requerido un menor tiempo, así como aquel en cual las vistas de la película sean lo - más claras posibles.

Una vez que se ha seleccionado el ciclo que se va a estudiar, se puede comenzar el análisis cuadro por cuadro o en cámara lenta, según - sea el caso.

Al hacer el análisis resulta generalmente satisfactorio considerar la mano como una unidad, esto es, sin analizar los movimientos de cada de - do independientemente.

El estudio puede principiar en cualquier punto del ciclo, sin embargo, es conveniente iniciar el análisis en el cuadro o momento correspondiente al therblig "soltar la pieza terminada" del ciclo inmediato - anterior.⁽¹⁰⁾

Una vez determinado el punto de partida del ciclo, el analista debe poner en cero el contador de cuadros si se trata de película o bien, registrar la lectura inicial del reloj integrado de la videocinta, esto se hace con el objeto de facilitar el registro de los tiempos elementales transcurridos.

Como puede observarse, los procedimientos subsecuentes de análisis

(10)- Michel B.W.; "Motion and time study". 6th. edition Richard D. Irwin. Homewood Ill. 1976, 719 pg.

son análogos a los empleados para elaborar el diagrama a mano izquierda-mano derecha, explicado anteriormente en el presente capítulo.

Después de describir brevemente la división básica en el espacio proporcionado, el analista debe de trazar una línea horizontal sobre la recta de tiempos, de tal forma que sea proporcional al tiempo que necesitó el elemento para ser ejecutado.

La figura 6-2⁽¹¹⁾ nos muestra un diagrama elaborado a partir de un estudio de micromovimientos.

En las columnas de clase de movimientos, suele ser útil diferenciar los elementos productivos de los no productivos. Esto se hace generalmente mediante colores; de este modo, los elementos alcanzar, tomar, mover, usar y ensamblar (todos estos movimientos productivos) se indicarían de color negro, y el resto de los therbligs se marcan por rojo o por rayado.

La escala de tiempos seleccionada debe ser lo bastante amplia como para poder identificar claramente las divisiones básicas más cortas. El soltar es el más corto de todos los therbligs y suele tomar alrededor de 0.002 de minuto.

FIG. 6.2.- "ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS"

(11) Barnes Ralph M. "Motion and time study design and Measurement of Work" 7th. edition. John Wiley & Sons. 1980, 689 pág.

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS SILOGRAMA

PIEZA: Montaje de perno u arandela - AlPaco perfeccionado DEPARTAMENTO: AY16 PELICULA N°: X75

OPERACION: Montar 3 arandelas en un perno

OP N°: A32

OPERARIO: M S Bowen

FECHA: 11-2-37

HECHO POR: S.R.M. PÁGINA N° 1 DE 1

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	FILAS EN 2000 AVES DE ABRUTO		DESCRIPCION MANO DERECHA	
	AVES	TIPO	AVES	TIPO
600 Se dirige a las arandelas de poma Selecciona y coge una arandela	10	TV	10	TV
	8	S	8	S
	13	TC	13	TC
620 Desliza la arandela a la plantilla	14	PP	14	PP
	14	DC	14	DC
640 Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta	12	TV	12	TV
	9	S	9	S
	17	TC	17	TC
660 Se dirige a las arandelas de escro Selecciona y coge una arandela	13	PP	13	PP
	13	DC	13	DC
680 Desliza la arandela a la plantilla	12	TV	12	TV
	1	S	1	S
	14	TC	14	TC
700 Pone la arandela en posición en la plantilla y la suelta	8	PP	8	PP
	8	DC	8	DC
720 Se dirige hacia los pernos Selecciona y coge un perno	10	TV	10	TV
	10	S	10	S
	12	TC	12	TC
740 Lleva el perno a la plantilla	6	PP	6	PP
	6	DC	6	DC
760 Pone el perno en posición	45	AA	45	AA
780 Introduce el perno por las arandelas	3	D	3	D
	10	TC	10	TC
	8	DC	8	DC
800 Saca el montaje Lleva el montaje a la parte superior de la destornilladora de gravedad Suelta el montaje	3	D	3	D
	10	TC	10	TC
	8	DC	8	DC

"ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS"

Después de que haya sido analizada el primer elemento básico del trabajo de una operación y se haya registrado el método, la película debe ser avanzada lentamente y la siguiente división básica se analizará en forma similar, prosiguiéndose así hasta la terminación del ciclo. Con el objeto de hacer el estudio más claro, una mano debe ser estudiada completamente antes de iniciar el estudio de la otra mano. A medida que se considera la segunda mano, se debe de realizar una comprobación periódica para verificar que los movimientos registrados se producen en el mismo momento que los registrados en la otra mano por el diagrama. Es importante recordar que cuando se proyecta la película, el brazo izquierdo aparecerá en la parte derecha de la pantalla y viceversa, puesto que al filmar se invierten las direcciones.

Una vez terminado de analizar ambas manos por completo, se debe incluir un resumen en la parte inferior del diagrama que muestre el tiempo del ciclo, las piezas terminadas por el ciclo, el tiempo productivo por ciclo y por el tiempo no productivo también por ciclo.

Al terminar el diagrama mano izquierda-mano derecha, el siguiente paso será el analizarlo. Las secciones no productivas del diagrama son un excelente sitio para comentar. Se consideran no productivos los therbligs sostener, buscar, seleccionar, dejar en posición, poner en posición, inspeccionar, planear y todas las esperas.⁽²⁾ Cuanto más therbligs se puedan eliminar, tanto mejor será el método propuesto. Sin embargo el análisis no debe cubrir solamente las secciones no productivas, sino verificar también la zona de productividad, ya que, por ejemplo, el elemento "Transporte en vacío" o alcanzar se puede mejorar si se reduce la distancia de transporte de mano.

Como podemos ver, la técnica de micromovimientos se debe utilizar

(2)- Holmes W.G.; "Applied time and motion study", revised, Ronald Press Co., New York, 1945. 383 pag.

para poner de manifiesto toda la ineficiencia, sin importar si es aparentemente insignificante. Un cierto número de mejoras minúsculas, puede conducir a una apreciable economía anual.

6.6.- Implantación del Estudio de Micromovimientos.

Si se desea obtener el máximo provecho de un estudio de micro movimiento será de vital importancia poner en práctica el método me jorado por el estudio, a la mayor brevedad posible, y que éste sea asimilado en todos los detalles por la totalidad de los operarios. Las explicaciones verbales del patrón o modelos de movimientos a se guir son generalmente inadecuadas o ineficientes, por lo que se debe usar una hoja especial de instrucciones para dar información específica acerca de la forma de ejecutar el nuevo método mejorado.

Esta hoja de instrucciones debe contener todos los pormenores del método así como los movimientos simultáneos de cada una de las manos. Estas hojas de instrucciones deben de reproducirse en una co piadora convencional de modo que sea posible archivar copias en la sección de estudio de tiempo y en las oficinas de los supervisores, así como para dar a cada obrero que ejecuta la operación.

Debe de existir un colgador para la hoja de instrucciones en la estación de trabajo del operario, de modo que pueda estar fácilmente al alcance del obrero para una consulta en cualquier momento. Para una mayor duración de la hoja, debe protegérsele con una cu- bierta de plástico transparente.

El supervisor, al igual que el Ingeniero de Métodos tienen la obligación de verificar periódicamente cada operación en la zona de producción con el objeto de asegurarse que los operarios siguen el nuevo método. También deben estar abiertos a las preguntas y dudas que puedan tener los obreros con relación al nuevo método la implementación y la vigilancia del uso del nuevo método son dos fases de vital importancia en el mejoramiento de los métodos por la técnica de micromovimientos.

En muchas ocasiones los operarios sienten que las mejoras son insignificantes o que incluso que el nuevo método es más complicado, por lo que es labor del Ingeniero de Métodos lograr convencer a los operarios sobre la ventaja que ofrece tener el nuevo método.

CAPITULO 7

SIMPLIFICACION DEL TRABAJO

7.1.- Principios de la Economía de Movimientos Relacionados con el Diseño de las Herramientas y el Equipo.

1ra. Ley: debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser realizado más satisfactoriamente por un aparato de sujección, o un dispositivo accionado por un pedal.

La mano rara vez es un eficiente dispositivo de sujección por que si se ocupa de sostener una pieza de trabajo no podrá estar libre para realizar un trabajo útil. Las partes que han de ser sostenidas en posición mientras se les trabaja deberán estar sostenidas por un dispositivo, dejando libres las manos para realizar movimientos productivos o eficaces. Los dispositivos no solo ahorran tiempo en el procesado de las piezas, sino que permiten tener mejor calidad por la sujección más exacta y firme de las partes.

Si se observan las diversas herramientas y dispositivos utilizados en la mayoría de las plantas industriales, podemos darnos cuenta de que las personas que enseñaron las máquinas no pusieron en práctica muchos de los principios fundamentales de la economía de movimientos. Es frecuente encontrarnos con maquinaria construida únicamente para ser operada a mano, cuando que si se hubiesen obstruido para hacer accionadas con pedal se hubiesen dejado las manos libres del operario para que éste realice otros movimientos.

Frecuentemente, las herramientas manuales pueden adaptarse para ser accionadas con pedal, si se les modifica ligeramente o se les añade unos elementos sencillos.

Algunas veces se pueden utilizar dos pedales para accionar diferentes partes de una plantilla, dispositivo de sujección o máquina. Una instalación como ésta no perturbará al operario. Es por todos sabido que un automóvil, tiene varios pedales, y sin embargo el conductor lo maneja sin experimentar grandes problemas.

Pese que a los pedales son uno de los dispositivos más comúnmente empleados para dejar libres las manos, para que éstas sean empleadas en un trabajo productivo, no siempre son diseñados en la forma más satisfactoria posible. Existen dos tipos de pedales:

- a).- Los que requieren un esfuerzo considerable para hacerlos funcionar.
- b).- Los que requieren de un esfuerzo pequeño.

Los pedales del primer grupo deben ser lo suficientemente anchos para que cualquiera de ambos pies los pueda accionar, alguno de ellos deben incluso de estar colocados a través de todo el frente de la máquina.

Los pedales se deben de proyectar de forma que el pie pueda soportar parte del peso del cuerpo. Los pedales mal dispuestos - - tienden a poner todo el peso del cuerpo sobre un pie, obligando al operario a adoptar una posición anormal y provocando en el trabajador tensión y fatigas exageradas.

2da. Ley: Deben efectuarse de ser posible, operaciones múltiples de las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola.

Generalmente es más rápido darle la vuelta a una herramienta de dos extremidades que dejar una herramienta y coger otra. Existen muchos ejemplos de combinaciones eficientes de dos herramientas: Maritillo y extractos de clavos, llaves de dos extremos, lápiz y goma. Incluso quien ideó los aparatos telefónicos, utilizó este concepto al incluir transmisor y receptor en una sola unidad.

Es indudable que la planeación para alcanzar una manufactura más eficiente comprende la ejecución de operaciones múltiples mediante la combinación de herramientas.

Otro ejemplo sobresaliente de herramienta combinada es una aprieta tuercas múltiple, accionado por aire comprimido, que puede apretar a la vez las cinco tuercas de la rueda del automóvil.

3ra. Ley: Se deben dejar previamente en posición las herramientas y los materiales.

Debe entenderse por dejar en posición un objeto, cuando se le situa en un lugar determinado previamente, en forma tal que, cuando se le necesite después, pueda ser cogido en la posición en que ha de ser utilizado. Para dejar en posición las herramientas se puede instalar un apoyo en forma de casquillo, compartiendo, garfio o colgador, dentro de o por medio del cual se pueden devolver las herramientas, después de utilizadas, al lugar donde permanecen en posición para la operación siguiente. La herramienta se devuelve siempre al mismo sitio. El soporte debe de estar diseñado de tal forma que permita dejar rápidamente la herramienta en su lugar desde la mano y recogerla de la misma manera en que se haya de sostener durante su utilización. El ejemplo más conocido de dejar en posición es el de la pluma estilográfica en su apoyo de escritorio, en el cual permanece en posición mientras no se utiliza y en el que puede cogerse o dejarse fácil y rápidamente.

4ª Ley. Todas las palancas, manijas, volantes de mano y otros medios de control deben ser fácilmente alcanzables para el trabajador y ser diseñadas de forma que proporcionan una ventaja mecánica y que sean susceptibles de ser operadas por el conjunto muscular más fuerte del operario.

Muchas máquinas son mecánicamente perfectas, pero su operación resulta ineficaz porque quienes la diseñaron no tomaron en cuenta los factores humanos relativos a la operación del equipo. Volantes de Mano, manivelas, palancas y manijas deben de ser de dimensiones apropiadas y estar localizadas de forma tal que el operario pueda manipularlas con la máxima eficacia y la mínima fatiga.

Los controles que se utilizan más frecuentemente deben de localizarse a una altura entre el codo y el hombro. Aquellos operarios que laboren sentados pueden ejercer fuerza máxima sobre palancas localizadas a la altura del codo; y los operarios de pie, sobre palancas que se encuentren situadas a la altura del hombro. El diámetro de los volantes de mano de manivelas depende del momento de torsión que se espera y de la posición de montaje. El diámetro máximo de manijas o asideros dependen de la fuerza que se ejerza. A continuación se presenta una tabla que puede servir de referencia para el diseño de manijas o asidero:

Fuerza	Diámetro Necesario
5 a 7.5 Kg.	Mayor a 6mm.
7.5 a 12.5 Kg.	Mayor a 13mm.
Más de 12.5 Kg.	Mayor a 20mm.

Los diámetros no deben de exceder a los 38mm. y la longitud del agarre debe ser por lo menos de 95mm. para adaptarse al ancho de la mano.

En lo que se refiere a diámetros de volantes de mano y manivelas se tiene la siguiente tabla:

Fuerza	Diámetro Necesario
Cargas ligeras	75 a 125 mm.
Cargas Medianas a pesadas	100 a 155 mm.
Cargas muy pesadas	200 a 500 mm.

Las perillas de los volantes deben de tener entre 13 y 50 mm. para que sean eficientes. Cuanto mayor sea el momento de torsión -- aplicado, más grande tendrá que ser la perilla.

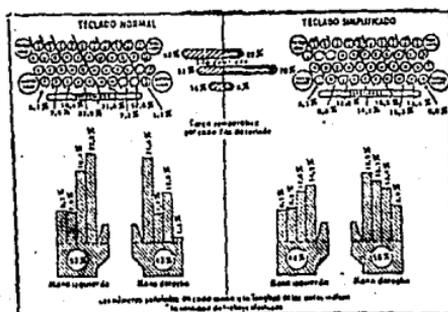
5° Ley. Cuando se realiza un movimiento específico con las manos, debe distribuirse la carga de acuerdo con las capacidades naturales de los dedos.

La persona normal ejecuta el trabajo con menor fatiga, mayor destreza, cuando lo hace con la mano derecha que cuando utiliza la mano izquierda. Pese a que la mayoría de la gente se le puede enseñar a trabajar con igual habilidad con una mano o la otra, en la mayor parte de las operaciones de la fábrica, los dedos tienen dife--rente capacidad para el trabajo. Por lo general, la capacidad de -- los dedos índice y medio de ambas manos es superior a la de los dedos anular y meñique.

En años recientes, en la Universidad de Washington hicieron estudios exhaustivos acerca de la capacidad de los dedos de las manos para mecanografiar en teclados convencionales. Se llegó a la -- conclusión que existían dedos que trabajaban más, pese a que no eran los más fuertes y se diseñó un teclado simplificado. La figura anexo 7.1, nos muestra la comparación del teclado de la máquina de escribir convencional con el teclado nuevo simplificado. los números indican las cargas relativas por fila, mano y dedo.

no y dedo. En el nuevo teclado, a la derecha, las letras se disponen de forma que la mano derecha realiza más trabajo que la izquierda. El 60% de las palabras se escriben con letras procedentes de la "Fila de Origen" o zona central en que los dedos se sitúan naturalmente.

Este estudio llegó a la conclusión de que es posible aumentar la eficiencia, la rapidez y la precisión ortográfica y se distribuyen las cargas de acuerdo con las capacidades naturales de cada dedo.



7.1 COMPARATIVO DE TECLADOS

Acerca de los procesos que tienen lugar en el ser humano al momento de ejecutar un trabajo, a continuación se describe algunos de los conceptos que han logrado amalgamarse.

En la ejecución de cualquier tarea, una persona normal hace tres cosas:

- 1.- Recibe información a través de sus órganos sensoriales, ojos, oídos, tacto, etc.
- 2.- Toma decisiones, actúa basándose en información obtenida y en sus propios conocimientos.
- 3.- Realiza una acción como consecuencia de la decisión tomada.

La acción puede ser puramente física, como poner en marcha una máquina, o implicar una comunicación, como podrá ser el dar instrucciones verbales o escritas.

Al proyectar cualquier operación o proceso frecuentemente surge la interrogante concerniente a que actividades deben e ser asignadas a un hombre y cuales a la máquina, pudiendo ser útil para contestar esa pregunta el siguiente cuadro:

El hombre supera las máquinas en facultad de:

- 1).- Razonar inductivamente.
- 2).- Emplear la facultad de Juicio.
- 3).- Desarrollar conceptos y crear métodos.
- 4).- Improvisar y utilizar procedimientos flexibles.
- 5).- Detectar pequeñas magnitudes de luz o de sonido.
- 6).- Almacenar una gran cantidad de Información durante largos períodos y recordar hechos significativos en el momento oportuno.
- 7).- Adaptarse a un posible cambio en las condiciones que rodean la Estación de trabajo.

Las máquinas superan al hombre en su capacidad para:

- 1).- Responder rápidamente a señales de control.
- 2).- Hacer cálculos matemáticos a altas velocidades.
- 3).- Hacer simultáneamente muchas funciones distintas.
- 4).- Aplicar grandes fuerzas con suavidad y precisión.
- 5).- Realizar repetidamente una tarea.
- 6).- Almacenar información rápidamente, pudiendo luego borrarla posteriormente.

7.2. Factores Humanos en la Simplificación del Trabajo.

Lasley. La altura del lugar del trabajo y la del asiento correspondiente a cada operario deberán combinarse de forma que permitan a este sentarse o ponerse de pie con facilidad mientras trabaja.

El trabajador debe poder cambiar de posición durante el trabajo, permaneciendo de pie o sentado, según lo prefiera, puesto que si ejecuta su trabajo de esta manera, descansan ciertos músculos, y el cambio de posición influyen favorablemente sobre el sistema circulatorio. Se ha comprobado que el permanecer mucho tiempo sentado o de pie produce más cansancio que el cambiar alternativamente de postura.

En muchas clases de trabajo resulta sumamente fácil disponer el lugar de trabajo para que pueda laborarse de pie o sentado. Sería altamente aconsejable que la altura del lugar del trabajo y la de la silla estuviesen de acuerdo con la del operario; esto, sin embargo, no es siempre posible, por lo cuál se suelen utilizar en muchos casos las dimensiones que más se adapten a las de un operario de estatura media.

El lugar de trabajo debe estar preparado de forma tal que se deje sitio para colocar debajo, cómodamente, las dos piernas del operario. Por ello, hay que eliminar las columnas, soporte y otros posibles obstáculos bajo el mismo que puedan interferir la posición normal del trabajador, haciéndole adoptar posturas inadecuadas o incómodas. Es conveniente que la mesa o banco de trabajo no tenga un espesor mayor de 5 cms., dándole una altura tal que la distancia entre la parte superior del asiento y la superficie interior de la mesa esté comprendida entre 15 y 25 cms.

Una mesa de trabajo de 92 cms. sería demasiado alta para una persona de estatura baja, pero puede adaptarse a su altura, si se coloca una tarima sobre el suelo encima de la cual puede permanecer de pie el operario. En los casos de obreros muy altos, se coloca sobre la mesa de trabajo otra pequeña plataforma, con el objeto de levantar la zona de trabajo.

En general, los asientos (silla o banquillo) deben de tener la suficiente anchura y longitud para sostener adecuadamente el cuerpo, pero no ser tan largos que lleguen a la parte posterior (o corvas) de las rodillas de los operarios de corta estatura.

A veces, la naturaleza de la tarea a realizar aconseja la instalación de apoyos para los brazos en el lugar de trabajo. Estos --apoyos son de gran utilidad en aquellas labores que precisan movientos muy pequeños en los antebrazos, y en los que las manos trabajan siempre en la misma posición, frecuentemente a cierta distancia del cuerpo y por largos períodos de tiempo.

En estos casos pueden colocarse apoyos de metal o de madera, -almoadillas, en la parte superior del banco o mesa de trabajo, de -forma que soporten el antebrazo. Estos apoyos no deben impedir en -modo alguno los movimientos de los brazos y de las manos del obrero que los utilice. Cuando se utilizan asientos altos deben colocarse apoyos para los pies, los cuales deben estar unidos al suelo o al -banco de trabajo preferiblemente, o bien a la silla. El apoyo para los pies debe ser lo bastante amplio para que ambos pies puedan descansar por completo en él y permitirles algún movimiento.

Se reducirán en forma importante la fatiga y la monotonía del trabajo de un operario si su centro de trabajo es de una altura adecuada y su asiento conveniente, de modo que pueda laborar tanto de pie como sentado. Se ha comprobado que la monotonía es un factor -importante del cansancio de un trabajador, y considerando la tendencia actual hacia la especialización y el consiguiente aumento de --los accidentes por causa de la fatiga, debe hacerse todo lo posible para reducir dicha monotonía.

Si no fuese posible que un operario trabajase alternadamente de pie y sentado, sería conveniente proporcionarle un asiento ligeramente reclinable hacia adelante, para evitar el cansancio excesivo de los músculos debido a que no existe un cambio de postura. En estos casos, se requiere también que la mesa de trabajo sea ajustable.

2° Ley. Debe Instalarse para cada obrero una silla del tipo y altura adecuada para permitir una postura correcta.

Antes de proceder a explicar esta 2° Ley de la economía de movimientos relacionada con el lugar de trabajo, debemos definir primero que es lo que se debe entender con el término "Postura Correcta". -Existen dos tipos de posturas ideales: una es para trabajar en pie y la 2a.

para trabajar sentado.

- a).- Postura correcta para trabajar en pie. Es aquella en la cual las diferentes partes del cuerpo (cabeza, cuello, tórax y abdomen), están equilibradas verticalmente una sobre otra, de forma tal que su peso queda soportado principalmente por el esqueleto precisándose de un mínimo de esfuerzo por parte de los músculos y tendones. En esta postura y en condiciones normales, las funciones orgánicas, tales como respiración, circulación, digestión, etc., se llevan a cabo sin ninguna obstrucción mecánica y con la mayor efectividad posible.
- b).- Postura Correcta para Trabajar sentado. Debe insistirse siempre en que el cuerpo, en cualquier forma que trabaje, debe mantenerse derecho desde las caderas hasta el cuello, sin flexionarse o vencerse por la cintura cualquier otra postura que se adopte perjudica la salud del trabajador, fatigando su espalda y disminuyendo su eficacia.

Las posturas incorrectas más frecuentes al trabajador sentado son las de hundirse en el asiento o inclinarse hacia un lado, siendo ambas incómodas y perjudiciales. Cuando el trabajador se encuentre sentado la silla debe de ayudarlo, y no debe impedirle conservar una buena postura. Las características que deben reunir un buen asiento son las siguientes:

- 1.- La altura de la silla debe ser ajustable, con el objeto de poder adaptarla rápidamente a la altura de la persona que la va a utilizar. Si los asientos no tienen esta característica, deberán existir sillas de diferentes tamaños, de acuerdo con las alturas normales de los distintos grupos de personas que hayan de emplearlas, aunque generalmente resulten menos prácticas que las sillas ajustables. Debe permitirse al operario apoyar sus pies sobre el suelo o sobre un soporte diseñado para este fin.
- 2.- La silla deberá de ser de construcción rígida, de ser posible con estructura de acero, pero con asiento y respaldo de

algún material suave; esto último es importante, puesto que los asientos y respaldos de acero suelen ser bastante incómodos. Los bordes del asiento y del respaldo deberán ser redondos, con objeto de evitar las partes afiladas, que resulten incómodas y puedan impedir una buena circulación. No son de manera alguna recomendables las sillas giratorias y reclinables a menos que sean imprescindibles para el trabajo al que se dediquen, ya que la fácil movilidad de estos asientos les dá poca estabilidad, sobre todo en operaciones que requieran un esfuerzo muscular importante. La silla deberá estar provista de un dispositivo metálico colocado entre sus patas que permita un deslizamiento suave cuando el operario quiera retirarla hacia atrás, con el objeto de continuar trabajando en pie, sin alterar la buena marcha de su trabajo.

3.- El asiento de la silla debe de tener una forma adecuada, puesto que ha de permitir una distribución simétrica de todo el peso del cuerpo. La configuración de un asiento debe de aproximarse a la de una silla de montar, y debe tener su frente redondeado. El asiento debe estar ligeramente acoginado y con facilidades para ventilación. Un buen diseño de asiento debe permitir varias posturas de trabajo efectivas. Su altura debe de ser ajustable entre los 38 y 53 cms. Sería muy conveniente tener ajustes de altura de 1 cms. si el operario trabaja en bancos de más de 75 cms. de alto, el asiento debe permitir un ajuste de alturas desde 45 hasta de 68 cms. los fabricantes de asientos industriales suministran elementos de esta clase en que puede ajustarse la altura desde el nivel del piso hasta el tope superior. En los últimos años se han reunidos datos que demuestran que es posible la reducción de costos mediante el uso de asientos y bancos de trabajo con la altura conveniente.

4.- El respaldo de la silla debe servir de apoyo a la parte inferior de la columna vertebral; para ello se debe de evitar colocar travesaños o barras a una altura inferior a los 15 cms.

sobre la superficie del asiento. El tronco debe colocarse lo más atrás posible, de modo que el respaldo pueda sostener la parte inferior de la espalda. La parte más baja del respaldo deberá estar a unos 16 o 17 cms. sobre el asiento, según la estatura del operario. El respaldo debe estar ligeramente curvado con dimensiones aproximadas de 7.5 Cmts. de altura y --- 25 cms. de ancho; es decir, que debe de ser pequeño y, sin embargo, proporcionar una superficie de apoyo adecuada. Conviene tener algún acoginamiento en el respaldo para evitar la agudeza de bordes. Sería también conveniente que fuese reclinable. El respaldo no debe causar presión indebida a la pelvis o a las costillas, ni interferir con los movimientos de las partes de la espalda ni con los de los brazos durante el trabajo. También es conveniente que el respaldo se ajustable, para adaptarlo a la estatura del operario que ha de utilizarlo.

Cuando el trabajador labore en posición inclinada hacia adelante, es claro que no necesita el respaldo de la silla sin embargo le será útil mientras descansa para relajar los músculos.

7.3. Factores relacionados con el lugar donde se trabaja.

La ventilación tiene también una importancia relevante en el control de accidentes y de la fatiga de los operarios. Se ha comprobado que gases vapores, humos, polvos y toda clase de olores causa fatiga que disminuye la eficiencia física de un trabajador, y suele originar tensiones mentales. Los resultados de laboratorio indican que el efecto deprimente de una mala ventilación está asociado directamente al movimiento del aire, así como de su temperatura y humedad.

Cuando aumenta el porcentaje de humedad en el aire, el enfriamiento por medio de la evaporación del cuerpo disminuye, reduciendo la capacidad del organismo para disipar el calor. Estas condiciones aceleran el ritmo cardiaco, elevan la temperatura del cuerpo y producen una lenta recuperación después de las labores, dando por resultado una fatiga considerable.

Se ha descubierto que a una temperatura ambiente de 24°C y 50% de

humedad relativa, se efectúa 15% menos de trabajo en labores manuales pesadas, que a 20°C y la misma humedad, y que a los 30°C y 80% de humedad se realiza un 28% menos de trabajo. Como se puede notar, la humedad y la temperatura, son factores que actúan en detrimento de la productividad.

Se ha observado también que en condiciones de aire estacionario se produce 9% menos trabajo que en sitios ventilados con las mismas temperaturas y humedades relativas. Experimentos adicionales revelaron que incrementos correspondientes en la producción, la seguridad y ánimo del personal laborante se obtiene cuando se introduce una ventilación adecuada en los sitios de trabajo.

Por otra parte, tanto los ruidos estridentes como los monótonos, producen fatiga en los operarios. Ruidos intermitentes o constantes tienden también a excitar emocionalmente a un trabajador, alternando su estado de ánimo y dificultando que realice un trabajo de precisión. Controversias, conflictos personales y otras formas de mala conducta entre los obreros, pueden ser atribuidas con frecuencia a ruidos perturbadores. Experimentos demuestran que niveles de ruidos irritantes aceleran el pulso, elevan la presión sanguínea y aún llegan a ocasionar irregularidades en el ritmo cardiaco. Para contrarrestar el efecto del ruido, el sistema nervioso del organismo se fatiga, llegando a producir estados de gran tensión.

Otro factor muy importante para crear un ambiente de trabajo óptimo es el conserniente a la temperatura.

El cuerpo humano trata naturalmente de conservar una temperatura media constante de unos 36°C. Cuando el cuerpo humano se expone a una temperatura alta, tiene lugar una gran transpiración en el organismo y gran cantidad de sudor se evapora de la piel. En la transpiración sale también cloruro de sodio a través de los poros y queda ahí como residuo de la evaporación. Todo esto significa una pérdida directa para el cuerpo y puede alterar el equilibrio normal de los líquidos del cuerpo. El resultado lógico de esta situación es una fatiga y calambres por el calor, que ocasionan una sensible disminución en los colúmenes de producción del operario. La actuación de un buen operario disminuye en la misma producción que la de un trabajador medio y la de uno menos que mediano. En labores de oficina como la mecanografía, no sólo disminuye la cantidad de trabajo sino que también decrece la calidad, esto es, la cantidad de errores aumenta consi

derablemente.

Para trabajos de cierta importancia puede resultar bastante útil tabular los procedimientos a ejecutar de cada parte de la tarea, comenzando por el método totalmente manual y anotando el costo que éste implica, para proceder a continuación a analizar un método un poco más mecanizado, y así sucesivamente, hasta que encontremos el costo de un método completamente mecanizado.

Este procedimiento es bastante útil para casos en los que se requiere hallar el método preferible, es decir, el de costo mínimo.

DAIOS ANTROPOMETRICOS RELATIVOS AL HOMBRE ADULTO EN PIE
AMERICANO ALTIPO DE LA POBLACION MASCULINA DE ESTADOS UNIDOS

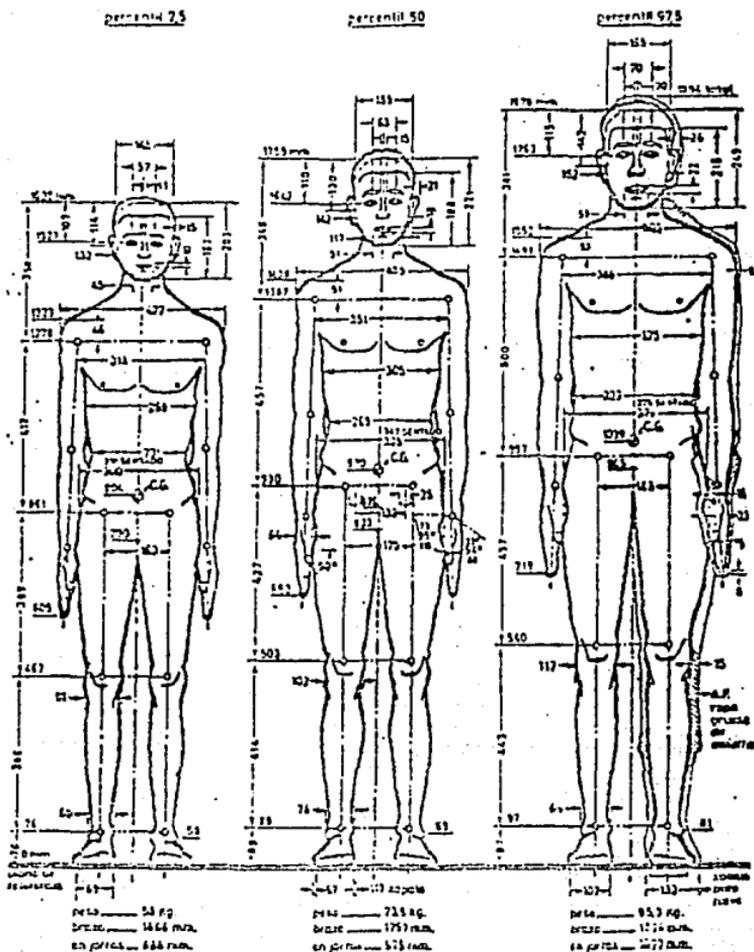


Fig. 7.3.

**DATOS ANTROPOMÉTRICOS RELATIVOS A LA MUJER ADULTA, EN PIE
APLICABLES AL 97% DE LA POBLACION FEMENINA DE ESTADOS UNIDOS**

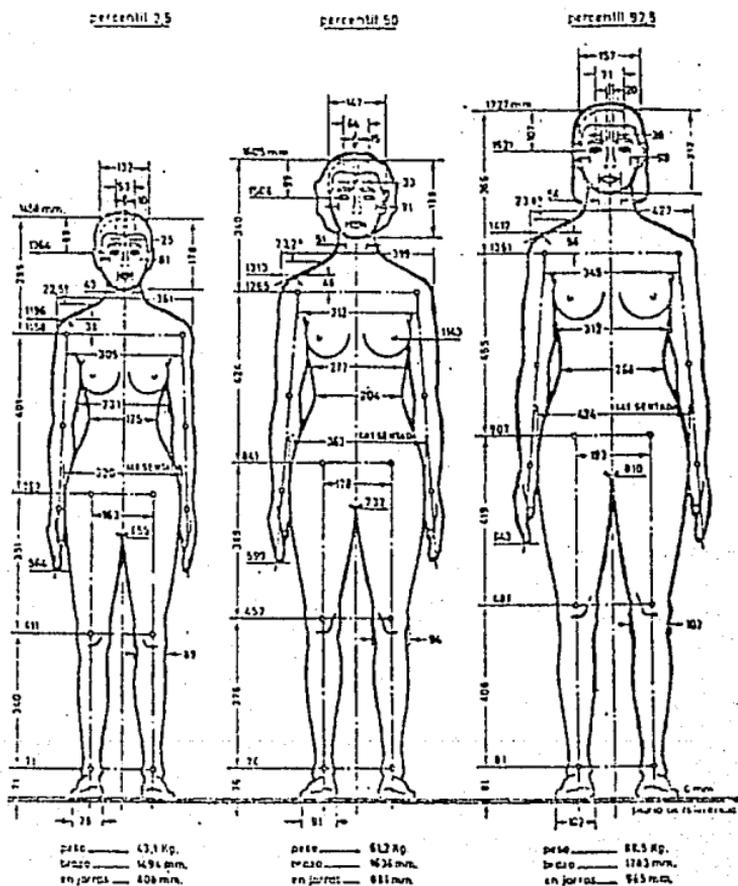


Fig. 7.5.

CONTROL DE CALIDAD

8.1.- Sistemas de Control de Calidad.

La calidad de la salida de una operación se mide por la mayor o menor coincidencia de los atributos significativos de la salida con los de cierto patrón. El control de calidad consiste en el establecimiento de los patrones de calidad y las desviaciones aceptables respecto a éstos, los controles de operación que afectan los atributos significativos de la salida, un sistema de medición para comparar la salida con el patrón, y un sistema de realimentación que provea la acción correctiva sobre los controles de operación.

La mayoría de las salidas de operación tienen numerosos atributos, pero en general sólo unos pocos son importantes. Cuando un producto es el resultado de una serie de operaciones, puede que para una operación en particular sólo exista una característica importante. Supongamos una pieza metálica es cilíndrica se torneada hasta un diámetro preestablecido en una determinada operación. Esa operación afecta por lo menos a dos atributos de la pieza. El diámetro y la terminación superficial. Tal vez sólo el diámetro es importante. Las ligeras variaciones de acabado superficial producidas como consecuencia del método y del equipo empleados para la operación, pueden carecer de importancia, en cambio, tal vez se especifique que la pieza no debe variar, en cuanto al diámetro, más de una centésima de milímetro con respecto al diámetro especificado, digamos, de 16mm. la gama de valores aceptables de un atributo es lo que se llama límites de tolerancia.

La especificación de los requisitos de calidad es evidentemente una parte vital del control de calidad, pero de un modo mucho más complejo de lo que parece a primera vista. Podría suponerse que (al menos en la mayoría de los casos) los límites de tolerancia son requisitos estrictos de ingeniería, inalterablemente determinados para la mecánica de la situación. Lo que es cierto con toda generalidad, por el contrario, es que el hacer más rigurosos los límites de tolerancia reporta posiblemente importantes ventajas, también conduce al aumento del costo. La tolerancia óptima es el punto de

equilibrio después del cual el aumento del costo no se compensa con las ventajas mecánicas que reporta la mayor precisión. Este punto - óptimo varía continuamente por el progreso de la tecnología y otros factores.

La determinación de los requisitos de calidad entrañan a menudo factores tales como el gusto del cliente el comportamiento y la confiabilidad del producto, los costos de perfeccionamiento de los métodos de perfección y aun el costo de los diversos niveles de control de producción. Vemos que entra aquí la consideración de la Ingeniería del Valor (en lo que se refiere a la especificación de los requisitos de calidad): equilibrio entre el valor de una característica de calidad de determinado nivel y valor de costo necesario para lograrlo.

La capacidad para lograr el nivel de calidad especificado debe recidir en el sistema operativo en sí. Ningún sistema de control de calidad puede imponer una calidad superior a la que permite el sistema operativo, del mismo modo que ningún sistema termostático podrá mantener la temperatura de una habitación dentro de límites muy estrechos, si la temperatura externa, el aislamiento térmico de las paredes y la capacidad del calefactor son inadecuadas. El calefactor puede funcionar continuamente sin que por ello deje la temperatura de ser insuficiente. Si un sistema operativo insistente no puede alcanzar o mantener el nivel de calidad especificado, el sistema de control de calidad puede ponerlo en evidencia. Pero la situación sólo podrá corregirse modificando el sistema operativo.

El sistema de control de calidad debe prever medios de medición para la comparación del producto con el patrón. Esta operación de control se llama comúnmente "Inspección". A menudo, la medición y la comparación se combinan, como cuando se exigen que esferas de metal de diámetro crítico pasen por un orificio para demostrar que no son demasiado grandes y se han detenido por otros, como prueba - que no son demasiado chicas.

Estos ensayos suelen tener como finalidad aceptar o rechazar el producto. Pero solo hay control por realimentación cuando la información originada por la inspección, se transfiere sistemáticamente al sistema operativo con el fin de provocar la acción correctiva pertinente. Si muchas de las esferas son rechazadas porque su diámetro es erróneo por de-

fecto y ninguna por ser demasiado grande, un ligero desplazamiento del dispositivo que controla el diámetro en el sistema puede dar lugar a una mejora sustancial. En cambio, si el rechazo por diámetro excesivo es del mismo orden que por el diámetro escaso sólo se mejorará la situación mediante el aumento de la precisión de la operación, es decir, reduciendo la variabilidad de la salida.

Puesto que la simple determinación de una pieza está o no dentro de los márgenes de aceptación (como en el caso del dispositivo "pasa no pasa" antes mencionado) representa una información insuficiente desde el punto de vista de la estadística, es a menudo conveniente recurrir a la medición específica de los atributos críticos. De esta manera, por ejemplo, podría obtenerse la desviación estándar de los valores de cada atributo.

Otra razón que justifica apelar a los métodos estadísticos en el control de calidad es que no siempre puede probarse el 100% de la salida. A veces no resulta económico medir o ensayar cada unidad de producto; otras, el ensayo es totalmente imposible porque la medición del atributo exige la destrucción de la muestra.

El control de Calidad Estadístico es un campo muy desarrollado en el que los recursos matemáticos aplicados al control de calidad permite a menudo equilibrar la precisión de los resultados con el costo del proceso del control. En los sistemas de control de calidad estadísticos, encuentran amplias aplicaciones ciertos tipos de plantillas de control, en las que se representa la información originada por la inspección de muestras y constituyen así una base de decisión en lo que respecta a la posible modificación del sistema operativo. La lógica es muy parecida a la que se ha considerado más arriba en el caso de las esferas, pero adecuadamente sistematizada.

8.2.- Sistema de Control de Procesos.

Puesto que las operaciones son parte de un proceso, el control de calidad de las operaciones es una parte del control de proceso. Nos ocuparemos en este apartado de insistir en los aspectos más generales y profundos en el control de proceso, especialmente en lo que se refiere a la coordinación de diversas actividades que lo configuran. Este problema se hace más complejo a medida que va-

mos desde la consideración de los procesos secuenciales más simples en serie) a los que involucran complicadas redes. El tema de que nos ocupamos aquí se llama a menudo control de Producción, pero la denominación más amplia que preferimos refleja una vez más el hecho de que los sistemas de actividad no se limitan a las actividades de producción.

Hemos visto ya que la eficacia de un sistema operativo depende no sólo de las actividades que en él tienen lugar, que son particularidades del sistema, sino también de la naturaleza y sincronización de las entradas al sistema y otras relaciones con el ambiente externo al sistema considerado y no sujetas a su control. Por ejemplo, un operador puede trabajar muy eficientemente y encontrar que su rendimiento se rebaja porque debe de esperar a que le entreguen material o elementos de trabajo.

Desde el punto de vista del sistema mayor, suelen resultar necesarios algunos retrasos y defectos de adecuación de la entrada de una operación particular, aun en el caso de operación óptima de aquél. No obstante, es indispensable minimizar esas deficiencias con vistas al aumento de la eficacia general, que se consigue controlando el flujo entre las partes interrelacionadas del proceso.

Los sistemas de control son sistemas de información. Como el cerebro, que es el centro del control del cuerpo, todo sistema de control tiene entrada de información, proceso de información y salida de información. De ahí que en este capítulo prestemos tanta atención al flujo de información, aunque bien sabemos que la información puede ser el género sobre el que actúa el sistema operativo en lugar de, por ejemplo, los materiales, y no solamente un componente de flujo que sirve para facilitar el control de una operación o un proceso. De todos modos, el flujo de información es un elemento básico de todo sistema de control.

La planificación de un sistema de control entraña la consideración de canales de información y elementos de almacenamiento las estructuras del sistema la naturaleza del flujo de información, y las operaciones que se realizan sobre la información de entrada y la información almacenada con vistas a que la información de salida resulte útil para los fines previstos.

Así, como de costumbre, lo primero que debemos considerar son las finalidades -funciones- de los sistemas de control. Acabamos de ver que una de las funciones generales más importantes es la coordinación de las actividades interrelacionadas con miras a la eficacia óptima de operación global. Pero, a menudo, hay otros objetivos, -- además de la optimización de la eficacia operativa.

Ampliaremos, por tanto, el propósito de la coordinación para incluir la consecución más eficiente de metas específicas.

8.2.1.- Tipos de Sistemas de Proceso.

Con el fin de ser más específicos acerca de estas metas y de la manera como se las alcanza, conviene comenzar por diferenciar -- dos tipos generales de sistemas de proceso -(una distinción que ya ha sido hecha con respecto a la diferencia entre problemas de control y meta). Uno es el que se refiere al tipo de actividad intermitente o no repetitiva, como lo ilustran las operaciones que configuran un trabajo hecho a pedido. El otro es una actividad continua o repetitiva, tal como la producción en serie de productos estandares acumulado sobre la base de futuras ventas. Por supuesto, en muchas organizaciones pueden coexistir ambos tipos de actividad.

En las operaciones a pedido la meta principal de los Sistemas de Control en cuanto a coordinación, además de su rendimiento operativo, está por lo común, en la capacidad para predecir y prometer -- fechas de entrega que puedan cumplirse en la mayoría de los casos. Esta meta sólo puede verse complicada por las políticas de prioridad (por las cuales se da preferencia a ciertos trabajos sobre -- otros).

Para lograr sus propósitos, el sistema de control debe tener almacenado cierta información debe recibir regularmente otras informaciones como entrada, ejecutar las operaciones convenientes sobre la información de que se dispone, y producir información de salida de modo que ésta tenga el efecto deseado sobre el sistema que se -- pretende controlar. ¿Qué tipos de información y de acciones entraña todo esto?.

Las actividades de tipo intermitente o sobre pedido, se organizan, por lo general, de acuerdo con el tipo de operación. Para --

que pueda ejercer el control por realimentación en estas circunstancias, el primer tipo de información de que debe disponer el sistema de información es el relativo a la capacidad operativa de cada departamento importante, expresada en unidades de las que el tiempo es, por lo menos, un componente. La unidad más simple es el "departamento-hora" el número de horas que el departamento puede trabajar durante cada periodo unitario de tiempo, (por ejemplo durante una semana dada). O bien la capacidad puede expresarse en máquina-hora para las máquinas tipo A, las máquinas tipo B, etc., también por periodo unitario, o, en ocasiones, directamente en hombre-horas. En estos últimos casos las capacidades serían el número de máquinas o el de hombres multiplicado por el número de horas que cada uno puede trabajar en el periodo unitario.

Se comprenderá que la capacidad es más bien un valor esperado sujeto a variaciones, más bien que una cantidad definida con precisión.

Un tipo de información que debe llegar al sistema de control como entrada es al que se refiere a los requisitos de operación que demanda cada trabajo, expresados en las mismas unidades que las capacidades de operación correspondientes. Para ello es necesario -- que los encargados de producción determinen las operaciones que requiere el trabajo. Esta planificación es, en gran parte, una función del sistema de proceso más bien que del sistema de control. -- También es una información necesaria el tiempo requerido por cada operación departamental. Finalmente, si hay una política de prioridad que dé preferencia a algunos trabajos sobre otros, también debe incluirse como entrada al sistema de control el nivel de prioridad de cada trabajo.

8.3.- Programación en el Tiempo.

Dentro del sistema de control, una de las operaciones del proceso de la información importantes es la programación en el tiempo (scheduling) es decir, la planificación de la coordinación de las actividades en el tiempo. En el caso de las actividades intermitentes o sobre pedido, ésta planificación tiene dos aspectos: La Programación Maestra, programación maestra que es la programación general de los distintos departamentos (adaptación de las órdenes individuales al conjunto de actividades diversas) y la Programación de

Trabajo, que consiste en el establecimiento de fechas programadas - para puntos claves en el desarrollo de cada trabajo, tales como la fecha de terminación en cada departamento, en particular, y la fecha de terminación de trabajo en su totalidad.

Para ilustrar los principios básicos de la programación de -- trabajo, consideramos primero el caso, poco común, pero no inconcebible, en que cada operación de un trabajo dado ocupa toda la capacidad de cada departamento mientras se ejecutan las operaciones que corresponden a éste. En otros términos, cada departamento puede -- realizar su función sobre un único trabajo por vez. Supondremos tam-- bién que las operaciones han de realizarse, según una secuencia es-- tablecida. En la tabla 8.1 se suponen tres trabajos que han de ser programados para un proceso que requiere la intervención de tres de-- partamentos. La identificación de los trabajos, A, B, C, representa, además, alfabéticamente la secuencia, la cual se recibieron las órdenes. Los guarismos incluidos en las respectivas columnas indi-- can los días de actividad en cada departamento y el tiempo total re-- querido para cada trabajo. También se indican los días durante los cuales cada departamento permanecerá todavía ocupado en virtud de - compromisos anteriores.

Departamento	Días ocupados por compromisos anteriores	Horas de Proceso Requeridas		
		Trabajo	Trabajo	Trabajo
		<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
1	3	10	5	11
2	12	9	7	10
3	19	6	12	10
Totales		25	24	31

Tabla 8.1

Si los trabajos presentes se programaran para comenzarlos en la misma secuencia en que fueron recibidas las órdenes, la programación resultante sería la que muestra la Figura 8.1 las barras ne-- gras representan demoras de ocupación de instalaciones, es decir, -

los tiempos de espera en los departamentos originados por el hecho de que no ha sido terminada la operación anterior. Las barras negras representan así una medida de la ineficiencia operativa originada por deficiencias de programación en el tiempo. (La expresión "Deficiencia de Programación en el Tiempo" no significa necesariamente que es posible mejorar la programación. Sólo significa que los componentes del programa no encajan perfectamente unos con otros. No siempre será posible combinarlos para mejorar esta situación).

Si las líneas que unen las partes sucesivas en un mismo trabajo en distintos departamentos resultan inclinadas, que significa -- que un trabajo completado en un departamento, debe esperar a que se complete un trabajo anterior en el departamento siguiente, esas demoras representan una ineficacia de servicio originada por deficiencia de programación en el tiempo.

CAPITULO 9

SISTEMAS DE REMUNERACION

9.1.- Generalidades.

Un sistema de remuneración puede definirse como el conjunto de parámetros que los administradores de un sistema productivo toman en cuenta para determinar el monto de las retribuciones que otorgarán los trabajadores como pago por sus trabajos.

El principal objetivo de un sistema de remuneración es lograr que los trabajadores obtengan una compensación justa por los servicios prestados a la compañía. Este principio es fácil de definir y muy difícil de implementar en la práctica. Una compensación justa es un factor de indiscutible importancia para todas las personas desde el nuevo empleado, quien toma sus decisiones basado en su conocimiento externo de la compañía hasta el trabajador de muchos años de trabajo quien tiene un conocimiento íntimo de las políticas y procedimientos de la compañía para que todos ellos el sistema de remuneración debe ofrecerles la oportunidad de mejorar su nivel de vida y el de sus familias.

El diseño y funcionamiento de los sistemas de remuneración está altamente afectado por fuerzas externas como el gobierno, asociaciones de empleados, sindicatos, diseño y funcionamiento de los sistemas de remuneración como un tópico prioritario para los intereses nacionales. Debido a su impacto económico (por su capacidad de estimular la productividad) y social porque es de vital importancia para el país tener una clase obrera bien remunerada.

La experiencia ha demostrado que los trabajadores no aportarán un esfuerzo extra o sostenido a menos que se les ofrezcan incentivos de tipo directos o indirectos. Uno de los conceptos primordiales para entender cualquier sistema de remuneración es el concepto de Salario: el jornal o salario es el conjunto de ganancias o devengos de un trabajador durante un periodo de tiempo dado como un día o semana. Estos conceptos pueden expresarse en dinero, en cuyo caso se denomina salario nominal y en mercancías y servicios que pueden compararse con dinero y cuyo caso se denomina salario Real.

Actualmente se considera válida la tesis que sostiene que la productividad de los trabajadores depende primordialmente de una -- buena conducción general en materia de salarios e incentivos como -- de la voluntad de los obreros para asimilar los planes.

9.2.- Incentivos y Clasificación de Incentivos.

En términos generales, el objetivo de cualquier sistema de sa-
larios a base de incentivos es llegar a un acuerdo sobre las ganan-
cias por el rendimiento de modo que coincidan los intereses de la -
compañía y de los empleados.

El término incentivo incluye todas las influencias, positivas
como negativas que estimulan el esfuerzo humano y pueden clasificar
se en tres grandes grupos:

- 1) Planes Económicos Directos.
- 2) Planes Económicos Indirectos.
- 3) Planes No Económicos.

Los Planes Económicos Directos son aquellos en los cuales la
remuneración al trabajador va de acuerdo a su rendimiento. en esta
categoría deben de incluirse los planes de incentivos individuales
y los de grupos. En el tipo de plan individual la retribución a ca-
da trabajador está basada en su actuación productiva durante el pe-
ríodo que se trate. Un incentivo de grupo es cualquiera que se apli-
que colectivamente a dos o más empleados que realicen trabajos con
característica de grupo, con la consecuente relación mutua entre --
las operaciones y la consiguiente proximidad material y unidad de -
intereses; los trabajos de estas características exigen cooperación
entre los trabajadores y éstos a su vez necesitan de una dirección
que los guíe. Es conveniente descomponer la larga serie de operacio-
nes sucesivas de estos trabajos en pequeñas divisiones naturales --
que puedan ser controladas por los jefes o conductores de los mis-
mos; la experiencia limita esta clase de dirección o conducción a -
unos 12 individuos, aunque son muchas las variables que pueden indu-
cir a formar grupos mayores.

El incentivo para trabajos de esfuerzo individual extraordina-
rio o prolongado es menor en los planes de grupo que los individua-
les. Por lo tanto ha existido una tendencia en la industria a favo-
recer los métodos de incentivos individuales.

En general, son de esperar mayores tasas de producción y menor costo unitario del producto al emplear planes de incentivos individuales será preferible el sistema de grupos. Por otra parte, el método de grupos tiene más aplicación donde es difícil de medir la productividad personal, y donde el trabajo de cada trabajador es variable y suele ser ejecutado frecuentemente en cooperación con otros en forma de cuadrilla.

Los Planes Económicos Indirectos son aquellos que no han sido planeados para que exista una relación directa entre el volumen de producción y el monto de la remuneración. Este tipo de planes incluye básicamente políticas globales de la empresa, como podrían ser premios por puntualidad diaria, primas extras por antigüedad en la empresa, presentes navideños adicionales al aguinaldo, etc.

Los Planes no Económicos son aquellas recompensas o retribuciones que no tienen relación con los salarios y que, sin embargo, levantan la moral de los trabajadores, de una forma tal, que se hace evidente el aumento en esfuerzo y empeño. Dentro de estos planes podemos mencionar los reconocimientos públicos por méritos a trabajadores o bien eventos sociales y deportivos.

En este punto cabe señalar que existe otra corriente teórica que clasifica los incentivos en base a la participación que tienen los trabajadores y el patrón en el beneficio que resulta del incremento de la productividad. Así los sistemas de incentivos cuya premisa primordial es el tiempo se les llama clase I y son aquellos en los cuales el patrón se beneficia o carga con todas las ganancias o pérdidas en el costo de la mano de obra relacionada con la ejecución de los estándares, esto es, que el patrón asume todas las ganancias o las pérdidas en lo que respecta al costo de la mano de obra. Dentro de este grupo podemos mencionar el sistema de tiempo por horas trabajadas en donde el trabajador percibe su salario por las horas que trabajó sin importar qué tan productiva fue su labor.

La clase II la constituyen los llamados sistemas de tarifa por pieza, en los cuales el trabajador absorbe todas las ganancias o pérdidas en lo que respecta a la productividad resultante de la

mano de obra. Ejemplo típico de esta clase II lo son los trabajos a destajo, en los cuales el ingreso del trabajador es directamente -- proporcional a las piezas que elabore. El trabajador es en quien -- repercute el beneficio de una mayor producción.

Sin embargo es necesario establecer una clase III para aquellos sistemas de incentivos en los cuales la ganancia, si existe es repartida entre el patrón y los empleados.

Esta clasificación de incentivos es mucho muy complicada, y -- por lo mismo es de menor uso entre los ingenieros industriales ya -- que en ocasiones conduce a sistemas de incentivos altamente complicados y difíciles de entender por parte de los trabajadores.

9.3.- Planes Económicos Directos.

Indiscutiblemente, que los planes que han demostrado tener un mayor impacto sobre la productividad son los económicos directos.

Los planes económicos directos más representados son:

- 1) Trabajo por pieza o a Destajo.
- 2) Plan de Taylor o tarifa múltiple a la pieza.
- 3) Plan de Merrick o Destajo Múltiple.
- 4) Plan de Gantt.
- 5) Plan de Horas Estándares.
- 6) Sistema Diferencial de Tiempo con salto o con Escalones de bonificación.
- 7) Trabajo por Día Medido.
- 8) Plan de Halsby con participación constante (50-50) con garantía de tiempo.
- 9) Sistema Original Bedaux de Puntos.
- 10) Plan de Rowan.
- 11) Plan Empírico de Emerson.
- 12) Planes de participación en las economías de costos.
- 13) Participación de Utilidades.

9.3.1.- Plan de Trabajo por pieza o a Destajo.

Este sistema consiste en retribuir al trabajador en proporción directa a la cantidad de piezas elaboradas en la jornada de trabajo. A mayor número de piezas, mayor retribución.

Este sistema se recomienda para trabajos no estandarizados, ya sean permanentes o temporales, es sencillo y parece ser el único sistema posible cuando no se puede realizar una medición adecuada de los métodos de trabajo. Este sistema es primitivo y conduce a ineficiencias, puesto que el trabajador podría estar trabajando poco y ganando salario normal, si se sobrevalora la dificultad que tiene el tipo de trabajo que implica elaborar cada pieza.

El trabajo a destajo forzosamente debe de implicar estándares por pieza en términos monetarios. Este sistema no garantiza una percepción diaria constante. En algunos países entre los que se incluye México existen regulaciones federales que garantizan al trabajador una percepción mínima, esto es un salario mínimo y ningún trabajador debe percibir una cantidad menor a ésta por lo que el sistema a destajo sólo es utilizable para situaciones en las cuales el número de piezas producidas por el operario arroja un salario diario mayor al mínimo.

La ventaja de este sistema es la facilidad con la que los trabajadores entienden el destajo además de que es sencillo de aplicar. Las que con mayor frecuencia mencionan los sindicatos acerca de este sistema se refieren a que los destajos hacen imposible de recompensar adaptabilidades, la lealtad y la duración en el servicio debido a que las tarifas se expresan en relación con las piezas producidas y no interviene ningún otro factor en la determinación del monto de las percepciones.

Las condiciones más fundamentales para este tipo de incentivos son aquellas concernientes a el grado de independencia de las operaciones y a la continuidad de la operación esto es cuando la --

operación es principal es totalmente terminada por un mismo operario y repetidamente por él durante muchos días seguidos.

Los destajos no son adecuados para principiantes puesto que estos no tienen práctica en los métodos; ni es tampoco apropiado para las tareas lentas o inexactas.

La figura 9.1 nos muestra gráficamente la relación entre la remuneración del operario y los costos unitarios de la mano de obra directa según el plan de destajo.

En el eje de las abscisas tenemos tabulada la producción diaria de el trabajador en porcentaje del estándar en el eje de las ordenadas tenemos las variables de salario diario ganado en porcentaje del sueldo base para el puesto que ocupa el operario y el costo por unidad, a la derecha e izquierda respectivamente.

Dentro de la gráfica existen tres curvas, una representa el salario real devengado, otra el costo total por pieza y recta paralela al eje de las abscisas, que representa el costo de la mano de obra directa del producto.

Para el caso particular de la figura 9.1, podemos darnos cuenta que si el trabajador produce un 75% del estándar, percibirá un 100% de su salario base (esto está representado por la línea discontinua que parte de $x = 75\%$ del estándar hasta encontrarse con la línea de salario ganado en la ordenada $y = 100\%$ de la base), pero si a causa de una buena eficiencia logra superar el estándar en un 20% tendrá ingresos de un 60% superior a su salario base (Círculo localizado en $x = 120\%$ del estándar y $y = 160\%$ del salario base).

Es importante notar en la gráfica que la pendiente positiva de la

recta de salario ganado indica que a mayor número de unidades producidas existirá un incremento directamente proporcional en el monto de las percepciones del trabajador.

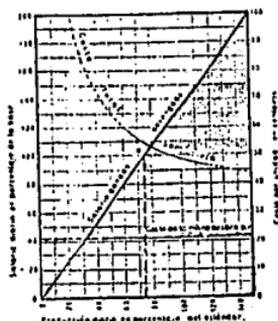


FIG. 9-1 "PLAN DE TRABAJO A DESTAJO"

Debido a que en México la ley exige la garantía de un salario mínimo para el trabajador, el plan de destajo debe comenzar a aplicarse a partir del punto en el cual el trabajador alcanza su percepción mínima.

9.3.2. Plan de Taylor o de Tarifa Múltiple a la pieza.

Este plan fue ideado por Taylor mientras laboraba en la compañía acerera de Midvale en los Estados Unidos. Según este plan se deben de establecer dos tipos de destajos expresados en valores monetarios. Un tipo de destajo inferior para niveles bajos de producción y una tasa alta para trabajadores altamente productivos. La tasa de destajo inferior remunera en relación directa a la producción individual del operario hasta el punto en el cual su tasa de producción sea lo suficientemente elevada como para alcanzar el estándar lo que implica remuneración a tasa alta. El principal objetivo de éste plan es estimular a los trabajadores no sólo al estándar para tener derecho a la tasa superior sino que aún alcanzando ésta se le impulsa a seguir incrementando su productividad puesto que se le sigue --

pagando en relación directa en situaciones de rendimiento mas allá del estándar.

Por ejemplo, de acuerdo con este sistema la tasa de destajo para la operación de emboquillado de tubos de concreto podrá ser de 150 pesos por pieza hasta un estándar de 19 piezas por día en el momento en que el operario elabore 20 o mas piezas en un día tendrá derecho a alcanzar la tasa alta que sería de 175 pesos por pieza. Entonces si el operario emboquilló 19 piezas ganaría $19 \times 150 = \$ 2,850$ pero en cambio si logra completar las 20 piezas, tendrá derecho a \$ 3,500 como salario mínimo diario. Es lógico que el operario intentará a toda costa de alcanzar la tasa alta de producción.

Se recomienda que en situaciones en las cuales las tasas altas de producción sean difíciles de alcanzar el "salto" de bonificación sea superior al 20%.

Taylor pensaba que para obtener el mejor rendimiento de los operarios los sistemas de salarios deberían de basarse en la producción obtenida de cada uno de ellos. Estaba convencido que un buen sistema de incentivos debería permitir a los operarios con mayores cualidades aumentar sus salarios normales entre un 30% y un 100%. Incentivos inadecuados acarrearían decrementos de esfuerzos y cooperación entre los trabajadores.

La figura adjunta 9.2, nos presenta una gráfica típica del plan de Taylor y nos ilustra la relación entre el costo por unidad y la remuneración según este Plan.

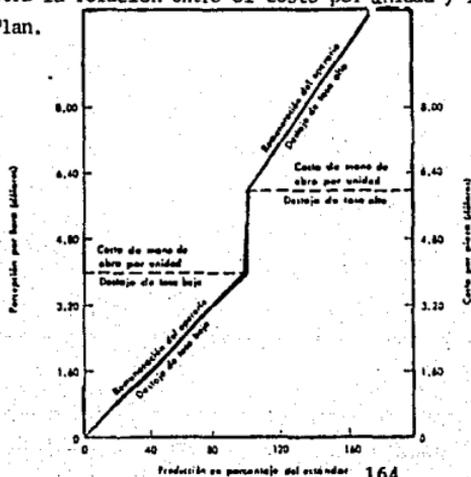


FIG 9-2 "PLAN DE TAYLOR".

Este sistema de incentivos es ideal para máquinas en las cuales es importante alcanzar cierto nivel de producción a un ritmo -- continuo, ya que soporta una proporción elevada de gastos generales, y en consecuencia, es necesario obtener el máximo rendimiento de -- ellas. También se recomienda este sistema para aquellas máquinas - que representan un "Cuello de Botella" en el proceso productivo de una planta.

No es recomendable el Plan de Taylor para aquellas máquinas - que no son demasiado delicadas para aguantar bien cualquier sobre-- carga de trabajo, puesto que este tipo de incentivo comúnmente inci-- ta a los operarios a trabajar a velocidades superiores a las ópti-- mas.

El principal espíritu del Plan de Taylor es la creencia de -- que para cada una de las tareas en la planta, podría hallarse el -- trabajador ideal, y que este sistema premiaría a dichos individuos como recompensa por su superioridad en esa tarea en particular. Es-- taba convencido, que nadie debería de desempeñar tareas para las -- cuales no fuera apto y de que todos los trabajadores tienen un pues-- to en el que pueden utilizar al máximo sus talentos individuales, - por lo que es tarea de la gerencia ubicar a cada trabajador en el - puesto que debe estar.

9.3.3.- Plan de Merrick o a Destajo Múltiple.

En los escritos de Taylor se menciona con cierta frecuencia - la posibilidad de emplear más de un salto de bonificación en los -- destajos. Pero parece que Taylor consiguió estos saltos múltiples - sólo para los operarios de rendimientos superiores. Esperaba conse-- guir, por medio de la selección y de la instrucción, obreros que -- trabajaran por encima del estándar todo el tiempo, y sería necesaa-- rio utilizar castigos o incentivos negativos para aquellos trabaja-- dores- que ni siquiera alcanzaran el estándar, pensaba que este ti-- po de castigos alentaría a los obreros a una constante superación. Merrick consideró que dicho plan era demasiado severo, y propuso, - tres tarifas de destajo, una básica, otra alta y una tercera entre - la básica y la alta. Merrick pensaba que este Plan no sólo elimina-- ría el deaamiento de los trabajadores ante estándares demasiado di-- ficiles de alcanzar, sino por el contrario, los animaría, puesto -- aunque no produjeran en una forma sobresaliente, podrían llegar al

incentivo de la tasa media.

La eliminación de la tarifa de castigo y la división del salto de bonificación sacrifica una parte de la fuerza que el sistema Taylor implica, pues el salto que los trabajadores logran en el momento de alcanzar el estándar de tarifa alta es menor. Pese a esto, el sistema Merrick es más recomendable por su fuerza en los intervalos intermedios de rendimiento. Permite obtener un buen aumento de la paga para un rendimiento moderado, tal como 83% del estándar, y luego presenta una repetición de la misma experiencia en un rendimiento alto, tal como el 100%.

Por ejemplo, en el cosido de costales de harina de trigo de - 44 Kg. se establece un sistema de incentivos Merrick, bajo las siguientes bases:

Salario 1 = Tarifa básica de destajo hasta el 83% de la tarea o estándar.

Salario 2 = 110% de la tarifa básica de destajo para rendimientos que estén comprendidos entre el 83% y el 100% del estándar.

Salario 3 = 120% de la tarifa básica de destajo para los rendimientos superiores al estándar.

Entonces si a los obreros se les paga \$20 pesos por costal como tarifa básica de destajo y el estándar es de 300 sacos por día - un operario principiante que sólo pueda alcanzar un 75% del estándar es decir 225 sacos, tendrá derecho a:

(225) (20) = \$4,500.

Sin embargo un trabajador de experiencia y habilidad media -- que haya alcanzado un 90% del estándar (270 sacos) alcanzará la tasa intermedia es decir, tendrá unas percepciones de:

(270) (20) (1.1) = \$5,940.

Un operario altamente experimentado y hábil para la alabor, - que logre rebasar el estándar en un 10% tendrá derecho a:

(330) (20) (1.2) = \$7,920.

Si comparáramos al operario principiante con el experto podremos darnos cuenta que el segundo produjo un 35% más y percibió un - 57% más de salario.

Desde el punto de vista psicológico, este plan es excelente, puesto que una bonificación al rendimiento de 83% de tarea le parecerá posible de alcanzar a un operario parcialmente instruido o imperfectamente calificado y a menos que la tasa sea ridículamente baja se esforzará por alcanzarla y una vez que haya conseguido este éxito no quedará satisfecho si no la mantiene. Además, ganará confianza en sí mismo para otros esfuerzos mayores y tras un breve período de vonformidad, los empezará a realizar para alcanzar la segunda recompensa. La principal desventaja del plan de Taylor es precisamente esa, que muchos trabajadores consideran tal lejana la tasa superior que ni siquiera intentarán alcanzarla.

Originalmente Merrick consiguió sus dos escalones de igual -- magnitud 10% cada uno, pero la experiencia demuestra que es preferible dividir 20% en dos altos desiguales, tales como 8% y 12%, correspondiendo siempre el primer salto a la tasa menor.

El primer salto debe situarse en un punto inferior al estándar y el segundo salto se recomienda que sea justo en el estándar.

La figura 9.3 nos presenta la gráfica típica de un sistema de insectivos Merrick, en ella es importante notar la discontinuidad de la línea horizontal del costo de mano de obra por peza, esto se debe a wue al momento de que el operario alcanza el 83% y 100% del estándar se incrementa el costo de mano de Obra, puesto que el operario recibe mayor salario.

El hecho de que los pendientes de las rectas de salario devengados sean diferentes a partir del primer salto, es indicativo de que los porcentajes de las tasas intermedia y alta no son iguales, particularmente, en la figura 9.3, la pendiente de la recta que se encuentra después del primer salto es menor, lo que nos indica que la tasa intermedia es más pequeña que la tasa alta.

Este Plan es eficaz para trabajadores altamente eficientes, pero es particularmente apropiado para los intervalos intermedios de rendimiento. Por esta razón es un plan ideal para mejorar a los operarios que anteriormente se hayan encontrado bajo un régimen de destajo simple.

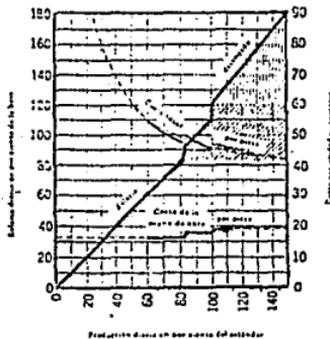


Fig. 9.3 Plan de Merrick.

9.3.4. Plan de Gantt.

Este plan fué ideado por Henry Laurence Gantt, como respuesta al sistema que había ideado su ex-asociado Frederick Taylor. Gantt pensaba que el sistema de incentivos de Taylor era demasiado rígido y exigente, el sistema de incentivos Gantt consta de dos fases durante la primera rige a un sistema de salario por tiempo y en una segunda fase rige el sistema de destajo sobre el Estándar.

El sistema de salario por tiempo es sencillamente el pago por el tiempo que el operario trabajó, independientemente del desempeño de éste. Entonces, las percepciones del operario serán iguales a la tarifa por hora mutiplicada por el número de horas trabajadas. La cantidad de trabajo que se obtendrá dependerá del efecto neto de la buena voluntad del empleado y de la vigilancia del patrón.

La segunda fase, es un destajo simple, es decir la remuneración es proporcional al número de piezas producidas la transición de las fases se realiza al momento que el operario alcanza el estándar, momento en el cuál

se aplica un salto de 20% de salario base como incentivo por haber alcanzado el estándar.

Por ejemplo, en una fábrica de piezas automotrices se utiliza un sistema de incentivos Gantt, el estándar por día es de 50 piezas, y el salario base es de \$ 2250 por la jornada de 8 horas. El destajo que se obtiene a partir del momento que el operario supera el estándar es de \$50 por pieza.

Entonces, si el operario no logra superar el estándar, y produce en un día solo 40 piezas, tendrá derecho a sus percepciones aseguradas de \$ 2,250 por jornada de 8 horas.

Sin embargo, un operario que alcanza la cifra de 57 unidades producidas en su jornada laboral diaria tendrá derecho a:

- \$ 2,250 (salario base por 8 horas)
 - \$ 450 (salto de 20% de salario base por haber alcanzado el estándar).
 - \$ 350 (7 x 50, destajo obtenido por las 7 piezas elaboradas por encima del estándar).
- 3,050 Percepción del Trabajador.

Como podemos observar, este sistema es tan fuerte como el de Plan Taylor, ya que las percepciones del trabajador aumentarán considerablemente si logra alcanzar la tarea alta o estándar, lo que indudablemente ocasionará que los trabajadores realicen su máximo esfuerzo en tratar de alcanzar los atractivos incentivos. La tarifa de pago por tiempo en la primera fase elimina el temor y hace que el sistema sea más compasivo y humano.

Este plan proporcionará incentivos para los supervisores basándose en el número de trabajadores a su cargo que lograsen alcanzar el estándar y otras bonificaciones de acuerdo a la calidad del trabajo de la gente a su mando. Este procedimiento da una gran importancia a la instrucción y a las cualidades generales del capataz. Grantt sugería que la tasa base fuera baja para hacerlo conveniente desde el punto de vista costo y del incentivo aunque esto tiene el inconveniente que es difícil contratar opera

rios en época de prosperidad. En cuanto a lo que respecta a los saltos de bonificación Gantt, sugerían que fuera de 10% al 15% a operarios que atiendan máquinas y del 30% al 40% para trabajos en máquinas herramientas y en ciertas operaciones textiles que implicaban un esfuerzo de la tensión de la vista.

Para los operarios que trabajan con máquinas costosas quizás no exista ningún sistema mejor que el Gantt. Los saltos únicos y grandes hacen que valga la pena realizar esfuerzos extra y la fuerte pendiente más allá del estándar estimula a superar tal producción. Esta situación favorece la aproximación a la plena capacidad de la máquina y mantiene la distribución de los costos por máquina a un mínimo por unidad producida. Al mismo tiempo el operario es protegido contra la pérdida de todo su salario si la máquina sufre una avería. Como en todos los sistemas por tiempo, el patrón debe de cuidar que los trabajadores no caigan en la ineficiencia innecesaria o incluso en la pereza, puesto que la experiencia demuestra que en situaciones en la que los trabajadores tienen un salario asegurado con frecuencia no realizan su mejor esfuerzo. El patrón debe implementar un sistema de inspección eficiente en este plan de incentivos.

El sistema Gantt no es adecuado para operarios de baja calidad o inexpertos y puede implementarse sobre trabajadores que anteriormente hayan operado bajo sistemas de salarios a base de tiempos o a destajos simples. En el primer caso, es necesario apoyar en un principio el sistema con instrucciones y una estrecha vigilancia. En ambos casos, deben llevarse registros individuales de producción hasta que se haya fijado bien los hábitos para hacer la tarea.

La figura 9.4, nos muestra una gráfica típica del sistema de Gantt y es importante observar en ella el salto de bonificación que en éste caso es de 20% puesto que al llegar al 100% del estándar, el operario recibe un 120% de su salario base, momento en el cual sus percepciones extras serán proporcionales a su producción, esta situación está representada por la recta de pendiente positiva de salario devengado.

Es también necesario señalar que mientras encuentra el operario en la primera fase, es decir, de salario por tiempo, la curva de costo de ma

no de obra, tenderá a bajar, puesto que debido a que su salario es fijo, será necesario más producción para que el costo de su salario base se divida entre más piezas.

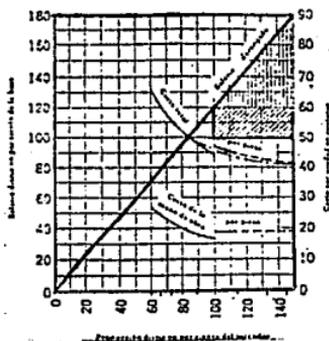


Fig. 9.4 Plan de Gantt .

9.3.5. Plan de Horas Stándares.

Este Plan es bastante similar al de destajo simple, pero con la diferencia de que los estándares se expresan en unidades de tiempo y no en unidades monetarias. Al igual que en un plan de destajo, el trabajador recibe sus percepciones proporcionalmente a su producción.

Por ejemplo, en una máquina en la cuál se determine que el estándar es de 3.62 horas por 100 piezas y la tasa salarial base del estándar es de \$ 350, entonces el salario para este trabajo sería:

$$(350) (3.62) = \$ 1,267 \div 100 \text{ pzas.}, \text{ esto es, } \$ 12.67 \times \text{pza.}$$

Si un obrero elaboró 250 pzas. en su jornada laboral de 8 horas; - tendría derecho a una percepción de:

$$(3.62) (350) (2.5) = \$ 3,167.5 \text{ y su percepción por hora sería igual a:}$$

$$-(3,167.5) / 8 = \$ 395.94$$

Para este caso particular, la eficiencia del operario sería de:

$$(3.62) (2.5) / 8 = 113\%$$

La gráfica de horas estándar es igual aquella relativa al plan de destajo, como la mostrada en la figura 9.1, aunque es importante recalcar que el estándar se expresa en horas, por lo que el rubro de porcentaje del estándar, representará tiempo.

El plan de horas estándares pretende que el operario piense en la cantidad de trabajo y no en los pesos. Otra razón de peso para el empleo de éste sistema es la flexibilidad que hace posible. Este sistema ofrece todas las ventajas del Plan a destajo, es decir los operarios se preocuparán de su productividad puesto que es función directa de sus ingresos. Sin embargo, es un poco más difícil de entender por parte de la clase laboral, ya que con frecuencia tienen problemas para calcular sus percepciones.

La gran ventaja de este plan ofrece que los estándares no cambian cuando se alteran las tasas base, esto es muy importante en países como México, en donde los salarios tienden a sufrir incrementos por lo menos de dos veces por año, entonces el trabajo de los encargados de la nómina se reduce puesto que los estándares están expresados en horas y sólo será necesario el factor de tasas salarial base.

9.6.6. Sistema Diferencial de Tiempo con salto o escalones de bonificación.

Este sistema es uno de los más sencillos de aplicar y de entender por parte de los trabajadores. Consiste en un salario base por tiempo, usualmente por 8 horas de trabajo, que los trabajadores tienen asegurados, pero con un incentivo del 20% sobre su salario, si logran alcanzar el estándar. Con esto se trata de combatir el conformismo que un sistema de pago por tiempo suele subitarce. El trabajador tendrá una razón importante por la cuál desee aumentar su producción pese a saber que tiene su salario base asegurado.

Por ejemplo, en una fábrica de llantas se tiene un sistema de incentivo de tiempo con escalones de bonificación, teniendo los trabajadores un sueldo de \$3160 por su jornada de 8 horas, pero con un salto de 20% si superan el estándar de 48 llantas por 8 horas.

Entonces, si un trabajador alcanza la cifra de 50 llantas en su --
jornada laboral, tendrá derecho a:

$(3\ 160) + (3\ 160) \times .20 = \$\ 3,792$, mientras que si algún ope-
rario novato produce solo 40 unidades, percibirá su salario base -
de $\$ 3160$.

Este sistema presenta el inconveniente de que un operario alcance -
el estándar, no tendrá ningún interés por mejorar su productividad, puesto
que ya no tendrá la posibilidad de mejorar sus percepciones sin embar-
go, esta situación se puede corregir si se implementan escalones múlti--
ples, porejemplo al 110% y 120% del estándar.

El patrón deberá de vigilar estrechamente a aquellos pperarios ---
que estén laborando por debajo del estándar, ya que podrían estar incurrien-
do en falta de productividad, que es el riesgo que se corre al emplear un
sistema de pago por tiempo.

Este sistema es ideal para incentivar operarios que hayan trabajado
previamente con sistemas ordinarios de tiempo, puesto que permita al opera-
rio adquirir la importante noción una relación entre su producción y sus -
percepciones, además, tendrá un móvil muy potente para intentar alcanzar
el estándar.

Como en todos los sistemas que emplean el salto de bonificación,
éste puede ser pequeño o grande, por ejemplo, si el estándar es intencional-
mente alto, entonces el salto único no debe ser menor de 20% del salario-
base. Esto da un punto de relación paga - rendimiento que ha tenido mucho
éxito y, si todos los demas factores son normales, debe mantener la pro-
ducción por encima de el estándar. Sin embargo, no puede esperarse que su
ba muy por encima de él, puesto que como se mencionó anteriormente, no exis-
te ninguna reazón que aliente al operario a trabajar por encima de están-
dar. Este sistema es pues adecuado para los trabajos en que se desea una
producción fija mas bien que para cuando quiere obtenerse una producción
máxima. Y debe emplearse en máquinas que no deban de ser sobrecargadas de
trabajo por parte de los operarios.

La figura 9.5 nos muestra la gráfica del sistema diferencial del
tiempo con salto unitario.

Como se observa en la figura, al momento en que el operario alcanza el 100% del estándar, recibe un 20%, sobre su salario base. Nótese también las curvas de costo de mano de obra por pieza las cuales decrecen conforme el operario incrementa su producción.

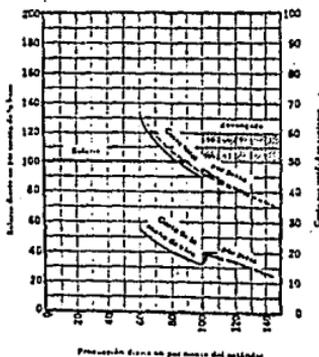


FIG. 9.5 "SISTEMA DIFERENCIAL DE TIEMPO".

9.3.7. Trabajo por Día medido.

Durante principios del presente siglo existió una cierta tendencia por parte de algunos empresarios norteamericanos de contratar personas - sin preparación alguna, que se hacían llamar "expertos en eficiencia" y - cuya labor supuestamente consistía en determinar la cantidad de trabajo de cada operario. Estos sujetos carecían de ética y únicamente defendían los intereses patronales por lo que ocasionaron el repudio unánime de la clase laboral por los sistemas pago de salario a destajo. Debido a esto, los trabajadores pugnaron por un sistema que se apartara en la medida de lo - posible, del odiado sistema de destajos. Como resultado de ésta lucha, a principios de los años 30' s, surgió el trabajo por día medido, el cual se sigue utilizando en nuestros días, con algunas variaciones.

En este sistema las tasas salariales base se establecen mediante la evaluación de cada puesto. Como siguiente paso, se determinan los estándares por medio de un estudio de tiempos los cuales usualmente se expresan en términos de horas estándar.

Una vez determinado el estándar se implementa un sistema de información cuyo cometido sea el de recopilar la información concerniente al desempeño de los operarios en un período dado en lo que a eficiencia se refiere. Este período es de por lo general, entre 1 y 3 meses. La eficiencia que el operario obtenga en el período será el factor por el cual se multiplicará su salario base para determinar sus percepciones del siguiente período.

Por ejemplo, el salario base para un determinado trabajador es de \$ 2,160 pesos por día y el periodo de tiempo utilizado por la empresa es de un mes, es decir 30 días, que son 192 horas de trabajo efectivo (48 x 4). Si durante el mes de Enero el empleado alcanzó una producción de 216 horas estándares, su eficiencia en el mes será igual a:

$$(216) / 192 = 112.5 \%$$

Entonces, para el mes de Febrero, el trabajador tendrá derecho a percibir:

$(1.125) (2160) = \$ 2,430$ pesos diarios, independientemente de su productividad.

Como podemos observar, éste sistema quita mucha de la presión que con frecuencia ahoga a la clase laboral. Esto se puede palpar en el ejemplo anterior, en donde el trabajador podrá estar tranquilo durante todo el mes de Febrero, ya que tiene aseguradas su tasa salarial base en dicho mes, aunque su rendimiento actual será la base para Marzo.

Existe una corriente que asegura que el intervalo de tiempo que de utilizar este sistema debe ser de tres meses con el objeto de aminorar el trabajo de oficina de calcular las tasas salariales base para cada empleado sin embargo es evidente que entre más grande sea el periodo los trabajadores sentirán más lejano el premio por el buen trabajo que realicen ahora por lo que la fuerza y efectividad del incentivo se disminuye considerablemente.

Este sistema tambien asigna un incentivo a los supervisores que ---
tengan a su mando gente que logre alcanzar y superar el 100% del estándar.

Este sistema requiere de considerable trabajo de oficina y el llevar registros de las tasas en detalle, así como los ajustes periódicos, -
suelen necesitar de un sistema costoso de oficinistas.

La experiencia demuestra que conforme pasa el tiempo, la remuneración obtenida por el trabajador, tenderá a ser igual a las que hubiese percibido si se le pagara a destajo simple por consiguiente, este plan debe considerarse como un caso particular de sistema a destajo.

9.3.8. Sistema Halsey de participación constante (50-50) con garantía de tiempo.

Este sistema fue ideado a finales del siglo pasado por Frederick Halsey, como respuesta a la inquietud laboral de tener sistemas que de alguna manera se apartasen del sistema a destajo. Debido a que en la época de Halsey, como a la respuesta a la inquietud laboral de tener sistemas - que de alguna manera los estudios de tiempos no se utilizaban, se utilizaron estándares basados en los registros históricos de cada tarea. Este --- plan garantizaba una percepción mínima para el trabajador.

Las percepciones del trabajador en un plan Halsey se estructuran de la siguiente manera : salario por tiempo hasta el momento en el cual el trabajador alcance el 62.5% del estándar una vez alcanzado este punto, se le remunerará por tiempo una prima igual mas a la mitad del ahorro en el costo por pieza con respecto al 62.5% del estándar,

Por ejemplo , la figura 9.6, nos muestra la gráfica de un sistema de incentivos según el plan de Halsey. La percepción del trabajador es -- constante e igual al 100% de su salario base hasta el momento en que logra alcanzar el 62.5% del estándar, momento en el cual empieza a recibir una remuneración extra proporcional a su producción, con una pendiente tal que sea igual a la mitad del ahorro en el costo por pieza. La forma de obtener la pendiente de la recta de salario devengado a partir del 62.5 del estándar es la siguiente :

Se obtiene la pendiente que tenga una línea recta trazada desde el origen hasta el punto en el cual la parte horizontal de la recta de salario devengado alcanza el valor de 62.5 (línea discontinua en fig.9.6).Entonces, para este caso particular, la pendiente será de:

$m = (62.5/100) = .625$ ó $5/8$, pero debido a que sólo el 50% de los beneficios obtenidos por incremento de producción son para el trabajador, la recta de salario devengado debe tener una pendiente igual a la mitad de la pendiente calculada sobre el 62.5% del estándar. Entonces para el caso particular de la figura 9.6 nuestra recta de salario devengado a partir del 62.5 del estándar deberá tener una pendiente igual a:

$$m_1 = 1/2m = 1/2 (5/8) = 5/16$$

Supongamos ahora que para la figura 9.6 el salario base es de \$2060 por lo que si un salario base es del 80% del estándar tendrá derecho, según la recta de salario obtenida a un 117% del salario base, o sea a --- \$ 2 410.2 .

Podemos observar que el costo de la mano de obra por pieza disminuye conforme se incrementa la producción. Como resultado de esta situación surgió una corriente ideológica que afirma que debe de ser inadmisibles para la clase laboral el hecho de que la empresa esté dispuesta a pagar un determinado costo por mano de obra en productividades bajas y que sin embargo, tenga un costo de mano de obra inferior en productividades altas. Según esta ideología, los obreros deben exigir que les sean otorgados los beneficios resultantes del decremento del costo de mano de obra.

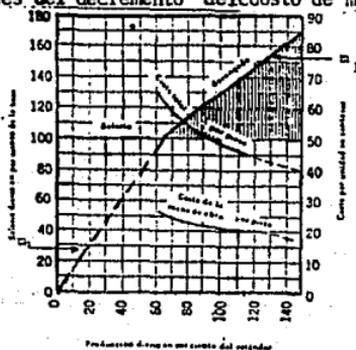


FIG 9-6 "SISTEMA HALSEY".

Este plan fué concebido con el espíritu de que los beneficios obtenidos por una buena productividad fuesen repartidos equitativamente entre la empresa y los otros trabajadores.

Este sistema es ideal para aplicarse el trabajo que por cualquier razón no se tenga la certeza del rendimiento que pueda esperarse de los operarios. Es también recomendable para estándares calculados en base a -- tiempos tomados que de alguna forma impliquen cierta duda sobre si están correctos o no. En cualquiera de estos casos, es conveniente tener un incremento de moderado a partir del 62.5% de estándar.

La utilización de este sistema proporciona a los trabajadores un incentivo seguro, y al mismo tiempo liberal, en intervalo de tiempos intermedios. No deben esperarse resultados espectaculares más allá del 90% del estándar, aunque la experiencia indica que existen casos aislados de excelentes productividades con operarios aplicándoseles este sistema. El sistema de Halsey suele limitarse al trabajo de tipo variado como conservación y mantenimiento, y para empleados que en el pasado estuviesen regidos por un sistema de salarios ordinarios por tiempo.

La razón de participación 50-50, no siempre es la adecuada y existen empresas que varían en forma importante éstos índices, por ejemplo la Westinghouse Electric & Manufacturing Co., tiene en uso numerosas proporciones, incluyendo una que concede el 90% a los empleados y 10% para la empresa.

9.6.9 Sistema Original Bedaux de Puntos.

Este plan es bastante similar al plan Halsey anteriormente descrito. La diferencia primordial es que empieza a aumentar las percepciones del trabajador hasta el momento en el cual el operario alcanza el estándar, pero su participación es de 75% para él y 25% para la empresa.

Entonces, el operario recibe su remuneración por tiempo hasta el punto del cual alcanza una bonificación especial y proporcional a su producción en una tasa igual al 75% de los beneficios obtenidos por el aumento de la productividad en forma análoga al sistema Halsey de participación constante.

Lo que distingue a este sistema no es su gráfica de paga o de ven- go, sino su sistema de control. El control se consigue estableciendo un minuto-hombre al que se le dá el nombre de Bedaux o B. Este elemento se define como la proporción relativa de trabajo y descanso según lo necesi- te el trabajo total. Se esperaba que un operario realizará 60 B en cada hora de trabajo. El número de unidades o puntos B que se obtenían en una determinada labor se establecían mediante estudios de tiempos.

Entonces, cada jornada de trabajo de 8 horas consistirá de 480 B. Si en una fábrica, un determinado operario alcanza a ganar 530 B, tendría una eficiencia igual a:

$$(530) / (480) = 110.4\%$$

El operario obtuvo 50 B (530 menos 480) sobre el están- dar, pero como el plan indica 75% de beneficios para el trabajador, tendría derecho a una prima correspondiente a:

$$(50) (.75) = 37.5 \text{ B.}$$

Si el salario diario base es de \$2,450.00 cada punto B tendría un valor de:

$$(2450) / (480) = 5.1 \text{ pesos.}$$

El operario recibiría un incentivo equivalente a

$(37.5) (5.1) = 191.25$ pesos sobre su salario base para ese día.

La figura anexa 9-7, nos muestra la gráfica de un sistema original Bedaux de puntos con participación constante (75-25) a partir del estándar. Notese la similitud con la figura 9-6 relativa al plan Halsey.

El sistema del tipo Bedaux es muy apropiado para las grandes compañías. El trabajo administrativo extra que exige puede no ser compensado en una compañía de poca importancia, pero las grandes compañías tienen en este sistema una herramienta eficaz para obtener un adecuado control de la producción.

Al igual que en cualquier otro sistema de incentivos, el Bedaux necesita del apoyo total por parte de la dirección de la empresa.

La debilidad real del sistema es que un apresuramiento excesivo por parte de la gerencia para obtener los estándares B puede traer como resultado una inexactitud en las tasas de trabajo.

9.3.10. Plan de Rowan.

Este plan fue concebido a finales del siglo pasado por James Rowan y tienen como concepto fundamental el incentivar el porcentaje de tiempo que se economiza, en relación al 62.5% del tiempo estándar⁽²¹⁾. Este plan incluye un salario mínimo asegurado y una bonificación que comienza a partir del momento en el cual el operario logra alcanzar el 62.5% del estándar. Si el estándar fue bien calculado con un buen estudio de tiempos y movimientos; Será imposible que el operario alcance productividades más allá del 90% sobre el estándar. El espíritu primordial de este plan de Rowan es de proporcionar al obrero una cierta protección contra estándares mal calculados, ya que tiene un salario mínimo asegurado, que de cualquier manera el operario percibirá independientemente de su productividad y aún proporcionar suficiente incentivo para que el operario mantenga un esfuerzo continuo durante toda su jornada laboral. Este plan tiene la limitación que es virtualmente imposible para el operario obtener grandes ingresos provenientes del incentivo, puesto que cada vez será más difícil mejores porcentajes sobre el estándar, ya que éste se mide en tiempo y se

(21) - Rowan, James. "A premium system of remunerating labor", Proceeding mechanical engineers of United Kingdom. Manchester, 1901. 865 pag.

llega un punto en que es prácticamente imposible incrementar la producción, so pena de incurrir en errores que den como resultado detrimento en la calidad de la manufactura.

Para este sistema es conveniente introducir el concepto de "tarea baja", que corresponde al 62.5% del estándar, pero, debido a que éste se expresa en términos de tiempo y sabiendo que un estándar de tiempo se comporta inversamente que un estándar de producción, esto es, a mayor tiempo empleado en una operación unitario la eficiencia será menor, (en un estándar de producción a mayor producción mayor eficiencia), el factor de .625 deberá dividir al tiempo estándar.

Entonces, si en una determinada planta se tiene un estándar de pieza por hora, la tarea baja, o sea el 62.5% del estándar será:

$$1/.625 = 1.6 \text{ horas.}$$

Esto es lógico, puesto que si al operario le tomó 1.6 horas realizar una tarea que tenía 1 hora como estándar, obviamente que su eficiencia será menor al 100%.

Este sistema de salarios con incentivos se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$S = P \cdot T + \left(\frac{T_e P T_R}{B_t} \right)$$

donde:

S = Percepción o salario.

P = Tasa de percepción por periodo.

T_R = Tiempo de trabajo real.

T_e = Tiempo economizado. (Tarea baja, menos el tiempo de trabajo real.)

B_t = Tarea baja.

Entonces, pongamos el ejemplo de un operario en una planta determinada quien tiene un salario base de \$ 315 pesos por hora y durante su jornada laboral de ocho horas de trabajo logrará realizar una cierta labor que tiene un estándar de 9.5 horas. Para este caso particular, la tarea baja será igual a:

$$(9.5) / .625 = 15.2 \text{ horas.}$$

y el tiempo economizado será igual a:

$$(15.2 - 8) = 7.2 \text{ horas.}$$

Por lo tanto, la percepción para este operario en este día será igual a:

$$S = (315) (8) + \frac{(7.2) (315) (8)}{15.2} = \$ 3,713.68$$

Este valor es significativamente más alto que los \$ 2,520 (315 x 8), que hubiese percibido si no existiera este sistema de incentivos. Una percepción de \$3,713.68 equivale a ganar \$ 464.21 pesos por hora (3713.68) / 8. Si este operario mantiene este mismo nivel de productividad, podrá ganar hasta \$55,808 mensuales sobre su salario normal por concepto de incentivos ganados.

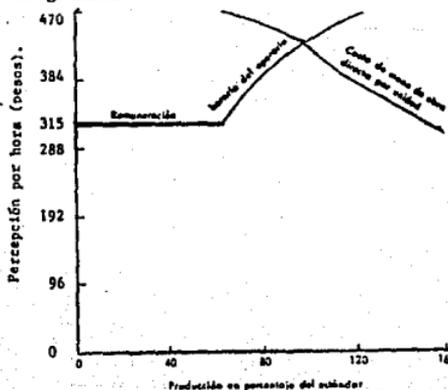


FIG. 9-8 "PLAN DE ROWAN".

La siguiente tabla nos muestra los diferentes niveles de percepción según varios niveles de eficiencia para el ejemplo anterior:

¿ DEL ESTANDAR	TIEMPO REAL TRABAJADO.	TIEMPO ECONOMIZADO	PERCEPCION POR HORA.
62.5	15.2	0	315
80	11.875	3.325	383.91
100	9.5	5.7	433.13
110	8.64	6.56	451.02
118	8	7.2	464.21
130	7.31	7.89	478.56
150	6.33	8.87	498.75

La figura adjunta 9-8 (22) nos muestra la gráfica de percepciones para este ejemplo y el costo de mano de obra directa por unidad, según este sistema de remuneraciones.

Este plan tiene el inconveniente de que suele ser difícil de entender por parte de la clase laboral, que siempre preferirá sistemas simples y sin ninguna complicación. Este sistema requiere también, de más trabajo de oficina al momento de elaborar las nóminas.

9.3.11 Plan Empírico de Emerson.

Este sistema asegura al trabajador una percepción mínima garantizada más una bonificación calculada en base a unas tablas empíricas que incentivan al trabajador a partir del momento en el cual éste alcanza 2/3 del estándar. Este estímulo aumenta en magnitud hasta el punto en el cual el trabajador alcanza el estándar, momento en el cual recibe un sistema de pago proporcional a su producción, más una prima extra de 20% sobre sus -

(22) Niebel, B.W. "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

percepciones por tiempo trabajado.

La filosofía de Emerson sobre los incentivos⁽²³⁾ era proporcionar a los trabajadores percepciones atrayentes y moderadas. El objeto principal de los puntos empíricos es situar puntos de paga-rendimiento donde se desee, prescindiendo de toda expresión matemática. Además este sistema de puntos empíricos permite que la empresa establezca los puntos donde los considere más conveniente. La experiencia demuestra que las curvas más efectivas para este sistema son los arcos de circunferencia concavos hacia arriba, ya que proporcionan un incentivo gradual.

Este sistema puede expresarse matemáticamente de la siguiente manera:

Desde una productividad cero hasta el momento en el cual el trabajador alcanza el 62.67 del estándar tendrá una paga por tiempo, o sea:

$$S = P - T$$

donde:

S = Percepción o salario.

P = Tasa salarial base por período.

T = Períodos de tiempo de trabajo real.

Al momento de que el trabajador alcanza una producción superior al 66.67 del estándar y hasta el momento en que alcanzó el 100% de éste tiene derecho a una percepción igual a:

$$S = (P - T) (1 + B)$$

Donde:

(23).- Emerson, H. "Efficiency as a Basis for operation and Wages" Engineering Magazine Co. New York 1912. 254 pag.

B = Factor empírico de bonificación que se debe deducir de la siguiente tabla:

% DEL ESTANDAR.	FACTOR DE BONIFICACION	% DEL ESTANDAR	FACTOR DE BONIFICACION
67	0.0001	84	0.0553
68	0.0004	85	0.0617
69	0.0011	86	0.0684
70	0.0022	87	0.0756
71	0.0037	88	0.0832
72	0.0055	89	0.0911
73	0.0076	90	0.0991
74	0.0102	91	0.1074
75	0.0131	92	0.1162
76	0.0164	93	0.1256
77	0.0199	94	0.1352
78	0.0238	95	0.1453
79	0.0280	96	0.1557
80	0.0327	97	0.1662
81	0.0378	98	0.1770
82	0.0433	99	0.1881
83	0.0492	100	0.2

Esta tabla fue ideada por Emerson (24), después de exhaustivos estudios y análisis acerca de la mejor manera de estimular positivamente a todos los trabajadores para que desempeñaran de una manera más eficiente sus labores.

Una vez que el operario alcanza el estándar recibe una paga proporcional a su producción que lo estimula con una sobretasa del 20% sobre el

(24)- Emerson, H. "Efficiency as a basis for operation and wages" Engineering magazine Co. New York 1912. 254 pag.

salario base más una percepción por concepto de las horas ahorradas con respecto al tiempo estándar, o sea:

$$S = (1.2)(P \cdot R) + S R$$

donde:

S = Tiempo economizado con respecto al tiempo estándar.
(tiempo estándar menos tiempo real de trabajo.)

Entonces, si para una determinada operación el estándar es de 5 - piezas por hora y la tasa salarial base es de \$300 por hora y sucede que un operario elabora las 5 piezas en dos horas, su eficiencia será de:

$$(1) / (2) = .5 = 50\%$$

Por lo que, según este sistema de remuneración tendrá - derecho a:

(300) (2) = \$600 por sus dos horas de trabajo, o sea - \$300 pesos por hora, debido a que no alcanzó factor de bonificación por estar debajo del 66.67% del estándar. Si experimenta una productividad análoga para el resto del día, sus percepciones serían de (300 x 8) = \$ 2,400 pesos.

Por otra parte, si un operario elabora las cinco piezas en un pe- riodo de 1.25 horas, tendrá una eficiencia igual a:

$$(1) / (1.25) = 0.80 = 80\%$$

Este índice de productividad, según el plan de Emerson tiene dere- cho al factor de bonificación B , por lo que buscando en la tabla para - 80% del estándar, se tienen unas percepciones iguales a:

$$(1.25) (300) (1.0327) = \$ 387.26, \text{ por su hora y cuarto}$$

de trabajo, o sea, \$309.81 pesos la hora ($387.26/1.25$). De mantener el mismo ritmo en toda su jornada de 8 horas, habrá ganado \$ 2,478.5.

En el caso de un operario altamente experimentado que logre realizar las 5 piezas en sólo 45 minutos, se tendrá una productividad de:

$$(1) / (.75) = 1.33 \text{ ó } 133\%$$

El tiempo economizado será igual a:

$$(1 - .75) = .25$$

Por lo que sus percepciones serían:

$(1.2) (300 (.75) + (.25) (300)) = \345.00 por sus 45 minutos de trabajo, entonces, sus percepciones por hora serían de \$ 460 - ($345/.75$), y si mantiene este ritmo para toda su jornada, habrá ganado - \$ 3,680.00.

La figura adjunta -9-, nos presenta la gráfica para unos sistemas Emerson de bonificación-rendimiento. Es importante notar que la curva de salario devengado es horizontal hasta el 66.67 del estándar, momento en el cual adquiere la forma de una recta con pendiente positiva, debido a su tercera etapa de pago proporcional a la producción.

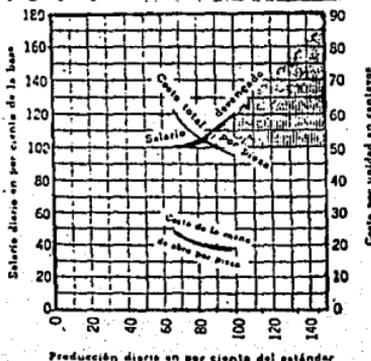


Fig. 9.9.

9.3.12. Planes de participación de los beneficios resultantes de economizar costos.

Una forma de incentivar a los trabajadores que está ganando adeptos entre las empresas más progresistas de la actualidad, es aquella relativa a hacer partícipes a los trabajadores de los beneficios resultantes de un ahorro en materia de costos o de un incremento en la productividad global, siempre y cuando estos hechos sean el resultado de un esfuerzo concreto y palpable por parte de los trabajadores por concepto de actuaciones superiores o de un perfeccionamiento en los métodos de trabajo. Muchas corrientes teóricas arguyen⁽²⁵⁾ que para el trabajador típico le será indiferente las mejoras globales que pudiesen acarrear modificaciones importantes a los métodos o materiales de trabajo, puesto que para él solo será importante su productividad personal, ya que es el único rubro que está incentivado por parte de la empresa. Como resultado de estos razonamientos, surgió una serie de planes que tienen como principal fundamento una estrecha interrelación entre los incentivos y un "valor de producción" por encima del estándar. El valor de producción no es otra cosa que la diferencia monetaria entre las ventas de producto terminado y las compras de materia prima. Entonces, este valor de producción es el valor agregado con el cual han contribuido los trabajadores con su trabajo.

Este "valor agregado", puede mejorarse si se logra:

- a) Incrementar el volumen de producción global por individuo.
- b) Economizar, sin sacrificio de la producción, materias primas, combustibles y energéticos, refacciones y otros insumos análogos.
- c) Mejorar los precios y condiciones de venta.
- d) Reducir los desperdicios.

(25)- Rucker, Allen W. "Gearing Wages to productivity". The Eddy-Rucker-Nickels Co., Inc. Cambridge Mass., 1962.

Una vez que se ha determinado el monto de la cantidad economizada, se procede a repartir dos tercios de esta cantidad entre los trabajadores, quedando el tercio restante como fondo de compensación para situaciones de actuación global por debajo del estándar.

9.3.13. Participación de Utilidades.

La participación de utilidades en México es un derecho Constitucional que tienen los trabajadores de acuerdo al artículo 123 en su fracción IX, por lo que ha perdido su carácter de sistema de incentivo en el sentido estricto de la palabra, puesto que a diferencia de otras naciones industrializadas, en las que en las entidades económicas son auténticamente autónomas en materia de participación de utilidades, en México las bases y formas de implementarla están perfectamente definidas en la Ley Federal del Trabajo, y son, en consecuencia, las autoridades laborales, quienes deciden cómo y que circunstancias la participación de utilidades a los trabajadores ha de tener lugar en una empresa.

Sin embargo, es evidente que en México, uno de los móviles más poderosos que inducen a los trabajadores a mejoras en la productividad es la posibilidad de obtener participación de utilidades al finar del ejercicio fiscal, por lo que este es importante hacer mención de ella, pero dado su carácter fundamental jurídico laboral, se analiza este tópico en la sección de aspectos legales de los incentivos del presente capítulo.

9.4. Forma de Implantar un Plan de Incentivos en los Salarios.

Cuando una empresa se decida a implantar un sistema de incentivos, o por lo menos a realizar un estudio de factibilidad acerca de una posible implantación de éstos, deberá como primer paso introducir una política de estandarización de métodos de trabajo basada en estudios que tiempos y movimientos. Una vez que se establezcan los métodos pertinentes, deberá verificarse que todos los trabajadores por incentivar están utili-

cando de manera eficiente los movimientos determinados por los estudios.

La programación de la producción deberá estar coordinada de tal manera que existan buenas posibilidades que todo operario tenga trabajo que hacer a cualquier hora del día, esto es con el objeto de evitar que un trabajador se quede sin órdenes de producción y perdiese de este modo la oportunidad de obtener incentivos. Deben también verificarse las existencias adecuadas de material y el adecuado mantenimiento de máquinas y herramientas.

Para que un plan de incentivos sea exitoso, deberá ser justo para la empresa y para el trabajador. El plan debe ofrecer al operario la posibilidad de ganar entre el 15% y el 32% sobre su salario base si posee una habilidad promedio y realiza su mejor esfuerzo, de este modo la empresa obtendrá como compensación del sobresueldo otorgado, una disminución de costos fijos por unidad, puesto que éstos se distribuirán entre un mayor número de unidades.

También deben establecerse técnicas confiables de verificación de cantidades y calidades de la producción de los trabajadores. Con el objeto de intensificar el impacto de los incentivos es conveniente que el sobre de su pago semanal, aparezca el importe de la cantidad obtenida por concepto de incentivo por separado de su salario normal.

Otra característica fundamental de un buen plan de incentivos es su sencillez, por lo que este debe simplificarse en la medida de lo posible. Se debe también tener la certeza de que tanto la clase laboral como la patronal han entendido perfectamente las bases y mecánicas del sistema a emplear.

Una vez que se ha implantado el sistema, la gerencia debe asumir la responsabilidad de mantenerlo, asimismo debe ejercer su derecho de cambiar los estándares cuando cambien de manera importante las condiciones de trabajo originales, por ejemplo, cuando se modifique la maquinaria o

el centro de trabajo.

Debe evitarse la liberalización de estándares que provoca vicios y abusos de algunos trabajadores. La gerencia debe adoptar una aptitud de apoyo para los trabajadores y debe evitar caer en conductas de autotitularismos exagerados con el objeto de que los trabajadores adquieran una conciencia de responsabilidad y que están convencidos que ellos deben cooperar con su esfuerzo personal para el progreso del negocio.

Las metas globales deben establecerse claramente en unidades perfectamente mesurables y se deben asimismo, descomponerse en metas de división, área, departamento, centro de trabajo e individuales. Estas metas deben ser realistas y deben especificar cantidades y calidades perseguidas.

Posteriormente, la compañía debe implementar un sistema de información para que los obreros estén enterados de sus progresos y de sus logros con relación a las metas propuestas.

Un plan de incentivos puede considerarse como un fracaso cuando cuesta más mantenerlo que los beneficios obtenidos gracias a él. Para que tenga éxito un sistema de incentivos debe de ser mantenida adecuadamente por parte de la gerencia. Como primer paso, al implementarlo, la gerencia tiene la obligación de hacer participe a todos los trabajadores de las particularidades del plan, sobre este punto, muchas empresas suelen realizar este paso con un manual que explique en forma clara la mecánica que sigue el plan de incentivos.

Una vez que el plan ha sido implementado, es importante efectuar revisiones diarias y detectar aquellas actuaciones excesivamente elevadas así como aquellas que sean particularmente bajas. Debido a la aplicación que por la ley tiene la empresa de pagar un salario mínimo, una productividad baja cuesta mucho a la empresa. Por otra parte, una productividad demasiado elevada será indicio de un estándar holgado o la introducción de un nuevo método de trabajo, situación que exige una revisión inmediata de los estándares. Las situaciones de porcentajes altos de estándares erróneos

fácilmente pueden acarrear el fracaso completo del sistema de incentivos. Es muy conveniente llevar informes detallados que registren las productividades particulares de las diversas áreas, departamentos o individuos, para poder detectar las áreas que experimenten un comportamiento anormal.

La piedra angular en la administración de cualquier sistema de incentivos es la capacidad de la empresa para detectar y ajustar estándares que se tornan estrechos u holgados. No importa que tan pequeño sea un cambio introducido en el método de trabajo, siempre es importante revisar el estándar en busca de posibles ajustes.

En las plantas grandes, deben de buscarse que la totalidad de los trabajadores esten bajo un régimen salarial incentivado, salvo en situaciones en las que para grupos específicos:

- a) El costo de medir la producción individual será demasiado caro en relación a los beneficios esperados.
- b) El volumen del trabajo no sea lo suficientemente grandes como para justificar económicamente su implantación.
- c) El trabajo será difícil de medir.

Por otro lado, la empresa debe tener una comprensión cabal de las relaciones humanas implicadas, ya que, aunque el plan este perfectamente diseñado, puede perturbar seriamente las relaciones laborales si no se escucha atentamente las sugerencias y comentarios de las personas directamente implicadas en los incentivos que son los trabajadores. Se debe proporcionar al personal información cuando la soliciten y se debe de atender pacientemente todas las quejas de los operarios.

9.5. Aspectos legales de los Sistemas de Remuneración.

La Ley Federal de Trabajo, que emana de la Constitución de 1917 es

el Código que regula las relaciones laborales en México.

Uno de los conceptos básicos de cualquier sistema de enumeración - que tenga lugar en México es que ningún trabajador puede percibir un pago menor al salario mínimo definido en el artículo 90 de la antes mencionada Ley Federal del Trabajo, mismo que a continuación, dada su trascendencia - se transcribe:

Art. 90.- "Salario Mínimo es la cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador por los servicios prestados en una jornada de trabajo".

"El salario mínimo debiera ser suficientes para satisfacer las necesidades normales de un jefe de familia en el orden material, social y cultural y para proveer a la educación obligatoria de los hijos".

"Se considera de utilidad social el establecimiento de Instituciones y medidas que protegen la capacidad adquisitiva del salario y faciliten el acceso de los trabajadores a la obtención de satisfactores".

De este artículo se desprende, que si se desea implantar un sistema de pago de salario con incentivos en una planta productiva en México, forzadamente se deberá garantizar al trabajador, por lo menos, una percepción mínima equivalente al salario mínimo vigente para la zona económica de que se trate o el salario mínimo profesional correspondiente.

Con respecto a la forma de fijar el salario, tenemos el artículo 83 que dice:

"El salario puede fijarse por unidad de tiempos, por unidad de obra, por comisión, a precio alzado o de cualquier otra manera".

"Cuando el salario se fije por unidad de obra, además de especificarse la naturaleza de está, el estado de la herramienta y utiles que el patrón en su caso, proporcione para ejecutar la obra, el tiempo por el que los pondra a disposición del trabajador, sin que pueda existir cantidad

alguna por concepto del desgaste natural que sufra la herramienta como -- consecuencia del trabajo".

De lo anteriormente expuesto concluimos que el trabajo o destajo - o por unidad de obra es perfectamente lícito en México, siempre y cuando cumplan las normas estipuladas en el artículo anteriormente expuesto.

El jurista laboral Nestor de Buen L.⁽²⁶⁾, a esto respecto apunta:

"El pago a destajo suele combinarse con un salario de garantía i-- gual o superior al mínimo que asegura a los trabajadores contra las con-- tingencias de una producción insuficiente por causas ajenas al propio tra-- bajador. Esta garantía opera salvo que la causa de la producción insufi-- ciente sea imputable al propio trabajador."

"Desde el punto de vista patronal el pago a destajo es bien visto ya que su costo de mano de obra resulta proporcional a la producción. Un adecuado sistema de destajos exige una correcta valuación de las tareas - (tiempos y movimientos) y la implantación de sistemas estrictos de control de calidad".

Entonces, una vez que el patrón garantiza el salario mínimo al tra-- bajador, podrá implantar CUALQUIER sistema de incentivos, tales como los que fueron expuestos en el presente capítulo.

En la actualidad, existen muchas compañías que han implantado en - México exitosos programas de incentivos como lo son Volkswagen, Ford -- Motor Company, Condumex, Tremec entre otras.

Los contratos colectivos de trabajo están definidos por el artícu-- lo 386 de la Ley Federal del Trabajo en los siguientes términos:

" Contrato colectivo de trabajo es el convenio celebrado entre uno

(26) De Buen L. Nestor. "Derecho de Trabajo" Vol. II. Sexta Edición actua-- lizada. (pag. 188); Editorial Porrúa, México, 1986.

o varios sindicatos de trabajadores y uno o varios patrones, o uno o varios sindicatos de patrones, con objeto de establecer las condiciones según las cuales debe prestarse el trabajo en una o más empresas o establecimientos".

En base a lo anterior, podemos deducir que la clase laboral, podría solicitar que un determinado sistema de incentivos que haya sido implementado exitosamente en la planta pasara a formar parte integrante del contrato colectivo de trabajo.

A este respecto las opiniones son unánimes, NINGUN SISTEMA DE INCENTIVOS DEBE PASAR A FORMAR PARTE INTEGRANTE DEL CONTRATO COLECTIVO DE TRABAJO, ya que de lo contrario, los patrones estarían obligados a mantenerlo indefinidamente, dada la extrema dificultad que implica el hecho de retirar una prestación conquistada por los trabajadores en el Contrato Colectivo de trabajo. Este punto es extremadamente importante en los casos en los que la Empresa tenga un --sindicato fuerte o tradicionalmente conflictivo.

En México existe una serie de prestaciones obligatorias para los patrones que están reglamentadas por las autoridades laborales, que si bien no tienen el carácter de incentivos en el sentido de --ser una iniciativa patronal que pretenda estimular la productividad de sus trabajadores, evidentemente representan un fuerte estímulo monetario para el trabajador que de alguna manera lo motiva a buscar la buena marcha del negocio. La más importante de estas prestaciones es la participación de utilidades.

La reglamentación de la participación de utilidades está estipulada en el capítulo VIII del título tercero de la Ley Federal del Trabajo.

La participación de utilidades consiste en la repartición del 100% de la utilidad fiscal que la empresa haya registrado durante su ejercicio, la cantidad resultante a distribuir, se dividirá de la siguiente manera: El 50% del total se asigna a los trabajadores en función a los días trabajados durante el ejercicio, independientemente de la remuneración percibida por cada trabajador; el 50% restante se distrib

buyen en forma proporcional a los ingresos percibidos por el trabajador - durante ese año.

Tiene derecho a la participación de utilidades aquellos trabajadores que hayan laborado en un período superior a 60 días. También, tienen derecho aquellos trabajadores que aunque no esten trabajando a la fecha de pago de reparto, hayan laborado en la empresa por algún período durante el ejercicio los trabajadores que no tengan un año en su trabajo percibirán una parte proporcional por sus días trabajados. Quedan excluidos del reparto los gerentes, Directores Generales y Miembros del Consejo de Administración.

Estan obligadas a pagar el reparto todas las empresas a excepción de aquellas que hayan registrado pérdidas fiscales durante el ejercicio - y aquellas que esten cumpliendo su primer ejercicio fiscal. El período de pago debe ser durante los 60 días siguientes a la fecha a la cual la empresa tiene la obligación de presentar sus declaraciones anuales del Impuesto sobre la renta. Existen otras prestaciones como el aguinaldo o -- las vacaciones que no pueden clasificarse como incentivos, ya que el trabajador tendrá derecho a ellas haya sido productivo o no durante su período de labores.

Como podemos ver, en México se tienen las condiciones ideales para la implantación de sistemas de incentivos, ya que nuestro esquema legal nos permite sin incurrir en ninguna violación a las normas establecidas, además, es innegable que una de las necesidades prioritarias del país es la de mejorar la productividad individual y global de todas las entidades económicas y el instrumento idóneo para lograrlo sin lugar a dudas es la implantación de planes de remuneración incentivados.

Afortunadamente, las Sociedades Industriales están empezando a reconocer la inmensa valía que tienen los incentivos y cada vez son más las plantas que tienen planes de incentivos en México.

Los sistemas de incentivos bien implantados, han demostrado representar grandes ventajas, tanto para trabajadores como para las empresas. El beneficio principal para los empleados es, indudablemente, la posibilidad de ver incrementado sustancialmente sus ingresos de una manera rápida. La empresa obtendrá el beneficio de una mayor producción, y por ende, disminución de sus costos fijos por unidad.

Dentro de las expectativas económicas para las futuras décadas, se considera como de fundamental importancia que las naciones en vías de desarrollo, en México, logren incrementar la productividad de sus plantas industriales, cosa que deben intentar alcanzar utilizando los principios fundamentales de la Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO 10:

"Seguridad e Higiene Industrial"

10.1 Generalidades.

Entrenamiento y Niveles de Responsabilidad.

Quando manejamos un automóvil o una motocicleta no siempre estamos pensando que llevamos a cabo una operación potencialmente arriesgada. Tal vez si lo hicieramos manejaríamos un poco más despacio y tendríamos más tolerancia en el camino para con otros usuarios, que también realizan una tarea difícil y peligrosa.

Antes de que se permita manejar un automóvil, se requiere que la persona muestre capacidad para hacerlo en forma segura, después de pasar un período de entrenamiento acompañado de un instructor calificado. Una vez pasada la prueba de manejo se le permite manejar un carro, sin ir acompañado por el instructor, y sin que aparezcan las placas marcadas "L" (en inglés, learner, aprendiz). El conductor se enfrenta así a una responsabilidad adicional, en relación tanto como su propia seguridad como la seguridad de los demás.

Un Ingeniero tiene además un nivel extra de responsabilidad relacionado con el entrenamiento y la instrucción que ha recibido y con la experiencia que ha logrado durante el tiempo que invirtió en realizar una tarea determinada.

Quando los automóviles son conducidos por personas debidamente entrenadas, y con conciencia de los riesgos potenciales que el manejo presenta, son "seguros en su uso", todos sabemos que ocurren accidentes en las carreteras, y que ocurrirán siempre, pero al mejorar la habilidad en el

manejo, la conciencia de la seguridad y un mejor mantenimiento de los vehículos, el número de accidentes en la carretera se mantendrá bajo.

Obsérvese que aun cuando no es posible evitar los accidentes y las lesiones en forma completa, sí lo es el reducir los riesgos, disminuyendo hasta el mínimo las lesiones y los efectos perjudiciales sobre la salud.

Los Ingenieros, por razón de su experiencia en ciertos campos, tendrán competencia en el desempeño de sus funciones. Esto no quiere decir sin embargo, que no requieran someterse a un entrenamiento en la seguridad, ni olvidar la conciencia de la seguridad mientras trabajan. El desconocer una tarea determinada, sea simple o de otra índole, puede llevar a situaciones de riesgo. La falta de concentración durante un breve periodo puede ocasionar accidentes. Un exceso de confianza con una tarea determinada puede igualmente ser causa de accidentes.

Los buenos Ingenieros tendrán conciencia siempre de sus niveles de capacidad y de conocimiento, por lo tanto estarán dispuestos a pedir consejos de sus compañeros de trabajo cuyos conocimientos y habilidades sean más amplias, según las consideren necesarios, la seguridad en la Industria se refiere a cualquier dispositivo o sistema que se utilice para reducir el riesgo de peligros o accidentes en la misma.

Lo anteriormente descrito se denomina como conciencia acerca de la seguridad.

En este capítulo mencionaremos lo más sobresaliente a este respecto.

10.2 Normas y Reglas de Seguridad e Higiene.

Las normas son esenciales en una civilización industrial. Cada una de las ramas de la ciencia y la industria debe, a medida que se desarrolla, preparar sus propias normas sobre las cuales basar, medir y comparar

sus realizaciones y desempeños.

Puede decirse que las normas se desarrollan mediante un proceso de cristalización del progreso industrial. Supongamos que se descubre un nuevo método o proceso. Tan pronto como es probado y aplicado, producirá ciertas normas, de las cuales, si son adecuadamente empleadas y observadas, se puede depender para obtener resultados de fiar.

La seguridad Industrial es un campo nuevo y que se está desarrollando con rapidéz. También ha producido sus normas; pero se necesitan muchas más, aparte de que muchas de las ya existentes necesitan ser perfeccionadas. Las normas de seguridad pueden clasificarse en dos grupos:

1.- Normas Voluntarias y de Autoaplicación. Los diversos intereses, grupos e individuos que se dedican a la labor de prevenir accidentes, han preparado normas representativas de una experiencia sana. Como el propósito es prevenir accidentes, las normas son una cristalización de experiencias y se las acepta y respeta sólo por virtud de su valor práctico como ayudas a dicha prevención.

2.- Normas reguladoras. Los gobiernos han preparado normas con fuerza de ley, a fin de garantizar la corrección de ciertas condiciones peligrosas y de establecer determinados requerimientos necesarios para la seguridad.

10.2.1 Normas Voluntarias y de Autoaplicación.

El valor de contar con normas uniformes y detalladas, aceptadas por toda la Industria para los productos manufacturados, se vio subrayado por los fallos en la producción ocurridos durante la primera guerra mundial. La multitud de normas conflictivas en uso entonces por los diversos fabricantes demostró ser un serio obstáculo para la producción en gran escala de material bélico, hasta el punto de que apenas cuando se consiguió llegar a producir en volúmen, terminó la guerra. De hecho, algunos artículos de importancia crítica, no pudieron ni siquiera entrar en producción.

Desde sus modestos principios en 1918, la ASA ha crecido hasta llegar a ser una federación nacional de ciento veinte sociedades técnicas y de comercio, con el carácter de organismos miembros o asociados. Además ASA cuenta con 2,200 empresas afiliadas. (1980)

10.2.2. Normas Reguladoras

El esfuerzo para eliminar las condiciones peligrosas de trabajo mediante la emisión de leyes, pasando por un largo proceso de experimentación, ha dado por resultado un método que, cuando se aplica en la forma debida, combina de un modo bastante eficaz la fuerza de una ley, con los métodos estimulantes y educativos a través de los cuales el Consejo Nacional de Seguridad y organismos aliados han ganado mucho terreno en cuanto a la prevención de accidentes.

La primera medida legislativa se concretaba a prohibir los riesgos específicos. Este método requería de una legislación detallada y entrañaba las siguientes dificultades:

1.- Los decretos legislativos son difíciles de modificar y por tanto sus detalles no pueden ser mantenidos de acuerdo con las cambiantes necesidades de nuestra Industria en desarrollo.

2.- Los riesgos profesionales son tan numerosos y variados que una legislación no puede cubrirlos bien sin tomarse tremendamente compleja.

3.- Una legislación detallada no puede ser impuesta sin que cause tantos problemas que traicione su propósito.

4.- El asegurar una uniformidad razonable en dichas leyes por parte de los diversos estados y el Congreso Federal, es imposible.

El problema está siendo resuelto mediante la expedición de leyes que, redactadas en lenguaje simple y conciso prescriben:

1.- Que los patrones proporcionen locales y condiciones de trabajo seguros a sus trabajadores y hagan lo razonablemente necesario para evitar que sufran daños durante el ejercicio de sus labores.

2.- Delegan a un departamento específico la obligación de elaborar reglas (y normas) necesarias para llevar a cabo lo que busca la ley, y revisar y modificar dichas reglas y normas cuando las circunstancias así lo exijan.

3.- Describen el procedimiento necesario para evitar una limitación de los derechos y libertades consagrados por la Constitución. Esta legislación ha sido suficientemente revisada por los tribunales y el procedimiento a seguir es claro. Sus ventajas han sido bien demostradas y los estados están adoptándola. En 1951 casi la mitad de los estados habían adoptado esta clase de legislación y otros varios congresos locales estaban estudiándola.

10.2.3.- Normas y Reglamentaciones en la Fábrica:

Como ya se ha dicho, cada fábrica debe tener ciertas normas de producción, aún cuando la verdad es que en las empresas pequeñas, con administración un tanto descuidada y relativamente desorganizadas, los conocimientos de los supervisores y la experiencia de los obreros, son los que las sostienen. Al otro extremo se encuentra la fábrica moderna, muy desarrollada, que se dedica a la producción en grande de una máquina complicada que requiere no sólo de un gran número de dibujos, sino también de un buen trabajo para cumplir con la multitud de detalles que implica su fabricación.

Trátase de un campo de suma importancia, que justifica una mayor preocupación y perfeccionamiento en la gran mayoría de los establecimientos industriales. La técnica de su desarrollo, particularmente en lo que

atañe a las normas de prácticas seguras y reglas de seguridad, debería recibir una mayor atención. Hacer que una fábrica sea segura y conservar la así, es cosa relativamente sencilla. Tampoco es difícil elaborar procedimientos de seguridad o redactar reglas que expresen dichos procedimientos. Pero el lograr que la fuerza de trabajo siga al pie de la letra las prescripciones eso sí es más difícil. El conseguirlo depende en gran parte de que los trabajadores tengan la convicción de que les conviene observar las reglas. Esto quiere decir que en la preparación de éstas tiene capital importancia apearse a lo siguiente:

- 1.- Toda regla deberá ser práctica desde el punto de vista de quienes la van a observar.
- 2.- Todo riesgo o situación peligrosa contra la cual vaya enderezada la regla, deberá ser atendida así por el trabajador.
- 3.- Las reglas deben circunscribirse a aspectos de seguridad en forma exclusiva. Todo otro aspecto extraño a esa materia, a pesar de la importancia que pueda tener, no tiene nada que ver con las reglas de seguridad.
- 4.- Los trabajadores afectados deben participar en la preparación de las reglas.

Este último punto es el más importante de todos, tan importante que es muy posible que si no se cumple con él, no pueda conseguir la total observancia de las reglas. Si los trabajadores estuviesen agrupados en una unión laboral, éste organismo puede ser muy bien contribuir a la seguridad de sus miembros, asumiendo una postura entusiasta en la elaboración de las reglas y pugnando por su aceptación.

Muchas empresas han preparado folletos con reglas de seguridad de aplicación general. Es práctica común entregar un ejemplar a cada trabajador (sobre todo a los nuevos) y solicitarles, a su debido tiempo, una comunicación firmada en la que manifiesten haberlo leído y entendido, comprometiéndose a observar las reglas. Este procedimiento es de escaso va-

lor, a menos que las reglas y la razón de cada una de ellas hayan sido - bien comprendidas por el trabajador. Las reglas en cuya formulación haya participado el obrero, serán muy bien comprendidas por él. Por lo - menos, si sabe que sus compañeros participaron en la preparación de las mismas, se sentirá inclinado a tener fe en ellas. También las aceptará prontamente si proceden de un supervisor a quien aprecie y respete. Cualquiera que sea el caso, es indispensable proporcionarle toda clase de ex plicaciones y razones de dichas reglas, para que tenga plena conciencia del valor de las mismas y de este modo las observe con buena voluntad.

10.3 Leyes relativas a la Salud y Seguridad.

10.3.1. De acuerdo a la Ley del Seguro Social tenemos:

ART. 11.- El régimen obligatorio comprende los seguros de:

- I.- Riesgos de trabajo;
- II.- Enfermedades y maternidad;
- III.- Invalidez, vejez, cesantía en edad avanzada y muerte; y
- IV.- Guarderías para hijos de aseguradas.

ART. 12.- Son sujetos de aseguramiento del régimen obligatorio:

- I.- Las personas que se encuentran vinculadas a otras por una relación de trabajo, cualquiera que sea la personalidad jurídica o la naturaleza económica del patrón y aún cuando éste en virtud de alguna ley especial, esté exento del pago de impuestos o derechos.

ART. 13.- Igualmente son sujetos de aseguramiento del régimen obligatorio:

- I.- Los trabajadores en industrias familiares y los independientes, como profesionales, comerciantes en pequeño, artesanos y demás trabajadores no asalariados;
- V.- Los ejidatarios, comuneros, colonos y pequeños propietarios no

comprendidos en las fracciones anteriores; y
VI.- Los patrones personas físicas con trabajadores asegurados a su servicio, cuando no estén ya asegurados en los términos de esta Ley.

ART. 14.- Se implanta en toda la República el régimen del Seguro Social obligatorio, con las salvedades que la propia Ley señala. Se faculta al Instituto Mexicano del Seguro Social para extender el régimen e iniciar servicios en los municipios en que aún opera, conforme lo permiten las particulares condiciones sociales y económicas de las distintas regiones.

Se extiende este ramo del Seguro a todos los Municipios de la República en los que opera el régimen obligatorio urbano.

ART. 16.- A propuesta del Instituto, el Ejecutivo Federal fijará, mediante decretos, las modalidades al régimen obligatorio que se requerirán para hacer posible el más pronto disfrute de los beneficios del Seguro Social a los trabajadores asalariados del campo, de acuerdo con las necesidades y posibilidades, las condiciones sociales y económicas del país y las propias de las distintas regiones.

En igual forma se procederá en los casos de ejidatorios, comuneros y pequeños propietarios.

10.3.2. De acuerdo a la Ley del Trabajo.

De las condiciones de Seguridad e Higiene en los Edificios y Locales de los Centros de Trabajo.

CAPITULO UNICO

DISPOSICIONES GENERALES:

ART. 9o. - Los edificios y locales en los centros de trabajo

deberán tener condiciones de seguridad e higiene adecuada al tipo de actividad que en ellos se desarrolle en lo que respecta a techos, paredes, pisos, patios, rampas, escaleras, escalas fijas, pasadizos, vías y plataformas elevadas y características dimensionales, de acuerdo con lo que dispongan los instructivos correspondientes.

ART. 10.- Los pasadizos, vías, plataformas de trabajo y bases elevadas deberán tener barandillas con una altura mínima de 90 cms. en los lados descubiertos, excepto aquellas plataformas que se utilicen para la carga y descarga de material y las empleadas para motores o equipos similares.

ART. 11.- En el último de plataformas a que se refiere el artículo que antecede, no deberán existir espacios que permitan el estacionamiento de personas.

ART. 12.- La Secretaría del Trabajo y Previsión Social y las autoridades competentes de los Estados y del Distrito Federal, llevarán a cabo los estudios e investigaciones en los lugares de trabajo y los exámenes que estimen convenientes a los trabajadores, utilizando los equipos necesarios y los medios que la ciencia y la tecnología emplean para identificar y valorar las posibles causas de accidentes y enfermedades de trabajo y para determinar las alteraciones de la salud en los trabajadores, a fin de promover que mediante la expedición de las disposiciones correspondientes correspondientes se establezcan medidas de seguridad e higiene.

10.4. Prevención y Protección contra Incendios.

La prevención, protección y control de incendios se consideran a veces como aspectos separados y distintos de las actividades de rutina para la prevención de accidentes, desarrolladas en la Industria. Quizá pudiera justificarse este enfoque si se piensa que las pérdidas causadas por los incendios sólo afectan a la propiedad; pero la verdad es que son una fuente de graves daños a las personas. La cifra anual de lesionados

y muertos causados por los incendios, es elevada. En vista de ello, la prevención y control de incendios debe ser parte de todo programa de seguridad en la fábrica.

La constante amenaza del fuego ha hecho necesario el establecimiento y conservación de bien organizados departamentos de bomberos en casi toda la comunidad. También ha dado lugar a la creación de numerosas organizaciones consagradas a la prevención y combate de incendios, la más antigua y conocida de las cuales es la National Fire Protection Association. La existencia de un departamento local de bomberos en las cercanías de una fábrica, no revela a ésta de la responsabilidad que le atañe en la prevención de incendios dentro de su local, así como de contar con equipo extinguidor del fuego, y la organización y adiestramiento de trabajadores para que puedan combatir y controlar los incendios en sus primeras fases.

Aun cuando muchas ramas de la industria encaran problemas especiales en el renglón de la prevención y control de incendios, debido a la naturaleza de los materiales que manejan y procesan, y de las operaciones que realizan, la gran mayoría de los incendios en las fábricas se deben a riesgos y causas comunes a todas las ramas industriales. Virtualmente todos estos riesgos pueden eliminarse o controlarse.

LAS BASES PARA LA PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS SON:

- 1.- Evitar que se inicie un incendio
- 2.- Cuidar de que todo incendio se pueda descubrir de inmediato.
- 3.- Cuidar de que no se extienda el fuego.
- 4.- Cuidar de que sea extinguido con rapidez.
- 5.- Cuidar de que se realice y la pronta ordenada evacuación del personal.

Conviene disponer inspecciones de la fábrica por parte de los comisionados del cuerpo de bomberos local. Estas visitas pueden ser también por espontánea decisión del citado cuerpo, a fin de darse cuenta de cómo

marcha el programa contra incendios de la fábrica y la forma en que funciona la inspección interior. Parece increíble, pero son muchas y de gran importancia las pérdidas resultantes de no haberse tomado en serio las sugerencias del cuerpo de bomberos públicos y hasta de haberse ofendido por ellas, tras de que la misma administración de la fábrica invitó al cuerpo a colaborar. Si una administración llegara a dudar de la validez de esas recomendaciones, el camino a seguir sería consultar a expertos de reconocida capacidad, del mismo modo que un enfermo que desconfía de su propio médico busca la opinión de otro. Desde luego, éste recuso se justificaría si el cuerpo de bomberos recomendara cambios costosos, pues de lo contrario habría que aceptarlos como cosa de principio.

Cómo ya se apuntó, la primera condición para combatir un incendio con eficacia, es hacer sonar la alarma tan pronto como se descubra el fuego. Todo el personal de la fábrica debe saber bien de donde están situadas las alarmas, tanto las públicas como las particulares, y cómo hacerlas funcionar.

El empleo de un velador durante las horas de suspensión de actividades es el procedimiento de alarma más antiguo que se conoce. Desde luego, el primer requisito para un empleado así, es que sea enteramente confiar en cuanto a su sentido de responsabilidad y que sepa actuar pronta y eficazmente. El recorrido de vigilancia deberá ser constante y no esporádico. Desde luego el empleo de un reloj que deberá marcarse en determinados puntos de la fábrica, suministra una cierta protección contra una labor de vigilancia negligente; pero un sistema en que cada marca fuese transmitida a una estación central de control sería mejor, ya que cualquier falta del oportuno marcaje, sería investigada de inmediato.

El mejor sistema para descubrir el fuego, es la alarma automática que funciona cuando aquél surge en sus cercanías. Los dos tipos más conocidos de esta clase de alarmas, son:

El de Temperatura Fija.- Está planeado para que funcione cuando la temperatura en su cercanía llegue a un nivel predeterminado, digamos a 155, 150 ó 200 grados Fahrenheit.

El de proporción de aumento.- Está diseñado para funcionar cuando la temperatura en sus cercanías sube a una proporción lo bastante rápida

para apuntar la presencia del fuego.

Existen estudios por aseguradores, y basándose en esos estudios se han logrado clasificar las distintas clases de incendios. Esta clasificación se basa en los tipos de agentes extintores necesarios para combatir tipos específicos de fuego.

INCENDIOS CLASE A.- Esta categoría se incluyen los incendios que tienen lugar en materiales, combustibles comunes como madera, papel, trapos, etc. Esta clase de incendios se puede extinguir fácilmente con agua o soluciones que contengan gran cantidad de agua. El proceso de extinción depende primordialmente del efecto refrescante y extintor del agua.

INCENDIOS CLASE B.- Aquí se incluyen los incendios en que se necesita un efecto de cobertura que excluye el oxígeno para extinguirlos. Esta clase de fuego no será apagado con agua. Más bien a menudo será ésta la que extienda la hoguera, en lugar de acabar con ella. Los incendios que figuran en esta categoría son los debidos a petróleo o aceites y a líquidos inflamables, como gasolina o grasas.

INCENDIOS CLASE C.- Estos son los que tienen lugar en equipo eléctrico o en maquinaria próxima a circuitos eléctricos. En este caso debe tenerse cuidado de utilizar un agente no conductor de electricidad. Son muchos y diversos los tipos de aparatos extinguidores para empleo inmediato, apropiados para cada clase de incendio. Enumerar todos requeriría demasiado espacio; pero si puede hacerse un breve resumen de algunos:

INCENDIOS CLASE A

Fire pairs (11,355 litros)	Cloruro de Calcio (9.442 Litros)
Sosa-ácida (9.443 litros)	Espuma (5.678 litros)
Tanque de Bomba (9.443 a 18.925 Lts.)	Cartucho de dióxido de carbono, con agua (9.443 litros.

INCENDIOS CLASE B

Espuma (5.678, 9.443, 18.925 Lts.)	Gas bióxido de Carbono (.870 a 8.700 Kilogramos)
Líquido vaporizante tipo bomba (0.94 a 1.88 litros)	Sustancias químicas secas (1.740)
Líquido vaporizante tipo presión almacenada (1.89 a 13.25 litros)	

INCENDIOS CLASE C

Cualquier extinguidor que se use sólo sustancias no conductoras.

10.4.1 Criterios para combatir incendios de acuerdo a la Ley del Trabajo.

Art. 15.- Los centros de trabajo deberán estar provistos de equipo suficiente y adecuado para la extinción de incendios, en función de los riesgos que entrañe la naturaleza de su actividad debiendo cumplir con la Norma oficial Mexicana y los instructivos que se expidan.

Art. 17.- Las tomas denominadas siamesas que se instalan en el exterior de los centros de trabajo, que así lo requieran deberán ser de características y dimensiones iguales a las empleadas por el servicio público de bomberos.

Art. 18.- Las tomas de agua y tuberías se deberán purgar cada 6 meses, cuando menos, para eliminar sedimentos. Siempre que sea necesaria, se deberán utilizar densicrustantes y anticongelantes.

Art. 19.- En las cajas de las mangueras contra incendio que tengan puertas de vidrio, se deberá anotar la leyenda que indique que se abra o se rompa en caso de incendio.

Art. 20.- Las mangueras contra incendio deberán ajustarse a la norma oficial Mexicana.

Art. 21.- Las mangueras se deberán guardar en tal forma que no sufran daños y puedan ser utilizadas con rapidéz en caso de incendio.

Art. 22.- Los extintores fijos, semifijos o portátiles deberán estar fabricados, provados y marcados de acuerdo a la norma oficial mexicana

Art. 23.- Los sistemas fijos o semi-fijos contra incendio que utilicen energía eléctrica para su operación, deberán tener además fuente independiente de la que alimente el equipo e instalaciones de las áreas a proteger.

Art. 24.- Los centros de trabajo, aún cuando estén provistos de sistemas fijos o semi-fijos contra incendio, deberán disponer de equipos portátiles o extintores adecuados al tipo de incendio que pueda ocurrir, considerando la naturaleza de los procesos de trabajo, las instalaciones y los equipos del establecimiento y su dependencia.

Art. 28.- Los aparatos de alarma audible deberán tener un sonido distinto a todos los demás aparatos sonoros y sólo se deberán utilizar en caso de incendio o para simulacro de incendio.

De los simulacros y de las brigadas, cuerpo de bomberos y cuadrillas contra incendios.

Art. 30.- En los centros de trabajo a que se refiere el artículo 12 se deberán efectuar cada 6 meses, por lo menos, prácticas de salida de emergencia. Al efecto se deberán establecer programas de simulacros en los que participará todo el personal y se le adiestrará en el uso de extintores.

Art. 31.- En caso de incendio, todo el personal que se encuentra en el centro de trabajo, estará obligado a prestar sus servicios de auxilio por el tiempo que sea necesario.

Art. 32.- Para combatir y prevenir incendios, en los centros de trabajo a que se refiere el artículo 12, se deberán de organizar brigadas, cuerpo de bomberos, o cuadrillas contra incendio, en función de número de trabajadores y de la distancia al departamento de bomberos o cuadrillas contra incendio, de la localidad.

Art. 33.- El personal de las brigadas, cuerpo de bomberos o cuadrillas contra incendios a que se refiere el artículo anterior, deberá ser física y mentalmente apto. El encargado de seguridad o el responsable designado por el patrón, deberá seleccionar a ese personal, a los integrantes voluntarios. Así como al jefe u oficiales de los grupos. Las cuadrillas deberán estar integradas en función del número de trabajadores en cada turno.

Art. 34.- Los miembros de las brigadas, cuerpo de bomberos o cuadrillas, deberán estar siempre preparados para atender cualquier aviso de alarma en caso de incendio. Deberán participar en los simulacros.

10.5. Manejo de Herramientas Manuales.

Las herramientas de mano constituyen un tema de interés general,-- sobre el cual todo individuo tiene, en mayor o menor grado, ciertos conocimientos. La participación activa de los estudiantes (tipo conferencia), debe alentarse y basarse en el siguiente esquema.



a) Herramientas Defectuosas.

Todas las herramientas deben revisarse cuidadosamente antes de utilizarse. Esta obligación corresponde al sobrestante, al encargado del depósito de herramientas, y a los operarios. Toda fábrica o taller, grande o pequeño, debe contar con un programa de control de herramientas, a fin de que las defectuosas sean retiradas del servicios cuanto antes y restauradas a condiciones adecuadas, seguras y utilizables antes de regresarlas a los obreros.

b) Herramientas inadecuadas para la tarea desempeñada.

Hay que enseñar al trabajador a utilizar la herramienta idónea para cada propósito realizado en su trabajo, y supervisarle para comprobar que efectivamente la emplee. La falta de conocimientos, la pereza o el descuido, o la voluntaria desobediencia de las instrucciones, ameritan la intervención del supervisor y las medidas disciplinarias correspondientes.

c) Método Incorrecto.

Hay que enseñarle al operario el empleo correcto de todas y cada una de las herramientas que pudiere necesitar en su trabajo, así como las consecuencias del mal uso (heridas, mala calidad del trabajo, daño a las herramientas).

d) Mal cuidado de las herramientas.

El mal cuidado de las herramientas es consecuencia de no seguir un programa claramente trazado y planificado para el control y la conservación de dichos instrumentos de trabajo.

El buen manejo y cuidado de las herramientas significa.

1. Prevención de accidentes, y disminución de su incidencia.
2. Menores costos de mantenimiento y conservación.
3. Mejor calidad del Producto.
4. Aumento de la Producción.

10.5.1. Artículos sobre herramienta de la Ley Federal del Trabajo.

De las Herramientas Manuales.

Art. 62.- Las herramientas manuales se deberán utilizar únicamente para los fines específicos para los cuales hayan sido diseñadas.

Art. 63.- Cuando se trabaje cerca de sólidos, líquidos o gases inflamables o explosivos, se deberán usar herramientas antichispas. Estas herramientas deben revisarse periódicamente para remover rebabas de metal que pudieran quedar adheridas, así como para detectar desperfectos o deterioro de las mismas.

Art. 64.- Se deberá capacitar y adiestrar a los trabajadores en el empleo específico y seguro de cada herramienta que deban utilizar en el desempeño de sus labores, exceptuando a los que acrediten su capacitación.

Art. 65.- Las herramientas de mano se deberán transportar, utilizando cinturones, porta-herramientas, bolsas o cajas adecuadas.

10.6 Señalización.

La necesidad de desarrollar un sistema estándar de información acerca de la seguridad, utilizando letreros, en lugar de palabras únicamente; se basa en la necesidad de crear un idioma común que satisfaga el aumento que se observa en los viajes y en el intercambio comercial internacional, así como en el desarrollo de una fuerza de trabajo multilingual.

El idioma usado en los letreros de seguridad se basa en una combinación de colores y formas geométricas.

C o l o r

S i g n i f i c a d o

*Rojo	Alto o prohibido
Azul	Acción obligada. (debe hacerse)
Amarillo	Precaución, riesgo de peligro.
Verde	Situación de seguridad

(* Nota: el rojo se utiliza también en el equipo contra incendios y en las señales que muestran la dirección hacia el lugar en que dicho equipo se encuentra).

Un ejemplo de los riesgos comúnmente encontrados, y de los letreros que se utilizan para dar lugar a la acción apropiada o a la instrucción, son los que aparecen en la figura 10.1 y 10.2.

Los técnicos deberán aprender el lenguaje de las señales de seguridad, con el objeto de lograr una mejor comprensión de los riesgos que pueden encontrar durante el trabajo. El tamaño de los letreros puede variar desde 10cm (4 pulgadas) hasta 120 cm (4 pies), según la ubicación del peligro o la zona de peligro, por ejemplo: El letrero de una puerta tendrá probablemente unos 10 cm., en tanto que otro suspendido en un laboratorio o taller será probablemente de 120 cm. Los letreros sobre las etiquetas pueden llegar a tener hasta de 2.5 cm (1 pulgada) de alto.

10.6.1 Etiquetado de substancias peligrosas.

Las etiquetas de los recipientes de las substancias peligrosas constituyen actualmente una fuente útil de información acerca de los riesgos asociados con dicha substancia. Con la responsabilidad en aumento para con los clientes, de acuerdo con la Health and Safety at Work act. 1974, muchos fabricantes han mejorado su estándar de etiquetado en relación con los riesgos ocasionados por las substancias que venden.

10.6.2 Organización sanitaria y seguridad.

El resultado de esta mejoría es doble: en primer lugar el técnico debe comprobar fácilmente los riesgos posibles antes de utilizar la substancia; en segundo lugar con los riesgos claramente explicados, el técnico estará obligado a usar la substancia en una forma responsable. El fabricante no podrá ser acusado en el caso de cualquier lesión que hubiera podido evitarse si se hubiera leído cuidadosamente la etiqueta antes de utilizar aquella substancia.

ORGANIZACION SANITARIA Y SEGURIDAD

Forma Geométrica



Significado

Prohibición

← Banda circular roja y barra cruzada sobre el fondo blanco.
Símbolos negros.

Obligatorio (debe hacerse)

Disco Azul

Símbolo o texto en blanco.

Aviso (precaución)

← Fondo triangular amarillo
con triángulo negro en el
que se incluye un símbolo en
negro.

Informativo

← Fondo rectangular o cuadra-
do en Verde.

Símbolo texto en blanco



Fig. 10.1. Símbolos de Seguridad (British Standard)

	06.25 Laboratorio c.c.		07.05 Estación lava-ojos.
	06.26 Laboratorio.		07.06 Equipo autónomo de aire.
	06.27 Auditorio.		07.07 Camilla.
	06.28 Aula de capacitación.	08.00 EQUIPOS CONTRA INCENDIO.	
	06.31 Taller mecánico.		08.01 Hidrante de pared con manguera.
	06.32 Eléctrico.		08.02 Extintor.
	06.34 Almacén de relaciones.		08.03 "SALIDA".
	06.35 Cuarto de controles eléctricos.		08.04 Estación de alarma contra incendio.
	06.37 Reloj checador.		08.05 Estación de campana de emergencia.
	06.38 Almacenes de carga y descarga.		08.06 Teléfono de emergencia.
	06.39 Bebederos.		08.07 Hidrante de piso.
07.00 EQUIPOS DE SEGURIDAD.			08.08 Punto de reunión.
	07.01 Enfermería.		08.09 Caseta de bomberos.
	07.02 Puesto de primeros auxilios.	SEÑALES DIRECCIONALES. (SD — 09.00)	
	07.03 Botiquín.	09.00 FLECHAS DIRECCIONALES.	
	07.04 Regadera de emergencia.		09.01 Flechas direccionales (Izquierda-Derecha)
			09.02 Flecha direccional (Arriba-Abajo)

 00.18 Use cinturón de seguridad.

 00.21 Use cofia y ropa de trabajo.

 00.22 Use gorra anti-golpe.

SEÑALES PROHIBITIVAS Y RESTRICTIVAS.
(SPR — 01.00, 02.00, 03.00 y 04.00)

01.00 PROHIBITIVAS GENERALES.

 01.01 No tomar alimentos ni bebidas en esta área.

 01.02 No tomar de esta agua (no potable).

02.00 PREVENCIÓN DE INCENDIOS.

 02.01 No fumar en esta área.

 02.02 No introduzca cerillos en esta área.

 02.03 No emplee agua en caso de incendio en esta área.

 02.04 No se permite llama abierta.

03.00 PROHIBITIVAS TRAFICO.

 03.01 No hay paso (peatones).

 03.02 No pise (jardines y prados).

 03.03 No estacionarse (vehículos).

 03.04 No hay paso, sin salida (vehículos).

 03.06 No hay paso para montacargas.

04.00 LIMITATIVAS TRAFICO.

 04.01 10 (Vel. Máx. en Km/Hr.—Montacargas)

 04.02 15 (Vel. Máx. en Km/Hr.—Ferrocarril).

 04.03 30 (Vel. Máx. en Km/Hr.—Vehículo en est.)

 04.04 50 (Vel. Máx. en Km/Hr.—Vehículos en est.)

 04.05 ALTO.

SEÑALES DE PRECAUCION
(SPN — 05.00)

05.00 GENERALES.

 05.01 Peligro de muerte.

 05.02 Alta tensión.

 05.03 Montacargas en operación.

 05.04 Paso de peatones.

 05.05 Atención.

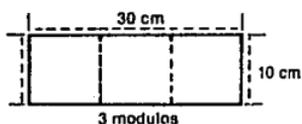
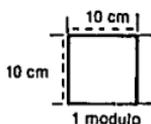
 05.06 Cruce de ferrocarril.

 05.07 Material explosivo.

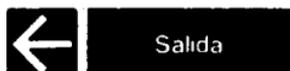
 05.08 Material inflamable.

SEÑALAMIENTO PARA OFICINAS.

Medidas modulos: 1: 10 x 10 cm



Medidas modulos: 3: 10 x 30 cm



ALTERNATIVAS DE COLOCACION Y COMBINACIONES DE LOS MODULOS DE SEÑALIZACION ESI



on poste

CAPITULO 11:

IMPLANTACION DE LOS ESTUDIOS

11.1 Generalidades

Prácticamente, todos los tópicos de la Ingeniería Industrial como los diagramas de proceso, el análisis de operaciones, los estudios de tiempo, etc., tratan acerca de técnicas y procedimientos los que a veces resultan excesivamente teóricos, por lo que, con frecuencia existe poca información específica disponible acerca de los procesos ordinarios requeridos para la efectiva operación de un departamento de Ingeniería Industrial. Es por ello que el presente capítulo tratará de ilustrar la mejor manera de implementar los estudios, en la inteligencia que muchos detalles de los procesos administrativos variarán considerablemente de una planta industrial a otra, en función del tamaño de la fábrica, de la naturaleza de sus operaciones, de su sistema organizativo, de si están o no incentivados los trabajadores y muchos otros factores. Existen, sin embargo, algunos principios y procedimientos administrativos que se pueden aplicar a todo departamento de Ingeniería Industrial.

11.2 Mantenimiento de Estándares de Tiempo.

Una de las principales responsabilidades de cualquier departamento de Ingeniería Industrial en una planta productiva es establecer y mantener estándares de tiempos, sin embargo, es también una de las tareas más problemáticas y complicadas con las que se enfrenta. Debido a que los estándares de tiempo proporcionan los datos básicos para controles de mano de obra, de costos estándares, de control de producción, de utilización de

máquinas, de requerimientos de personal, de presupuestos y de incentivos salariales, es esencial que sean establecidos correcta y consistentemente. La mayor parte de las inconsistencias encontradas en los estándares son el resultado de mantenimientos pobres⁽¹⁾. Si se desea que los estándares sean correctos, deben ser continuamente revisados para actualizarlos a los cambios ocurridos por la utilización de nuevos métodos o por un cambio de condiciones en el lugar de trabajo.

Un nuevo estándar de tiempo debe ser creado cuando se introduce una nueva operación. Normalmente, las operaciones nuevas surgen cuando se introduce una nueva parte o un nuevo producto.

Antes de que el nuevo artículo pueda ser manufacturado será necesario elaborar una hoja de proceso que incluya en términos sencillos la secuencia de las operaciones requeridas para elaborar la pieza. Esta hoja la deberá elaborar el departamento de Ingeniería Industrial en combinación con el de Ingeniería del producto.

Esta hoja de proceso, una vez aprobada, deberá ser enviada al departamento de producción para que tengan conocimiento de las operaciones que deberán realizar para elaborar el nuevo producto.

El Departamento de Ingeniería Industrial deberá estimar tiempos estándares probables de producción, por medio de pruebas en vacío, o bien por medio de un cálculo provisional empírico, en la inteligencia de que una vez puesto en marcha el nuevo proceso inmediatamente debe de procederse a realizar la toma de tiempos para el establecimiento del estándar correspondiente, según los principios establecidos en el capítulo 2 del presente trabajo.

(1)- Mundel, Marvin E. "Motion and time study (Improving Productivity)". 6th. Edition. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N. J. 752 pag. 1973.

Por otra parte, es indudable la importancia que tiene el establecimiento de los estándares de tiempo que ya hayan sido establecidos.

En los estándares existen tres tipos de cambios que ocurren frecuentemente (2).

- a) Cambios en los métodos.
- b) Cambios en el proceso.
- c) Cambios en el diseño.

a) Cambios en los métodos. Normalmente, los cambios de métodos se refieren a todos aquellos cambios que ocurren en una operación, pero que no afectan el proceso básico de producción y que no son causados por cambios en los materiales o en las especificaciones. Estos incluyen cambios en el lugar de trabajo, cambios en el patrón de movimientos empleados o cambios en el lugar de trabajo, cambios en el patrón de movimientos empleados o cambios menores en la herramienta de trabajo.

Este tipo de cambios son, por su naturaleza, los más difíciles de detectar y de controlar, aunque por otro lado, generalmente tienen importantes repercusiones en el tiempo necesario para realizar la tarea.

A este respecto, uno de los problemas básicos se encuentra en el momento de determinar cuando ha cambiado un método. En operaciones altamente repetitivas de ciclos cortos, la eliminación o combinación de uno o varios movimientos, frecuentemente tendrá importantes efectos en el estándar de tiempo. Por esta razón, es de gran importancia describir lo más extensamente posible el método en el cual se determinó el estándar.

Normalmente, el supervisor debe ser responsable de reportar cualquier cambio de esta índole al departamento de Ingeniería Industrial. En

(2)- Barnes, Ralph M. "Motion and time study design and Measurement of Work". 7th. edition, John Wiley & Sons. 689 pag.

el momento en el cual se detecte la necesidad de un nuevo estándar de tiempo se debe analizar la operación para determinar el nuevo tiempo estándar de acuerdo a los principios establecidos en el capítulo 2 del presente trabajo.

b) Cambios en el proceso. Son aquellos que no requieren cambios en los diseños o en las especificaciones de material, pero que requieren de un cambio en su proceso de manufactura. Ejemplo típico de esta situación son los cambios de equipo y herramienta. Por ejemplo, una operación puede dejarse de elaborar en un torno manual para manufacturarse en un torno automático. La regla básica es que un cambio de este tipo requiere de revisión de la hoja de proceso pero no de los diseños o de las especificaciones del material.

c) Cambios en el diseño. La tercera razón más importante debido a la cual ocurren cambios en los estándares de tiempo es un cambio en el diseño. Los cambios en el diseño ocurren cuando se modifican las partes o materiales de una forma tal, que sea necesario redibujar los dibujos ingenieriles sobre dicho producto, o bien, modificar las especificaciones de los materiales.

Cualquier sistema de estándares está sujeto continuamente a presiones de personas que por alguna razón requieren debilitarlos. Esta presión frecuentemente es ejercida por la clase laboral, aunque en algunos casos la presión proviene de la gerencia. La presión de los obreros se manifiesta en múltiples formas, desde burlas en el estudio de tiempos, hasta paros y huelgas. La presión de la gerencia puede provenir de diferentes niveles, desde un supervisor al que le interesa que la gente a su cargo tenga estándares benévulos para poder hacer que los cumplan con más facilidad, hasta el presidente cuando se encuentre negociando con el sindicato acerca de una posible huelga ocasionada por desacuerdos de los obreros con relación a los estándares de tiempo.

Quando los estándares son calculados individualmente, siempre existen

tirá algún tipo de presión, y frecuentemente, ya sea conciente o inconcientemente el Ingeniero al sentir esta presión suele establecer estándares liberales, o a sobrevalorar métodos sencillos o incluso permitir elementos innecesarios o ineficientes en los métodos. En estos casos, no pasará mucho tiempo antes que la gerencia detecte excesivos costos de mano de obra.

Debido a que los estándares de tiempo son parte fundamental del costo de mano de obra, es esencial que todos los estándares de tiempo sean autorizados por personal responsable, como el jefe de Ingenieros Industriales. Debe elaborarse una forma impresa especial para cada autorización, de este modo, se tendrá una eficiente herramienta de control.

En los casos de estándares recientemente determinados, el analista debe evitar pensar que el nuevo método será aceptado inmediatamente por los obreros, ya que la experiencia demuestra que con frecuencia existe una cierta oposición al cambio por parte de muchas personas ⁽³⁾. Muchos operarios suelen realizar pequeños cambios por su cuenta, sin ponerse a pensar que esto podría ocasionar que el nuevo método no proporcione los resultados que de él se esperan.

El Ingeniero debe permanecer cerca de los centros de trabajo durante todo el tiempo que dure la implementación del método, y debe asegurarse de que cada detalle se ponga en práctica según el plan presentado. También será su responsabilidad el cerciorarse de que los centros de trabajo cuenten con las maquinarias y las herramientas necesarias según las especificaciones presentadas en el plan del estudio.

Suele ser conveniente que el analista asesore por un tiempo razonable al operario que trabajará según el método para asegurarse que todo funciona según sus planes.

- (3)- Maynard, H.B. (Editor in Chief). "Industrial Engineering Handbook". 3rd. edition. Secc. 4 Ch. 5 "Administrative and Control Procedures" by William K. Hodson. McGraw-Hill Book Co.

Existe una tendencia natural en los analistas a considerar terminado su trabajo al momento de determinar los estándares de tiempo, esto es absolutamente falso, puesto la fase de mantenimiento es fundamental (4). La implantación de un método nunca se debe de considerar completa. Siempre será primordial el mantenimiento para estar seguro de que se sigue el método conforme a los propuestos, de que los estándares establecidos están siendo utilizados correctamente y que el nuevo método cuenta con el apoyo de la clase laboral y patronal. Un buen mantenimiento inevitablemente traerá como consecuencia un cúmulo de nuevas ideas y enfoques, que impulsarán el deseo de analizar cada método minuciosamente para vislumbrar posibles mejoras adicionales, a métodos de por sí mejorados.

Para mantener los estándares apropiadamente, el departamento de Ingeniería Industrial debe comparar periódicamente el método que el operario está utilizando con el método bajo el cual se estableció el estándar. Técnicamente, ambos métodos deberían de ser similares. Esta comparación puede realizarse fácilmente recurriendo al estudio original, donde debe de existir una descripción completa del método utilizado. Si esta investigación revela que el método ha sido cambiado en detrimento de la eficiencia, las razones de este cambio se deben de investigar de modo que se pueda implantar el mejor procedimiento. Si el método hubiera sido mejorado, la investigación debe determinar quien es el autor de dicha mejora, en caso de que lo sea el obrero, deberá ser recompensado vía un "plan de sugerencias" u otros medios análogos. Independientemente del origen de los cambios, estos deben de estudiarse de nueva cuenta para introducir estándares actualizados.

La frecuencia de revisión debe determinarse al momento de establecer el estándar y será función del número de horas de aplicación del estándar en un año. H.B. Brandt⁽⁵⁾ diseñó la siguiente tabla empírica para determinar la frecuencia de la auditoría de los métodos y estándares:

- (4)- Holmes W.G. "Applied Time and Motion Study", revised, Ronald Press, Co. New York, 1945. 383 pag.
- (5)- Brandt H.B. "The scope of Motion and Time Study in the Procter & Gamble Industrial Engineering Department". Industrial Engineering, June 1972. Vol. 9 No. 6 Norcross Ga.

Horas de aplicación del estándar en un año.	Frecuencia de la revisión.
0 - 10	Una vez cada 3 años.
10 - 50	Una vez cada 2 años.
50 - 600	Una vez por año.
Más de 600	Dos veces al año.

El mantenimiento vía revisión toma tiempo, y en consecuencia implica un costo para la empresa, sin embargo es necesario para evitar pagos excesivos o personal mal remunerado. Es deseable que el personal dedicado a estas actividades de revisión sea experimentado y calificado.

Para verificar los estándares, el Ingeniero debe solicitar la cooperación de los supervisores, quienes, por el hecho de estar cerca de los obreros podrán detectar más fácilmente estándares particularmente estrechos u holgados.

Por otra parte, no sólo se debe seguir el método, sino que también conviene revisar las actuaciones del operario. Es altamente recomendable que se lleve a cabo un registro diario de las eficiencias individuales de los trabajadores. Las actuaciones se deben evaluar con las curvas de aprendizaje típicas para el tipo de trabajo. Si el operario no realiza el progreso previsto, se deberá hacer un cuidadoso estudio para descubrir que dificultades imprevistas pudo haber encontrado.

Todo Ingeniero Industrial que trate de implantar un estudio de tiempos y movimientos debe tener la suprema noción de que está tratando con seres humanos y por lo tanto, debe tratar a la gente como tal. Debe ser humanitario, desde el punto de vista de la fijación del estándar como de la forma en que debe tratar a la gente que seguirá el nuevo método. Bajo ninguna circunstancia el Ingeniero debe ser prepotente o cerrado al diálogo puesto que esto crearía una grave situación de tensión entre el departamento de Ingeniería Industrial y los obreros.

Al momento de implantar los estudios debe de informarse a los obreros por medio del sindicato acerca de los objetivos, métodos y alcances que se pretenden alcanzar con el estudio de tiempos y movimientos. En caso de que la actitud de los sindicatos hacia los estudios de tiempos y movimientos sea francamente hostil, debe buscarse el diálogo a toda costa para convencer a la clase obrera sobre las bondades y beneficios implícados en el sistema.

Es muy positivo que se elaboren gráficas mensuales acerca de los rendimientos alcanzados por cada centro de trabajo con el objeto que los obreros estén enterados de sus actuaciones. Estas gráficas deben colocarse en un lugar visible.

Cuando la oposición a la implantación de un método provenga de la cúpula gerencial, será muy importante que el departamento de Ingeniería Industrial emprenda una asidua labor de convencimiento, empleando argumentos sólidos. Dentro de éstos argumentos puede mencionarse un estudio costo-beneficio. Este estudio consiste básicamente en una estimación del ahorro en costos esperados por concepto de una mayor eficiencia de mano de obra. Este ahorro estimado se compara contra el costo que tendrá implementar el estudio, en este costo suele incluirse los salarios de los Ingenieros Industriales que se avocarán a mejorar el método. Para que el plan sea rentable, el ahorro estimado debe ser mayor que el costo de implementación.

11.3 Implantación de un Departamento de Ingeniería Industrial en una Empresa.

En la actualidad existe una fuerte tendencia en la industria a implementar departamentos de Ingeniería Industrial, por lo que cada vez es más grande el número de compañías que deciden crear su propio departamento. A continuación se procederá a explicar los procedimientos básicos necesarios para su implantación.

En el momento en que la gerencia identifica la necesidad de crear un departamento de Ingeniería Industrial en su empresa, debe como primer paso tomar conciencia cabal de lo que esta decisión implica, para evitar dar marcha atrás y debe apoyar este nuevo departamento en lo económico y con recursos humanos.

El siguiente paso será el nombramiento de una persona encargada de organizarlo. En este punto es altamente recomendable que la persona avocada a esta tarea sea alguien con algún tipo de experiencia en materia de Ingeniería Industrial. Es indispensable que esta persona en algún punto de su trayectoria profesional haya sido parte integrante de algún departamento análogo al que se pretende crear. La experiencia demuestra que personas con conocimientos puramente teóricos suelen tener problemas para organizar y comandar departamentos incipientes.⁽⁶⁾

Es muy importante que la persona designada para organizar el departamento sea también la avocada a comandarlo una vez que se encuentre funcionando, con el objeto de que exista continuidad y coherencia en el proyecto.

Una vez nombrado el nuevo jefe del departamento, debe procederse a hacer del conocimiento de todos los trabajadores la decisión de crear este departamento. La primera labor del jefe será realizar una labor de convencimiento con las autoridades sindicales de la planta.

Una vez que se han sentado las bases bajo las cuales operará el departamento, debe procederse a reclutar gente. Para segundos y terceros niveles forzosamente se debe de contratar ingenieros industriales, con el objeto de que cuenten con el criterio y el bagaje suficiente para hacer frente a las tareas a las cuales serán encomendados. Estos puestos suelen ser ideales para personas recién egresadas de la Universidad.

(6) - Salvendy, G. (editor) "Handbook of Industrial Engineering". Ch.1. "performance Measurement" by Thomas D. Wynegar. John Wiley & Sons. New York, 1965.

El jefe del departamento debe ser cuidadoso en su selección de personal, puesto que básicamente de ellos dependerá el posible éxito o fracaso de la labor encomendada.

Estas personas deben tener la suficiente autoridad para hacerse respetar, pero al mismo tiempo deben ser flexibles para no incurrir en excesivos autoritarismos. Su principal cualidad debe ser el buen criterio y la cordura en su conducta.

La cantidad de personas reclutadas dependerá del tamaño de la planta, así como de los alcances que se le pretenden dar al departamento.

En el proceso de selección de personal, se debe asegurar que los candidatos seleccionados tengan los conocimientos teóricos suficientes en materia de tiempos y movimientos. Es deseable que sólo sea necesario capacitar sobre las particularidades específicas que presentará la empresa durante los estudios.

Es necesario que las oficinas del departamento sean adyacentes a los centros de trabajo, puesto que básicamente el personal deberá estar en continuo contacto con los obreros.

Una vez que el jefe ha reclutado el personal que a su entender resulta idóneo para las necesidades de la planta, deberá notificar al sindicato el nombramiento de estas personas, y de ser posible, convocar a todos los trabajadores para hacerles una presentación formal del nuevo personal.

A continuación se procede a identificar aquellos centros de trabajo que requieren con más urgencia del estudio, o aquellos de los cuales se espere un mayor ahorro potencial. En base a esto, se debe elaborar una lista que clasifique los centros de trabajo en un orden descendente de prioridades para elaborar el plan de trabajo global del departamento.

La forma de trabajar debe ser por proyecto, esto es, que un mismo equipo de ingenieros se avoque al análisis integro cada centro de trabajo.

En base a esto, un mismo equipo realizará a los diagramas de operación, el análisis de movimientos, el estudio de tiempos y el estudio de micromovimientos, si éste último es necesario. Esto con el objeto de que cada equipo logre una comprensión cabal de la problemática implicada en el centro de trabajo y tenga una responsabilidad total en los progresos o retrocesos que se experimenten en los métodos. La experiencia demuestra que no es recomendable tener especialistas en diagramas, o en micromovimientos, o en estudios de tiempos, etc., ya que esto conduce a una comprensión pobre de las necesidades de eficiencia del centro de trabajo⁽⁷⁾.

El jefe del Departamento debe ser básicamente un asesor que determine las políticas fundamentales y sea el responsable ante la gerencia sobre la buena marcha del departamento. Será también responsabilidad suya la evaluación de cada proyecto emprendido tomando como base los resultados obtenidos en el centro de trabajo. Tendrá la obligación de elaborar informes periódicos para la gerencia en los que deberá dar a conocer los logros alcanzados por su departamento.

Cualquier inconformidad de los obreros con algún asunto relativo a los estándares será directamente de su competencia.

Es muy importante este departamento tenga buenas relaciones con el departamento de producción, puesto que es fundamental una estrecha colaboración y una buena comunicación entre ambos entes del sistema productivo. La gerencia debe estar muy pendiente sobre este particular, puesto que un antagonismo entre ambos traería consecuencias desastrosas. Suele suceder que un departamento intente obstaculizar la labor de otro, en detrimento

(7). - Niebel B.W. "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976, 719 pag.

de la buena marcha del negocio.

En muchas empresas el Jefe del departamento de Ingeniería Industrial es jerárquicamente superior al Director de producción, esto es recomendable, aunque no siempre es posible de realizarse, ya que el jefe de Producción se opondrá a que una gente recién ingresada a la organización se interponga entre él y la dirección general.

La experiencia demuestra que con frecuencia lo más conveniente es situar a ambos directores en un puesto jerárquicamente equivalente y dependiendo únicamente del director general.

Se deben diseñar formas impresas para llevar los controles, de cada centro de trabajo y de cada obrero en lo referente a actuaciones, estándares, diagramas, incentivos, etc. Los archivos de estos documentos deben de controlarse en este departamento.

Semanalmente, el departamento de Ingeniería Industrial debe turnar un oficio al departamento de personal, donde se incluya el desglose de las remuneraciones alcanzadas por cada operario como compensación al rendimiento realizado en el periodo. La medición de estos rendimientos las debe realizar el personal del departamento de Ingeniería Industrial, ayudándose de los supervisores. Esta medición se realiza fácilmente si se tiene un control de las piezas elaboradas. Este control puede llevarse a cabo mediante unas cajas ubicadas en el centro de trabajo, donde el operario almacene las piezas que elabore, o bien mediante la entrega física de lotes de producción a los supervisores respectivos, o por observaciones del supervisor. La forma de medir el trabajo dependerá de la índole del trabajo que se esté estudiando.

Una de las principales consignas del departamento es la de tratar de estandarizar la mayor parte de las operaciones que tengan lugar en la planta, o en caso de incentivos, tratar de hacer extensivo este plan al mayor número de gentes.

En muchas empresas, el mantenimiento de las máquinas depende también del departamento de Ingeniería Industrial, esto también es válido y no interfiere en forma alguna con las labores esenciales del departamento.

Cuando la gerencia decida modificar los sistemas de remuneración, o implantar un plan de incentivos, invariablemente deberá encomendar la tarea de implementarlos al departamento de Ingeniería Industrial.

En los casos en que se decida implementar un departamento de Ingeniería Industrial en una empresa recién creada, será también su responsabilidad diseñar la distribución de planta, y los sistemas de remuneración así como la macro y micro localizaciones de la planta. La macrolocalización es la determinación de la zona industrial donde se ubicará una planta tomando en cuenta un área muy grande como un país. La microlocalización implica áreas más pequeñas, como una ciudad.

Un departamento de Ingeniería Industrial no es ajeno a posibles deshonestidades de su personal, sobre todo en los momentos de evaluar las actuaciones individuales donde podría confundirse con algún trabajador. El jefe siempre deberá estar atento para detectar remuneraciones inusualmente altas.

Podemos darnos cuenta que un departamento de Ingeniería Industrial es algo sumamente útil que evidentemente arrojará resultados altamente positivos para las empresas que apoyen esta idea.

Definitivamente que existe una tendencia irreversible tendiente a la popularización de los estudios de tiempos y movimientos por lo que las empresas que implementen este tipo de departamentos estarán dando un paso importantísimo en el incremento de la productividad global del sistema.

11.4. Recomendaciones adicionales.

A continuación se mencionan algunas recomendaciones que empresas íntimamente relacionadas con la Ingeniería Industrial han expuesto como resultado de sus experiencias.

La idiosincracia del mexicano hace un poco más ardua la labor del analista de tiempos y movimientos, puesto que en ocasiones el trabajador suele ser receloso y desconfiado, por lo que tiene una importancia vital el lograr ganarse la confianza de los trabajadores. Debe tratar de erradicarse la idea de que los analistas están del lado del patrón. Será necesario convencerles que los estudios de tiempos y movimientos tratan de alcanzar una remuneración justa para ambas partes.

Asimismo, la gerencia debe otorgar una autonomía total a su departamento de Ingeniería Industrial, puesto que si trata de valerse de él para defender sus intereses patronales o para manipular a su conveniencia a los obreros, definitivamente que se creará una situación de tensión muy grave dentro de la empresa y los estudios de tiempos y movimientos perderán credibilidad y hasta serán rechazados en forma unánime por la clase laboral.

En empresas en las que los sindicatos son fuertes y poderosos, resulta extremadamente inconveniente llevar los estándares expresados cuantitativamente a formar parte de los contratos colectivos de trabajo, pues to que puede suceder que si por algún motivo cambian las condiciones de trabajo de una forma tal, que la producción individual de un operario se vea incrementada de manera sensible, la empresa se verá obligada a remunerar en exceso al operario, puesto que éste con un esfuerzo normal obtendrá una producción muy por encima del estándar dada su maquinaria más sofisticada.

En estos casos se recomienda que el contrato colectivo incluya una cláusula similar a esta:

"La forma de determinar la cantidad de trabajo normal que un operario

debe realizar durante su jornada de trabajo será por medio de estándares determinados a base de estudios de tiempos y movimientos. Estos estándares serán calculados por el departamento de Ingeniería Industrial de la Empresa y podrán cambiar en cualquier momento si las condiciones o métodos de trabajo son diferentes a aquellos bajo las cuales fueron originalmente calculados."

De este modo, la empresa quedará protegida contra estándares obsoletos.

La gerencia debe ser paciente puesto que los resultados de los estudios de tiempo y movimientos, generalmente se obtienen a largo plazo. No se debe esperar incrementos instantáneos o espectaculares de la productividad, sino pequeños y continuos incrementos. Una vez que la empresa decida implementarlos deba adoptar una actitud de apoyo y comprensión.

Al momento de implantar los estudios, siempre existirá algún tipo de oposición proveniente de segmentos aislados del aparato productivo. Se debe en primer término utilizar el diálogo para convencerlos de las ventajas de los estudios de tiempos y movimientos. Nunca será conveniente imponerlo sin antes realizar labor de convencimiento.

Se debe estar atento contra operarios que premeditadamente actúan por debajo de su nivel normal con el objeto de obtener estándares holgados. Esto es fácilmente detectable si se revisa continuamente la nómina semanal para buscar remuneraciones excesivamente altas, o si se observase operarios perezosos que reciben un salario normal.

Evidentemente un departamento de Ingeniería Industrial resulta caro para una empresa, puesto que su personal debe ser altamente calificado, pero definitivamente que vale la pena tenerlo, ya que son mínimas las empresas que una vez implantado deciden eliminarlo por incosteable, de hecho, en México son extremadamente raras las que lo han suprimido.

Por otro lado, cada vez es más urgente una mayor eficiencia en la industria, dado las constantes aperturas a mercados internacionales.

No debe olvidarse, que países con una industria no muy automatizada como México, la posibilidad de obtener incrementos de productividad - en la mano de obra resulta vital y debe representar un objetivo prioritario de la Industria Nacional.

PRACTICAS PARA LABORATORIO

Practica No. 1.

-Tema: Diagrama de Operaciones de Proceso.

Referencia: Capítulo 3.

El señor Gómez decide prepararse un sandwich de pan blanco tostado - que contendrá: Jamón, aguacate, jitomate, chile, mayonesa, queso amarillo americano y cebolla. Este sandwich será preparado por el señor Gómez en la cocina de su casa, a sabiendas que el pan blanco, la mayonesa y el tostador se encuentran en la alacena, mientras que el resto de los ingredientes se localizan en el refrigerador.

Se tendrán que partir rebanadas de todos ellos, a excepción del jamón y del queso amarillo americano que ya vienen rebanados del expendio.

Elabórese un Diagrama de Operaciones de proceso para las maniobras que emprenderá el Sr. Gómez, en la inteligencia de que nadie lo ayudará a elaborar su sandwich, y que éste será elaborado aun ritmo normal. La secuencia para agregar cada ingrediente puede ser arbitraria, a excepción de la mayonesa que deberá ser untada en primer término a los panes.

No debe incluirse en el diagrama las labores de limpieza de utensilios, de regreso de los ingredientes al refrigerador o a la alacena, ni la ingestión del bocado.

Este diagrama debe contar con por lo menos 20 eventos entre inspecciones y operaciones.

Practica 2

Tema: Diagrama de Proceso de Operaciones.

Referencia: Capítulo 3.

Elabórese un diagrama de proceso de operaciones para una persona-- que acaba de despertarse por la mañana y que tendrá como primer actividad del día, una afeitada para continuar con un rápido duchazo y proceder posteriormente a vestirse, bajo las siguientes premisas:

- a).- Se afeitará con rastrillo, y las hojas de rasurar deberán limpiarse antes y después de la afeitada.
- b).- Se afeitara en el lavabo, no en la regadera.
- c).- Su duchazo consistirá en una pequeña enjabonada y una aplicación de shampoo.
- d).- No tendrá necesidad de encender ningún calentador. Tendrá agua caliente a su disposición desde el primer instante..
- e).- Su vestimenta exterior consistirá en saco, pantalón, camisa, corbata, calcentines y zapatos.
- f).- La camisa no será de mancuernillas.
- g).- Será necesario hacerle un nudo a su corbata.
- h).- Toda su ropa se encuentra guardada en un closet contíguo al baño y a la recámara.
- i).- Sus zapatos son de cordones, por lo que deberán atarse previamente a su uso.
- j).- No se debe de incluir labores de doblado de ropa o de secado de baño.
- k).- El diagrama debe incluir al menos 30 eventos entre operaciones e inspecciones.

Practica 3

Tema: Diagrama de operaciones de proceso.

Referencia: Capítulo 5.

Siguiendo fielmente las siguientes instrucciones elabórense unos - Hot cakes y cronométrese los tiempos necesarios para cada operación.

Posteriormente, dibújese un diagrama de operaciones de proceso que incluya tiempos y que contenga al menos 20 eventos.

Ingredientes:

- a).- 140 gr. de harina preparada para Hot cakes.
- b).- 3/4 de taza de leche.
- c) .- Un huevo.
- d).- Una cucharada de mantequilla o margarina.

Instrucciones:

- I.- Derretir con calor la mantequilla o margarina.
- II.- Mezclar todos los ingredientes.
- III.- Batir hasta que toda la masa adquiera homogeneidad, esto es, - hasta que desaparezcan los grumos.
- IV.- Deje reposarla mezcla unos minutos hasta que espese.
- V.- Viértase la mezcla sobre un sartén o parrilla caliente y ligeramente engrasada con mantequilla o margarina adecuada para preparar un hot cake.
- VI.- Voltee el hot cake una sola vez; el momento oportuno será cuando la superficie esté llena de burbujas y las orillas se encuentren bien cocidas.

CONCLUSIONES

Existe una tendencia al involucramiento del Ingeniero Industrial en otras áreas diferentes a la industria misma. Son innumerables las aplicaciones no-industriales como ventas, distribución, bancos, finanzas, aseguradoras de servicio y actividades gubernamentales. Se puede encontrar Ingenieros Industriales en todas las compañías grandes y en muchas empresas medianas y pequeñas.

No hay duda que esta tendencia persistirá y que la función del Ing. Industrial crecerá en tamaño, responsabilidad y que mucho personal en las compañías traerá como consecuencia la mayor especialización de las personas.

Los Principios y metodologías de la Ingeniería Industrial están siendo aplicadas en gran medida para la solución de problemas que rodean al hombre, ya sean sociales, económicos o políticos además de la noción del Ingeniero Industrial acerca del trabajador y sus requerimientos motivacionales. El reto para todo Ingeniero Industrial es aplicar sus habilidades y conocimientos para la solución de problemas en sus respectivos campos de acción tanto como lo hicieron los pioneros de esta rama en los campos tradicionales de la industria.

Es muy importante que el analista de métodos conozca las funciones específicas de cada uno de los diagramas antes expuesto, ya que son una herramienta muy poderosa que inevitablemente conducen al establecimiento de mejoras en los métodos o bien, al establecimiento de un método completamente diferente pero más eficiente. Presentan una ayuda invaluable cuando se necesita una comprensión íntegra del proceso, o cuando se está recabando información.

El Ingeniero Industrial debe familiarizarse con los diagramas a fin de que se encuentra capacitado para --

aprovechar estos valiosos instrumentos en la resolución de problemas.

Como podemos observar el estudio de micromovimientos es una herramienta de alta precisión de la que puede valerse el analista de tiempos para lograr alcanzar un método altamente eficiente sin embargo, como pudo observarse, este tipo de estudios requiere de una gran cantidad de tiempo y dinero por parte de la empresa, por lo que resultará costeable en solo situaciones de ciclos altamente repetitivos, o cuando se requiera una eficiencia superior.

Sin embargo, será siempre conveniente que el analista tenga una noción clara de los fundamentos del estudio de micromovimientos, ya que es una técnica estrictamente científica que permitirán al analista adquirir una concepción más clara de los métodos con que la Ingeniería Industrial afronta los problemas de su campo. Siempre es importante recordar que los movimientos fundamentales ideados por Gilbreth son una de las bases más sólidas del estudio del Tiempos y Movimientos.

Los Principios de la Economía de Movimientos son una herramienta sumamente poderosa de la que forzosamente debe de valerse el analista de métodos para obtener los más eficientes, de hecho, si se logra tener entendimiento total de cada una de las leyes, el analista podrá resolver satisfactoriamente todos los problemas que se le presenten en el ámbito de la eficiencia industrial.

En la actualidad se considera de interés prioritario que la mayor parte de las personas involucradas en los procesos productivos tengan algún tipo de conocimientos sobre esta área, ya que frecuentemente son los operarios quienes están en posibilidad de dar las sugerencias más acertadas acerca del método con el que realizan sus propias labores.

Definitivamente, se puede afirmar que la piedra angular del estudio de movimientos, son los Principios de Economía de Movimientos objeto del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA BASICA

- 1.- American Institute of Industrial Engineers; Membership Qualifications Manual.- 1985.
- 2.- ASME Industrial Terminology; American National Standar Z-94 -- 1972, Vol. 12 "Word Measument and Mthods". ASME Press.
- 3.- ASME Standar 101; "Operation and Flow Process Charts" published by American Society of Mechanical Engineer ASME, Press - New York. 1981.
- 4.- Blair N. Raymond & Wilson Whitson; "Elementos de Ingeniería de Sistemas Industriales", Prentice Hall Internationale 1980.
- 5.- Blake P. Roland.- Seguridad Industrial. Diana Técnica. 1985.
- 6.- Fangbaun E. Control de Calidad. Edit. CECSA, 1984.
- 7.- Gantt Henry L. "Work Wages and rofits" Engineering Mangement Co. New York. 1913.
- 8.- Gilberth F.B. Brickalaying system", Myron C. Clark, Chicago - pág. 321, 1970.
- 9.- Gilbert F.B. "Motion Study" D.Van Nostrand Co. Princentown.
- 10.- Gillard José & Barnés Francisco, "Ingeniería de Proceso"; editorial Humba. 1981.
- 11.- Hackeh W.J. & Robins G.P. "Manual de Seguridades Técnicas", Representaciones y Servicios de Ingeniería. 1982.
- 12.- Harston L.D. "Analysis of Skilled Movements" Personal Journal Vol. II. 1969.
- 13.- Haunsfauman & Brick. "Tecnicas de Ingeniería de Sistemas" Editorial Grijalbo. 1980.
- 14.- Holmes W.G.; "Applied Time Motion Study" Press, Co. Ney York, 1986.

- 15.- Ley Federal del Trabajo, Capítulo VI; 1986.
- 16.- Ley Federal del Trabajo, Capítulo VII; 1986.
- 17.- Ley del Seguro Social, Editorial Teocalli; 1980.
- 18.- Lowry S.M.H.B.: Maynard & G.J. Segerment; "Time and Motion" and Formules for "Wages Incentives" 3rd. edition. 1973.
- 19.- Manual del Ingeniero Químico, UTEHA. 1986.
- 20.- Maynard, H.B. (Editor in chief); "Industrial Engineering" Handbook", section 3rd. ch.2. "Stopwatch Time Study". 1978.
- 21.- Mundel M.E.: "Measurment of Productivity", Industrial Engineering, magazine. Volumen 8, no. 5-1980.
- 22.- Nadler Gerald: "Applies Statics on Motion and Time Study". Mc. Graw Hill Book, Co. 1980.
- 23.- Niebel B.W. "Motion and Time Study" 7th edition 1-11. pg. 719-1978.
- 24.- Oestwald Phillip E.: "Cost Estimating of Engineering and Management" Prentice Hall, Englewood, Cliffs, New York 1981.
- 25.- Presgrave Ralph; "Basic Motion Time Study"- Mc Graw Hill Book Co. 1985.
- 26.- Raymond N. Blair: "Ingenieria de Sistemas". Prentice Hall 1973.
- 27.- Ricker Allen W.: "Gering Wages of Productivity". The Eddy Ruckers Nickels Co. Inc. Cambridge Mass, 1980.
- 28.- "Seguridad Industrial Manual de" Editorial Herrero Hermanos - 1978.
- 29.- Shaw A.C.G.: "An Introductory of the Theory and Aplication of Motion Study". "H.N. Stationery Office London". 1945.
- 30.- Taylor F.W.: "The Principles of Scientific Mangement". Harper & Brothers, New York, 1986.