

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**INGENIERIA DE METODOS  
Y REINGENIERIA**  
**APUNTES DE CLASES**

**DOCENTE: Ing. Alfredo Cosio Papadópolis**  
**RECOPILACION Y**  
**TRANSCRIPCION: Mónica Herbas**  
**Lorena Rojas**  
**VERSION PDF POR: Alex D. Choque F.**

**Cochabamba Bolivia**  
**Enero del 2001**

# **INGENIERÍA DE MÉTODOS Y REINGENIERÍA**

## **1.1 ETAPAS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS**

En el transcurso de la historia de la humanidad, los sistemas productivos ha sufrido una serie de etapas de evolución, las que se resumen a continuación:

### **LA EVOLUCIÓN DEL PROCESO DEL TRABAJO A LO LARGO DE LA HISTORIA**

#### **1.- LAS ECONOMÍAS DE SUBSISTENCIA**

Cuando predominaban las economías de subsistencia, el proceso de trabajo estaba determinado por el hecho de que se tomaba en consideración solo el valor de uso de los productos, estos se destinaban al consumo de parte de la comunidad que los fabricaba, a pesar que había una circulación física de los productos no había un "intercambio mercantil"

Las personas elaboraban u obtenían sus materias primas y las transformaban en sus domicilios para su propio consumo, empleando herramientas sencillas y adecuadas al hombre que las utilizaba.

La división del trabajo existente se basaba en caracteres esencialmente fisiológicos como edad, sexo, aptitudes y resistencia física.

Posteriormente la aparición de esclavos y servidumbre introducen una nueva división del trabajo en base a las habilidades que demuestran ciertos pueblos y grupos étnicos, así nace las primeras profesiones y se origina las formas elementales del "Know How".

#### **2.-LOS TALLERES ARTESANALES Y LAS CORPORACIONES DE OFICIO**

Las economías de subsistencia evolucionan a los denominados talleres artesanales, que se constituye en la forma predominante de organización productiva durante varios siglos hasta el siglo18. Esta etapa se origina debido a que los esclavos y los siervos van progresivamente haciéndose independientes del propietario de la tierra, coincidiendo estos con el hecho de que las sucesivas divisiones de la propiedad de la tierra hacen que la subsistencia de muchas familias corra peligro y las impulsa a migrar a las ciudades donde debían trabajar en una especialización.

Otra de las características de esta etapa es los productos elaborados en sus domicilios estaba destinado a un mercado. transformando la materia prima que generalmente es proporcionada por el consumidor.

Así nace el oficio, en un momento histórico donde las materias primas, las herramientas y útiles de trabajo y el producto final podían pertenecer al propio trabajador. Posteriormente los oficios son controlados por las corporaciones de oficios.

En general se afirma que en esa época un oficio era la reunión de individuos que poseían el derecho de ejercer una profesión industrial y estaba compuesta por maestros, de obreros, oficiales y aprendices, que se comprometían bajo juramento a observar los reglamentos prescritos, a no revelar los secretos de la profesión y a respetar las autoridades de los Tribunales en las funciones de vigilancia y de control. El numero de talleres corporativos estaban controlados y cada uno tenia el derecho a realizar ciertas actividades o profesiones.

### **3.- LA MANUFACTURA**

Los artesanos, frente a las exigencias del mercado, se ven obligados a cooperarse entre si, que en la manufactura es de forma simple. En la manufactura se concentra artesanos del mismo oficio en un mismo local bajo la autoridad del dueño del capital. En estas circunstancias los artesanos van progresivamente siendo desposeídos de los bienes de producción, pero pueden aun controlar sus propios procesos de trabajo y modificarlos.

Sin embargo el margen de su autonomía es mas reducido que antes, porque ahora el capitalista decide, el solo, acerca del producto a fabricar y su destino, sobre las tareas a realizar y sobre la distribución de excedentes.

Históricamente la manufactura adopto dos formas: la heterogénea

que concentra bajo un mismo capitalista a diversos oficios fabricando productos distintos que son ensamblados solo al final.

La segunda forma es en serie, donde el mismo objeto de trabajo es sometido a diversas operaciones separadas efectuadas por trabajadores de un mismo oficio para lograr un producto final. La manufactura se la define como la organización productiva basada en la división del trabajo y en la combinación de operaciones diferentes o heterogéneas que son el resultado de una operación artesanal y que se asignan de manera permanente a obreros individuales.

### **4.-LA FABRICA**

La revolución industrial se caracterizo por la obtención de una gran producción mediante la utilización de maquinarias costosas y la concentración y movilización forzada de la fuerza de trabajo y el empleo, intensivo de nuevas y potentes fuentes de energía. El centro del proceso productivo pasa a ser la maquina y el trabajador se convierte en un simple servidor de la misma, debiendo adaptarse a su ritmo de actividad y a sus requerimientos.

El alto costo de las maquinas, sus requerimientos en materia de energía las pone fueran del alcance de los trabajadores artesanos y los volúmenes producidos impidieron que los talleres artesanales sobrevivientes y las manufacturas compitieran con las nuevas fabricas.

## 5.-LA PRODUCCION EN SERIE (EL FORDISMO)

En la fabricas existían aun, trabajadores de oficio que poseían su "sabiduría practica" (Know How) y monopolizaban esos secretos de producción por que estaban muy bien sindicalizados, pero a medida que se introduce el taylorismo, los obreros calificados desaparecen y son reemplazados por mano de obra no calificada.

Henry Ford para la producción de sus automóviles alrededor de 1914, introduce la cadena de montaje, ocasionando una profunda transformación del proceso de trabajo. El fordismo introduce la Organización Científica del Trabajo, la cadena de montaje y la cinta transportadora, lo que posibilita la producción en serie con un flujo continuo y productos uniformes.

Este tipo de producción ocasiona una división del trabajo y una parcealización de tareas que es llevada al extremo y la especialización se reduce a una sola operación que se repite constantemente, lo que no requiere de obreros calificados.

La línea de montaje permitió cambiar el sistema de remuneración "por piezas producidas" en vez del salario "horario". El rendimiento que antes quedaba a cargo del obrero en función a los incentivos salariales aconsejados por Taylor, es establecida e impuesta por la Dirección, regulando la velocidad de la cinta transportadora.

## 6.- LA ROBOTICA

La automatización con la introducción de la informática ha permitido la implementación del robot para la realización de los procesos de trabajo principalmente complicados, delicados o peligrosos, sustituyendo totalmente el empleo de obreros en estas tareas.

Con la robótica, se logra una uniformidad en los productos, mayor producción en cuanto a tiempo y calidad

Con estos sistemas se elimina el trabajo manual y se da mayor preferencia al trabajo intelectual, principalmente para la programación, concepción y diseño de maquinaria superautomática.

### 1.2 CONCEPTOS BÁSICOS

**1.2.1 PRODUCTIVIDAD.-** Es un índice (un indicador)

$\text{Productividad} = \frac{\text{Out – put}}{\text{In – put}}$	→ Lo que sale, o resultado
	→ Lo que entra, o se utiliza

La productividad aumenta cuando lo que sale (Out – put) es mas de lo que entra o de lo que es empleado (in – put).

La productividad aumenta cuando lo utilizado o empleado para producir es menos, pudiendo ser lo que sale igual.

### Ejemplos:

- Productividad de materiales: mayor producto con la misma cantidad de material.
- Productividad de mano de obra: mayor producto con el mismo número de mano de obra.
- Supóngase que una compañía manufacturera de calculadoras electrónicas produce 10000 calculadoras empleando 50 personas que trabajan 8 horas diarias durante 25 días . En este caso

$$\begin{aligned}\text{Producción} &= 10000 \text{ Calculadoras} \\ \text{Productividad (del trabajo)} &= \frac{10000}{50 \cdot 8 \cdot 25 \text{ horas/hombre}} \\ &= 1 \text{ calculadora/ hora- hombre}\end{aligned}$$

Factores que afectan la productividad:

- Inversión
- Razón capital /trabajo
- Investigación y Desarrollo
- Capacidad usada
- La vida de la planta y el equipo
- El costo de energía
- Influencia Sindical
- Administración

Técnicas de mejoramiento de la productividad basadas en la tarea son:

- Ingeniería de Métodos
- Medición del Trabajo
- Diseño del Trabajo
- Evaluación del Trabajo
- Diseño de la seguridad en el Trabajo
- Ergonomía
- Programación de la Producción

### 1.2.2 INGENIERÍA DE MÉTODOS

Es la parte de Ingeniería Industrial que tiene como objetivo analizar los métodos de producción, mediante procesos sistemáticos con el propósito de que las operaciones productivas sean:

Mas fáciles  
Con menos costo  
En menor tiempo  
Con menor fatiga laboral  
Con mas calidad  
Con mas seguridad.

### 1.2.3 REINGENIERÍA

“La Reingeniería es el rediseño rápido y radical de los procesos estratégicos y que agregan valor, de manera que el flujo de trabajo y la productividad de la empresa mejoren sustancialmente. Muchas veces cambia todo en los procesos estratégicos, es drástico”.

“Reingeniería es la reconcepción fundamental y el rediseño radical de los procesos de negocios para alcanzar mejoras dramáticas en medidas critica y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez”.

Considerando las cuatro palabras claves de la ultima definición:

- **Fundamental:** La Reingeniería de Procesos requiere de introspección. Un negocio o empresa debe responder a la mas fundamental de las interrogantes:

¿ Por que hacemos lo que hacemos?  
¿Por qué lo hacemos como lo hacemos?

La Reingeniería determina primero QUE debe hacer una empresa u organización; luego, COMO debe hacerlo.

- **Radical:** La Reingeniería de Procesos busca reinventar los negocios, requiere llegar a la raíz de las cosas y rediseñarlos a ese nivel. Rediseñar radicalmente significa descartar todas las estructuras y los procedimientos existentes e innovar nuevas formas de realizar los flujos de trabajo y optimizar el flujo de producción.
- **Dramático:** La Reingeniería de procesos se refiere a la consolidación de mejoras de avances decisivo en el rendimiento de una empresa y no de mejoras incrementales y graduales.
- **Procesos:** Un proceso de negocios consiste en un conjunto de actividades que toma una entrada de recursos y crea una salida de valor para el cliente. Un

proceso del producto principal del negocio, es una serie de actividades enlazadas y/o integradas que satisfacen las necesidades y expectativas del mercado e impulsa la capacidad total de la organización.

Las características fundamentales de un Proyecto de Reingeniería son:

1. Los Programas de Reingeniería tienen que hacerse **rápidamente** porque los altos ejecutivos necesitan resultados en un lapso de tiempo mucho mas corto que nunca antes: los programas de Reingeniería fracasan inevitablemente si tardan demasiado en producir resultados.
2. Los programas de Reingeniería tienen que ser **radicales**, es decir, los resultados deben ser notables y hasta sorprendentes
3. La Reingeniería exige un **rediseño** del proceso enfocado a identificar y realizar en él, las actividades de valor agregado y tratar de eliminar todo lo demás. En empresas con administración funcionalizada, exige la identificación de procesos, el flujo de producción y el flujo de trabajo.

Los elementos que requieren ser identificados en el Programa de Reingeniería son:

- Objetivos: resultados decisivos a ser alcanzados por la empresa.
- Procesos, flujo de producción y flujo de trabajo.
- Procesos estratégicos de valor agregado
- Sistemas, políticas y estructuras.

### **1.3 ETAPAS DE APLICACIÓN DE LA INGENIERIA DE METODOS.-**

La Ingeniería de métodos se puede aplicar en dos grandes etapas:

- Antes de la instalación de la industria.
- Después de la instalación de la industria.

#### **1.- ANTES DE LA INSTALACION.-**

Permite establecer el proceso de producción, este proceso de producción determinará cual será la distribución en planta de todas las instalaciones, así como las necesidades o requerimientos de mano de obra.

- El número de maquinaria, tipo de maquinaria, y capacidad de producción.
- Capacidad productiva, se establece en función a su producción standard, o el tiempo standard correspondiente.

EN UN PROYECTO DE FACTIBILIDAD, SE TIENE COMO PARTES BASICAS LAS SIGUIENTES:

1. Estudio de mercado.
2. Ubicación de la planta.
3. El tamaño de la planta del proyecto.
4. La Ingeniería del proyecto
5. La Evaluación Económica financiera
6. La Evaluación social
7. La evaluación del Impacto Ambiental

La parte técnica es la Ingeniería del proyecto, donde se debe establecer las diferentes etapas del proceso productivo, la distribución de la planta, las capacidades de producción, los tiempos estandarizados, etc., aspectos que forman parte de lo que es la ingeniería de Métodos.

#### **2.- DESPUES DE LA INSTALACION.-** Uno de sus objetivos es el mejoramiento.

La ingeniería de métodos va al mejoramiento de:

Proceso de producción.

Distribución.

Asignación de máquinas.

Organizar equipos de trabajos.

Optimiza recorridos de materiales.

Mejora la seguridad industrial (para evitar accidentes de trabajo)

Resumir la fatiga de los trabajadores



Establecer sistemas de incentivos salariales.

Tomar datos fundamentales para una mejor programación y control de producción.

La base de la ingeniería industrial es la ingeniería de métodos.

Uno de los mas grandes paradigmas pasados, indicaba que cuanto mayor sea el volumen de producción menos debería ser el precio unitarios ( Economías de escala). Hoy se habla de la Desmasificación de la producción.

#### **TIEMPO DE FABRICACION DEL PRODUCTO EN CONDICIONES ACTUALES:**

<b>TIEMPO DE FABRICACION EN LAS CONDICIONES ACTUALES</b>	<b>CONTENIDO BASICO DE TRABAJO</b>	Tiempo realmente requerido para fabricar el producto
	<b>A</b>	Tiempo adicional por el mal Diseño del producto
	<b>B</b>	Tiempo adicional por malos métodos de trabajo. Ej. cortar manualmente o mecánicamente.
	<b>C</b>	Tiempo improductivo debido a una mala administración. Ej. pedidos retrasados, instalaciones en mal estado, falta de repuestos.
	<b>D</b>	Tiempo improductivo adicional debido a los trabajadores. Ej.: ausencias, retrasos, accidentes, indisciplina.

Crece las etapas de producción cuando no existe una buena planificación.

Cuando el trabajador entra tarde A realiza su trabajo.

Ej: Los productos de Taiwan cuestan menos que los de aquí por que solo requiere el tiempo básico y ya no existe A. B. C. D.

Se debe reducir cada uno de estos tiempos adicionales, para los cuales existen técnicas como ser:

	<b>TÉCNICAS PARA REDUCIR EL TIEMPO ADICIONAL</b>
<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudios de mercado para analizar cuales son las exigencias de los consumidores y estas exigencias adecuarlas al diseño del producto ( diseño industrial)</li> <li>- Investigación del producto (diseño industrial)</li> <li>- Normalización del producto.</li> <li>- Técnicas que nos permiten mejorar el diseño del producto.</li> </ul>
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingeniería de Métodos eliminar el método inadecuado</li> <li>- Planeamiento y Control de la Producción</li> <li>- Adiestramiento del Personal</li> <li>- Control de calidad</li> </ul>
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos, Ingeniería de Métodos, Proyectos,</li> <li>- Planeamiento y Control de la Producción, Mano de Obra, Seguridad Industrial,</li> <li>- Investigación Operativa, Investigación de Mercados.</li> </ul>
<b>D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administración de personal, estableciendo disciplinas.</li> <li>- Normas y cursos de Seguridad Industrial</li> <li>- Política de incentivos, bonos de producción, dar un día libre.</li> </ul>

### ***Como Aplicar un trabajo de Ingenieria de Metodos?***

Cuando un consultor en ingeniería de métodos quiere realizar un trabajo de mejoramiento en una industria, deberá primeramente:

- Despertar el interés del Gerente.
- Ver la industria.

El problema u objetivo del Ingeniero Industrial es mantener o mejorar la producción, establecer el ritmo standard de la producción.

El Ingeniero de planta debe saber cual es el ritmo de producción.

La ingeniería de métodos permite establecer parámetros.

El capataz es el conocedor de su sección, un ingeniero no debe dar ordenes al personal porque el que debe hacerlo es el capataz, tampoco debe responder preguntas técnicas al personal, que no correspondan a la ingeniería de métodos, tampoco se debe llamar la atención a los trabajadores ni al capataz cuando hagan Algo mal en público, se debe llamar la atención a solas y se debe indicar exactamente lo que hizo mal, y luego indicar que lo debe hacer mejor.

Se debe aprovechar toda la información que tengan, también hacer participar o hacer que el trabajador participe del proceso un incentivo para que los trabajadores trabajen más es facilitarles el trabajo (mejoras del proceso) con la mayor seguridad; de esta manera se podrá obtener la ayuda de los trabajadores.

#### **METODO PARA RESOLVER PROBLEMAS.-**

- Determinar claramente el problema.
- Recabar toda la información posible acerca del problema.
- Analizar la información obtenida, imparcialmente.
- Buscar alternativas de (información) solución, como: Dejar pasar el tiempo, hacer algo, la estrategia general es no hacer nada.
- Elegir o seleccionar la mejor alternativa.
- Aplicación de la alternativa elegida (tomar acciones  $\Rightarrow$  responsables).
- Evaluación, control de los resultados obtenidos, (en este punto se debe hacer un Big-Ban), si el resultado obtenido no es el deseado  $\Rightarrow$  regresar al punto 4.

## CAPITULO 2:

### INGENIERIA DE METODOS

La Ingeniería de Métodos tiene dos grandes grupos o técnicas:

- a) **Estudio de Métodos:** Es el conjunto de técnicas que nos permite analizar y mejorar los métodos de producción.
- b) **Medición del trabajo:** Es un conjunto de técnicas que nos permite determinar el tiempo en el que un trabajador calificado puede realizar una tarea de acuerdo a un procedimiento pre - establecido.

#### 2.1 ESTUDIO DE METODOS

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los métodos existentes y proyectados de llevar a cabo una tarea. Es una forma que permite idear y aplicar métodos mas eficaces y al menor costo.

La ingeniería de métodos tiene las siguientes etapas:

Etapa 1: Se comienza con: seleccionar el trabajo (proceso) en el cual se hará la mejora, en esta etapa vamos a limitar el estudio de métodos.

Etapa 2: Registro de todo lo concerniente al trabajo donde se hará la mejora, este registro tiene instrumentos que nos permite tener mayor información: Diagramas, esquemas, planos, etc.

Etapa 3: Examen crítico de la información obtenida, esto nos permitirá buscar alternativas o buscar o buscar nuevas ideas.

Etapa 4: Idear un nuevo método, ya sea realizando una mejora del método anterior.

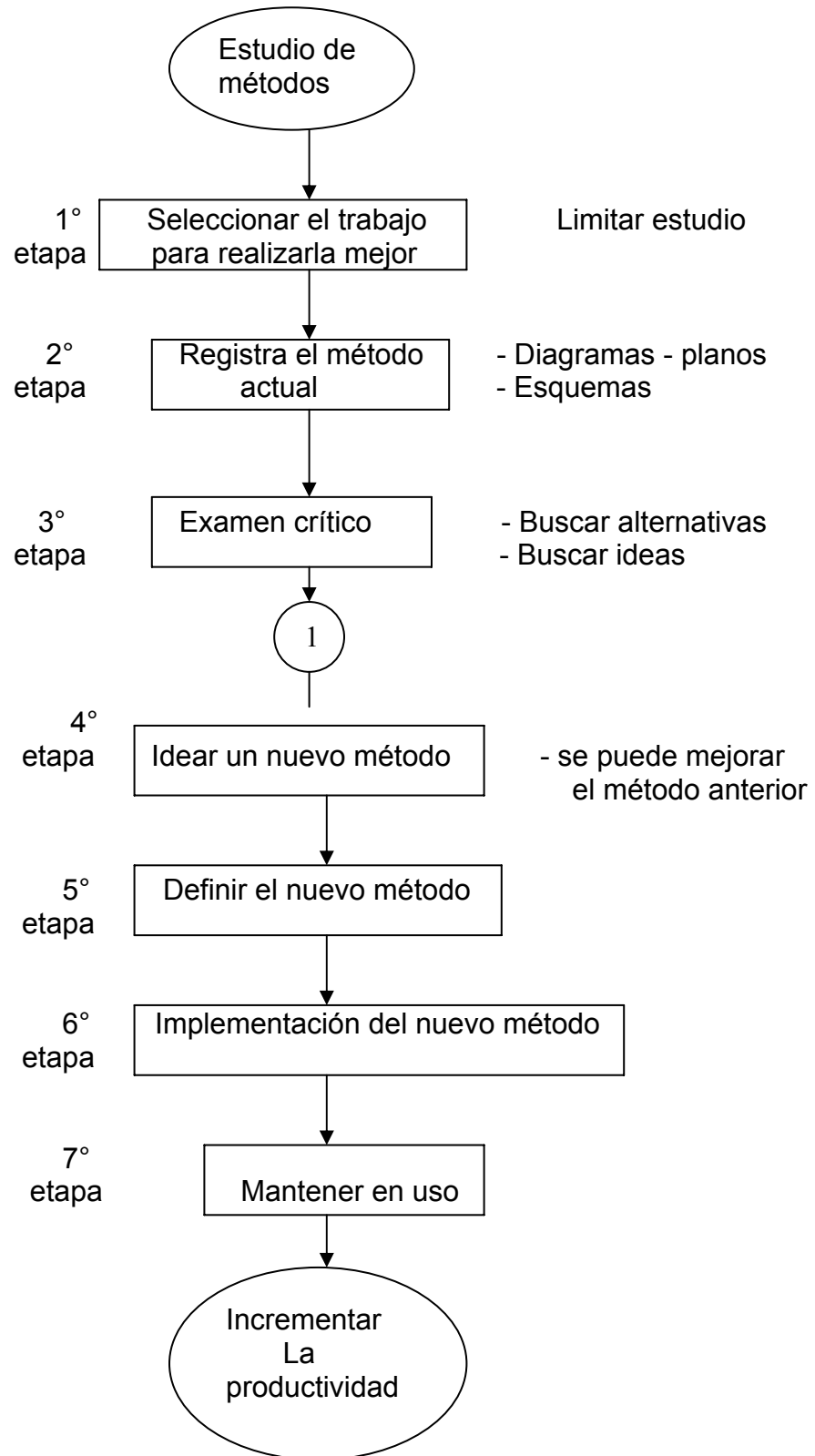
Etapa 5: Definir claramente el nuevo método, dando instrucciones precisas de lo que debemos hacer.

Etapa 6: Implantación del nuevo método, llevarlo a la práctica y hacerlo funcionar.

Etapa 7: Mantener el nuevo método en curso (existe evaluación).

Todo esto para buscar mas productividad en la empresa.

Podemos mejorar: - Diseño de máquinas y herramientas  
- Usar mejor las materias primas  
- mejorar la distribución en planta.



Se debe considerar tres factores al hacer un estudio de métodos:

- Factor económico
- Factor técnico
- Factor humano

**1. Factor de Orden Económico.-** El objetivo principal es de minimizar costos.

Desde este punto de vista vale la pena estudiar:

- Cuellos de botella; falta de capacidad de la maquinaria, rendimiento del trabajador. Se acumula material, demora en la producción, eleva costos, se disminuye el espacio al acumularse material,,, existe capital inmovilizado.
- Grandes desplazamientos; son valores que no agregan valor al producto.
- Operaciones de gran mano de obra; operaciones manuales que son generalmente operaciones repetitivas.
- Operaciones que duran mucho tiempo; la operación que dura mas es la que establece el ritmo de la línea, no necesariamente se da el cuello de botella.

Para hacer un estudio de metidos debe atacarse la operación que mas dura.

**2. Factor de Orden Técnico .-** El objetivo es el de mejorar los bajos rendimientos

Se debe evaluar:

- El mejoramiento de la calidad, tomando en cuenta las etapas claves que establecen la calidad, es decir las etapas donde se procesan características de calidad del producto.
- Etapas, puestos, secciones, donde se vea riesgo.

**3. Factor de orden humano.-** El objetivo es el de hacer que el trabajador se identifique con el producto.

Se debe analizar:

- Operaciones peligrosas o tóxicas.
- Operaciones fatigosas.
- Trabajos monótonos.

La persona clave en un estudio de métodos es el CAPATAZ.

No debemos dar ordenes a los trabajadores

No presentarse a si mismo

No demostrar desde un principio que se conoce el proceso

No llamar la atención a los trabajadores cuando cometen errores

No responder a la consulta de los trabajadores

## LAS TEORIAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL TRABAJADOR

Teoría x: Considera al trabajador flojo.

Teoría y: Considera al trabajador honrado, trabaja sin paga, voluntarioso.

Teoría z: El trabajador se comporta como x o y dependiendo de las  
Circunstancias.

Para ser analista de métodos debemos considerar al obrero como ser humano.

## 2.2 ANÁLISIS POR MENORIZADO DE CADA ETAPA

### PRIMERA ETAPA: SELECCIÓN DEL TRABAJO.-

En primer lugar se debe seleccionar el trabajo sobre el cual se puede hacer un estudio de métodos.

Se debe partir de la premisa de que “Todo método puede ser mejorado”.

Se debe escoger el trabajo o proceso sobre el cual se va aplicar las técnicas de la ingeniería de métodos o de la reingeniería para obtener un mejoramiento o un cambio radical que permita mejoras en la productividad y consecuentemente una disminución en los costos y mayores ingresos.

### CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TRABAJO:

a) ECONOMICOS.- Se debe seleccionar trabajos donde la mejora represente un ventaja económica para la empresa.

Bajo este criterio se pueden escoger :

a).- Los cuellos de botella

b).- las operaciones que tiene mayor duración dentro del proceso

c).- Las operaciones manuales.

Ejemplos:

- Preparado \_\_\_\_ 15 piezas / hora
- Doblado ----- 120 piezas 1 hora
- Pintado ----- 30 piezas 1 hora
- Armado..----- 15 piezas 1 hora

#### b) CRITERIOS TECNICOS.-

Muchas veces por razones técnicas se deberá escoger un puesto de trabajo, una sección o una etapa del proceso, ya que cualquier mejora que se podría efectuar tendría una repercusión inmediata en todo el proceso productivo.

También existe la posibilidad de que aspectos técnicos imposibilite la selección de un puesto de trabajo, una sección o una etapa del proceso, puesto que por razones técnicas no es posible acelerar el proceso. Ejemplo: acelerar el enfriado, aumentar la velocidad, etc.

#### c) CRITERIOS HUMANOS DE SEGURIDAD.-

Muchas veces, se deberá escoger un puesto de trabajo, una sección o una etapa del proceso, por el riesgo que este implica para la salud de los trabajadores ya que cualquier mejora independientemente a su beneficio económico, podría significar el precautelar la salud e integridad física de los trabajadores.

#### **SEGUNDA ETAPA.- EL REGISTRO DE LO QUE SE HACE**

Para realizar el registro del trabajo seleccionado se tiene una serie de herramientas como son los diagramas .

Estos diagramas nos permiten tomar la información necesaria en forma sistemática.

Entre los principales diagramas para registro Tenemos:

- El cursograma analítico
- El Curso grama sinóptico
- El diagrama de actividades múltiples
- El diagrama de recorrido
- El diagrama Bimanual
- El Simograma
- Etc.



## **CURSOGRAMA SINOPTICO**

Es un diagrama que nos permite representar en forma general de como se suceden las principales operaciones e inspecciones de un proceso productivo.

Este cursograma permite representar los movimientos en que entra material al proceso productivo, como las operaciones que se realizan para transformar la materia prima en producto terminado. No considera aquellas operaciones que tienen que ver con el manejo o transporte de materiales. Se representa también las inspecciones que se efectúa, se incluye además toda aquella información que el ingeniero de métodos crea conveniente.

En un cursograma sinóptico están representados generalmente las operaciones más importantes del proceso productivo.

El cursograma sinóptico emplea únicamente dos símbolos:



De acuerdo a norma tiene "3/8 " de diámetro, indica una operación.



De lado 3/8" de acuerdo a norma, indica una inspección.

Operación, es toda transformación intencional que se realiza en una etapa de producción.

Inspección, es el examen de la parte en proceso para determinar la cantidad y/o la calidad.

Para el cursograma sinóptico no se tiene un formato preestablecido, generalmente se usa una hoja grande.

### **PASOS PARA LA ELABORACION DEL CURSOGRAMA SINOPTICO**

#### **1.- Identificación del cursograma**

- Título del cursograma.
- Nombre de la empresa.
- Sección donde se hace el cursograma.
- Producto.
- Nombre del analista de métodos.
- Método empleado.
- Fecha de elaboración.
- Nombre de la persona que aprueba y fecha de aprobación.

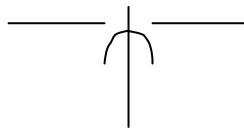
**2.-** La representación del material que ingresa, mediante una línea horizontal, sobre la cual se especifica las características del material.

Cuando se realiza un montaje, en el material de la pieza más importante, a la derecha de la hoja, secundaria a la izquierda.

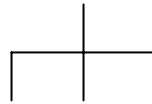
**3.-** Las líneas verticales representan al proceso, se va intercalando en éstas, las operaciones y controles que se realizan. Las líneas horizontales y verticales, no se pueden cruzar. Salvo alguna situación de fuerza mayor.

**4.-** Se debe comenzar por el elemento mayor (por la pieza más grande). En el caso de montaje el elemento mayor debe estar al lado derecho, en el caso de desmontaje el elemento mayor debe estar al lado izquierdo de la hoja.

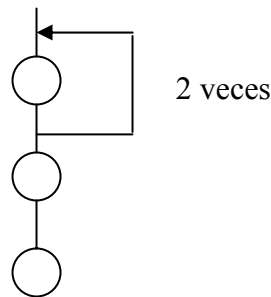
**5.-** Las operaciones e inspecciones se enumeran en forma independiente y sucesiva según el proceso.



**6.-** Cuando se quiere indicar un cambio de estado o de tamaño, la línea vertical se corta en paralelas de acuerdo al estado.



**7.-** Cuando se tiene repeticiones se dibuja la línea hasta que retorna, se hace un ciclo.



**8.-** Se debe tener un cuadro resumen donde se tiene las operaciones y las inspecciones.

## Ejemplo:

### Cursograma Sinóptico

Proceso: Fabricación de material escolar

Nombre de la parte: pizarra

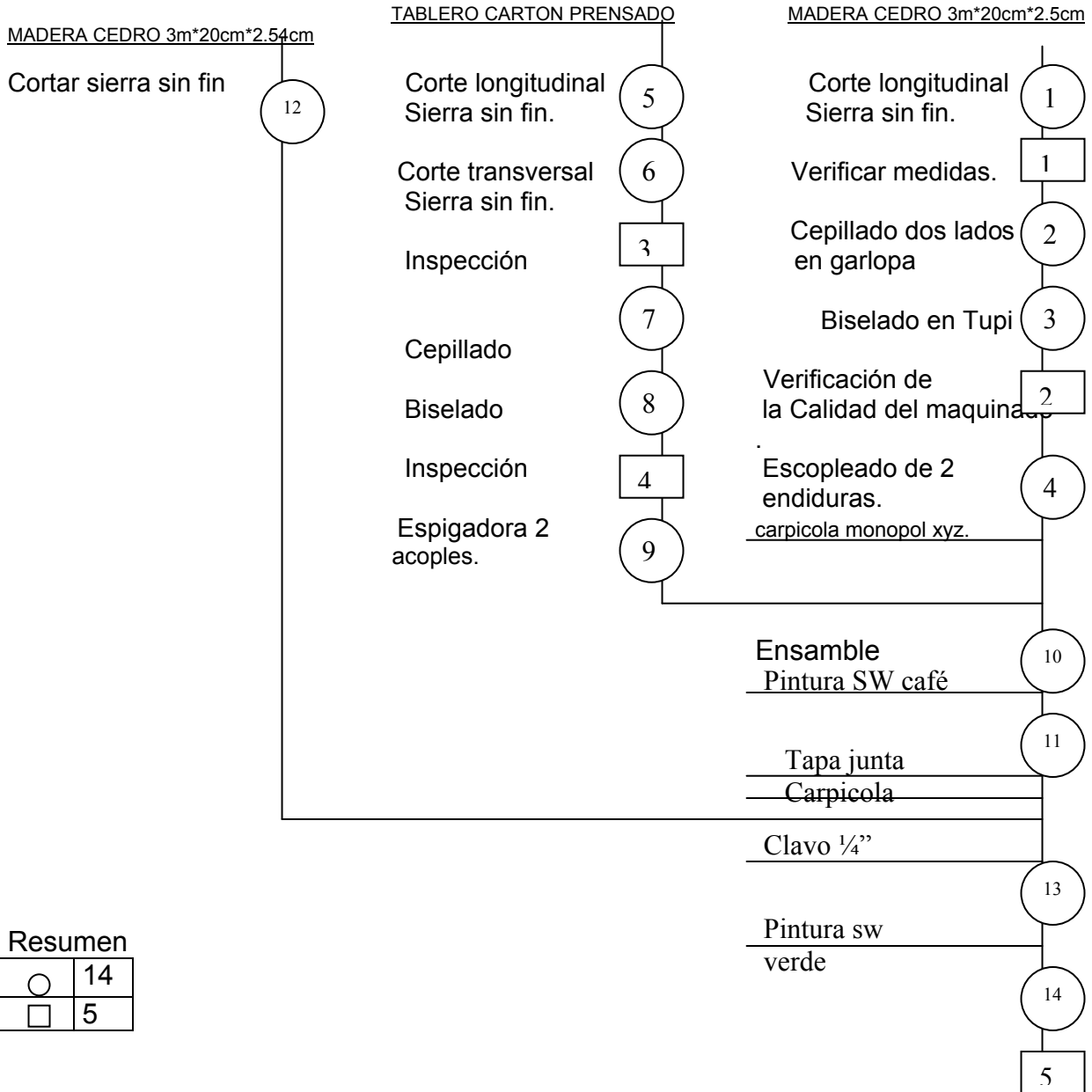
Método: actual

Nombre del analista: Ing. J.L.M.D

Fecha de análisis: 17/V/2000

Fecha de aprobación: 17/v/2001-06-26

Persona que aprueba: Ing. Alfredo Cosío



## **CURSOGRAMA ANALITICO**

Permite analizar el proceso productivo en todo su detalle incluyendo las operaciones de transporte de materiales.

### **SIMBOLOGIA**



Operación, es todo paso hacia delante dentro del proceso de transformación.



Inspección, es la verificación de la cantidad o calidad del producto en proceso.



Transporte, es el movimiento de material.



Demora, o espera, amaestramiento temporal del material sin autorización alguna.



Almacenamiento, es el depósito del material con autorización.

Este cursograma permite símbolos combinados.



Transporte e inspección.



Operación que inspecciona a la vez

## FORMATO DEL CURSOGRAMA ANALITICO

Material/Operario/Equipo:

Proceso:

Método:

Analista:

Fecha:

Nombre del que aprueba:

Fecha de aprobación:

Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Operación	13	10	3
Inspección	5	1	4
Trasporte	7	2	5
Demora	2	0	2
Almacenado	3	1	2

Descripción	Cantidad (uds.)	Tiempo (min.)	Distancia (m.)	Símbolos					Observaciones
				○	□	⇒	D	▽	
Corte en cierra circular Transpte a cepilladora Verificación de cepilla.									

No se representa la introducción de material, solamente se analiza lo que está pasando en el proceso. Se pueden representar operaciones repetitivas, y también operaciones al mismo tiempo. El objetivo de un cursograma analítico, es hacer una representación de todo el proceso productivo. También nos permite encontrar los costos ocultos que no agregan valor al producto, como ser: las demoras, los transportes, los almacenamientos y las inspecciones

Se tiene que disminuir estos costos ocultos, para disminuir la mano de obra, tiempo, reducir ñas distancias y sea reorganizada la maquinaria, los puestos de trabajo, fes decir, redistribución de la planta.

### Ejemplo:

En una lavandería, las prendas se reciben en el mostrador de la lavandería, se inspecciona, se las coloca en un canastillo y se las lleva en el mismo canastillo hasta

las máquinas lavadoras(cada máquina tiene una capacidad de 20 Kgr se cuentan con cinco máquinas; suponer que existe demora) donde de acuerdo al turno de llegada son lavadas. A continuación en carritos metálicos se lleva ropa a las secadoras (cada máquina tiene una capacidad de 10Kgr y se cuenta con cinco de estas máquinas). Después de secada la ropa es inspeccionada para pasar a la sección de planchado (suponer que no existe demora) donde la ropa es seleccionada de acuerdo a las marcas. Se plancha y se lleva a la mesa de empaquetado, y finalmente a los estantes de almacenamiento.

### Cursograma Analítico

Proceso: Lavandería

Método: Actual

Analista:

Fecha: 21/V/2000

Nombre del que aprueba:

Fecha de aprobación:

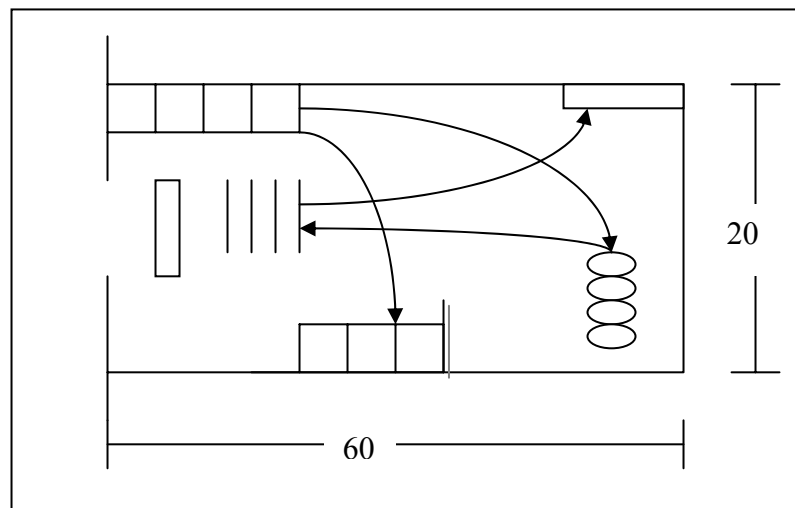
Actividad	Actual	Propuesto
Economía		
Operación		
Inspección		
Transporte		
—		

Descripción	Cantidad (uds.)	Tiempo (min.)	Distancia (m.)	Símbolos					Observaciones
				○	□	⇒	D	▽	
Recepción de				*					
prendas									
Inspección de					*				
prendas									
A mesa de marcar						*			
Marcado				*					
A lavandería						*			
Lavado				*					
A secadoras						*			
Demora							*		
Secado				*					
Inspección					*				
A planchado						*			
Planchado				*					

A empaquetado				*				
Embolsado				*				
Empaquetado				*				
A estantes					*			
Almacenamiento							*	

**DIAGRAMA DE RECORRIDO;** es un plano a escala de la planta o de la sección , considerando toda la maquinaria existente, mobiliario e instalaciones y sobre el cual se traza el recorrido que tiene el material en proceso, el operario o el equipo.

Cuando existen más de dos plantas, el transporte es mucho más costoso ya que para elevar el material en proceso se requiere de equipos especiales, por lo tanto solo se utiliza en caso que el proceso así lo requiera.



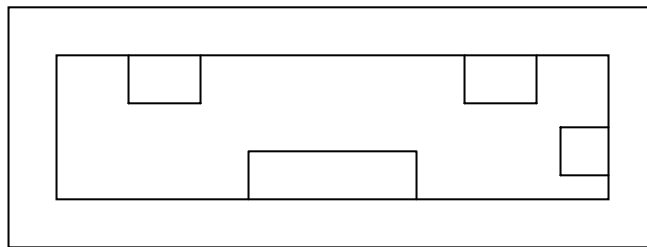
Movimiento  
de la  
trayectoria  
del material.

**DIAGRAMAS DE MODELOS;** son una representación generalmente a escala de la planta donde las instalaciones, maquinaria y áreas de trabajos se representan a través de modelos a escala.

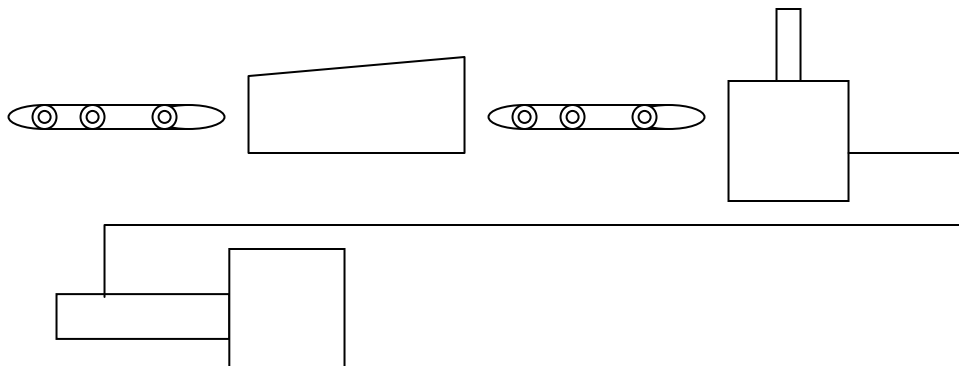
Este tipo de diagramas es importante porque se puede ver la concepción espacial, de alturas, de distribución.

**DIAGRAMAS DE HILOS;** es un plano o modelo a escala en que se sigue y se mide con u hilo el trayecto de los trabajadores, de los materiales o del equipo durante una sucesión determinada de hechos.

Este diagrama sirve para poder establecer los flujos muy transitados y las trayectorias más adecuadas.



**LAY OUT;** representa el proceso productivo con una esquematización de la maquinaria. Para su representación no existe una norma.





### **TERCERA ETAPA: ANÁLISIS CRÍTICO E IMPARCIAL**

El objetivo consiste en examinar en forma crítica e imparcial las actividades que tenemos registradas y las condiciones de proceso.

Existen 2 métodos, el primero es la técnica del interrogatorio y el segundo es el análisis de operaciones.

#### **TECNICA DEL INTERROGATORIO.-**

Consiste en analizar secuencialmente el objetivo de cada actividad, el lugar, momento, persona y forma en que se realiza, sometiendo cada aspecto a dos grupos de preguntas cada aspecto las cuales son preguntas preliminares las primeras y las segundas de fondo.

*Preguntas preliminares:* Busca una respuesta justificada a cada una de las preguntas.

Propósito: Qué se hace en esta actividad?  
Porqué se hace?

Lugar : Dónde se hace?  
Porqué se hace?

Sucesión: Cuándo se hace?  
Porqué se hace?

Persona Quién lo hace?  
Porqué se hace?

Medios: Cómo se hace?  
Porqué se hace?

Preguntas de fondo: segunda parte de la técnica del interrogatorio, prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si es posible mejorar el método empleado, si es factible y preferible reemplazar por otro el lugar, la sucesión, la persona y los medios o todos a la vez.

Propósito: Qué otra cosa podría hacerse?  
Qué se debería hacer?

Lugar : En qué otro lugar podría hacerse?  
Dónde debería hacerse?

Sucesión: En qué otro momento podría hacerse?  
Cuándo debería hacerse?

Persona Qué otra persona podría hacerlo?  
Quién debería hacerlo?

Medios: De qué otra forma, modo podría hacerlo?  
Como debería hacerse?

Estas preguntas se deben aplicar a cada una de las actividades ya sea de un cursograma analítico u otro.

#### PREGUNTAS PRELIMINARES

Objetivo: Que se hace?  
Por que se hace?

Lugar: Donde se hace?  
Porque se hace en ese lugar?

#### PREGUNTAS DE FONDO

Que otra cosa podría hacerse?  
Que debería hacerse

En que otro lugar se podría hacerse?  
Donde debería hacerse?

	Cuando se hace?	En que otro momento podría hacerse?
Momento:	Porque se hace en ese momento?	En que momento debería hacerse?
	Como se hace?	Que otra persona podría hacerse?
Forma:	Porque se hace de esa forma?	De que forma debería hacerse?

Las preguntas anteriores debe hacerse a cada actividad y las preguntas se hacen a la persona más idónea el trabajador y el ingeniero de planta.

ANALISIS OPERACIONAL.- Se constituye en una segunda técnica, se define como un procedimiento sistemático empleado en el estudio de los factores que afectan el método general de ejecutar una determinada operación "actividad"

MAYNARD:

Los nueve factores de Maynard son:

- \* 1° El propósito de la operación.
- 2° La investigación completa de las operaciones o producto
- 3° Requisitos de inspección.
- \* 4° Materiales.
- \* 5° Manipulación de materiales
- 6° Las instalaciones, los equipos y las herramientas
- 7° Las posibilidades comunes de mejora
- 8° Las condiciones de trabajo
- 9° El método.

Las diez estrategias de Westinghouse son:

- 1° Propósito de la operación.
- 2° Diseño de la parte
- 3° Tolerancias.
- 4° Materiales
- 5° Proceso de fabricación.
- 6° Preparación herramental.
- 7° Condiciones de trabajo
- 8° Manipulación.
- 9° Disposición de planta.
- 10° Principios de la economía de movimiento.

## DESARROLLO DE LAS DIEZ ESTRATEGIAS

1ra. Estrategia: PROPOSITO DE LA OPERACIÓN.-

Coincide con la técnica del interrogatorio porque es necesario determinar el fin de un proceso u operación productiva. En caso de no tener sentido se debe considerar:

Existe la posibilidad de eliminar “actividades”  
Existe la posibilidad de combinar “actividades”

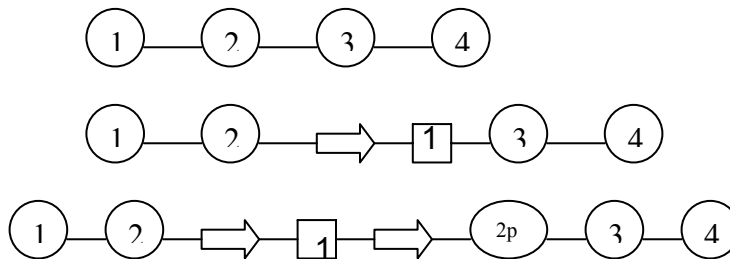
Con este objetivo se deberá efectuar a cada operación o actividad las siguientes preguntas:

- 1°Cuál es la finalidad de esta actividad?
- 2° El resultado que se consigue es importante?
- 3° Por qué es importante?

Las respuestas nos darán una pauta para mantener la actividad o en su caso eliminarla o combinarla

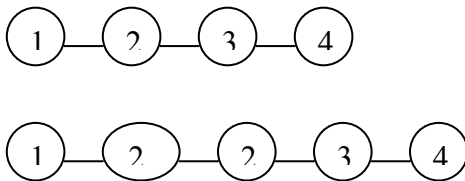
Porque de estas “actividades” innecesarias ?

- 1° Por una mala planificación de todo el proceso o mal proyecto de fabrica.
- 2° Por la incorrecta operación anterior (o famosos pánicos).



Si el defecto esta en dos se  
Debe inspeccionar con un  
Previo transporte, si surgen  
Productos malos estos se  
recuperan con una opera-  
ción más.

- 3° para facilitar la operación siguiente, se añade una operación para seleccionar material.



- 4° Para dar mejor apariencia al producto
- 5° Cuando se usa herramientas o equipos inadecuados

Las operaciones innecesarias la mayoría de las veces no agregan valor al producto.

#### INVESTIGACION COMPLETA DE LAS OPERACIONES.-

2°.- Dirigido a investigar la secuencia completa de operaciones que existe en un proceso.

Ejm: Puede ser que una operación se justifique por si misma pero en conjunto es totalmente innecesaria, el mejor instrumento para estudiar esto, es un cursograma. Dentro de un proceso debe analizarse si cada proceso esta en la secuencia adecuada y la combinación de otras operaciones ya que muchas veces es posible dividir una operación para unir con otras.

Muchas veces es posible la simplificación que utiliza bastante tecnología.

- secuencia adecuada.
- combinación → dividir.
- simplificación → facilita una red de computadoras este punto.

## 2da. Estrategia: DISEÑO DEL PRODUCTO O DE LA PARTE

Se parte de la premisa de que “todo diseño puede ser mejorado”, por lo que los diseños no debe ser permanentes buscando especialmente que su manufactura sea la más económica posible.

Para mejorar un diseño se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

Reducir el numero de partes componentes.

Reducir el numero de operaciones.

Utilizar un mejor material (más fácil de procesar)

Liberar las tolerancias y confiar en la exactitud d ellas operaciones “claves”.

## 3ra. Estrategia: TOLERANCIAS Y ESPECIFICACIONES

Se inspecciona el material, producto, proceso materiales, mano de obra, para poder inspeccionar se necesita fundamentalmente establecer una standarización se determina los puntos de inspección que se encuentran en aquellos puntos donde se efectúa las características de calidad del producto, cuando se standariza se especifica el producto y el procedimiento.

Características de calidad son aquellos que exige el cliente.

## 4ta. Estrategia: MATERIALES.-

4°.- Se determina que cuesta más en un producto el cual es el material, por esta razón constituye un análisis de:

1.- Analizar la posibilidad de usar materiales más económicos. Ejemplo. Plásticos

2.- Materiales más fáciles de procesar. Ejemplo. El peltre que es una aleación de estaño T fundir < 100°C

3.-usar más económicamente el material, significa ahorrar material.

4.- Se debe ver la posibilidad de reciclar el material, haciendo productos secundarios.

## 5ta. Estrategia: PROCESO DE FABRICACIÓN.

Dentro del proceso de mejoramiento de los procesos de fabricación se deben tener en consideración los siguientes 4 aspectos:

Los efectos sobre las operaciones posteriores al cambiar la operación actual.

La mecanización de las operaciones manuales.

La utilización de mejores maquinas y herramientas en las operaciones mecánicas.

La operación más eficiente de los dispositivos e instalaciones mecánicas.

## 6ta. Estrategia: PREPARACIÓN Y HERRAMENTAL.

El operario pierde tiempo en ir a recoger herramental del almacén de herramientas, para solucionar este problema se plantea lo siguiente:

1.- Reducir el tiempo al mínimo para ello debe asignarse el trabajo de preparación a otro obrero.

- El movimiento del obrero debe ser lo más corto posible.

2.- Otorgar herramienta adecuada para que el trabajador realice su trabajo adecuadamente.

3.- Ver que dispositivos requiere para esa preparación y hacer que esta sea más eficiente.

Ejemplo: plantillas “dispositivos que se requiere para preparación más eficiente”.

1.- Planificación adecuada, con el objetivo principal de reducir el tiempo.

Los factores de los que depende las instalaciones y herramental son:

1.- Cantidad a producir. (número de unidades)

2.- Frecuencia de pedido. (cada cuanto)

3.- Cantidad de trabajo. (tiempo en producción)

4.- Capital disponible (mediante un análisis de costo)

5.- Recursos humanos disponibles que depende de la cantidad a producir y del capital disponible, este factor debe considerarse en una buena planificación.

#### 7ma. Estrategia: CONDICIONES DE TRABAJO.-

Abarca las condiciones de toda la empresa o el medio de la empresa en el cual el trabajo puede afectar la salud del trabajador, para evitar se debe asignar buenas condiciones de trabajo. La salud se considera al equilibrio físico psíquico y social.

Las posibles enfermedades a obtener en una industria son:

- Accidente de trabajo.- Es la pérdida instantánea de salud ocasionado por mecanismos.

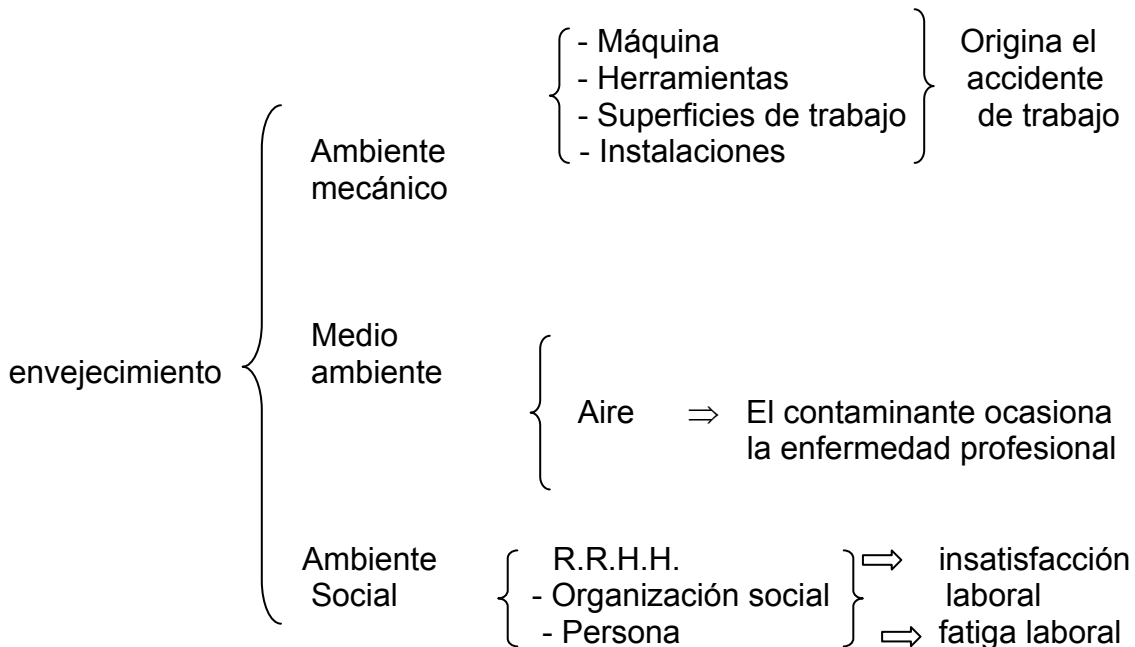
- Enfermedad profesional.- Es la pérdida de la salud a consecuencia de una exposición excesiva ante los varios contaminantes existentes estos contaminantes claro esta que son industriales. Ejemplo, la silicosis, una enfermedad irreversible, cáncer en los pulmones debido al asbesto.

- Fatiga laboral, física y mental.- La fatiga es un mecanismo de auto - defensa del organismo que frena la actividad laboral.

- Fatiga mental.- Es un estrés ocasionado por la constante tensión y preocupación, la cual afecta al organismo ejemplo con una acidez estomacal.

- Insatisfacción laboral.- Problema psicológico que surge por la falta de poder demostrar nuestra capacidad.
- Envejecimiento prematuro.- Envejecimiento en el físico ocasionado por el exceso de esfuerzo realizado durante varios años.

#### RIESGOS PROFESIONALES:



Los accidentes se evitan mediante condiciones adecuadas de trabajo, para ello tenemos las siguientes técnicas que nos permita controlar los riesgos profesionales.

#### Técnicas preventivas.-

1.- Seguridad Industrial.- Conjunto de técnicas dirigidas a evitar únicamente el accidente de trabajo, mediante un control que determine las causas y luego eliminarlas, para ello se utiliza la inspección.

Las enfermedades profesionales se solucionan con higiene industrial.

2.- Higiene Industrial.- Conjunto de técnicas que van a evitar que el obrero obtenga enfermedades profesionales mediante un control de contaminante.

La fatiga laboral se soluciona con la ergonomía.

3.- Ergonomía.- Es un conjunto de técnicas que en el campo industrial procura adoptar el puesto de trabajo al operario, buscando facilidades o que el obrero se sienta cómodo.

La fatiga laboral también se debe a la mala administración del personal, en el caso de fatiga laboral por ejemplo existe el estrés térmico.



Estrés Térmico.- La temperatura en el trabajo y el tiempo de recuperación deben considerarse en este parámetro.

La insatisfacción laboral es psicológica y depende más de una persona en esta se rompe el equilibrio físico – psíquico y la técnica para solucionarla es la psicología laboral.

4.-Psicosociología Laboral.- Combinación de dos ramas que son la psicología y la sociología.

No existe una técnica para evitar el envejecimiento prematuro.

5.- La capacitación ,que se considera una educación y se realiza para evitar los riesgos profesionales.

6.- La política empresarial, mediante esta el empresario debe introducir esta técnica en su empresa para evitar riesgos profesionales.

La capacitación debe ser permanente o continua, ya que el desarrollo humano o capital humano será el factor mas importante de producción y el recurso más caro en el futuro.

La O.M.S. ha establecido que:

Seguridad industrial	→	seguridad ocupacional
Higiene industrial	→	higiene ocupacional

Los riesgos profesionales considerados como daños a la salud son: accidentes de trabajo y enfermedad profesional.

Contaminantes: Es todo cambio en el ambiente de trabajo que puede producir daños a la salud de trabajador.

Se clasifican en químicos, físicos y biológicos.

Contaminantes Químicos:

Son sustancias orgánicas, inorgánicas, minerales, vegetales que se producen durante la producción y que pueden dañar la salud del obrero: se divide en:

Sólidos.- Son partículas suspendidas en el aire que pueden; polvos o fibras que según su tamaño el daño puede ser mayor o menor, humos, fumos que son partículas procedentes de la solidificación de los metales fundidos.

Líquidos.- Tenemos los siguientes:

Nieblas.- Son gotículas suspendidas en el aire e invisibles a la vista que dañan la piel.

Sprays.- Son visibles a la vista, estas son expulsadas por las máquinas.

Gaseosas.- Todos los gases son contaminantes ya sea en mayor o en menor escala.

Vapor.- Es el estado gaseoso de una sustancia que normalmente esta en estado líquido y depende de la sustancia el grado de contaminación.

Contaminantes Físicos.-

Son manifestaciones energéticas que se originan a consecuencia del trabajo existiendo las siguientes.

Ruido.- Provoca sordera a una medida mayor a 85 d b. Se mide con el sonometro

Vibración.- Existe el riesgo de desprendimiento de órganos internos, ejemplo desprendimiento de riñones, se mide con el sonometro o acelerómetro, provoca problemas nerviosos.

Radiación.-

- Ionizantes.- Son:  $\alpha$ ,  $\beta$ , gama, rayos x, esta radiación ioniza el átomo y en consecuencia cambia su estructura, de este hecho proviene el cáncer.

No ionizantes.-

- Ultra violetas.- Soldadura al arco es su origen de estas.

- Infrarojas.- Ocasiona la esterilidad.

- UHF, microondas.- Microondas genera calor del centro hacia fuera de un elemento, provocando la esterilidad en varones,

- Campos magnéticos y eléctricos.- Se generan en hidroeléctricas y ocasionan insatisfacción laboral.

- Iluminación.- Provoca ceguera.

Contaminantes Biológicos:

Son elementos vivos que se generan o utilizan en el ambiente de trabajo, entre estos de tienen los Virus y bacterias.

## 8va. Estrategia: MANIPULACION DE MATERIALES:

Se refiere al movimiento o al manejo de los materiales.

La manipulación o transporte de los materiales, no agrega valor al producto y se convierte en un costo porque no transforma material.

Los criterios para optimizar esta actividad son:

1.- En el diseño de una planta; se debe realizar este de modo que los materiales estén a la misma altura que la superficie de trabajo para facilitar la manipulación de materiales.

“un hombre debe levantar menos o igual a 50kg”

“una mujer debe levantar menos o igual a 25kg”

2.- Se debe acortar las distancias al mínimo, no se puede acortar demasiado porque tiene que existir un área de trabajo.

3.- Usar la energía más barata que esta fuerza se debe considerar en el mismo lugar de trabajo.

4.- Procurar manipular “por montón”

5.- Otorgar “recipientes en el número adecuado, recipientes pueden ser carritos de mano, cajones, etc

6.- Realizar trabajos que corresponden a la especialidad de cada obrero.

“Leer la meta”

7.- Mantener las áreas de circulación de materiales libres o despejadas.

8.- Utilizar equipo adecuado para manipular materiales entre los equipos tenemos.

- correa de transporte

- carritos de mano

- grúa

- montacarga móvil de horquillas

- palet

- cables con roldanas

- pala mecánica

-camiones

tobogán

- sistema de rodillos

- puente grúa

- cangilones

- carros eléctricos.

TAREA.- Lista de equipos para manipular materiales.

## 9na. Estrategia: DISPOSICION DE LA FABRICA

Para la disposición de una fabrica, se debe ver en este análisis la posibilidad de estudiar las formas de llevar a cabo los procesos y depende de: los siguientes aspectos influyen en la disposicion:

### 1.- Peso, tamaño y movilidad del producto.

La distribución en planta depende del peso, tamaño y movilidad de producto en proceso.

Ejemplo: Fabricación de un reloj a cuarzo y de un barco cisterna.

Para la fabricación de un buque cisterna las operaciones van al buque que no se mueve. En cambio para fabricar un reloj, el producto se puede mover para cada operación..

2.- La complejidad del producto. Ejemplo, fabricación de un satélite cuyas partes son fabricados en distintos sitios, este punto influye mucho en el método del proceso de fabricación.

3.- Duración de cada etapa del proceso Vs. tiempo de movimiento.

Cuando el tiempo de duración de cada etapa es distinto del tiempo de movimiento se debe al método, o sea,

4.- Grado de automatización, depende fundamentalmente del capital que dispongamos.

5.- Disposición de la planta, en este influyen los cuatro aspectos anteriores.

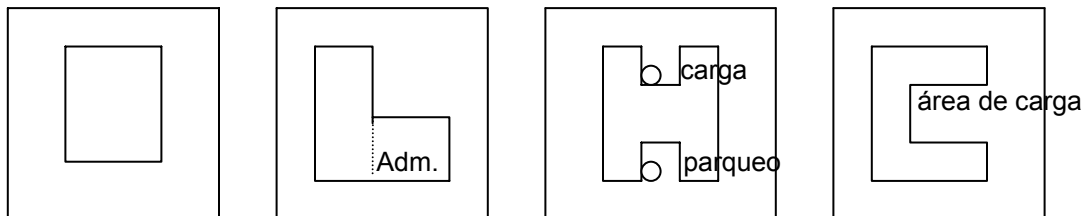
### FORMAS DE PLANTAS INDUSTRIALES.-

- La planta mas corriente es la que tiene forma de I o un galpón.

- La forma L, en esta existe un área administrativa y otra industrial.

- La forma H, toma en cuenta área de circulación administrativa, parqueo, y otra área de carga.

- La forma C, donde se aprovecha un área de carga que es de fácil acceso a las naves industriales.

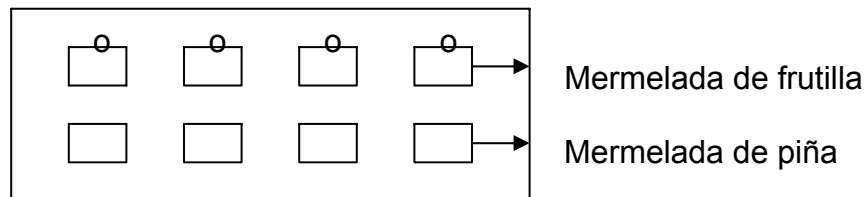


DISPOSICION DE LA PLANTA: Existen dos:

- 1.- Disposición por producto.
- 2.- Disposición por proceso.
- 3.- Disposición celular.

1.- Se agrupa todas las máquinas que se requieren para producir un producto en caso de producir otro, debe colocarse otra línea.

Ejemplo:  
Embotelladoras



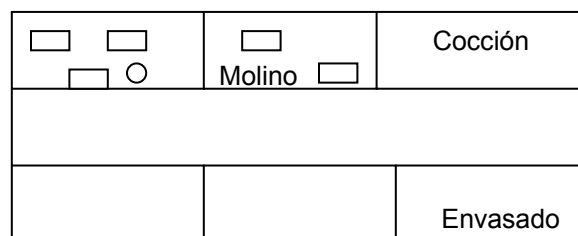
VENTAJAS.-

- 1.- Da continuidad a la producción y el proceso es bien definido, tiene pocas demoras, proceso esta bien definido, continuidad del proceso o flujo productivo.
- 2.- Facilidad de programación y control de producción.
- 3.- El costo es bajo para grandes volúmenes de producción, caso contrario no ocurre esto.
- 4.- Capacitación de obrero es mas fácil.
- 5.- Menor número de transporte y menor manipulación

DESVENTAJAS.-

- 1.- La falla de una máquina para el proceso completo
- 2.- Alto costo de inversión.
- 3.- El costo sube cuando no se aprovecha al 100% la capacidad instalada de máquina.
- 4.-La utilización de máquinas es rígida, o sea con una máquina se hace uno y solo ese producto.

2.- Se agrupan las máquinas de un mismo proceso para producir un producto.



Ejemplo: mafuqui

## VENTAJAS.-

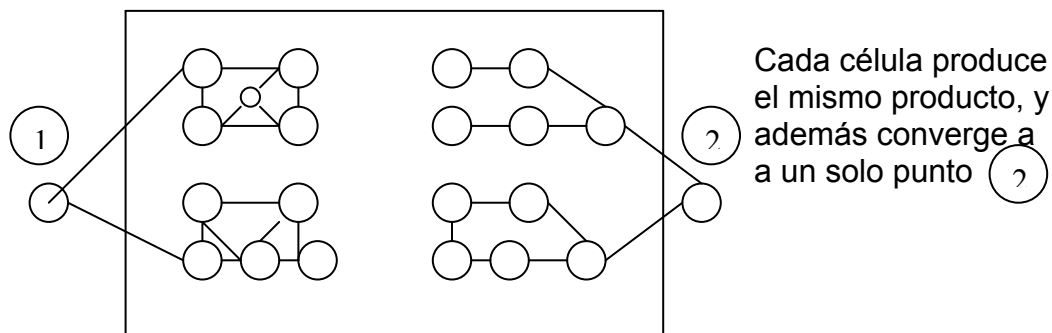
- 1.- No hay una rigidez en el proceso, es flexible o sea con una máquina se puede elaborar varios tipos de productos.
- 2.- Costo bajo para pequeñas cantidades.
- 3.- Una falla no detiene el proceso.
- 4.- Mayormente el costo de inversión es bajo

## DESVENTAJAS.-

- 1.- Difícil programación y control de la producción
- 2.- Se requiere mayor capacitación del operario.
- 3.- El espacio requerido es mayor.
- 4.- Mas manipulación del material y mayor transporte.

Las anteriores disposiciones son antiguas.

3.- Consiste en agrupar máquinas de tal manera que se forman células para producir un producto. Las máquinas deben estar sobre ruedas y deben ser además versátiles.



En esta distribución mientras se produce el modelo antiguo en una célula, se produce la nueva en otro.

Ejemplo: Fábrica Bermejo.

Existen también la disposición con células divergentes, o sea de un punto va a diferentes células

Las células deben ser versátiles y manejadas por un solo operario

1

INGENIERIA CONCURRENTE, va paso a paso en el proceso producto. O sea consiste en etapas.

INGENIERIA SIMULTANEA, todo se realiza al mismo tiempo y lo más rápidamente posible

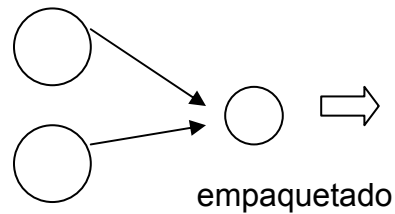
Leer a Maynard y Niebel.

DESVENTAJA DE LAS CELULAS, si no están bien balanceadas se produce mas de lo que se puede vender.

Ventaja es reducir las células.

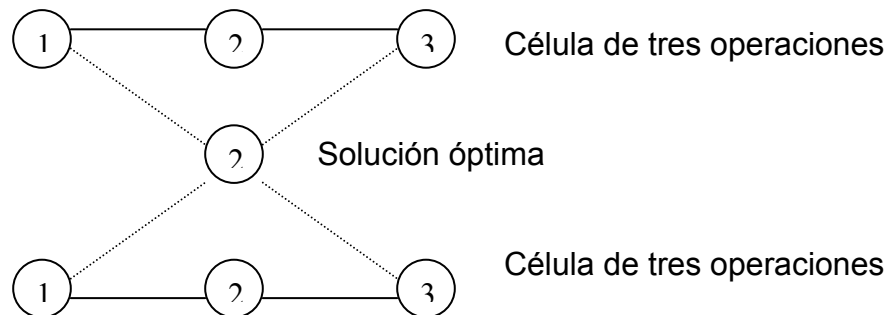
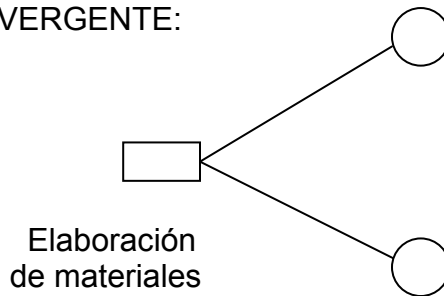
Otra desventaja es que si se tarda mucho en producir podemos tener la planta paralizada y así una capacidad ociosa.

CELULA CONVERGENTE:



Otra desventajas de las células es la fuerte inversión inicial; t b otra desventaja es que una célula hace un solo producto.

CELULA DIVERGENTE:



10ma. Estrategia: PRINCIPIOS DE LA ECONOMIA DE MOVIMIENTOS

Estos principios se dividen en tres grandes areas:

- 1.- Movimientos que tiene que hacer el trabajador
- 2.- Disposición del lugar de trabajo
- 3.- Diseño de maquinas y herramientas

- 1.- Movimientos del cuerpo humano.

Se analiza los movimientos que tiene que hacer el trabajador, Para ello se tiene los siguientes aspectos a considerar.

1.1.- Ambas manos deben trabajar simultáneamente, con movimientos simétricos.

1.2.- No se debe utilizar las manos para sostener la pieza que se trabaja.

1.3.- Los movimientos que debe realizar el trabajador deben ser del menor grado posible, siendo estos los siguientes:

Grado 1°: movimiento de dedos

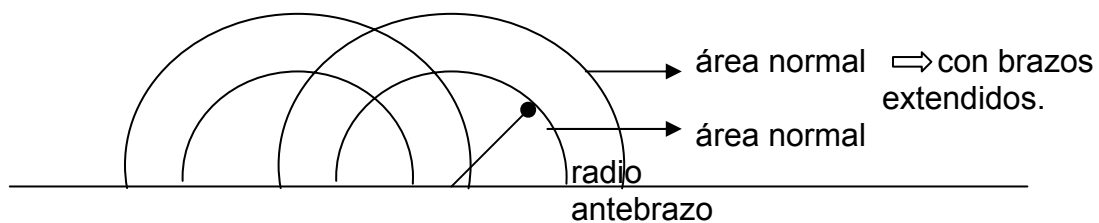
Grado 2°: movimiento de dedos y muñeca

Grado 3°: movimiento de dedos, muñeca y antebrazo

Grado 4°: movimiento de dedos, muñeca, antebrazo y brazo.

Grado 5°: movimiento del cuerpo.

1.4. Los movimientos del trabajador deben estar dentro del área normal; área normal es el movimiento que se encuentra dentro el radio de los brazos doblados.



1.5. Los movimientos que realiza el trabajador deben ser preferentemente curvos y no rectilíneos por requerir estos mayor fuerza,  $\sqrt{}$

1.6. Procurar que el trabajador aproveche el impulso.

1.7. Los movimientos del cuerpo deben realizarse preferentemente con brazos pegados.

1.8. Procurar que el obrero utilice los pies, ejemplo pedales.

## 2.- DISPOSICION Y CONDICIONES DE TRABAJO:

REQUISITOS.- Para una mesa de trabajo se requiere lo siguiente:

1° Todo material, herramienta y equipos

2° Debe utilizarse alimentadores por gravedad y expulsos automáticos, para facilitar el trabajo.

3° Toda herramienta, material y equipos debe estar dentro el área normal horizontal y verticalmente, que obliga a colocar dentro de un área lo que se viene a llamarse el área de vista considerándose a esta el espacio a 33' del ojo y un ángulo de 39°.

4° Temperatura, humedad y ventilación adecuados, persona, de su peso, del movimiento que realiza, del trabajo, que realiza, del tamaño de la



persona, de su edad, en el caso de la humedad esta nos permite renovar el aire.

- Iluminación .- Esta debe variar entre 150 – 1500 lux.  
La iluminación se relaciona con el reflejo, por eso se debe dar un buen Contraste al lugar de trabajo.  
La humedad se relaciona con la temperatura y para establecerla se toma La temperatura seca, radiante y húmeda.
- Visibilidad.- Se debe evitar que el obrero fije su vista en el lugar donde existe mucho contraste de colores.

6.- Organizar el trabajo para que el obrero entre en un ritmo normal.

3.- Herramientas.- Para elegir una herramienta se debe considerar aquellas que pueden:

- 1.- Lograr operaciones múltiples simultáneamente que nos permita por ejemplo duplicar la producción o producir aun más.
- 2.- Las palancas o manivelas deben diseñar de modo que el obrero pueda moverlas con el grupo muscular más fuerte.
  - Accionamiento con grupo muscular más fuerte
  - Las palancas y manivelas deben ser de fácil identificación.
  - Poner accionamiento por ejemplo con signos adecuados que nos permita reconocer fácilmente la operación que se realizará, siendo mejores las digitales.
- 3.- Sostener la pieza en posición correspondiente mediante un dispositivo (mecánico, magnético). Se debe eliminar la actividad que implique sostener la pieza.
- 4.- Ver la posibilidad de utilizar herramientas automáticas o semi-automáticas, para facilitar el trabajo y agilizarlo.

Las 10 estrategias de la Westinghouse, nos permiten un analisis integral o global de todo el proceso productivo.

Leer los 14 factores de Demming.

Los factores de Maynard es muy general y es aconsejable complementar con las técnicas del interrogatorio.

## TERCERA ETAPA (CONTINUACION) : EL REGISTRO SISTEMATICO

### DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES:

Este tipo de diagramas nos permite realizar un registro de un puesto de trabajo donde se realiza trabajos con maquinaria o no se realiza necesariamente trabajo manual, las alternativas son: máquina operada por un obrero y máquina se define así:

Es una forma sistemática de analizar las actividades que realiza un operario en una máquina y las operaciones que realiza la máquina o las actividades que realizan un grupo de trabajadores en una máquina para producción, este diagrama requiere una escala de tiempo, tiene dos alternativas:

- a.- Operario máquina
- b.- Equipo de trabajadores. (personas que coordinan movimientos).

### DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES OPERARIO MAQUINA.- DAMON.-

Nos permite analizar el trabajo que realiza un operario frente a una máquina con fines de determinar y reducir tiempos ociosos del trabajador frente a la máquina, porque el tiempo es costo, el objetivo de DAMON es que la máquina trabaje al máximo para ello se elimina los tiempos muertos.

### DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES OPERARIO - MAQUINA

#### 1.- IDENTIFICACION:

- 1.- Operación
- 2.- Número de máquina o máquina en la que se esta operando.
- 3.- Producto.
- 4.- Operario
- 5.- Método (actual / propuesto).
- 6.- Analista.
- 7.- Fecha.

#### 2.- ESCOGER ESCALA DE TIEMPO VERTICAL:

3

4

3.- a la izquierda de la hoja se describe las actividades que realiza el operario

4.- a la derecha de la hoja se describe las actividades u operaciones de la máquina o máquinas.

5.- una línea continua en escala de tiempos representa actividad

Una línea cortada significa inactividad.

El tiempo de carga y descarga de una máquina debe ser mínimo.

Una línea entre cortada o punteada significa que la máquina ha sido cargada o descargada solo para la máquina.

Ejemplo: 1.- Modulares en el tomo copiadador:

El trabajador para torneear realiza los siguientes pasos en el área de torneado:

1° Desmontar el torno y sacar una pieza terminada  $t = 4$  minutos

2° Inspección a la pieza terminada y verifica las medidas  $t = 2$  minutos

3° Cortar los extremos de la pieza terminada en forma manual:  $t = 8$  minutos

4° Lijado de la pieza con papel lija  $t = 4$  minutos

5° Coloca la pieza terminada en una caja de producto acabado y de otra caja saca una pieza en bruto  $t = 2$  minutos

6° Limpia ligeramente el torno, monta la pieza bruta en el torno y pone en funcionamiento el torno  $t = 6$  minutos

7° El torno automático tarda 20 minutos en torneear cada pieza desde el momento que se pone en marcha y se detiene automáticamente una vez terminado el proceso.

## DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES OPERARIO - MAQUINA

1.- Operación: torneado

2.- Máquinas torno

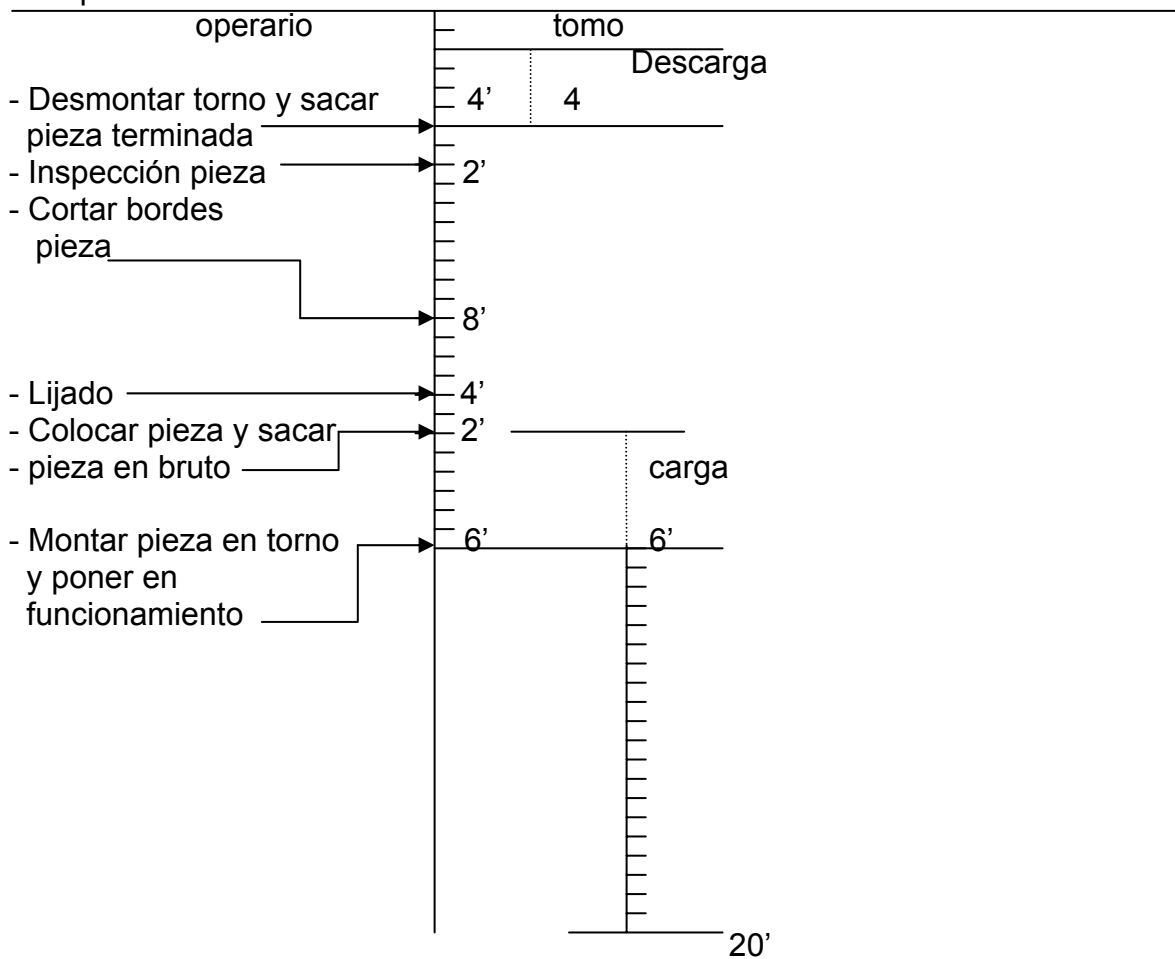
3.- Producto parantes

4.- Operario: x

5.- Método: propuesto

6.- Fecha:

7.-



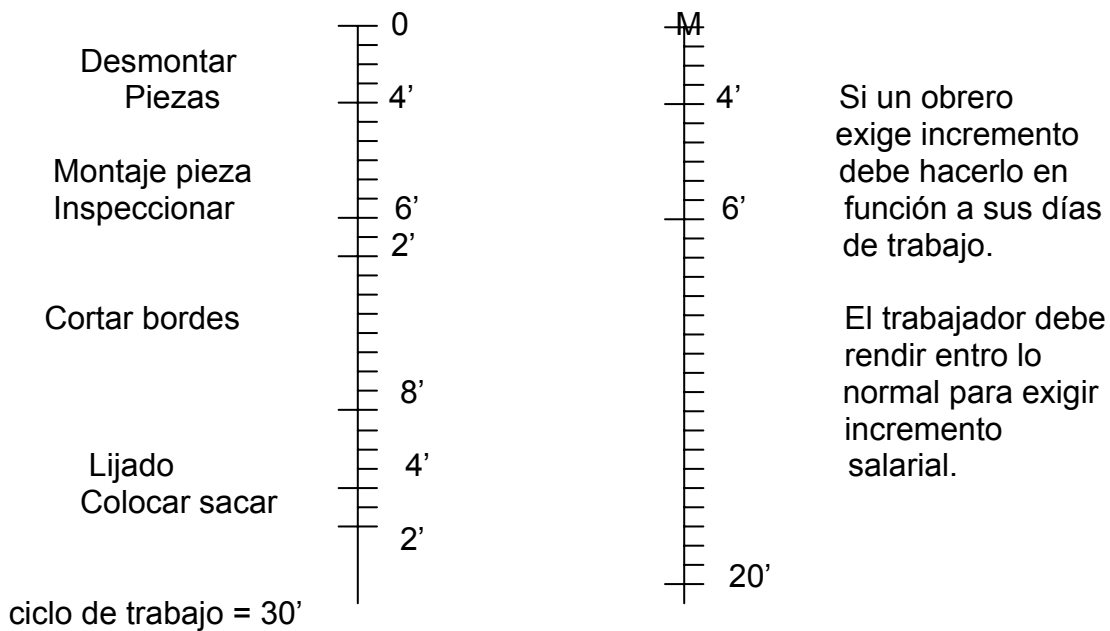
Tiempo de ciclo = 46'

Tiempo ocioso operario = 20'

Tiempo muerto máquina = 16'

Tiempo funcionamiento máquina = 20'

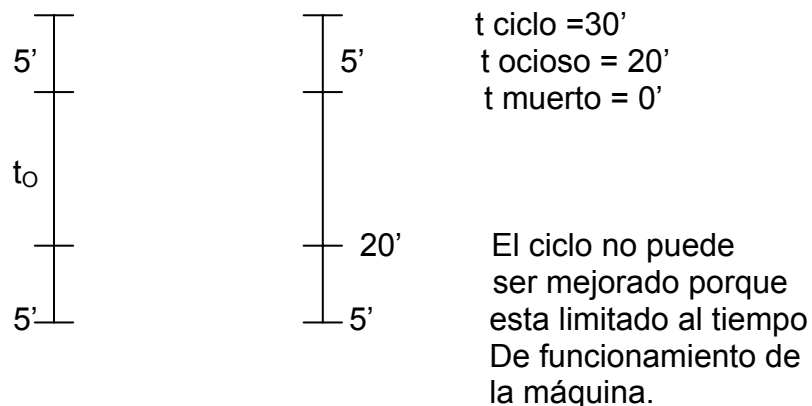
Optimización.- Incremento 60% o sea de 10 – 16 unidades, sin incrementar máquina, obrero costo.



Ejemplo 2.-  $\Rightarrow$

En una industria de plásticos se tiene una máquina sopladora que fabrica botellas de plástico, las operaciones son las siguientes:

- 1.- Cargar la máquina sopladora  $t = 5'$
- 2.- La sopladora tarda 20' en proceso.
- 3.- Descarga de sopladora 5'



El tiempo ocioso debe ser eliminado.

Como el trabajador tiene tiempo ocioso este debe eliminarse haciendo que este opere otras máquinas.

En el tiempo de ociosidad el obrero puede operar 3 máquinas, siempre y cuando exista una adecuada distribución de máquinas

## DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SERVICIO: ASIGNACIÓN DE MAQUINARIA A LOS OBREROS.

Existen las siguientes técnicas.

1.- Técnicas cuantitativas.- Existen 3 tipos de servicios

- 1.- Sincronizado
- 2.- no sincronizado
- 3.- al azar.

1.- se logra cuando se logra asignar al trabajador un número de máquinas de tal manera que no existe tiempo ocioso del operario ni tiempo ocioso de la maquinaria, el número de maquinaria se obtiene de la siguiente forma.

$$N = \frac{T_O + T_M}{T_O}$$

Donde:

N = Número de máquinas asignadas o por asignarse.

T = Tiempo de atención total del operario a la máquina

T<sub>M</sub> = Tiempo de maquinado.

Considerando una sola unidad de producción.

$$\text{Sincronizado } N = \frac{10 + 20}{10} = 3 \quad T_O = 10$$

$$T_M = 20$$

$$* N = \frac{10 + 25}{10} = 3.5 \quad T_O = 10$$

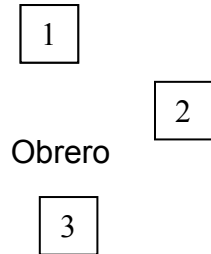
$$T_M = 25$$

\*

Si se asigna 3 máquinas el operario tiene tiempo ocioso.

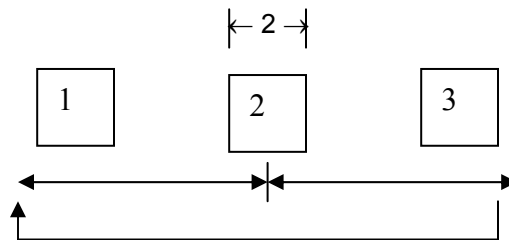
Si se asigna 4 máquinas una de las máquinas tiene tiempo muerto.

Si se asigna 3 máquinas la disposición de máquinas debe ser la siguiente.



En esta disposición solo se considera carga y descarga.

En caso de que exista carga, descarga y además un tiempo de transporte la disposición de máquinas sería la siguiente.



$$N = \frac{T_o + T_M}{T_o + T_c}$$

= # entero es asignación

o servicio sincronizado

$T_o$  = Tiempo de atención del operario a la maquina (carga y descarga)

$T_M$  = Tiempo de maquinado o funcionamiento sin atención

$T_c$  = Tiempo de recorrido o caminado de una maq. A otra.

2.- No sincronizado.-

$N_1$  = entero menor

$$N = \frac{T_o + T_M}{T_o + T_c}$$

Análisis de costos:

$$C_{mo} + C_{mat} + C_{maq}$$

Costo total por ciclo (unidad) y por máquina = CTCM.

$$CTCM = C_{mo} + C_{maq}$$

$C_{mo}$  = costo de mano de obra

$C_{maq}$  = costo de máquina

$$C_{mo} = \frac{K_1 \times t_{\text{ciclo}}}{N}$$

$K_1$  = lo que gana el trabajador por hora

$T_{\text{ciclo}}$  = tiempo que dura el ciclo

$$\left[ \frac{\text{Bs.}}{\text{hora}} \right]$$

$$C_{\text{máq}} = K_2 \times t_{\text{ciclo}}$$

$K_2$  = Costo de una máquina que implica costo de combustible, de Mantenimiento, costo real prorrateado con su depreciación.

$K_1$  = Salario trabajador x hora

$t_{\text{ciclo}}$  = en horas

$K_2$  = costo máquina 1 hora

$$CTCM = \frac{K_1 \times t_{\text{ciclo}}}{K} + K_2 \times t_{\text{ciclo}}$$

En este método se debe sacar costo para un número menor y para uno mayor, luego se compara y se decide por el mejor.

$N_1$  = entero menor

$N_2 = N_1 + 1$  entero mayor

La problemática se reduce a la determinación del tiempo del ciclo dependiendo si se elige el entero menor o el entero mayor, puesto que el tiempo diferenciará en estos casos.

Para entenderlo mejor se realiza el siguiente ejemplo:



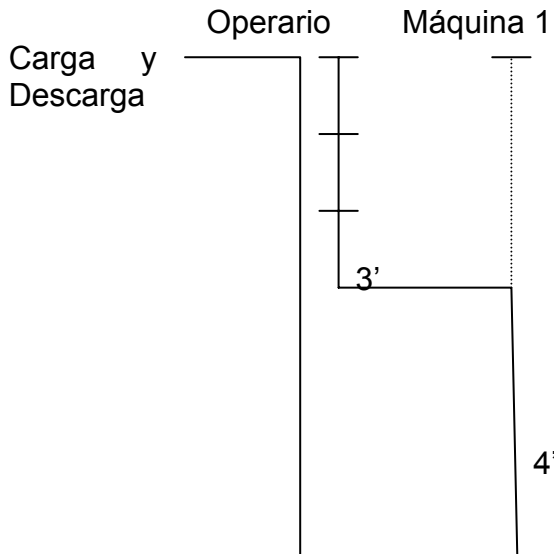
Ejemplo:

$$\begin{array}{l} T.O = 3 \\ T.M = 4 \\ T.C = 1 \end{array} \quad N = \frac{3+4}{3+1} = \frac{7}{4} = 1.75$$

$$N_1 = 1$$

$$N_2 = 2$$

Gráfica: DAMON : N = 1

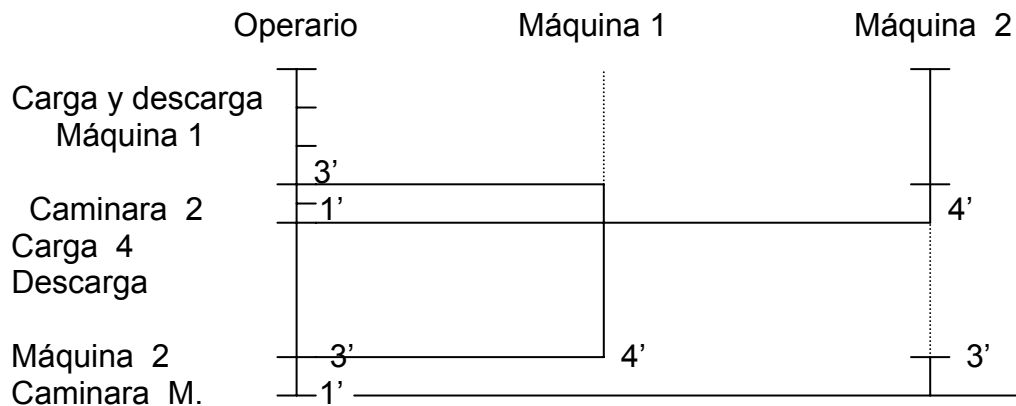


$$T_{\text{ciclo}} = T_o + T_M$$

Tiempo de ciclo = 7'

Tiempo ciclo = T operario + T maquinado → para el número menor

N = 2



$$\text{Tiempo de ciclo} = N_2 (T_o + T_c) = 2(3+1) = 8''.$$

Tiempo ciclo = Numero de maquinas (T operario + T caminado → para el número mayor.

Con estos resultados el costo por ciclo y por maquina será:

Costo total por Ciclo y por Máquina Para $N_1$	$= \frac{K_1 (T_o + T_M)}{N_1} + K_2 (T_o + T_M)$
---	---

Costo total por Ciclo y por Máquina Para $N_2$	$= \frac{K_1 (N/2 (T_o + T_c))}{N/2} + K_2 (N_2 (T_o + T_c))$
---	---

$CTCM = (T_o + T_c) (K_1 + K_2 N_2)$
--------------------------------------

Ejercicio: Un ingeniero industrial determinó que en la sección de estrusado de una fábrica de plásticos el tiempo de carga y descarga de cada estrusora es 1.40 horas, el tiempo que un obrero tarda en trasladarse de una a otra en promedio es 0.08 horas, el tiempo de estrusado hasta culminar la carga es de 4.30 horas. El trabajador gana 16 Bs. por jornada de 8 horas y el costo por máquina estrusora es de 3 Bs. /hora.

Datos.-

$$N = \frac{T_o + T_M}{T_o + T_c} \qquad N = \frac{1.40 + 4.3}{1.40 + 0.08} = 3.85$$

T carga = 1.40 horas

Tc = 0.08 horas

T descarga = 4.3 horas

$N_1 = 3$

$N_2 = 4$

$$CT_1 = \frac{K_1 (T_o + T_M)}{N_1} + K_2 (T_o + T_M)$$

Reemplazando valores

$$CT_1 = \frac{(1.4 + 4.3) (2 + 3 \times 3)}{3} = 20.9$$

$$CT_2 = (1.4 + 0.08) (2 + 3 \times 4) = 20.72$$

$$CT_2 < CT_1 \Rightarrow N_2 = 4$$

Se puede asignar 4 máquinas

$$T \text{ ciclo} = (1 + 0.08) \times 4 = 5.92 \text{ horas.}$$

Cada 5.92 horas el obrero logra sacar 4 productos  
 Un producto logra hacer en  $\frac{5.92}{4} =$   
 Realizar DAMON:

Asignación al azar.- se utiliza probabilidades para ver cuantas horas puede perderse, en asignar 3 o 4 máquinas a un obrero.

Se aplica distribución binomial:

Debido a que la máquina no tiene un ritmo excedente de trabajo.

Servicio al azar.- Cuando no es posible establecer con exactitud los tiempos tanto de atención a la máquina por parte del operario como el de la máquina.

Se requiere previamente establecer un % para cada evento de análisis.

Gran número de observaciones:  $\begin{cases} 10.000 \\ 6.000 \text{ funcionando} \end{cases}$   
 $p = 60\%$  en 8 horas  
 48 horas funcionara  
 3.2 horas estará parada

Distribución Binomial :  $(p + q)^m$   
 $p + q = 1$

$$(p + q)^m = p^m + np^{m-1}q + \frac{n(n-1)}{2!} p^{m-2}q^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} p^{m-3}q^3 + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{4!} p^{m-4}q^4 + \dots + q^m$$

Donde:  $n$  = número de máquina asignadas al trabajador  
 $p$  = % de ocurrencia del evento. (funcionado)  
 $q$  = % del no evento.

## Determinación del Numero de horas maquinas perdidas en una periodo de tiempo

Número de máquinas Paradas	Probabilidad	Número de hora máq. Perdidas por "x" horas diarias
0	$p^m$	0
1	$mp^{m-1}q$	0
2	$\frac{m(m-1)}{2!} p^{m-2} q^2$	prob. (2)x"X" horas día
3	$\frac{m(m-1)(m-2)}{3} p^{m-3} q^3$	2x prob. (3) x"X" horas día
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
m	$q^m$	(m - 1) $q^m$ x "X" horas día
		$\Sigma$ total horas máquinas perdidas en "X" horas día.

Establecer hr / máquina, perdidas en "X" horas día es igual a multiplicar la probabilidad por las horas día que funciona.

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Horas máquinas pérdidas En "X" horas día </div> <div> = <math>\left[ \left( \begin{matrix} \text{N}^\circ \text{ de máquina} \\ \text{parada} \end{matrix} - 1 \right) \right]</math> probab. x "X" horas día </div> </div>
--

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> % de tiempo horas máquinas perdidas en X horas día </div> <div> = <math>\frac{\Sigma \text{ total horas máquinas perdidas en "X" horas día}}{\text{número de máquinas asignadas por "X" horas día}} \times 100</math> </div> </div>
--

Ejemplo : En una curtiembre en la sección de curtido, un ingeniero industrial mediante un muestreo del trabajo estableció que los fulones (son tambores de madera que rotan) trabajan únicamente el 60% del tiempo y no requieren ser atendidos por el trabajador en ese tiempo. Se ha decidido que un trabajador opere 3 fulones.

Cual será el % de horas máquina perdidas, considerando que se trabaja 8 horas al día.

# máquina paradas	Probabilidad	Horas máquina pérdidas en 8 horas
0	$(0.60)^3 = 0.216$	0
1	$3(0.60)^2 (0.4) = 0.432$	0
2	$3(0.60) (0.4)^2 = 0.288$	$0,288.8 = 2304$
3	$(0.40)^3 = 0.064$	$2(0.04) \times 8 = 1.024$
		3.328 horas
		↳ 3 ⇒ máquina

$$\% = \frac{3.328}{3 \times 8} \times 100$$



$\% = 13.9 \%$
----------------

se pierde  
3 horas al día

horas trabajadas =  $3 \times 8 - 3.328 = 20.672$  horas

número de unidades = horas efectivas x número de piezas producida trabajadas  
por máquina

número de unidades =  $100 \times 20.68 = 2067$  piezas / 8 horas

total horas máquina = 24

horas efectivas trabajadas =  $24 - 3.328 = 20.67$  horas

Ejemplo 2: Si se asigna solo 2 máquina al operador de ejemplo anterior. El % aumenta o disminuye?

# máquinas	probabilidad	Hr. Máquina perdidas en hr / día
0	0	0
1	0	0
2	$(0.4)^2 = 0.16$	$0,16 \times 8 = 1.28$
$\% = \frac{1.28}{2 \times 8} \times 100 = 8 \%$		

Total horas máquina =  $2 \times 8 = 16$

horas efectivas trabajadas =  $16 - 1.28 = 14.72$  horas

### DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES EN EQUIPO (DAME):

Este diagrama se lo considera como una modificación del diagrama operativo máquina y se aplica en aquellos puestos, instalaciones o secciones que son atendidas por varios operarios.

El objetivo es determinar los tiempos muertos y ociosos, el procedimiento es el mismo que en DAMON, con la diferencia que en vez del operario, esta vez en el lado izquierdo de la hoja se tiene la maquinaria, instalación o equipo que es operado por varios trabajadores y sucesivamente así la derecha se analiza el trabajo de los distintos operarios .

El formato básico es el siguiente:

Titulo

## DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES EN EQUIPO

Producto

Máquina instalación

Método

Analista

Fecha de aprobación

---

Descripción	o p 1	o p 2	o p 3	o p 4	o p 5
]	]	]	]	]	]
]	]	]	]	]	]

Línea punteada       $\Rightarrow$  carga, descarga en función a las  
                                  $\Rightarrow$  Actividades del obrero

Línea entre cortada       $\Rightarrow$

Al final del diagrama se obtiene los siguientes tiempos

Tiempo ciclo

Tiempo de trabajo de cada operario

Tiempo ocioso de cada operario

Ejercicio:

Fundición: no existe maquinaria para operar

Instalación = Riel

Operación = Vaciado del metal fundido en cubilote

Número de obreros = 3

En una fundición un ingeniero industrial debe realizar un diagrama de actividades múltiples en equipo para la operación del vaciado del metal fundido a los moldes, la descripción de la operación que realizan 3 operarios es la siguiente.

Operario n° 2: Inicia la operación colocando los ganchos de la riel en los extremos del cubilote tiempo 2 minutos

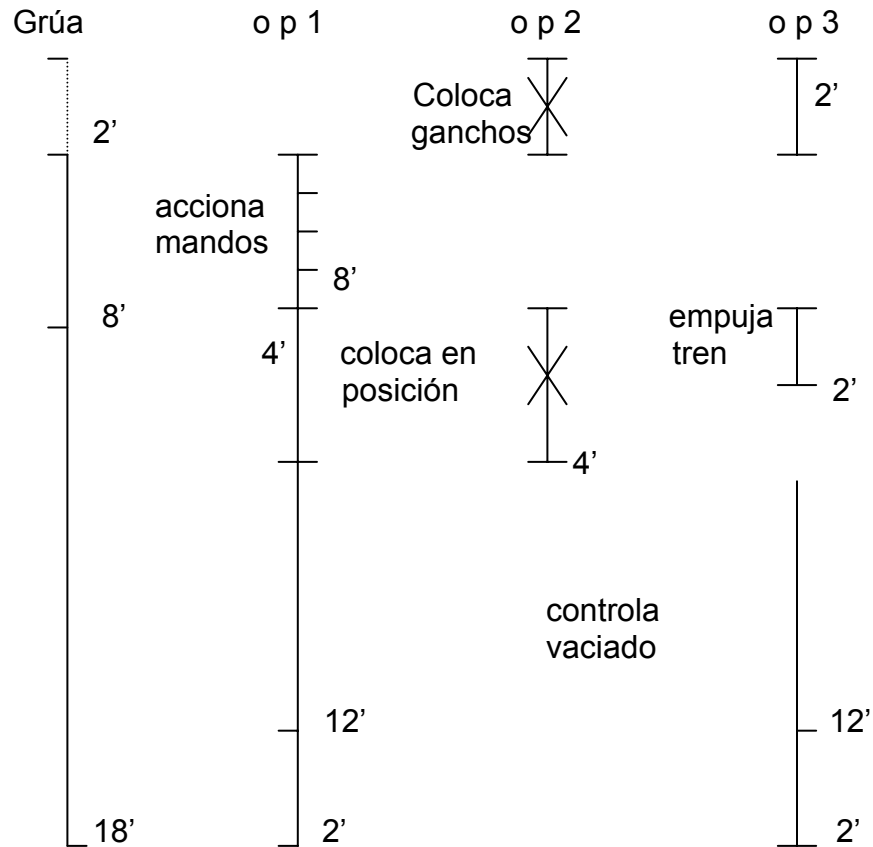
Operario n° 1: Acciona los mandos de la grúa eleva el cubilote y lo transporta hasta el lugar de los moldes  $t = 8$  minutos.

Operario n° 2: Ayudado con una palanca coloca el cubilote en una posición exacta sobre los moldes  $t = 4$  minutos

Operario n° 3: Simultáneamente a la operación anterior el operario n° 3 empuja el tren de moldes y lo coloca en una posición exacta bajo el cubilote  $t = 2$  minutos.

Operario n°1: Opera los controles de la grúa durante toda la operación de vaciado  $t = 12$  minutos mientras que el operario n° 3 controla el vaciado a los moldes recorriendo paulatinamente el tren de moldes al finalizar la operación de vaciado el operario n° 1 coloca el cubilote en posición horizontal y lo transporta a un área de seguridad para su enfriado,  $t = 2$  minutos, paralelamente el operario n° 3 jala y transporta el tren de moldes hasta la sección de enfriado,  $t = 2$  minutos.

## DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES EN EQUIPOS



Tiempo ocioso:

o p 1 = 6'  
o p 2 = 22'  
o p 3 = 12'

Una solución sería eliminar un trabajador en este caso el operario n° 2

Una alternativa es no sobrecargar al operario n° 1, para ello se asigna una tarea al operario n° 3, específicamente la de 2' y la de 4' al operario n° 1, de las actividades que realiza el operario n° 3 eliminándose a este operario.



## BALANCEO DE LINEA

Ej: Ensamblado de calculadoras:

Las operaciones de ensamblado	son : T S	N	serie T A	NR
Armar circuito impreso	7.56 minutos	3.92	13.11 minutos	4
Colocar pantalla digital	4.25 minutos	2.21	13.11 minutos	<u>2</u>
Armar teclado	13.11 minutos	6.82	13.11 minutos	7
Soldar cables	1.58 minutos	0.82	13.11 minutos	1
Ensamblar todo	3.72 minutos	1.93	13.11 minutos	2
Encajonar	8.44 minutos	4.4	13.11 minutos	<u>4</u>
	38.66 minutos	⇒ tiempo que realiza un solo operario		<u>20</u> 21

Si el proceso fuera continuo y existiera tantos operarios como operaciones existe el tiempo en armar una calculadora seria 13.11 minutos

Cuando se trabaja en serie el tiempo de ciclo se convierte en el tiempo de operación más larga si el número de piezas es 250 piezas por día cuánto tarda una pieza:

$$\begin{array}{lcl} 250 \text{ pieza} & \longrightarrow & 480 \text{ minutos} \\ 1 \text{ pieza} & \longrightarrow & x \text{ minutos} \end{array}$$

$$x \text{ minutos} = \frac{480}{250} \Rightarrow x \text{ minutos} = 1.92 \text{ minutos}$$

$$R = \frac{1}{x} = 0.52 \text{ piezas por minuto}$$

número de puestos de trabajo que se requiere  
incrementar es igual a  $= T S \times R = T S / T P$

## METODOLOGIA PARA EL BALANCEO DE LINEA

- 1.- Se determina las operaciones o etapas de proceso
- 2.- se determina el  $T S$  = tiempo standard de cada operación
- 3.- Se determina la operación con el tiempo mas largo y se establece  $T A$  = tiempo asignado.
- 4.- Se el tiempo real de trabajo de la jornada laboral (min) y establece la producción actual con el tiempo asignado.
- 5.- Se calcula la eficiencia de la línea  $E = \text{Suma } TA / \text{suma } Ts$
- 6.- Se establece la demanda requerida
- 7.- Se calcula el rendimiento deseado  $R = \text{demanda total} / \text{tiempo total (pzas/min)}$
- 8.- Se calcula número de puestos de trabajo teórico que se requiere  $NT = T S \times R$
- 9.- Se calcula el número total teórico de trabajadores :  $N = n^{\circ}$  de trabajadores teórico
- 10.- Se calcula por redondeo el número real  $N_R = n^{\circ}$  de trabajadores real
- 11.- Se determina el nuevo tiempo estándar por cada puesto.  $TS/NR$
- 12 se determina el nuevo ritmo de la línea
- 13.- Se determina la producción obtenida.

$T S$  = tiempo standard

4 trabajo / 8 horas

$T A$  = tiempo asignado.

$N = n^{\circ}$  de trabajadores teórico

$N_R = n^{\circ}$  de trabajadores real

$$T S_2 = \frac{T S}{N R}$$

$$T S_2 = T S \times R$$

1.89	480 = 226 ; 480 = 253
1.42	2.12                      1.89
1.87	
1.58	1° Estableció el ritmo
1.86	de operaciones ⇨ 2.12
1.68	2° Estableció el ritmo de
	de operaciones ⇨ 1.89

20 obreros hacen en 2.12 minutos

## DIAGRAMA BIMANUAL

El diagrama bimanual. es un diagrama que se utiliza para los trabajos manuales, nos muestra todo el detalle de la operación efectuada por el operario.

Criterios para elaborar el diagrama:

- 1.- Balanceo de los movimientos de ambas manos.
- 2.- Reducir o eliminar movimientos innecesarios
- 3.- Reducir el tiempo de trabajo.

Simbología del Diagrama:

Existen varias escuelas, a continuación tenemos algunas.

Escuela clásica	O I T	Nadler
S = Sujetar	O	O
U = Usar		
S L = Soltar		
C = Colocar		
M = Mover	⇒	T L (transporte con carga)
A L = Alcanzar		T H (transporte sin carga)
R = Retraso	O	R
R <sub>o</sub> = sostener	▽	H (Hold)

Es preferible utilizar la simbología clásica debido a que es más específica y detallada.

Se aconseja antes de realizar o elaborar el diagrama bimanual tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- 1.- Observar varias veces la operación.
- 2.- Los movimientos simultáneos de ambas manos deben registrarse en la misma línea.
- 3.- Los movimientos sucesivos deben registrarse en líneas diferentes.

4.- Se debe registrar todo lo que hace el trabajador (y definir exactamente cuando empieza y termina cada acción)

Formato del diagrama bimanual:

<b>DIAGRAMA BIMANUAL</b>			
<b>Producto:</b>			
<b>Sección:</b>			
<b>Puesto de trabajo:</b>			
<b>Fecha de elaboración:</b>			

<div><div><div>□ □ □ □ □</div><div>○</div></div></div>				Este es un Espacio en Blanco en el que se hará un dibujo de lo que serían los espacios del operario y las herramientas
Descrip. Mano izquierda	Símbolos		Descrip. Mano derecha	
Alcanzar objeto	A L	S o	sostener Herramienta	

Ejemplo: Realizar el diagrama bimanual para el armado de un bolígrafo.

## Diagrama Bimanual

Objeto: Lapicero  
 Actividad: armado de lapicero  
 Método: actual  
 Operarios:  
 Nombre analista:  
 Fecha:

Descripción mano izquierda	Símbolos		Descripción mano derecha
Mover mano Alcanzar cuerpo Sujetar cuerpo Mover cuerpo	M A I S M	M A S M U S	Mover mano Alcanzar parte metálica Sujetar parte metálica Mover mano y parte metálica Usar (enroscar) Sujetar el cuerpo
Mover mano Alcanzar mina Sujetar mina Mover mano y mina Colocar mina Mover mano Alcanzar tapa inferior Sujetar tapa inferior Mover mano Usar (roscar) Sujetar el cuerpo	M A S M C M A I S M U S	M A I S	Mover mano Alcanzar tapa superior Sujetar tapa superior
Descripción mano izquierda	Símbolos		Descripción mano derecha
Mover mano Soltar (lapicero)	M S I	M C	Mover mano y tapa Colocar (tapar)

Therblig's: Se denomina así a los movimientos básicos para analizar Movimientos:

Movimientos	Español	Ingles	Gráfica
Buscar	B	S	Φ
Seleccionar	Se	Se	→
Sujetar	S (T)	G	∩
Alcanzar	A I	Re	U
Mover	M	M	U
Sostener	So	H	
Soltar	S I	p I	
Colocar posición	P	P	
Colocación previa	P P	P P	
Inspeccionar	I	I	
Ensamblar	I	A	#
Desensamblar	D s	D A	⋈
Usar	U	U	U
Demora inevitable	D I	U D	
Demora evitable	D E	A D	
Planear	PI	PI	⋈
Descansar	Des	R	
Encontrar	En	F	👁

## Simograma

Objeto:  
Actividad:  
Método:  
Operarios:  
Nombre analista:  
Fecha:

Mano Izquierda	Símbolo		Mano Derecha

Ciclograma:

Video computarizado: Con este podemos analizar un movimiento de un trabajador en el momento actual, este análisis es muy detallado

E puede hacer movimientos propuestos en tres dimensiones, esta es una herramienta para la capacitación de obreros. Con esto o sea con esta herramienta concluyen los sistemas de información.

4<sup>a</sup> Fase: Idear el nuevo método: La base es la información de el análisis crítico.

En esta etapa se optimiza el método anterior, donde se considera el ingenio del analista.

Las pautas fundamentales para idear el nuevo método están en las preguntas de fondo, así por ejemplo la pregunta

Como debía hacerse     $\Rightarrow$     Idea otro método  
Que debía hacerse     $\Rightarrow$     Nos dice cual es la mejor alternativa.

Cuanto más amplias las respuestas a las preguntas mejora el nuevo método.

5ª Fase: Definir el nuevo método: Se debe realizar en este punto lo siguiente:

Descripción del nuevo método propuesto.

Acompañar con diagramas del método propuesto.

Establecer condiciones requeridas para el nuevo método.

Considerar los dispositivos necesarios.

En los aspectos anteriores debe realizarse un gran detalle por los siguientes criterios:

a.- Dejar constancia del nuevo método propuesto.

b.- Explicación detallada para: El gerente general técnico, sobre la gerencia general la técnica y la operativa del método o el proceso.

c.- Capacitación de los trabajadores.

d.- El detalle nos sirve para la determinación del nuevo método debe establecer la parte de costos.

Costos Requeridos: Para la implantación del nuevo método debe considerarse los costos de fabricación, costos de material, costo de mano de obra, costos de consumo, estos costos deben ser Bs. por pieza

También debe detallarse: Acciones necesarias para implantar el nuevo método Ej: acciones para distribuir mejor la fábrica, acciones para capacitar a los obreros.

Un aspecto muy importante que se debe considerar es que con el nuevo método debe tenerse mayor utilidad, menor costo de fabricación, etc.

6ª Fase: Implantación del método: Se sigue los siguientes pasos:

1.- Convencer de la ventaja del método para conseguir la aceptación del cambio por parte del jefe de sección.

2.- Conseguir la aceptación del cambio por parte del jefe de producción.

3.- Conseguir la aceptación del cambio por parte de los trabajadores se debe explicar a los obreros las ventajas del nuevo método.

4.- Capacitar a los obreros para el nuevo método. La capacitación del obrero comprende tres etapas de la manera que debía hacerse.

a.- El instructor tiene que estudiar el nuevo método, y en la fábrica debe explicar y hacer el nuevo método

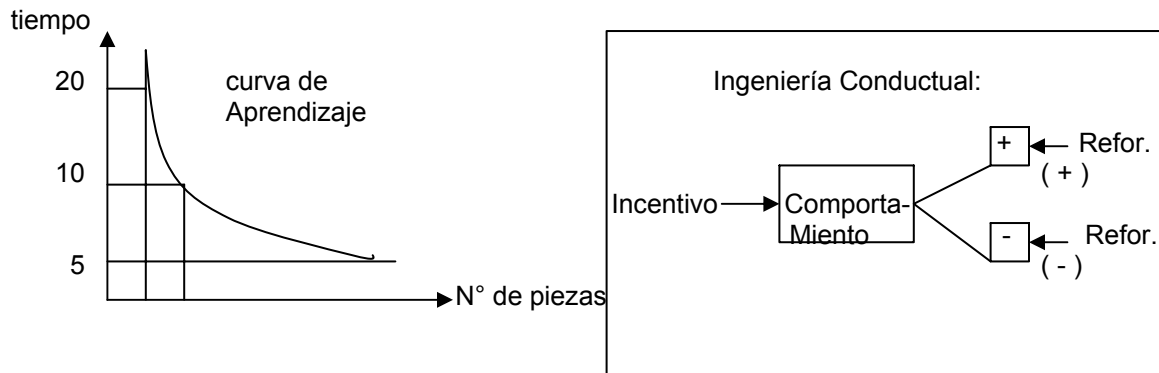
b.- El instructor hace el nuevo método y el trabajador dice lo que se hace en el nuevo método.

5.- - Seguimiento al trabajador para constatar que se esta haciendo tal como el método establece.

- Seguimiento del trabajo para constatar que se esta haciendo tal como el método establecido y que si sigue adecuadamente, con esto se evita que el obrero



que realizó 13 o 20 años su trabajo de una sola manera ahora que se establece el nuevo método el obrero tiende a volver a realizar como el método antiguo.



7ª Fase: Mantener en uso el nuevo método: Debido a que es muy fuerte la tendencia de volver al antiguo método se debe realizar inspecciones con el fin de mantener en uso el método nuevo, la inspección o control debe ser permanente en un inicio reforzando en forma positiva el nuevo método. Estos controles según transcurre el tiempo deben de realizarse a intervalos mayores ejemplo cada año.

Ingeniería conductual: Es un manejo técnico de los reforzamientos de incentivos, dice que el comportamiento que tiene una persona depende de un incentivo, este hace que la persona tenga un comportamiento positivo o negativo, si tiene comportamiento positivo se debe forzar positivamente, cuando es negativo el reforzamiento es negativo. El premio al reforzamiento positivo debe ser moral, o sea que el saber que ha hecho bien su trabajo debe ser su reforzamiento en el futuro.

## INGENIERIA DE MÉTODOS Y REINGENIERIA

### **MEDICION DEL TRABAJO**

Medición del trabajo: Es un conjunto de técnicas que nos permite determinar el tiempo en que un trabajador calificado invierte en realizar una tarea según una norma pre - establecida (métodos pre – establecidos) . En otras palabras nos sirve para medir el esfuerzo humano.

Trabajador calificado: Es aquel trabajador que tiene en primero lugar las aptitudes físicas necesarias para el trabajado, a parte de las aptitudes de inteligencia e instrucción necesaria y que ha adquirido la destreza para llevar a cabo el trabajo con la calidad, cantidad y seguridad adecuada.

#### OBJETIVOS DE LA MEDICIÓN DE TRABAJO:

La medición del trabajo tiene por objetivo establecer tiempos para:

Programar la producción y controlar

Para saber cuanto se produce

Para asignar trabajadores a un trabajo

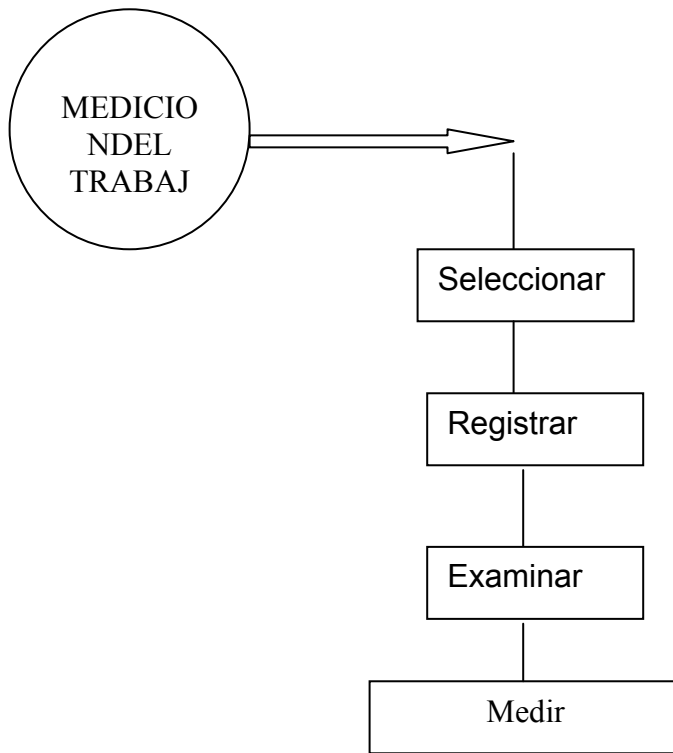
Para establecer sistemas salariales

Para asignar máquinas a un trabajador

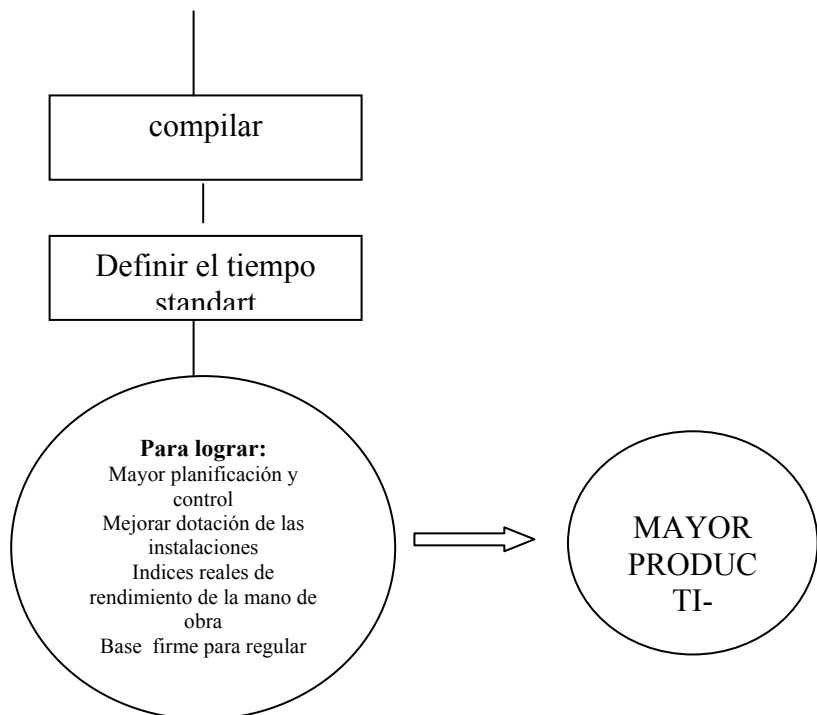
Para la estandarización de una producción, para tener el tiempo de producción de un objeto (piezas por minuto), y consecuentemente nos sirve para establecer plazos entrega de los pedidos.

Es fundamental que en una empresa este bien cuantificado el tiempo estandarizado de producción y la producción estandar.

## PROCEDIMIENTO DE REALIZAR UNA MEDICION DEL TRABAJO



STPM – Estudio de tiempos – Muestreo de actividades - Sintesis – Evaluacion Analitica



## DESCRIPCION DE LAS ETAPAS

### 1., SELECCIÓN

Seleccionar el trabajo, tarea, puesto o etapa del proceso sobre el cual se realizará una medición del trabajo, es la primera etapa de la medición de trabajo.

Criterios para la selección de un trabajo, puesto o etapa donde realizar una medición del trabajo:

- Si se cambia el material
- Si el método es nuevo o modificado
- Si se cambia la maquinaria
- Cuando se ha realizado cualquier cosa que modifique las condiciones de trabajo originales.
- Cuando exista quejas sobre rendimientos del trabajador,
- Cuando existen demoras entre operaciones.
- Cuando se quiera pagar a destajo o con incentivos salariales
- Para comparar métodos
- En aquellos puestos que tienen bajo rendimiento
- En aquellos lugares o puestos de trabajo donde el costo de mano de obra es alto.

### 2.- REGISTRAR

Se deben registrar todos los datos y circunstancias con las que se realiza el trabajo, los métodos que se efectúa y todo lo que se relaciona con la tarea o trabajo seleccionado.

Se deberá registrar todo lo relacionado al trabajo elegido teniendo como base el registro del método actual para luego descomponerlo en elementos

Elemento: Es una división de la tarea que nos permita facilitar el análisis la observación y la medición correspondiente.

El numero de elementos en los que se puede dividir el método depende de la facilidad con la que se pueda observar, analizar y medir la tarea, dependiendo este número del analista.

Esta división se la realiza:

Para poder establecer el ritmo de trabajo del operario

Para separar actividades manuales de actividades mecánicas.

Para facilitar la verificación del método

Para diferenciar partes de la tarea.

### **Clasificación de los Elementos:**

Se clasifican en:

Constantes = Tienen siempre el mismo tiempo

Variables = Tienen siempre tiempos distintos.

Repetitivos: = Se repiten siempre en cada ciclo

Casuales = Se repiten después de varios ciclos, surgen de vez en cuando y forman parte de la operación ejemplo: limpiado de viruta en un torneado. Este se debe analizar y prorratear en función al tiempo

Manuales.- Efectuados por el obrero

Mecánicos.- Realizado solo por la máquina

Dominantes.- Son los que duran mas que otros elementos

Extraños.: Estos son difíciles de tratar de tratar y no tienen nada que ver con la operación. Ejemplo: ordenar piezas.

Puedes existir combinación de elementos, los cuales dependen en su análisis del analista.

### **3.- EXAMINAR**

Verificar y constatar que el método se está aplicando adecuadamente y que la tarea ha sido dividida adecuadamente en elementos (división de la tarea que facilite el análisis, la observación y la medición).

Examen del método que se esta siguiendo mediante un diagrama (DAME, sinóptico, analítico, etc.). si el método es actual o si el método es propuesto. Es un examen para saber si el método se esta realizando en la forma adecuada y que toda la tarea esté comprendida en todos los elementos, o sea la división debe ser adecuada.

#### 4.- MEDIR

Se deberá medir la cantidad de trabajo de cada elemento, expresándolo en función al tiempo mediante la técnica mas apropiada.

Entre las técnicas se tienen:

- Estudio de tiempos
- Muestreo de actividades
- Síntesis
- Evaluación Analítica
- Sistema de tiempos predeterminados de los movimientos STPM

#### 5.- COMPILAR

Se deberá compilar los tiempos estándares de cada elemento para obtener el tiempo de la tarea completa estableciendo los márgenes para los descansos, necesidades personales y otros.

#### 6.- DEFINIR

Se deberá establecer con precisión la serie de actividades, las condiciones y el método de operación a los que corresponde el tiempo standard determinado y comunicarlo como tiempo oficial para las actividades de programación y control.

Definir las condiciones sobre las cuales se aplicará el tiempo standard o establecido. (Iluminación, maquinaria, etc.).

El objetivo es lograr una mejor planificación y control de la producción rendimientos reales de las instalaciones, establecer rendimientos reales de la mano de obra, establecer una base par aplicar incentivos salariales, todo esto con el objetivo final de incrementar la productividad de la empresa.

## 1.- TECNICAS PARA LA MEDICION DEL TRABAJO

### EL ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una técnica de la Medición del Trabajo que tiene permite determinar el tiempo que un trabajador emplea en realizar una tarea de acuerdo a una norma o método predeterminado, valorándose al mismo tiempo el ritmo de trabajo que se ha utilizado.

Esta técnica requiere el uso de un cronometro y es la única que valora el ritmo de trabajo.

#### 1.2. PROCEDIMIENTO

El estudio de tiempos tiene el siguiente procedimiento:

- 1.- Obtener toda la información acerca de la tarea sobre la cual se efectuará el estudio de tiempos
- 2.- Dividir la tarea en elementos
- 3.- Examinar la tarea, estableciendo el método, el inicio y fin d ella misma.
- 4.- Medir el tiempo de la tarea utilizando para el efecto una de las técnicas de cronometraje.
- 5.- Simultáneamente se debe valorar el ritmo de trabajo del operario.
- 6.- Se determina el tiempo normal o básico de cada elemento y de la tarea en sí
- 7.- Se establece las tolerancias en función al tipo de trabajo y a las condiciones del mismo.
- 8.- Se determina el tiempo standard y/o producción standard.

Los 3 primeros puntos son comunes a todos las técnicas de la medición del trabajo, pero a partir del cuarto se tiene las etapas exclusivamente del estudio de Tiempos.

### 4.- MEDIR EL TIEMPO

Para medir el tiempo de una tarea mediante la técnica del Estudio de tiempos se debe considerar previamente los siguientes aspectos:

- 1.- La selección del trabajador al cual se medirá su trabajo
- 2.- Establece una estrategia del analista con el trabajador
- 3.- Selección de la técnica de cronometraje mas adecuada
- 4.- Determinación del numero de mediciones necesarias
- 5.- Medición y registro de las lecturas de tiempos

#### 4.1.- LA SELECCIÓN DEL TRABAJADOR

Tal como se había indicado en los conceptos de la medición del trabajo, para efectuar un estudio de tiempos se debe seleccionar a un trabajador calificado para que realice el trabajo que se procederá a medir.

Trabajador calificado es aquel que tiene las aptitudes físicas necesarias para el trabajo, que posee la inteligencia y los conocimientos necesarios y ha adquirido la destreza para ejecutar el trabajo con la calidad, cantidad y seguridad adecuadas.

En el caso de tener varias alternativas de selección se solicitará la ayuda del capataz para la selección del trabajador requerido, en caso contrario se procederá a la medición con el único trabajador que se disponga.

#### 4. 2.- ESTRATEGIA DEL ANALISTA CON EL TRABAJADOR

El analista de tiempos debe establecer toda una estrategia bien planificada con el operador o trabajador al cual se procederá a medir su trabajo, procurando buscar siempre su plena cooperación para el estudio en cuestión.

En todo caso debe tratársele amistosamente e informarle que se le va a medir el trabajo que realizará explicándole la forma del calculo del tiempo y otras consideraciones acerca del estudio de tiempos.

Se debe permitir que el trabajador haga las preguntas que quiera y se le debe contestar plenamente.

El trabajador debe conocer el propósito de la medición del trabajo.

La posición del analista de tiempos

El analista de tiempos deberá ubicarse DE PIE en un lugar estratégico en el que pueda observar y analizar las actividades del operario sin obstaculizar el trabajo de ninguna forma.

Todos los registros deberá realizarse desde el mismo lugar.

#### 4. 3.- SISTEMAS DE CRONOMETRAJE

Para realizar un estudio de tiempos se aconseja la utilización de cronómetros de minutos decimal o de hora decimal, es decir cronómetros que dividen el minuto en 100 unidades o la hora en 1000 unidades, pero lamentablemente estos tipos de cronómetros son difíciles de conseguir en nuestro medio por lo que no vemos obligados a utilizar los cronómetros de competencia donde se tienen centésimas de segundo.

Como técnicas de cronometraje, podemos considerar los siguientes tres:

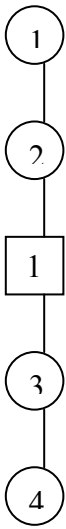
a.- CRONOMETRAJE REPETITIVO O DE VUELTA A CERO

b.- CRONOMETRAJE ACUMULATIVO O CONTINUO



### c.- CRONOMETRAJE POR DIFERENCIA

#### Ejemplo

1.-		<div>R</div> <div>10'</div> <div>15'</div> <div>5'</div> <div>20'</div> <div>10'</div> <div>60'</div>	<div>C</div> <div>10'</div> <div>25'</div> <div>30'</div> <div>50'</div> <div>60'</div>	<div>10'</div> <div>15'</div> <div>5'</div> <div>20'</div> <div>10'</div>	<p>En el momento en que empieza la primera operación se activa el cronometro y al final se coloca en cero el cronometro y así sucesivamente.</p> <p>Existe un error de 0.0038 minutos o 3.8 % cada 0.1 minutos.</p>
-----	---	---	---	---	---

Cronómetros: Para el estudio de tiempos se requiere cronómetros especiales de minuto decimal o de hora decimal.

Minuto decimal: Muestra décimas de minuto. 1 / 100

Hora decimal: 1 / 10.000

#### a.- CRONOMETRAJE REPETITIVO O DE VUELTA A CERO

Este tipo de cronometraje consiste en poner en funcionamiento el cronometro en el momento en que se inicia el primer elemento de la tarea, y se para inmediatamente en el instante que termina este primer elemento, se toma la lectura e inmediatamente se retorna a cero y se pone en funcionamiento para registrar el tiempo del segundo elemento de la tarea y así sucesivamente.

Ejemplo: Registro de 4 ciclos de una tarea de 3 elementos por la técnica de cronometraje repetitivo

CICLO/ELEMENTO	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	ELEMENTO 3	SUMA
1	10	23	5	38
2	11	22	4	37
3	9	23	5	37
4	11	24	7	32

#### b.- CRONOMETRAJE ACUMULATIVO O CONTINUO

Este tipo de cronometraje consiste en poner en funcionamiento el cronometro en el momento en que se inicia el primer elemento de la tarea, y sin parar el cronometro se va tomando tiempos al inicio y fin de cada elemento de la tarea. Para determinar el tiempo de cada elemento se deberá restar la lectura del elemento con la lectura anterior .

Se para el cronometro en el momento en que se han tomando las lecturas necesarias.

Ejemplo: Registro de 4 ciclos de una tarea de 3 elementos por la técnica de cronometraje continuo o acumulativo.

CICLO/ELEMENTO	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	ELEMENTO 3	SUMA
1	10	33	38	
2	49	71	75	
3	84	107	112	
4	123	147	154	

La resta de los valores con respecto al anterior no dará los mismos valores que el cuadro del cronometraje repetitivo.

#### c.- CRONOMETRAJE POR DIFERENCIA

Esta forma de cronometraje se aplica cuando se tiene elementos muy cortos en duración y es necesario determinar el tiempo de los mismos.

Consiste en efectuar agrupaciones de elementos de manera que en algunos grupos entren elementos que en otros grupos estén excluidos. Los tiempos de los elementos se logran por diferencia entre los tiempos de los grupos.

Ejemplo: Registro de una tarea de 4 elementos agrupados de 3 en 3.

Elementos A, B, C, D

Primer grupos : ABCD = 11 segundos  
Segundo Grupo : ABC = 10 segundos  
Tercer Grupo : BCD = 9 segundos  
Cuarto Grupo : CDA = 8 segundos

Tiempos de los elementos: A = 2 seg. B= 3 seg. C = 5 seg. D = 1 Seg.

#### 4.4.- DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE MEDICIONES NECESARIAS

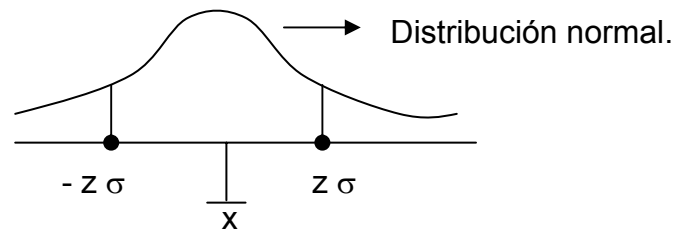
Para determinar el numero de mediciones necesarias, se tiene dos métodos, el primero planteado por la General Electric Co. basado en sus experiencias en la medición de trabajo, el que esta en función al tiempo del ciclo y el segundo basado en un calculo teorico basado en la distribución “t” de student.

##### 1.- Metodo experimental

TIEMPO DEL CICLO (min)	No DE OBSERVACIONES
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
40.00 o más	3

## 2. Cálculo Teórico

Para el calculo teórico del tamaño de muestra, recurriremos en primera instancia a la distribución normal, asumiendo que los valores de lo tiempos para una tarea se distribuyen de esta manera.



$$K \bar{x} = Z \frac{s}{\sqrt{n}} \Rightarrow n = \left[ \frac{Z s}{K \bar{x}} \right]^2 \quad \text{para } n > 30$$

$n$  = tamaño de muestra  
 $s$  = desviación standard muestral  
 $k$  = grado de exactitud de las observaciones  
 $\bar{x}$  = valor promedio

Cuando se utiliza menos de 30 lecturas para determinar el numero de observaciones, la distribución mas conveniente es la "t de Student".

Con lo que la formula anterior se modifica se la siguiente manera:

$$n = \left[ \frac{t s}{k \bar{x}} \right]^2$$

Distribución t – student.

$t$  = constante de la distribución t de student  
 $s$  = desviación standard muestral  
 $k$  = grado de exactitud de las observaciones  
 $\bar{x}$  = valor promedio

El procedimiento para la determinación del numero de lecturas necesarias mediante la formula anterior es el siguiente:

- 1.- Se establece el grado de exactitud que se desea obtener en el muestreo o porcentaje aceptable de x. El considera aceptable un  $k = 5\%$  para el Estudio de Tiempos.
- 2.- Se toman "N" lecturas iniciales de la tarea
- 3.- Se calcula el valor promedio del tiempo del ciclo (x) de las "N" lecturas iniciales y su desviación standart (s).
- 4.- Se establece un nivel de confianza (99% o 95%) y de las tablas de la "t" de student se determina la constante "t" en función al numero de lecturas realizadas inicialmente.
- 5.- Se calcula (k) el grado de exactitud que se tiene con el numero de lecturas iniciales.

$$. k = ts / x n$$

- 6.- Si K calculado es mayor al k establecido como aceptable 5%, el numero de lecturas deberá ser incrementado. Si fuera igual o menor ya no se toman mas lecturas.

#### EJEMPLO:

Un ingeniero de métodos desea establecer el numero de lecturas necesarias para un estudio de tiempos de una tarea de un solo elemento, para lo cual mediante el sistema de cronometraje acumulativo tomo 25 lecturas.

Registro de las 25 lecturas, ordenadas por filas

25	51	76	104	131
158	182	208	236	261
287	312	337	365	389
417	445	469	494	520
545	573	597	623	651

Las 25 lecturas restadas son las siguientes:

25	26	25	28	27
27	24	26	28	25
26	25	25	28	24
28	28	24	25	26
25	28	24	26	28

Las sumatoria es = 651 minutos

El Valor promedio (x) es de 26.04 minutos

La desviación standard muestral (s) = 1.485

[illegible]

## 5.- VALORACION DE LA ACTUACION DEL TRABAJADOR

Considerando que el trabajador pudo haber realizado el trabajo a una excesiva velocidad o en su caso con una extrema lentitud, el tiempo tomando no podría ser considerado como representativo. Para esto es necesario que el analista valore el ritmo de trabajo que empleo el trabajador observado en correlación con un ritmo que se considere normal.

El tiempo que se ha logrado con el cronometro esta en entera relación con el ritmo de trabajo que empleo el trabajador en realizar la tarea analizada, por lo que se deberá nivelar de manera que se obtenga el tiempo que se requiera para efectuar dicha tarea a un ritmo normal.

## 6.- DETERMINACION DEL TIEMPO NORMAL

Aquí surge el concepto del Tiempo Normal o básico cuya definición seria la siguiente: Tiempo Normal es el tiempo que se tarda en efectuar una tarea a un ritmo normal de trabajo.

La formula de obtener dicho tiempo es :

$$T_n = T_c \times F_n$$

Donde :

$T_n$  = Tiempo Normal

$T_c$  = Tiempo cronometrado

$F_n$  = Factor de nivelación

### 6.1. FORMAS PARA DETERMINAR EL FACTOR DE NIVELACION

Existen dos formas de determinar el factor de nivelación.

- 1.- Mediante factores
- 2.- Por escalas de valoración

#### 6.1.1.- POR FACTORES

Para la determinación del factor de nivelación mediante factores, se cuenta con dos sistemas, ambos establecidos por la Westinghouse Electric Corporation, el primero conocido como de los 4 factores es el siguiente:

## TABLA DE VALORACION DE LA ACTUACION POR FACTORES

### DESTREZA

+ 0.15	A1	Destreza Superior	+ 0.13	A1	Esfuerzo excesivo
+ 0.13	A2		+ 0.12	A2	
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2		+ 0.08	B2	
+ 0.06	C1	Bueno	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2		+ 0.02	C2	
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
- 0.05	E1	Regular	- 0.04	E1	Regular
- 0.10	E2		- 0.08	E2	
- 0.16	F1	Pobre	- 0.12	F1	Pobre
- 0.22	F2		- 0.17	F2	

### ESFUERZO

### CIRCUNSTANCIAS

### CONCORDANCIA

+ 0.06	A	Ideal	+ 0.04	A	Perfecto
+ 0.04	B	Excelente	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C1	Bueno	+ 0.01	C1	Bueno
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
- 0.03	E	Regular	- 0.02	E	Regular
- 0.07	F	Pobre	- 0.04	F	Pobre

El segundo sistema de valoración de la Westinghouse fue conocido como Plan para Calificar actuación y considera la destreza, la efectividad y la aplicación física.

### PLAN PARA CALIFICAR ACTUACIONES

DESTREZA						
1. Destreza desplegada en el uso de equipo, de herramientas y de las partes ensambladas	+6	+3	0	- 2	+4	
2. Seguridad en los movimientos	+6	+3	0	- 2	+4	
3. Coordinación y ritmo		+2	0	- 2		

EFECTIVIDAD						
1. Habilidad desplegada en reemplazar y tomar las herramientas y partes con automatismo y exactitud.	+6	+3	0	- 2	-4	
2. Habilidad desplegada para facilitar, eliminar, combinar y acortar movimientos.	+6	+3	0	- 4	-8	
3. Habilidad desplegada para usar ambas manos con igual facilidad.	+6	+3	0	- 4	-8	
4. Habilidad desplegada para limitar los esfuerzos al trabajo necesario.			0	- 4	-8	

APLICACIÓN FÍSICA						
Marcha de trabajo	+6	+3	0	- 2	-4	
2. Atención en el trabajo			0	- 2	-4	

En ambos casos el Factor de Nivelación de lo obtiene de la siguiente forma:

$$F_n = 1 + \text{Sumatoria (Calificación de los Factores en \%)}$$



#### EJEMPLO:

Un ingeniero de métodos realizó un estudio de tiempos de una tarea de un solo elemento y obtuvo un tiempo cronometrado promedio de 26,04 minutos. Durante el trabajo realizado durante las 25 lecturas el trabajador tuvo la siguiente actuación:

Destreza o Habilidad Regular casi pobre  
Esfuerzo ligeramente por debajo del promedio  
Condiciones fueron normales  
Constancia regular

Cuál será el tiempo normal que se debe asignar a esta tarea?

Solución: Aplicar las formulas:

$$T_n = T_c \times F_n$$

$$F_n = 1 + \text{Sumatoria (Calificación de los Factores en \%)}$$

Calificando la actuación por los factores:

Habilidad	C2 = -0.10
Esfuerzo	C1 = -0.04
Condiciones	D = 0
Constancia	E = -0.02
TOTAL	-0.16

El tiempo normal será :

$$T_n = 26.04 \times (1 - 0.16) = 21.87 \text{ minutos.}$$

Se disminuye el tiempo cronometrado por que el trabajador tuvo un ritmo lento en su trabajo.

#### 6.1.2.- VALORACION POR ESCALAS

Para la determinación del factor de nivelación mediante escalas de valoración, se cuenta con varias escalas como la Bedaux, la Rasa, la 75 –100 y la Norma Británica de las que se puede escoger, a pesar que la última es la mas usada.

Mucho se comenta sobre la subjetividad de este método, puesto que dependerá del concepto que tenga el analista de tiempos.

ESCALAS				DESCRIPCION DEL DESEMPEÑO
BEDAUX 60 - 80	75-100	RASA 100-133	INGLESA 0 – 100	
0	0	0	0	Actividad Nula
40	50	67	50	Muy lento, movimientos torpes, inseguro, parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como No pagado a destajo, pero bien dirigido y controlado, no pierde tiempo a propósito.
80	100	133	100	Activo, capaz, como pagado medio a destajo, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijados.
100	125	167	125	Muy rápido, con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima del trabajador medio.
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzos intensos sin posibilidad de durar largo tiempo, actuación solo alcanzada por pocos trabajadores sobresalientes.

En el sistema de valoración mediante las escalas, el factor de nivelación sufre una ligera modificación en su formula:

$$F_n = \frac{\text{Valoración de la actuación obtenida por el trabajador}}{\text{Valoración considerada Normal según la escala}}$$

Por ejemplo

Un Trabajador durante una análisis de tiempo en una tarea fue constante, resuelto, sin prisa y sin perder el tiempo a propósito. a) ¿Cual será su factor de nivelación en la escala inglesa? .

b) ¿Cual será su tiempo normal si el promedio de los tiempos cronometrados de la operación fuerón de 26.04 minutos?

$$F_n = 75/100 = 0.75$$

$$T_n = 26.04 \times 0.75 = 19.53 \text{ minutos}$$

## 7.- DETERMINACION DE LAS TOLERANCIAS

Si bien con el factor de nivelación se ha logrado establecer el tiempo en que un trabajador podría efectuar la tarea con un ritmo normal, no es posible utilizar este tiempo (normal) para programar la producción, establecer plazos de entrega y otros puesto que se estaría considerando al trabajador como una maquina sin ninguna necesidad ni con posibilidades de cansarse. En otras palabras se estaría explotando al trabajador en forma totalmente deshumanizada.

Ara evitar este error, se debe considerar un incremento de tiempo al tiempo normal, mediante las llamadas tolerancias o tiempos suplementarios.

Se tiene varios tipos de tolerancia o suplementos como los siguientes:

- 1.- Suplementos por Necesidades Personales
- 2.- Suplementos para superar la fatiga
- 3.- Suplementos por las condiciones de trabajo
- 4.- Suplementos por interferencia de maquinas
- 5.- Suplementos por aprendizaje
- 6.- Suplementos por Contingencias (demoras)
- 6.- Suplementos por política empresarial

De los indicados analizaremos los 4 primeros

Suplementos o Tolerancias según el cuadro de la OIT adjunto.

<b>TIPO DE TOLERANCIA</b>	<b>VARON</b>	<b>MUJER</b>
<b>A.- TOLERANCIAS CONSTANTES</b>		
1.- TOLERANCIA POR NECESIDADES PERSONALES	5	7
2.- TOLERNCIA BASICA POR FATIGA	4	4
<b>B.-TOLERANCIAS VARIABLES</b>		
1.- Por estar de pie	2	4
2.- Por posición no normal		
a.- Ligeramente molesta	0	1
b.-Molesta (cuerpo encorvado)	2	3
c.- Muy molesta (acostado, extendido)	7	7
3.- Por empleo de fuerza muscular (Para levantar, tirar, empujar pesos en kg.)		
2.5	0	1
5.0	1	2
7.5	2	3
10	3	4
12.5	4	6
15	6	9
17.5	8	12
20	10	15
22.5	12	18
25	14	
30	19	
40	33	
50	58	
4.-Iluminación deficiente.		
a.- Ligeramente inferior a lo recomendado	0	0
b.- Muy inferior	2	2
c.- Sumamente inadecuado	5	5
5.- Condiciones Atmosféricas	0-15	0-15
6.- Atención visual		
a.- Trabajo moderadamente fino	0	0
b.- Trabajo fino de gran cuidado	2	2
c.- Trabajo muy fino o muy exacto	5	5
7.- Nivel ruido		
a.- Ruido Continuo	0	0
b.- Intermitente fuerte.	2	2
c.- Intermitente muy fuerte	5	5
d.- De alto volumen fuerte	5	5
8.- Esfuerzo mental		
a.- Proceso moderadamente complicado	1	1
b.-Proceso complicado o requiere amplia atención	4	4
c.- Muy complicado	8	8
10.- Monotonía		
a.- Escasa	0	0
b.- Moderada	1	1
c.-Excesiva	4	4
10.- Tedio o aburrimiento		
a.- Algo aburrido	0	0
b.- Aburrido	2	1
c.- Muy aburrido	5	2

Los suplementos por necesidades personales y por fatiga deben ser SIEMPRE CONSIDERADOS en un estudio de tiempos siendo los otros variables en función a las condiciones del trabajo.

## 8.- DETERMINACION DEL TIEMPO STANDART

Podemos definir al tiempo standart como el tiempo total requerido para efectuar una tareas según una norma o métodos establecido, a un ritmo normal de trabajo considerando los suplementos necesarios.

$$Ts = Tn \times (1 + \text{Sumatoria de los suplementos o tolerancias en } \%)$$

Los tiempos standart se expresa generalmente en las formas siguientes:

- 1.- Minutos por pieza
- 2.- Minutos por cien piezas
- 3.- Minutos por tonelada, metro lineal, metro cuadrado, etc.

Otro concepto relacionado es la Producción standart que vendría a ser el inverso del tiempo standart y se expresaría en piezas por minuto, unidades por hora, metros por hora, etc.

### EJEMPLO:

El tiempo normal determinado para una operación fue de 19.53 minutos, en el puesto de trabajo se tiene a UNA operaria, que debe trabajar de pie durante las 8 horas de trabajo y debe levantar pesos hasta de 10 kilos en un procedimiento manual que es muy monótono y muy aburrido. Establezca el tiempo standard de esta operación.

De tablas se tiene:

#### Suplementos Constantes:

- Por necesidades personales	7
- Por Fatiga	4

#### Suplementos Variables:

- Por trabajo de pie	4
- Por peso de 10 kilos	4
- Por trabajo muy monótono	4
- Por trabajo muy aburrido	2
TOTAL SUPLEMENTOS	25

Calculo del tiempo standard:

$$Ts = Tn \times (1 + \% \text{ suplementos})$$

$$Ts = 19.53 \times (1.25) = 24.41 \text{ minutos./operación}$$

## 1.2.- MUESTREO DEL TRABAJO O MUESTREO DE ACTIVIDADES

Es una técnica de la medición del trabajo que consiste en efectuar durante cierto periodo de tiempo un gran número de observaciones instantáneas del proceso del operador de la máquina o de grupo de operadores para establecer el porcentaje del evento. ( evento es que esta parado o funcionando).

Ventajas:

- 1.- Su aplicación no requiere de una gran capacitación.
- 2.- Se puede analizar varias situaciones simultáneamente. Ej. El obrero, la máquina, una sección, etc.
- 3.- Es aceptado más fácilmente por los trabajadores, porque solo se observará y no se utiliza cronómetro
- 4.- No es interferido por interrupciones.
- 5.- Es un método barato en su aplicación.

Desventajas:

- 1.- Se requiere gran número de observaciones
- 2.- Lleva mucho tiempo en su aplicación

condiciones previas:

- 1.- Las observaciones deben ser hechas al azar dentro del tiempo laboral que tenemos
- 2.- Los trabajadores deben acostumbrarse a las observaciones.
- 3.- El observador debe registrar su observación siempre de un lugar fijo.

Número de observaciones necesarias: Estará en función al nivel de confianza.

Nivel de confianza

Número de observaciones necesarias

95 %

$$N = \frac{4(1-p)}{k^2 p} \Rightarrow \text{obtenida mediante la de la asimilación de una binomial como normal}$$

99 %

$$N = \frac{9(1-p)}{k^2 p}$$

(Niebel)

Donde:

N = número de observaciones necesarias

P = porcentaje del evento obtenido de una análisis inicial

K = grado de exactitud { lo mínimo aceptado es 5 % }

$K \leq 0.05$  o  $k \leq 5 \%$

Ej.: se tiene una sola máquina y se quiere determinar el tiempo que la máquina funciona o no.

1° Comenzamos con las observaciones: 10 observaciones cada 30 días

10 observaciones x 30 días = 300 observaciones.

Funcionando			210
Parado			90

Evento = tiempo en que la máquina está parada.

$$P = \frac{\# \text{ observaciones del evento}}{\# \text{ observaciones totales}} \times 100 = \frac{90}{300} \times 100 = 30 \% \Rightarrow p = 0.30$$

$p = 30 \% \Rightarrow$  del tiempo las máquinas están paradas.

$$N = \frac{4(1-p)}{K_2^2 p} = \frac{4(0.70)}{(0.05)^2 * 0.30} \Rightarrow N = \underline{\underline{3733}}$$

Para incrementar el número de observaciones se debe incrementar el número de observadores.

Si  $N = 3000 \Rightarrow$  el número de veces que la máquina está parada es 840.

$$k = \sqrt{\frac{4(1-p)}{Np}} \Rightarrow k = 0.058$$

Periódicamente debe controlarse el número de observaciones y obtener su  $k$ , si el  $k$  es menor a 0.05 se para.

Se existe muchas máquinas se utiliza un formulario múltiple:

## MUESTREO DE ACTIVIDADES

**Método:**  
**Sección:**  
**Recorrido** Hr.8<sup>05</sup> Hr.9<sup>10</sup>

**Fecha:**  
**Nombre:**

Recorrido No Máquina	1	2	3	4	5
Torno No1	T F	T F	E P	T F	O F
Torno No 2	T F	T F	E P	T F	O F
Fresa No 31	T F	T F	E P	T F	O F

**Código: máquina**  
 F = funcionando  
 P = parada  
 C = carga  
 D = descarga

**Operario**  
 O = ocioso  
 A = ausente  
 T = trabajando  
 E = en espera

El análisis se realiza para cada máquina y se obtiene una gran variedad de eventos.

Si de 1000 observaciones tenemos:  $F = 500$

$$\begin{array}{lcl} P = 300 & \Rightarrow & P = \frac{300}{1000} = 3\% \\ C = 100 & & \\ D = 100 & & \end{array}$$

Si se trabaja 8 horas diarias  $\Rightarrow$  24 horas las máquinas están paradas.

$$0 \times 0.03 = 2.4 \text{ horas} \Rightarrow 5.6 \text{ horas están trabajando.}$$

Si cada unidad requiere 1.1 horas  $\Rightarrow$  5.6 unidades se produce en 5.6 horas

Muestreo de actividades con valoración: Establece el tiempo standard, el cual contiene la valoración de obrero y un incremento al tiempo normal.

$$T_n = \frac{n \times T \times F_N}{P \times N}$$

Donde :

$T_n$  = tiempo normal o base

$n$  = # de observaciones del evento

$p$  = producción total obtenida en el periodo de las observaciones.

$F_N$  = factor de nivelación.

$T$  = tiempo total del periodo (minuto).

$N$  = # total de observaciones.

$$P = \frac{n}{N}$$

$$T_s = T_N (1 + \sum \% \text{ suplementos})$$

Ejemplo:

$N = 10.000$  observaciones

$T = 100 \text{ horas } 60 \text{ minutos} = 600 \text{ minutos}$   
1 hora

analizar si la máquina produce no en 100 horas.

$n = 3000$  observaciones  $\Rightarrow$  evento = tiempo de funcionamiento

$p_{100} = 100$  piezas  $F_N = 0.90 \Rightarrow$  objetivo establecer ritmo de obrero.

↑ Máquina automática de ritmo fijo  $\Rightarrow F = 100 / 100 = 1$

$F_N = 1 \Rightarrow$  ritmo normal de la máquina sin intervención del obrero introduce un factor de nivelación  $F_N$ .



$$T_n = \frac{3000 \times 100 \times 60 \times 0.9}{100 \times 10.000} = 16.2 \text{ minutos por pieza}$$

El obrero es varón: el trabajo esta en buenas condiciones y solo esta de pie.

Suplementos.

Constantes	→	varón	→	0.09
Variables	→	varón	→	0.02
				0.11

$$T_s = T_n (1 + \sum \% \text{ suplementos})$$

$$T_s = 16.2 \times 1.11 \Rightarrow T_s = \underline{\underline{17.98 \text{ minuto por pieza}}}$$

El tiempo standard en el puesto de trabajo es 17.98 minuto.

La producción standard es :  $1 / T_s = c o.$

$$P_s = 1 / T_s = 0.056 \text{ piezas por minuto}$$

$$\text{Capacidad horaria} \Rightarrow \underline{\underline{3.34 \text{ piezas por hora}}}$$

La ventaja de este método es que no se utiliza cronómetro.

$$F_N = \frac{90}{100} = \frac{\text{valoración designada al obrero}}{\text{valoración normal}}$$

## SÍNTESIS

Es otra técnica de medición del trabajo que determina el tiempo de duración de una tarea basándose en datos sintéticos.

Datos sintéticos: Están conformados por formulas y tablas basadas y elaboradas mediante el análisis de un gran número de datos obtenidos a través de otras técnicas de la medición del trabajo lo que nos permite establecer tiempos standard de una operación de un proceso, etc.

Existen formulas que nos determinan los tiempos de maquinado, si no existe intervención manual. este tiempo es normal.

Ej.: soldar 10 mts. Longitudinales de una plancha de acero tipo SAE 340 de un espesor de 1 mm con electrodo pto. Rojo,

⇒

El tiempo es 5 minutos, si  $e = 2 \text{ mm.}$  + = 6 minutos.

- operaciones: 1.- Rebajando en fresa ○
- 2.- Soldado de 10 m. ○

Determinar el tiempo

- 1.-  $T_n = 12'$
- 2.-  $T_n = 5'$
- $T_N = 17'$  tiempo obtenido en base a formulas.

Ventajas:

- 1.- Permite obtener tiempos confiables rápidamente.
- 2.- Ahorra tiempo porque no se tiene que hacer datos reiterados.
- 3.- Es muy importante en industrias que trabajan a pedido.
- 4.- Nos permite tener datos confiables para la programación y control de la producción.

Desventajas:

- 1.- Si se cambia las condiciones bajo las cuales se ha establecido los datos sintéticos, los tiempos ya no se pueden utilizar, es decir los datos no son los mismos.
- “Los datos sintéticos son propios de una empresa”

### Evaluación analítica

La Evaluación analítica es una técnica de medición del trabajo que consiste en determinar el tiempo requerido para efectuar una tarea bajo un método preestablecido obteniendo los tiempos de los elementos de la tarea a partir de la experiencia conocimiento de una persona calificada.

Condiciones básicas:

- 1.- La evaluación del tiempo la tiene que efectuar un trabajador calificado con mucha experiencia, tener conocimientos básicos de lo que es la medición del trabajo.
- 2.- Se debe establecer claramente el método de la tarea.
- 3.- Se divide la tarea en elementos
- 4.-El trabajador calificado debe asignar tiempos normales a cada elemento.

Ej.:	TAREA		T N	El obrero establece siempre
	Cortar	○	10'	
	Soldar	○	2'	solo el tiempo normal.
	Armar	○	5'	
	$T_{Nop}$	=	17'	

### SISTEMA DE TIEMPO PREDETERMINADOS DE LOS MOVIMIENTOS. (S.T.P.M)

Es una técnica que permite establecer el tiempo necesario para realizar una tarea manual en base a los movimientos determinados del operario, en base a una serie de condiciones y a tiempos preestablecidas.

Existen muchos sistemas: Work Factor MTM MOST