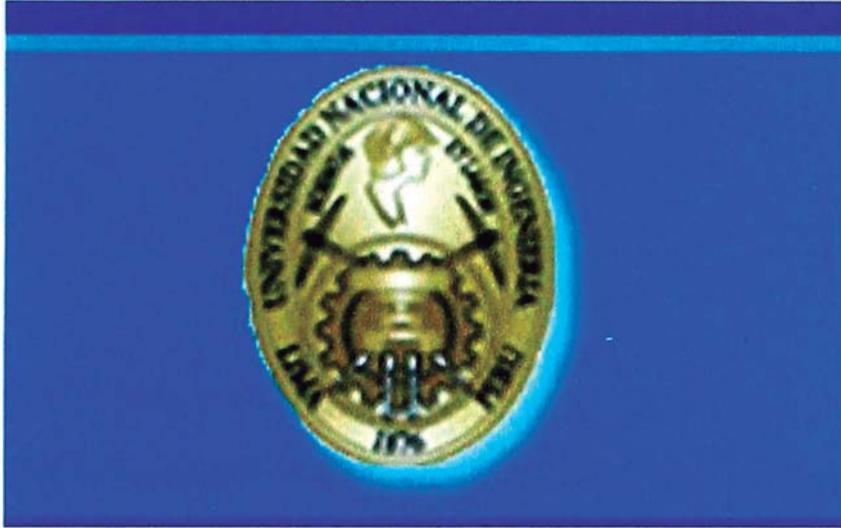


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**



*"PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN EN UNA FABRICA  
DE ALAMBRES Y CLAVOS"*

**INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Ruiz Rengifo, Carlomario**

**LIMA – PERÚ**

**2008**

## INDICE

DESCRIPTORES TEMÁTICOS.....	Pág.1
RESUMEN EJECUTIVO.....	Pág.2
INTRODUCCIÓN.....	Pág.3

### CAPITULO I

#### ANTECEDENTES

##### 1.1 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

##### ANALISIS EXTERNO

Entorno General.....	Pág.5
- Entorno Competitivo.....	Pág.6

##### ANALISIS INTERNO

- Actividades primarias.....	Pág.7
- Actividades de apoyo.....	Pág.8
1.1.1 Fortalezas y debilidades.....	Pág.9
1.1.2 Oportunidades y amenazas.....	Pág.9

##### 1.2 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

1.2.1 Productos.....	Pág.10
1.2.2 Clientes.....	Pág.11
1.2.3 Proveedores.....	Pág.12
1.2.4 Procesos.....	Pág.12
1.2.5 Organización.....	Pág.21

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 Estudio de tiempos.....	Pág.22
2.2 Equipos para el estudio.....	Pág.26
2.3 Elementos del estudio de tiempos.....	Pág.30

## CAPITULO III

### PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

3.1 Planteamiento del problema.....	Pág.62
3.2 Alternativas de solución.....	Pág.62
3.3 Toma de decisiones.....	Pág.63
3.4 Estrategias adoptadas.....	Pág.64
3.5 Metodología de solución.....	Pág.64

EVALUCIÓN DE RESULTADOS .....	Pág. 60
-------------------------------	---------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	Pág. 62
-------------------------------------	---------

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	Pág.64
---------------------------	--------

BIBLIOGRAFIA.....	Pág. 65
-------------------	---------

ANEXOS.....	Pág. 66
-------------	---------

## DESCRIPTORES TEMÁTICOS

1. Alambres
2. Alambrón
3. Clavos
4. Capacidad de trefilado
5. Determinación de estándares
6. Fabricación de clavos
7. Fabricación de alambres
8. Proceso de recocido
9. Programación de producción
10. Trefilación

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene dos finalidades:

1ra finalidad: Cuantificar la capacidad de producción de la planta.

2da finalidad: Contar con una herramienta que nos permita hacer una programación de producción más exacta y detallada, para atender a tiempo los pedidos de los clientes.

Para cumplir con las finalidades mencionadas fue necesaria la recopilación de datos y tiempos de los diversos procesos de producción, ésta recopilación se hizo utilizando las herramientas de ingeniería industrial, como son: toma de tiempos y determinación de estándares de producción.

Con estos datos se elaboró una herramienta que permite calcular con mayor exactitud los tiempos de proceso y por lo tanto la fecha de entrega de los productos. Todo esto sin mayor costo ya que la empresa no necesita invertir para hacer uso de los beneficios de la herramienta. Otro beneficio de la información obtenida, es que, también puede ser utilizado por el área de contabilidad, cuando sea requerido, para el costeo detallado de algún determinado producto y/o proceso.

## INTRODUCCIÓN

La empresa pertenece al rubro manufacturero (metal mecánico), dedicada a la fabricación de clavos, grampas, alambre de construcción, alambre trefilado de uso múltiple, varillas lisas y varillas corrugadas para la construcción.

En el inicio de sus operaciones por el año 1988 sólo se dedicaban a fabricar varillas y clavos para otras empresas que eran conocidas en el mercado, pero conforme pasaron los años la empresa fue acumulando capital de trabajo que le permitió comprar materia prima para la fabricación de sus propios productos.

Inicialmente los productos fabricados fueron clavos de medidas intermedias (1½ " a 3 ") y varillas de diámetros diversos. Luego conforme acumulaban capital fueron comprando máquinas aumentando así su capacidad instalada, la variedad de productos y la calidad de los mismos por la mejora de sus procesos.

En la actualidad cuenta con 21 máquinas para la fabricación de clavos desde ½" hasta 8" de longitud y 1 mm hasta 7.5 mm de diámetro, 01 máquina que produce clavos de calamina de 2" y 2 ½", 01 máquina para la fabricación de varillas, 01 máquina para grampas desde ½" hasta 1" y 01 horno de recocido con capacidad para 07 TM por día.

La materia prima para los clavos, alambres y varillas es el ALAMBRÓN de bajo contenido de carbono la cual es una aleación de hierro, carbono, boro, silicio, entre otros metales para mejorar sus propiedades mecánicas. La Programación de producción en una fábrica de alambres y clavos

empresa actualmente importa alambón desde las siderúrgicas ARCELOR y GERDAU en Brasil y SIDOR en Venezuela. En el caso de escasez el alambón se compra en el mercado local donde se puede conseguir alambón procedente de Brasil, Venezuela y China.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

Como en todo negocio, la empresa en mención no está exenta de los problemas del entorno, de la política, de la competencia; así que haremos un diagnóstico estratégico y funcional para conocer más a la empresa.

#### 1.1 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

##### ANÁLISIS EXTERNO

- **Entorno General** (comportamiento del ambiente)

**a). Precio internacional de los metales:** Dentro de los factores macro económicos el precio de los minerales (Acero) afecta a los precios de la materia prima para la fabricación de alambres y clavos, como es el alambrón, ya que contiene acero dentro de su composición.

**b). Factores Políticos:** Durante temporada de elecciones políticas internas (nacionales y provinciales) disminuyen las ventas por la paralización de obras. En el plano internacional, los problemas políticos en Venezuela provocaron el desabastecimiento de la materia prima por parte de La Siderurgica del Orinoco (SIDOR) quien era el único proveedor, teniendo así que buscar proveedores de otros países.

También en época de fiestas de fin de año como son navidad y año nuevo disminuyen las ventas.

**c). Abastecimiento:** El alambre usado como materia prima, es importado, pues en el Perú actualmente no se fabrica, el transporte es por barco desde los países de origen como son: Venezuela y Brasil; demorando 15 y 45 días de viaje respectivamente. También se puede conseguir alambre en el mercado local ya que hay empresas que importan dicha materia prima para venderla y pueden ser de procedencia brasilera, ecuatoriana, venezolana y China .

- **Entorno Competitivo** (Comportamiento de la competencia)

**a). Barreras a la entrada:** Se necesita fuerte inversión para incursionar en este negocio ya que la maquinaria que se necesita es importada y cara; también se necesita fuertes cantidades de dinero para capital de trabajo.

*Rivalidad de los Competidores:* La competencia es fuerte ya que el mercado local es limitado; la compra es susceptible a los precios.

**b). Poder de negociación de los proveedores:** El precio de la materia prima (alambre) está determinado por los precios internacionales de los metales. Así que las empresas que usan dicha materia prima no tienen mucho que negociar en lo referente a precios pues estos ya están establecidos por el mercado y es estándar en todo el mundo.

**c). Poder de negociación de los clientes:** Los clientes que compran en grandes cantidades tienen un gran poder de negociación debido a la competencia de precios de los fabricantes.

**d). Productos sustitutos:** No existe en la actualidad productos sustitutos en cuestión de elementos de sujeción para madera, que son los clavos.

En el caso específico de clavos de calamina, son los clavos rolados chinos que están entrando al mercado a menor precio pero los volúmenes de venta de estos es muy bajo.

**ANÁLISIS INTERNO****- Actividades Primarias**

<b>Actividades Primarias</b>	<b>Descripción</b>
Logística Interna	La materia prima es importada y llega a la planta por el puerto del Callao, de ahí es transportada a la empresa en camiones y es almacenada dentro de las instalaciones de la propia empresa. Desde aquí es transportado hacia el interior de la planta para procesamiento.
Operaciones	Los proceso de producción son los siguientes: trefilado, fabricación de clavos, pulido de clavos, encajado, almacenamiento. También tenemos otros procesos como la fabricación de varillas y de alambre recocido para la construcción.
Logística externa	Los productos terminados son llevados hacia las agencias en el caso de provincia y los almacenes o puntos de vente en caso de distribuidores y minoristas, se hace la programación de entrega de los pedidos según la distribución geográfica de los clientes.
Mercadotecnia y ventas	No hace publicidad de la empresa por ningún medio, sólo en los anuncios de páginas amarillas.
Servicio post venta	En el caso de productos fallados se hace la reposición inmediata.

**- Actividades de Apoyo**

<b>Actividades de apoyo</b>	<b>Descripción</b>
Abastecimiento	Compra de los insumos para la empresa se hacen vía telefónica según el requerimiento de producción.
Desarrollo de tecnología	Actividades relacionadas con desarrollo de tecnología lo realiza el gerente general que consiste en ver las mejoras de sus equipos y proceso.
Administración de R.R.H.H.	La oficina de administración se encarga de la selección de personal en el caso de necesitarlo, ya que la rotación del personal es baja; el personal cuenta con todos los beneficios sociales de ley.
Infraestructura de la empresa	La empresa cuenta con un terreno de aprox. 3500 m <sup>2</sup> , la mitad está construido y funciona como la planta y la mitad sirve como cancha de almacenamiento de la materia prima (Alambrón)

### **1.1.1 Fortalezas y debilidades**

#### Fortalezas:

*Experiencia* de más de 20 años en el rubro.

*Calidad* de los productos reconocidos en el mercado.

*Flexibilidad* de las máquinas y *Experiencia* de los maquinistas.

*Capacidad instalada* para la fabricación de clavos pequeños lo cual tienen pocas empresas en Lima.

Debilidades: Demora en las fechas de entrega de los pedidos (clavos especiales y de medidas pequeñas).

### **1.1.2 Oportunidades y amenazas.**

#### Oportunidades:

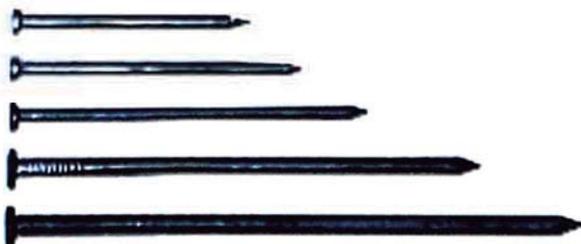
Exportación de clavos a países vecinos y a los Estados Unidos (U.S.A.).

Amenazas: Incursión en el mercado de productos chinos, importados por las empresas grandes, tanto como productos terminados (clavos de calamina, grapas, etc.) como materia prima (Alambrón). Los costos de éstos productos son muy bajos y por lo tanto son muy competitivos en nuestro mercado.

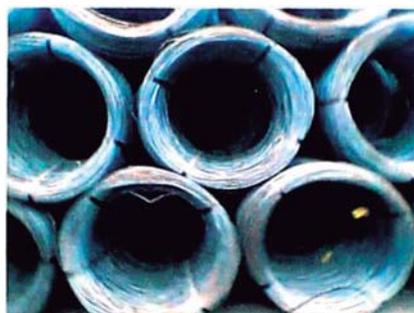
## 1.2 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

### 1.2.1 Productos.

Clavos



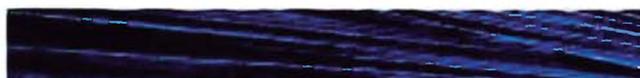
Alambrón



Alambre trefilado



Alambre recocido



Varillas

Descripción de tallada de artículos:

Artículos	Medidas
Clavos para construcción	2", 2 1/2", 3", 3 1/2", 4", 5"
Clavos para carpintero	1/2", 5/8", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2"
Clavos para la industria minera	5", 6", 7", 8"
Clavos especiales	Según requerimiento del cliente
Clavos de calamina	2", 2 1/2"
Grampas Zincadas	1/2", 3/4", 1"
Alambre de construcción (recocido)	# 16, 15, 14, 12, 10, 8
Varillas corrugadas para construcción	5.5 mm, 6.00 mm
Varillas lisas para usos diversos	desde 3.8 mm hasta 6.00 mm
Alambre crudo para usos diversos	desde 1.00 mm hasta 9.00 mm

### 1.2.2 Clientes

Empresas mineras; grandes y pequeñas ferreterías, distribuidores e intermediarios de todo Lima y el interior del país; a continuación se mencionan los departamentos a donde que llegan los productos:

Ciudades
Tumbes
Piura
Lambayeque
La Libertad
Ancash
San Martín
Cajamarca
Huanuco
Junín
Puno
Apurímac
Huanuco
Ucayali, etc.

### 1.2.3 Proveedores

TIPO	Empresa	Origen	Productos
De materia prima	Siderúrgica del Orinoco SIDOR	Venezuela	Alambrón de 5,5mm, 6,5mm, 8.00mm, 9,00mm.
	Siderúrgica Gerdau Y Arcelor	Brasil	Alambrón de 5,5mm, 6,5mm
	Distribuidores (PRODAC, Distribuidora Yuri, TRADISA, CONFER, etc.)	Nacional	Alambrón de 5,5mm (se compra a estas empresas en el caso de escasez de material)
De insumos	Industria Peruana de papeles y Cartones	Nacional	Cajas de cartón
	Distribuidores Pequeños	Nacional	(Grapas, suncho, aceite de maquina, grasa amarilla, soldadura, huaype, pernos, papel periódico, etc.)

### 1.2.4 Procesos

- 1-Trefilado
- 2- Fabricación de clavos
- 3- Pulido
- 4- Empaque
- 5- Recocido de alambre
- 6- Fabricación de varillas

**1- Trefilado:** Proceso de deformación en frío mediante el cual se consigue reducir el diámetro del alambre haciendolo pasar a través de un dado; la reducción del alambre debe hacerse de manera gradual hasta llegar a los diámetros deseados.

Esquema del trefilado:

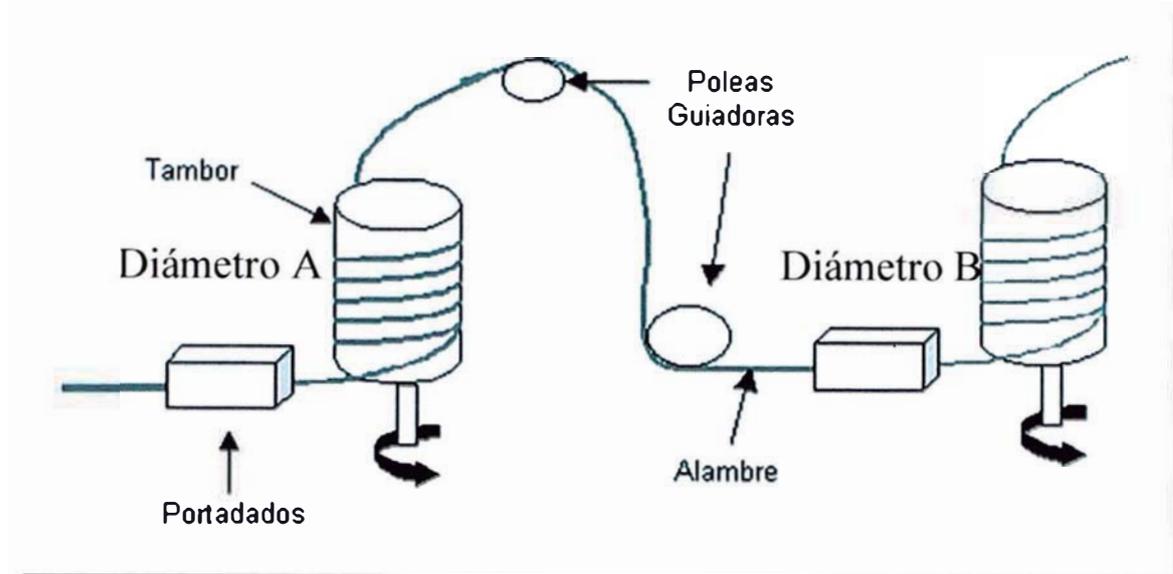


Gráfico (G-1)

Fotografía de una máquina de trefilación continua de 5 tambores y 6 pases.



Trefiladora (F-1)

(G-1) Elaboración propia.

(F-1) Fotografía propia.

**2- Fabricación de clavos:** Proceso por el cual se obtienen clavos a partir del alambre previamente trefilado hasta las medidas requeridas. Las medidas y diámetros de los clavos están estandarizados a nivel mundial, la longitud se mide en pulgadas y el diámetro es un número; por ejemplo clavos de 2 x 12 quiere decir 2 pulgadas de largo x 2.80 mm de diámetro.

A continuación se presenta la tabla con los números y diámetros:

Nº	Rango de diametro (mm)		Promedio (mm)
19	1	1,1	<b>1,05</b>
18	1,2	1,25	<b>1,23</b>
17	1,4	1,45	<b>1,43</b>
16	1,65	1,75	<b>1,70</b>
15	1,75	1,85	<b>1,80</b>
14	2,05	2,15	<b>2,10</b>
13	2,35	2,45	<b>2,40</b>
12	2,75	2,85	<b>2,80</b>
11	3	3,1	<b>3,05</b>
10	3,35	3,45	<b>3,40</b>
9	3,7	3,8	<b>3,75</b>
8	4,15	4,25	<b>4,20</b>
7	4,6	4,7	<b>4,65</b>
6	5,15	5,25	<b>5,20</b>
5	6	6,1	<b>6,05</b>
4	6,4	6,5	<b>6,45</b>
2	7,35	7,5	<b>7,43</b>

Cuadro C-1

---

(C-1) Elaboración propia



Máquina de clavos (F-2)

Las maquinas con las que cuenta la planta son de importadas en un 95% el 5% restante fue fabricado en el Perú. La lista de las características de las máquinas y su procedencia se muestra en el cuadro C-2 de los anexos.

**3- Pulido:** Proceso por el cual los clavos obtienen el brillo metálico característico; este proceso consiste en llenar los tambores giratorios con clavos mezclados con aserrín seco de madera y ponerlo en movimiento por un determinado tiempo hasta alcanzar la limpieza y brillo deseado.

El aserrín tiene la función de sacar la grasa y suciedad del metal mientras que el brillo metálico se obtiene con el golpe metal-metal que se produce en el tambor durante el movimiento.

---

(F-2) Fotografía propia

(C-2) Elaboración propia



Pulidora (F-3)

**4- Empaque:** Proceso por el cual se llenan los clavos en cajas membretadas con el logotipo de la empresa.

Este proceso se divide en 4 sub-procesos:

Encajado.-Llenar las cajas con clavos; cajas chicas de 20 Kg. y cajas grandes de 30 Kg.

Pesado.- Pesar las cajas en las balanzas.

Enzunchado.- Enzunchar las cajas una a una.

Marcado.- Escribir en el membrete de las cajas. la medida que le pertenece; especificando longitud del clavo y N<sup>a</sup> de alambre.



Proceso de encajado (F-4)

(F-3) y (F-4) Fotografías propias

**5- Recocido de alambre.** Proceso mediante el cual los rollos de alambre son sometidos al tratamiento térmico del recocido para la mejora de sus propiedades mecánicas (regenera la estructura y ablanda el alambre).

Este proceso tiene su secuencia de sub-procesos:

Preparación del alambre en rollos.

Acopiar los rollos en el horno.

Recocido (Encender, recocer y vigilar, enfriar)

Sacar el alambre del horno.

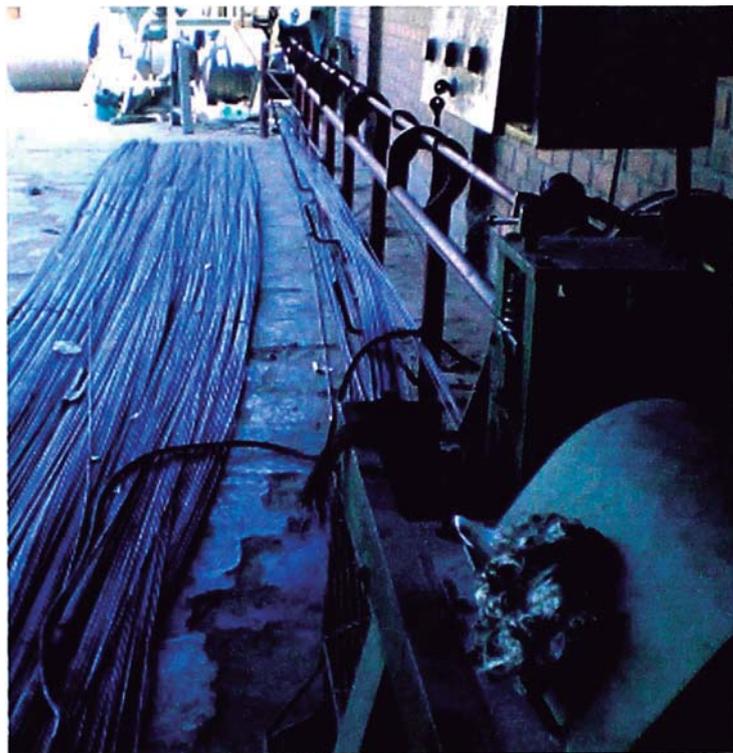


Alambre recocido (F-6)

(F-6) Fotografía propia

**6- Fabricación de varillas:** Proceso por el cual se obtienen varillas a partir del alambre trefilado en rollos.

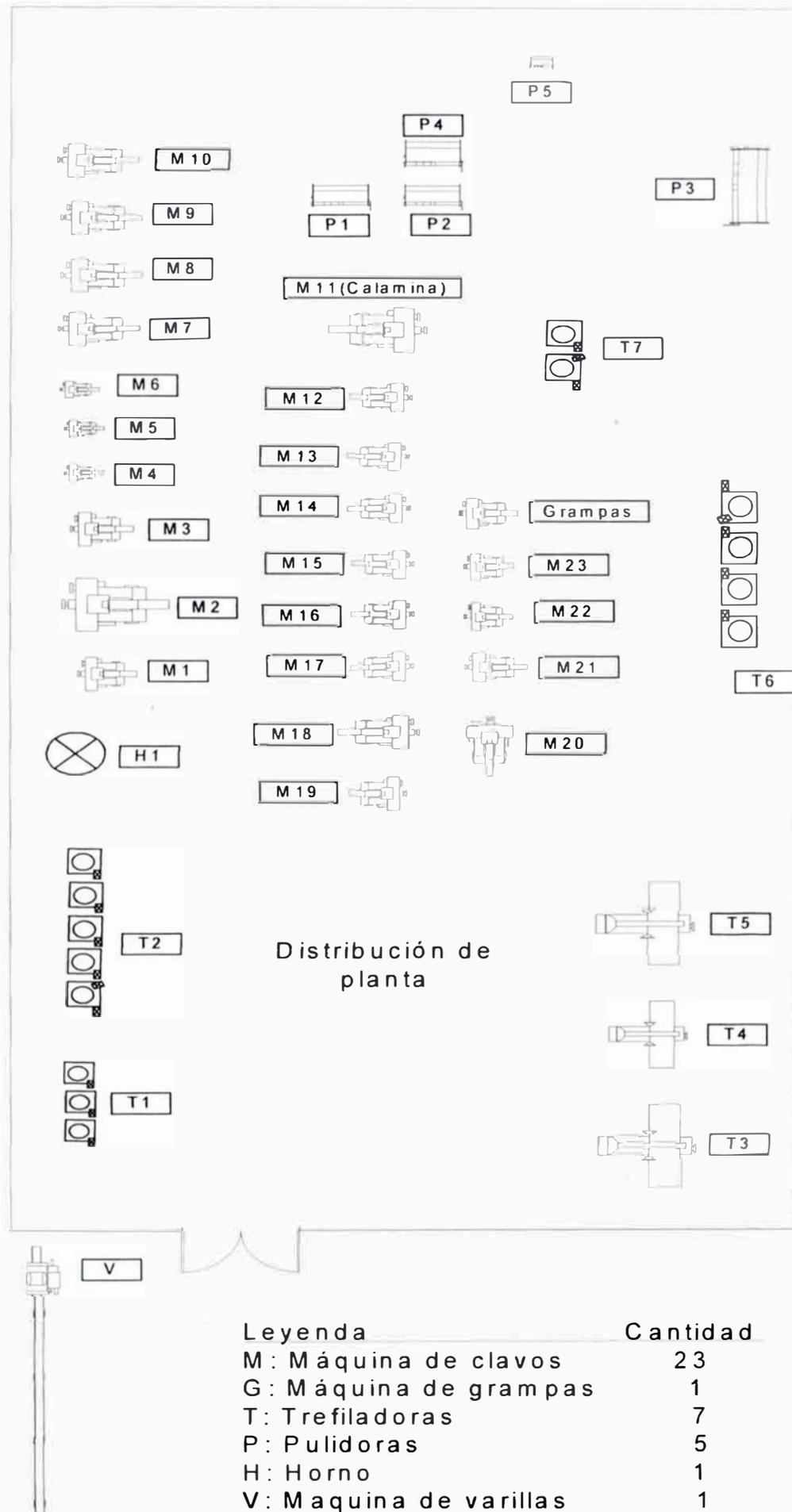
Máquina para fabricar varillas hasta 9 m de largo y 6 mm de diámetro, con sistema de corte automático.



Máquina de varillas (F-5)

---

(F-5) Fotografía propia



Presentamos los diagramas de flujo de los procesos mas representativos de la empresa.

**Proceso de recocido**

Actividad	○	⇒	D	□	▽	T(min)	D(m)	Observaciones
Almacén de alambre	○							
Trasladar rollos al horno		⇒						De forma repetitiva hasta llenar el horno
Llenar el horno con rollos								
Cerrar el horno								
Cargar combustible								3 veces durante todo el proceso
Encender horno								
Proceso de recocido						500		
Revisión en proceso								Varias veces durante el proceso
Apagar el horno								
Enfriamiento								
Destapar horno								
Sacar alambre recocido								
Trasladar alambre								
Acopiar alambre								

**Fabricación de clavos**

Actividad	○	⇒	D	□	▽	T(min)	D(m)	Observaciones
Almacén de rollos	○							
Trasladar rollo a máquina		⇒						C/vez que se acabe el rollo de alambre.
Cargar rollo								
Calibrar máquina								
Fabricación del clavo								
Inspección del clavo								De forma repetitiva durante el proceso
Cargar en carretilla								Varias veces hasta llenar las pulidoras
Trasladar a pulidora								Varias veces hasta llenar las pulidoras
Cargar a la pulidora								
Cargar aserrín								
Cerrar pulidora								
Proceso de pulido								
Inspección de calidad								
Descargar								
Encajar								
Cerrar cajas								
Trasladar al almacén								
Almacenamiento								

**Proceso de trefilado**

Actividad	○	⇒	D	□	▽	T(min)	D(m)	Observaciones
Almacén de alambón	○				▽			
Traslado a maquina		⇒						con montacargas (cada rollo pesa 2TM)
Cortar rollo	○				▽			
Sacar punta	○				▽			En el caso de estar cargado el rollo se sueldan las puntas
Pasar por los dados	○				▽			
Proceso de trefilado	○				▽			
Inspeccionar el trefilado					▽			Se hace constantemente, esto incluye mover el jabón.
Descargar rollo	○				▽			En el caso de estar los portarrollos vacios se cargan directamente en ellos.
Amarrar rollo	○				▽			
Traslado de rollo		⇒						
Almacenar rollo					▽			

**1.2.5 Organización:**

La organización esta dividida en la siguientes áreas funcionales:

**Gerencia General** (01 persona a tiempo completo)

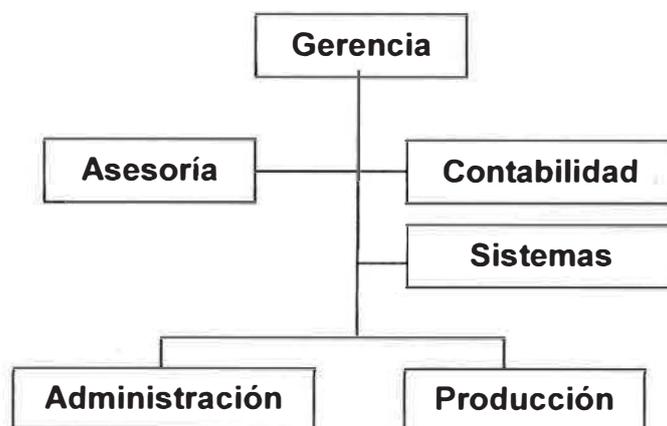
**Asesoría** (01 persona a tiempo parcial)

**Contabilidad** (02 personas a tiempo parcial)

**Sistemas** ( 01 persona que da sus servicios cuando se la requiere)

**Administración** (02 personas que se encargan de las compras y ventas)

**Producción** (01 supervisor, 06 trefiladores, 04 pulidores,05 maquinista, 02 choferes, 01 despachador)



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

Toma de tiempos y determinación de tiempos estándares de trabajo y estándares de producción.

#### **2.1 ESTUDIO DE TIEMPOS**

Uno de los pasos en el proceso sistemático de desarrollar un centro de trabajo eficiente es establecer los tiempos estándar. Tres elementos ayudan a determinarlos: las estimaciones, los registros históricos y los procedimientos de medición del trabajo.

En el pasado, los analistas se apoyaban más en las estimaciones como un medio para establecer los estándares. Con la creciente competencia actual de productos extranjeros, se ha incrementado el esfuerzo para establecer estándares basado en los hechos y no en el juicio. La experiencia ha demostrado que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos sólo con ver un trabajo y juzgar el tiempo requerido para determinarlo. Cuando se usan estimaciones, los estándares se salen de contexto. La compensación de errores en ocasiones disminuye su desviación, pero la experiencia muestra que a lo largo de un periodo, los valores estimados tienen una desviación sustancial de los estándares medidos. Tanto los registros históricos como las técnicas de medición del trabajo proporcionan valores mucho más precisos que las estimaciones basadas sólo en el juicio.

Con el método de registros históricos, los estándares de producción se basan en los registros de trabajos similares, realizados con anterioridad. En la práctica diaria, el trabajador usa un reloj o aparato recolector de datos cada vez que inicia un nuevo trabajo y de nuevo cuando lo termina. Esta técnica informa cuánto tiempo llevó en realidad hacer el trabajo, pero no cuánto debió haber tardado. Como los operarios desean justificar su día completo, algunos trabajos incluyen retrasos personales, inevitables en un grado mucho mayor que lo que deben, y otros no incluyen las cargas adecuadas de tiempos de retraso. Los datos históricos contienen desviaciones consistentes hasta de 50% en la misma operación del mismo trabajo. Aun así, como base para determinar los estándares de la mano de obra, los registros históricos son mejores que no contar con ellos. Estos registros proporcionan resultados más confiables que las estimaciones basadas sólo en el juicio, pero no proveen suficiente validez para asegurar costos de mano de obra equitativos y competitivos.

Cualquiera de las técnicas de medición del trabajo (estudio de tiempos con cronómetro electrónico o mecánico, datos de movimientos fundamentales, datos estándar, fórmulas de tiempos o estudios de muestreo del trabajo) representan mejores caminos para establecer estándares de producción justos. Estas técnicas se basan en hechos. Todas establecen estándares de tiempo permitido para realizar una tarea dada, con los suplementos por fatiga y por retrasos personales y retrasos inevitables.

Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible producir más en una planta dada, e incrementan la eficiencia del equipo y el personal operativo. Los estándares mal establecidos, aunque mejor que no tener estándares, conducen a costos altos, disentimientos del personal y quizá fallas de toda empresa. Los estándares acertados pueden significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio.

## **Requerimientos del estudio de tiempos**

Deben cumplirse con ciertos requerimientos fundamentales antes de tomar un estudio de tiempos. Por ejemplo, si se requiere un estándar de una nueva tarea, o de una tarea anterior en la que el método o parte de él se ha alterado, el operario debe estar familiarizado por completo con la nueva técnica antes de estudiar la operación. Además, el método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use antes de iniciar el estudio. A menos que todos los detalles del método y las condiciones de trabajo se hayan estandarizado, los estándares de tiempo tendrán poco valor y se convertirán en una fuente continua de desconfianza, resentimientos y fricciones internas.

Los analistas deben comunicar al representante del sindicato, al supervisor del departamento y al operario que se estudiará el trabajo. Cada parte puede hacer planes específicos y tomar las medidas necesarias para realizar un estudio coordinado y adecuado. El operario debe verificar que aplica el método correcto y debe estar familiarizado con todos los detalles de la operación. El supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte, los lubricantes, etc., cumplen con las prácticas estándar, como lo establece el departamento de métodos. También ha de investigar la cantidad de material disponible para que no ocurran faltantes durante el estudio. Si se dispone de varios operarios para el estudio, debe determinar quién tendrá los resultados más satisfactorios. El analista debe elegir operarios capacitados y competentes, debe explicarles por qué se realiza el estudio y responder a cualquier pregunta pertinente que surja de los operarios.

## **Responsabilidad del analista**

Todo trabajo involucra distintos grados de habilidad, lo mismo que de esfuerzo físico o mental. Existen también diferencias en aptitudes, aplicación

física y destreza de los trabajadores. Es sencillo para el analista observar a un empleado y medir el tiempo real que le toma realizar su trabajo. Es más difícil evaluar todas las variables y determinar el tiempo requerido para que el operario “calificado” realice su tarea.

Debido a la cantidad de intereses humanos y reacciones asociadas con las técnicas de estudio de tiempos, es esencial que haya un entendimiento completo entre el empleado y el analista de estudio de tiempos. Este último debe estar seguro de que se usa el método correcto, registrar con precisión los tiempos tomados, evaluar con honestidad el desempeño del operario y abstenerse de criticarlo.

Como los analistas de estudio de tiempos afectan de manera directa el bolsillo de los trabajadores y los balances de pérdidas y ganancias de las compañías, su trabajo debe ser confiable y minucioso. Las inexactitudes y malos juicios no sólo afectarán al operario y las finanzas de la compañía, también darán como resultado la pérdida de la confianza del operario, en última instancia, deteriorará la armonía en las relaciones de trabajo que por años ha construido la administración. Para lograr mantener buenas relaciones humanas, el analista de estudio de tiempos siempre deberá ser honesto, bien intencionado, paciente y entusiasta, y siempre debe usar un buen juicio. Es imperativo que el analista de estudio de tiempos esté bien calificado.

El analista debe informar con antelación al operario que se estudiará su trabajo asignado. Esto abre el camino tanto para el operario como para el analista. El operario con esto puede señalar algunas dificultades específicas que crea deban corregirse antes de establecer un estándar.

## **Responsabilidad del operario**

Todo empleado debe tener el interés en el bienestar de la compañía y apoyar las prácticas y procedimientos que implanten la administración. Los operarios deben probar con integridad los nuevos métodos y cooperar para eliminar las fallas características de muchas innovaciones. Hacer sugerencias para mejorar todavía más los métodos, debe aceptarse como parte de la responsabilidad de todo empleado. El operario está más cerca que nadie del trabajo y puede hacer contribuciones reales de la compañía si ayuda a establecer los métodos ideales.

El operario debe ayudar al analista de métodos en la división de la tarea en sus elementos, con lo que se asegura que se cubren todos los detalles específicos. También debe trabajar a un paso normal, firme mientras se realiza el estudio, e introducir el menor número de elementos extraños o movimientos adicionales que sea posible. Debe usar el método prescrito exacto, ya que cualquier acción que prolonga el tiempo de ciclo de manera artificial puede dar como resultado un estándar demasiado amplio.

## **2.2 EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS**

El equipo mínimo requerido para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos incluye un cronómetro, una tabla, las formas para el estudio y una calculadora de bolsillo.

### **Cronómetro**

En la actualidad se usan dos tipos de cronómetros:

- El cronómetro tradicional con décimos de minuto (0.01min.).
- El cronómetro electrónico (mucho más práctico).

El cronómetro decimal tiene 100 divisiones en la carátula, y cada división es igual a 0.01 minutos, es decir, un recorrido completo de la manecilla larga

requiere un minuto. El círculo pequeño de la carátula tiene 30 divisiones, cada una igual a un minuto. Entonces, por cada revolución completa de la manecilla larga, la corta se mueve una división o un minuto. Para iniciar el cronómetro, se desliza el botón lateral hacia la corona. El movimiento contrario detiene el reloj con las manecillas en la posición en que se encuentren. Para continuar la operación desde el punto en que se detuvieron las manecillas, se desliza el botón hacia la corona. Al oprimir la corona, ambas manecillas, la larga y la corta, regresan a cero. Al soltarla el cronómetro inicia de nuevo la operación, a menos que se deslice el botón lateral alejándolo de la corona.

Estos cronómetros proporcionan una resolución de 0.001 segundos y una exactitud de  $\pm 0.002\%$ . Pesan cerca de 4 onzas y miden más o menos 4 x 2 x 1 pulgadas. Permiten tomar el tiempo de cualquier número de elementos individuales, mientras sigue contando el tiempo total transcurrido. Entonces, proporcionan tanto tiempos continuos como regresos a cero, sin las desventajas de los cronómetros mecánicos. Para operar el cronómetro, se presiona el botón superior. Cada vez que se presiona este botón aparece una lectura numérica. Al presionar el botón de la memoria se obtiene las lecturas anteriores. Una versión un poco más elaborada incorpora el cronómetro a un tablero de estudio de tiempos.

### **Tablero de estudio de tiempos**

Cuando se usa un cronómetro, es conveniente tener una tabla adecuada para sostener la forma del estudio de tiempos y el cronómetro. La tabla debe ser ligera para que no se canse el brazo y fuerte para proporcionar el apoyo necesario para la forma. Los materiales adecuados incluyen triplay de  $\frac{1}{4}$  de pulgada o plástico liso. De pie en la posición adecuada el analista puede ver la estación de trabajo por encima de la tabla y seguir los movimientos del operario, al tiempo que mantiene el reloj y la forma dentro de su campo visual.

### **Formas de estudio de tiempos**

Todos los detalles del estudio se registran en una forma de estudio de tiempos. La forma contiene espacio para registrar toda la información pertinente sobre el método que está en estudio, las herramientas utilizadas, etc.. Se identifica la operación que se estudia con información como nombre y número del operario, descripción y número de la operación, nombre y número de la máquina, herramientas especiales usadas y sus respectivos números, el departamento donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo que prevalecen. Es mejor que sobre información y no que falte.

El formato (F-1) ilustra una forma de estudio de tiempos desarrollada por los autores. Tiene la flexibilidad suficiente para usarse casi en cualquier tipo de operación. En esta forma, se registran los diferentes elementos de la operación en el renglón que encabeza las columnas, y por columna se colocan los ciclos estudiados, renglón por renglón. Las cuatro columnas debajo de cada elemento son: **C** para calificaciones; **TC** para tiempo en el cronómetro, es decir, las lecturas del cronómetro; **TO** para el tiempo observado, es decir, la diferencia en los tiempos entre las lecturas sucesivas del cronómetro, y **TN** para el tiempo real.

(Ver formato F- 1 en los anexos)

### **Otros métodos de estudio de tiempo:**

#### **Cámaras de video grabación**

Las cámaras de video grabación son ideales para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido. Al tomar película de la operación y después estudiarla un cuadro a la vez, el analista puede registrar los detalles exactos del método usado y después asignar valores de tiempos normales. También puede establecer estándares proyectando la cinta a la misma velocidad que la grabación y calificar el desempeño del operario. Debido a que todos los hechos están ahí, observar el videocasete es una manera

justa y precisa de calificar el desempeño. Además, con la cámara pueden surgir mejoras potenciales de los métodos que pocas veces se detectan con el procedimiento del cronómetro. Con la reciente llegada de las cámaras de video digitales y el software de edición en PC, los estudios de tiempo se pueden realizar prácticamente en línea. Las video grabaciones también son excelentes para la capacitación de los analistas de tiempos, pues se pueden repetir las secciones hasta que adquieran habilidad suficiente.

### **Software para el estudio de tiempos**

Existen varios paquetes de software disponibles para el analista de estudio de tiempos. Tim Study, de la Royal J. Dossett Corp, usa un Datawriter (registrador de datos) para recolectar datos de manera electrónica y después descargarlos en la PC para el análisis. Una desventaja es el requerimiento del Datawriter especializado. Otros paquetes usan computadoras portátiles para recolectar datos, lo que permite que el analista las use para otras tareas. Por ejemplo, CITS/APR, de C-Four, permite un análisis de datos más detallado porque una interfaz diseñada para hojas de cálculo se enlaza con Excel. Además el analista puede incluir las calificaciones de los elementos activos. Por desgracia, las PC portátiles pierden terreno ante la variedad de asistentes digitales personales (PDA). C - Four también ha desarrollado una versión PalmCITS para trabajar en la PDA de Palm, pero esta versión no tiene la capacidad de interactuar con Excel. Esta característica fue incorporada por Applied Computer Service. Inc., en su software QuickTimes y TimerPro.

Para los analistas que realizan estudios de tiempos a partir de cintas de video, una opción interesante es Multimedia Video Task Analysis (MVTA, Nexgen Ergonomics). MVTA interactúa directamente con el VHS a través de una interfaz gráfica y permite a los usuarios la identificación interactiva de los puntos terminales en la grabación de video mientras que se analiza a cualquier velocidad (tiempo real, movimiento lento / rápido o cuadro por cuadro hacia delante o hacia atrás). MVTA produce de modo automático los

**Programación de producción en una fábrica de alambres y clavos**

informes del estudio de tiempos y calcula la frecuencia de ocurrencia de cada evento, al igual que el análisis de la postura para diseño del trabajo.

## **2.3 ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS**

La realización de un estudio de tiempos es tanto una ciencia como un arte. Para asegurar el éxito, el analista debe poder inspirar confianza, aplicar su juicio y desarrollar un enfoque de acercamiento personal con quienes tenga contacto. Además, sus antecedentes y capacitación deben prepararlo para entender a fondo y realizar las distintas funciones relacionadas con el estudio. Estos elementos incluyen; seleccionar al operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus elementos, registrar los valores elementales de tiempos transcurridos, calcular la calificación del operario, asignar los suplementos adecuados, en resumen, llevar a cabo el estudio.

### **Elección del operario**

El primer paso para iniciar un estudio de tiempos se realiza a través del supervisor de línea o del departamento. Una vez revisado el trabajo en la operación, debe acordar con el supervisor que todo está listo para estudiar el trabajo. Si más de un operario realiza el trabajo para el que se quiere establecer un estándar, debe tomar en cuenta varias cosas al elegir el operario que va a observar. En general, un operario que tiene un desempeño promedio o un poco arriba del promedio proporcionará un estudio más satisfactorio que uno menos calificado o que el que tiene habilidades superiores. El trabajador promedio, por lo común, desempeña su trabajo con consistencia y de manera sistemática. El paso de este operario tenderá a estar en el rango normal y facilita para el analista del estudio de tiempos la aplicación de un factor de desempeño correcto.

Por supuesto, el operario debe estar bien capacitado en el método, le debe gustar su trabajo y ha de demostrar interés en hacerlo bien. También debe estar familiarizado con los procedimientos y prácticas del estudio de tiempos

y tener confianza tanto en los métodos del estudio como en el analista. Su compromiso es la cooperación suficiente con el estudio y estar dispuesto a seguir las sugerencias tanto del supervisor como del analista de estudio de tiempos.

En ocasiones, el analista no puede elegir al operario sólo uno realiza la operación. En estos casos, debe ser muy cuidadoso al establecer la calificación del desempeño, porque quizá el operario esté trabajando en uno de los extremos de la escala de calificaciones. En las tareas de un solo trabajador el método usado debe ser el correcto y el analista debe acercarse a él con cuidado y tacto.

El enfoque del analista para seleccionar a un operario puede determinar el grado de cooperación recibida. Debe acercarse a él de manera amistosa y demostrar que entiende la operación que va a estudiar. El operario debe tener la oportunidad de hacer preguntas sobre las técnicas de toma de tiempos, el método de calificaciones y la aplicación de suplementos. En algunas situaciones, el operario nunca ha sido estudiado. Todas las preguntas deben recibir, con toda paciencia, una respuesta franca. Debe animársele a hacer sugerencias, y cuando lo haga, el analista debe recibirlas con interés para demostrar respeto por las habilidades y conocimientos del operario.

El analista debe mostrar interés en el trabajo del empleado y, en todo momento, ser justo y directo con él. Este enfoque gana la confianza del trabajador en la capacidad del analista. El respeto y la buena voluntad que obtiene no sólo ayudarán a establecer un estándar justo, también facilitarán cualquier asignación de trabajo futuro en la planta de producción.

### **Registro de información significativa**

El registro debe contener máquinas, herramientas manuales, dispositivos, condiciones de trabajo, materiales, operaciones, nombre y número del

operario, departamento, fecha de estudio y nombre del observador. El espacio para estos detalles es el de observaciones en la forma de observación de estudio de tiempos. También es útil un bosquejo de la distribución. Mientras más información pertinente se registre, más útil será el estudio de tiempo a través de los años. Se convierte en un recurso para el establecimiento de datos estándar. También será útil para mejorar los métodos y evaluar a los operarios, las herramientas y el desempeño de las máquinas.

Cuando se usan máquinas herramienta, debe especificarse nombre, tamaño, estilo, capacidad y número de serie o inventario, lo mismo que las condiciones en que trabaja. Deben identificarse datos, calibraciones, plantillas y dispositivos por número y con una descripción breve. Si las condiciones de trabajo durante el estudio son distintas a las normales para esa operación, afectarán el desempeño del operario. Por ejemplo, en un taller de forja a martinete, si el estudio se tomara en un día en extremo caluroso, quizá las condiciones de trabajo fueran más malas que las normales y el desempeño del operario reflejaría el efecto del intenso calor. En consecuencia, se agregaría un suplemento al tiempo normal del operario. Si las condiciones del trabajo mejoran, el suplemento puede disminuirse. Inversamente, si las condiciones de trabajo empeoran, el suplemento puede aumentarse.

El desempeño de la operación debe describirse de manera específica. Por ejemplo, "broca de 3/8 x 3/8 de pulgada en agujero de 1 pulgada" es mucho más explícito que "perforar ranura". El operario bajo estudio debe identificarse por nombre y número; es fácil que haya dos Juan Pérez en una compañía.

### **Posición del observador**

El observador debe estar de pie, no sentado, unos cuantos pies hacia atrás del operario para no distraerlo o interferir con su trabajo. Los observadores de pie se pueden mover con mayor facilidad y seguir los movimientos de las

manos del operario mientras éste realiza el ciclo de la tarea. Durante el estudio, el observador debe evitar cualquier tipo de conversación con el operario, ya que esto podría distraerlo o estorbar las rutinas.

### **División de la operación en elementos**

Para facilitar la medición, se divide la operación en grupos de movimientos conocidos como *elementos*. Para dividirla en sus elementos individuales, el analista observa al operario durante varios ciclos. Sin embargo, si el tiempo de ciclo es mayor a 30 minutos, puede escribir la descripción de los elementos mientras realiza el estudio. Si es posible, mejor que determine los elementos de la operación antes de iniciar el estudio. Éstos deben separarse en divisiones tan finas como sea posible, pero no tan pequeñas que se sacrifique la exactitud de las lecturas. Las divisiones elementales de alrededor 0.04 minutos se aproximan a lo mínimo que puede leer de manera consistente un analista experimentado de estudio de tiempos. No obstante, si los elementos anteriores y posteriores son relativamente largos, es posible tomar el tiempo de un elemento con una duración de 0.02 minutos.

Para identificar por completo los puntos terminales y desarrollar consistencia en las lecturas del cronómetro de un ciclo al siguiente, se toman en cuenta los sonidos y lo que se va al desglosar los elementos. Por ejemplo, los *puntos terminales* de los elementos se pueden asociar con sonidos como: una pieza terminada que cae al contenedor, una fresa que muerde un molde, una broca que atraviesa la parte que se perfora y un par de micrómetros que se dejan en la mesa de trabajo.

Cada elemento se registra en la secuencia adecuada, se incluye una división básica de la tarea terminada mediante un sonido distinto o un movimiento. Por ejemplo, "subir la pieza a la mordaza manual y apretar" incluye las siguientes divisiones básicas: alcanzar la pieza, tomar la pieza, mover la pieza, posicionar la pieza, alcanzar la llave de la mordaza, tomar la llave, mover la llave, posicionar la llave, girar la llave y soltar la llave de la

mordaza. El punto de terminación de este elemento sería soltar la llave de la mordaza en la cabeza del torno, con el sonido correspondiente como evidencia. El elemento "iniciar la máquina" puede incluir: alcanzar, tomar, mover y soltar la palanca. La rotación de la máquina, con el sonido que la acompaña identifica el punto de terminación de manera que las lecturas se pueden tomar justo en el mismo punto en cada ciclo.

Con frecuencia, distintos analistas de estudio de tiempos en una compañía adoptan una división de elementos estándar dadas las clases de instalaciones, para asegurar uniformidad al establecer los puntos de terminales. Por ejemplo, todos los trabajos en taladros de mesa con un husillo se pueden dividir en elementos predeterminados. Tener elementos estándar como base para la división de la operación es en especial importante al establecer los datos del estándar.

Quizá algunas sugerencias adicionales ayuden a desglosar los elementos:

1. Mantener separados los elementos manuales y los de máquina, ya que las calificaciones afectan menos a los tiempos de las máquinas.
2. Separa los elementos constantes (aquellos para los que el tiempo no varía dentro de un intervalo especificado de trabajo) y los elementos variables (aquellos para los que el tiempo varía dentro de un intervalo de trabajo especificado).
3. Cuando se repite un elemento, no se incluye otra vez la descripción. En el espacio proporcionado para esto se pone el número de identificación que se usó cuando ocurrió por primera vez.

## **INICIO DEL ESTUDIO**

Al iniciar el estudio se registra la hora (en minutos completos) que marca un reloj "maestro" y en ese momento se inicia el cronómetro. (Se supone que todos los datos se registran en la forma de estudio de tiempos). Este es el

*tiempo de inicio*. Se puede usar una de dos técnicas para registrar los tiempos elementales durante el estudio. El método de *tiempos continuos*, como su nombre lo indica, permite que el cronómetro trabaje durante todo el estudio. En este método, el analista lee el reloj en el punto terminal de cada elemento y el tiempo sigue corriendo. En la técnica de *regreso a cero*, después de leer el cronómetro en el punto terminal de cada elemento, el tiempo se restablece en cero; cuando se realiza el siguiente elemento el tiempo avanza a partir de cero.

Al registrar las lecturas del cronómetro, se anotan sólo los dígitos necesarios y se omite el punto decimal, para tener el mayor tiempo posible para observar el desempeño del operario. Si se usa un cronómetro decimal y el punto terminal primero ocurre en 0.08 minutos, se registra sólo el dígito 8 en la columna de **TC** (tiempo de cronómetro).

#### Método de regresos a cero

El método de regresos a cero tiene tanto ventajas comparado con la técnica de tiempo continuo. Algunos analistas de estudio de tiempos usan ambos métodos, con la idea de que los estudios en los que predominan los elementos prolongados se adaptan mejor a las lecturas con regresos a cero, y es mejor usar el método continuo en los estudios de ciclos cortos.

Como los valores del elemento que ocurrió tiene una lectura directa con el método de regresos a cero, no es necesario realizar las restas sucesivas, como en el método continuo. Entonces, la lectura se inserta directamente en la columna **TO** (tiempo observado). También se pueden registrar de inmediato los elementos que el operario ejecuta en desorden sin una notación especial. Además, los que defienden el método de regresos a cero establecen que los retrasos no se registran. Como se pueden comparar los valores elementales de un ciclo a otro, es posible tomar decisiones en cuanto a qué número de ciclos estudiar. Sin embargo, es un error usar las

observaciones de los ciclos anteriores para determinar cuántos ciclos adicionales estudiar. Esta práctica puede llevar a estudiar una muestra demasiado pequeña.

Entre las desventajas del método de regresos a cero está la que promueve que los elementos individuales se eliminan de la operación. Estos elementos no se pueden estudiar en forma independiente porque los tiempos elementales dependen de los elementos anteriores y posteriores. En consecuencia, al omitir los factores de retraso, los elementos extraños y los elementos transpuestos, se puede llegar a valores equivocados en las lecturas aceptadas. Una de las objeciones principales del método de regresos a cero es el tiempo perdido mientras la mano restablece el cronómetro. Esto puede tardar entre 0.0018 y 0.0058 minutos (Lowry, Naynard y Stegenerten, 1940). No obstante, esto ya no es válido para los cronómetros electrónicos, donde no se pierde tiempo en restablecer la lectura a cero. Por otro lado, es más difícil medir los elementos cortos (0.04 minutos o menos) con este método.

### Método continuo

El método continuo para registrar valores elementales es superior al de regresos a cero por varias razones. Lo más significativo es que el estudio que se obtiene presenta un registro completo de todo el periodo de observación; esto complace al operario. El operario puede ver que se dejaron tiempos fuera en el estudio y que se incluyeron todos los retrasos y elementos extraños. Como todos los hechos se presentan con claridad, es más sencillo explicar y vender esta técnica de registro de tiempos.

El método continuo también se adapta mejor a la medición y registro de elementos muy cortos. Con la práctica, un buen analista de estudio de tiempos puede detectar con precisión tres elementos cortos (menos de 0.04 minutos), si van seguidos de un elemento de alrededor de 0.15 minutos o más. Esto es posible si se recuerdan las lecturas del cronómetro en los

puntos terminales de los tres elementos cortos y después se registran sus valores respectivos mientras se ejecuta el cuarto elemento más largo.

Por otro lado, se requiere más trabajo de escritorio para calcular el estudio si se usa el método continuo. Como se lee el cronómetro con puntos terminales de cada elemento mientras las manecillas del reloj continúan su movimiento, es necesario hacer restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar el tiempo transcurrido en cada elemento.

### Manejo de dificultades

Durante el estudio de tiempos, quizá los analistas observen variaciones en la secuencia original de elementos establecida. En ocasiones, es posible que omitan algún punto terminal específico. Estas dificultades complican el estudio; entre menor sea la frecuencia de ocurrencia, será más sencillo calcular el estudio.

Si falta alguna lectura, el analista debe indicar de inmediato una "F" en la columna TC. Por ningún motivo debe aproximar o intentar registrar el valor faltante. Si lo hace puede destruir la validez del estándar establecido para el elemento específico. Si tuviera que usarse el elemento como fuente de datos estándar; quizá resultaran grandes discrepancias en los estándares futuros. Algunas veces, el operario omite un elemento; esto se maneja con una raya horizontal en el espacio correspondiente de la columna TC. Es deseable que si esto ocurre sea muy poco frecuente ya que, en general, se debe a un operario no experimentado o a la falta de estandarización en el método. Por supuesto, el operario puede omitir un elemento sin advertirlo, como cuando olvida "destapar la ranura" al hacer un molde de banco. Si se omiten elementos varias veces, el analista debe detener el estudio e investigar la necesidad de ejecutar los elementos varias veces, el analista debe detener el estudio e investigar la necesidad de ejecutar los elementos omitidos. Ha de hacer esto en coordinación con el supervisor y el operario, para que se

establezca el mejor método. Se espera que el observador esté en constante alerta para descubrir mejores maneras de efectuar los elementos; si llegan nuevas ideas a su mente asentará una "nota" breve en la sección correspondiente de la forma de estudio de tiempos.

Quizá también vea elementos realizados en una secuencia diferente. Esto ocurre bastante seguido cuando se estudia a un empleado nuevo o inexperto en una tarea con ciclo largo compuesta de muchos elementos. Evitar perturbaciones es una de las razones primordiales por las que se estudia a empleados competentes con una capacitación completa. Sin embargo, cuando se ejecutan elementos fuera de orden, el analista debe ir de inmediato a la casilla del elemento en la columna TC y dividirla con una raya horizontal; debajo de la raya debe escribir el tiempo en que el operario inició el elemento, y arriba el tiempo en que terminó. Este procedimiento se repite para cada elemento realizado fuera de orden, lo mismo que para el primer elemento que se realiza al regresar a la secuencia normal.

Durante el estudio de tiempos, el operario puede encontrar retrasos inevitables, como otro empleado o el supervisor que interrumpen, o una descompostura en la herramienta. También es posible que intencionalmente cause un cambio en el orden del trabajo ir a beber agua o al detenerse para descansar. Tales interrupciones se conocen como "elementos extraños".

Los elementos extraños ocurren, ya sea por una descompostura durante la ejecución de un elemento. La mayoría de los elementos extraños, en particular controlados por el operario, ocurren al terminar el elemento, se marcan con letras (A, B, C, etc.) en la columna TN de este elemento. Si el elemento extraño ocurre en el punto terminal, se registra en la columna TN del elemento trabajo que sigue a la interrupción. La letra A se usa para denotar el primer elemento extraño, la letra B para el segundo y así sucesivamente.

Tan pronto se designa un elemento extraño en el lugar adecuado, el analista incluye una breve descripción en la esquina inferior izquierda del espacio. El momento en que inicia el elemento extraño se pone en el bloque TC1 de la sección de elementos extraños, y el momento en que termina, en el bloque TC2. después estos valores se restan al calcular el estudio de tiempos, para determinar la duración exacta del elemento extraño. Este valor se coloca después en la columna de TO de la sección de elementos extraños.

En ocasiones, un elemento extraño tiene una duración tan corta que es imposible registrarlo de la manera descrita. Los ejemplos comunes serían dejar caer la llave en el piso y recogerla de inmediato, limpiarse la frente con un pañuelo o voltear un momento para hablar con el supervisor. En esos casos, cuando el elemento extraño es de 0.06 minutos o menos, el método más satisfactorio para manejar la interrupción es permitir que se acumule con el elemento y enseguida poner un círculo en la lectura, para indicar que se trata de un valor "no controlado". Debe anotarse un comentario breve en la sección de "notas" del elemento que tuvo la interrupción para justificar el círculo con el número.

### **Ciclos de estudio**

Determinar cuántos ciclos se van a estudiar para llegar a un estándar justo es un tema que ha causado polémica entre los analistas de estudio de tiempos. Como la actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen en el número de ciclos que se pueden estudiar, desde el punto de vista económico, el analista no puede estar gobernado de manera absoluta por la práctica estadística que demanda cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas individuales del elemento. La General Electric Company estableció los valores de la siguiente tabla, como una guía aproximada al número de ciclos que se deben observar.

Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo en minutos	Número recomendado de ciclos
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

Fuente: Información tomada de Time Study Manual de los Erie Works en General Electric Company, desarrollados bajo la guía de Albert E. Hawth, gerente de administración del salario.

Se puede establecer un número más exacto con métodos estadísticos. Como el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones tienen distribución normal alrededor de la media desconocida de la población con variancia desconocida. Si se usa la media de la muestra  $\bar{X}$  y la desviación estándar de la muestra  $S$ , la distribución normal para una muestra grande lleva al siguiente intervalo de confianza:  $\bar{X} \pm Z \frac{S}{\sqrt{n}}$

Donde  $S^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n - 1)$

Sin embargo, los estudios involucran sólo muestras pequeñas ( $n < 30$ ) de una población; por lo tanto, debe usarse una distribución  $t$ . Entonces, la fórmula del intervalo de confianza es:  $\bar{X} \pm t \frac{S}{\sqrt{n}}$

El término con  $\pm$  se puede considerar un término de error expresado como una fracción de  $\bar{X}$ :  $k\bar{X} = t \frac{S}{\sqrt{n}}$

donde  $k$  = una fracción aceptable de  $\bar{X}$

Si se despeja  $n$  se obtiene:  $n = (tS / k\bar{X})^2$

También es posible despejar  $n$  antes de tomar el estudio de tiempos, si se interpretan los datos históricos de elementos similares, o con una estimación

real de **X** y **S** a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación más alta.

### **CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL OPERARIO**

Como el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento del estudio depende de un alto grado de la habilidad y esfuerzo del operario, es necesario ajustar hacia arriba el tiempo normal del operario bueno y hacia abajo el del menos capacitado. Por lo tanto, antes de dejar la estación de trabajo, el analista debe dar una calificación justa e imparcial al desempeño en el estudio. En un ciclo corto con trabajo repetitivo, es costumbre aplicar una calificación al estudio completo, o una calificación promedio para cada elemento. Por el contrario, cuando los elementos son largos y contienen diversos movimientos manuales, es más práctico evaluar el desempeño de cada elemento conforme ocurre.

En el sistema de calificación del desempeño, el observador evalúa la efectividad del operario en términos del desempeño de un *operario calificado* que ejecuta el mismo elemento. El valor de la calificación se expresa como un decimal o un porcentaje y se asigna al elemento observado, en la columna C. Un operario calificado se define como un operario con amplia experiencia que trabaja en las condiciones acostumbradas en la estación de trabajo, a un paso no demasiado rápido y no demasiado lento, sino representativo de uno que se puede mantener a lo largo del día.

El principio básico al calificar el desempeño es ajustar el tiempo medio observado (TO) para cada elemento ejecutado durante el estudio al *tiempo normal* (TN) que requeriría el operario calificado para realizar el mismo trabajo:

$$TN = TO \times C/100$$

Donde C es la calificación del desempeño del operario expresada como porcentaje, con el 100% correspondiente al desempeño estándar de un operario calificado. Para realizar un trabajo justo al calificar, se debe

ignorar la personalidad y otros factores de variación, y sólo considerar la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo, comparado con la cantidad de trabajo que produciría el trabajador calificado.

### **Asignación de suplementos**

Ningún operario puede mantener un paso estándar todos los minutos del día de trabajo. Puede tener lugar tres clases de interrupciones para las que debe asignarse tiempo adicional. La primera son las interrupciones personales, como ir al baño y a los bebederos; la segunda es la fatiga que afecta aun a los individuos más fuertes en los trabajos más ligeros. Por último, existen retrasos inevitables, como herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y variaciones del material, todos ellos requieren la asignación de un suplemento. Como el estudio de tiempos se toma en un periodo relativamente corto y como los elementos extraños se eliminan para determinar el tiempo normal, debe añadirse un suplemento al tiempo normal para llegar un estándar justo que un trabajador pueda lograr de manera razonable. El tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar la operación se llama *tiempo estándar* (TS) de esa operación. Por lo común, el suplemento se da como un porcentaje o fracción del tiempo normal y se usa como un multiplicador igual a 1 + suplemento:

$$TS = TN + TN \times \text{suplemento} = TN \times (1 + \text{suplemento})$$

Un enfoque alternativo es formular los suplementos como una fracción del día de trabajo total, puesto que es posible que no se conozca el tiempo de producción real. En ese caso, la expresión para el tiempo estándar es:

$$TS = NT / (1 - \text{suplemento})$$

### **CÁLCULOS DEL ESTUDIO**

Después de registrar en forma adecuada toda la información necesaria en la forma de estudio de tiempos, observar el número de ciclos apropiado y

calificar al operario, se debe registrar el *tiempo de terminación* en la misma sección del reloj maestro usada para el inicio del estudio. Para tiempos continuos, es muy importante comparar la lectura final del cronómetro con la lectura global del tiempo transcurrido. Estos dos valores deben tener una cercanía razonable (diferencia de  $\pm 2\%$ ). (Una discrepancia grande puede indicar que ocurrió un error, y que el estudio de tiempos debe repetirse). Por último, el analista debe agradecer al operario su cooperación y proceder al siguiente paso, el cálculo del estudio.

Para el método continuo, cada lectura del cronómetro se resta de la lectura anterior para obtener el tiempo transcurrido: este valor se registra en la columna TO. Los analistas deben tener especial cuidado en esta etapa, ya que los descuidos en este punto pueden destruir por completo la validez del estudio. Si se usó la calificación del desempeño elemental, se deben multiplicar los tiempos elementales transcurridos por el factor de calificación y registrar el resultado en los espacios de la columna TN. Observe que como TN es un valor calculado, casi siempre se asienta con tres dígitos.

Los elementos que el observador no encontró u omitió se marcan con una "F" en la columna TC y se ignoran. Así, si ocurrió que el operario no realizó el elemento 7 del ciclo 4 en un estudio de 30 ciclos, el analista tendrá sólo 29 valores del elemento 7 para calcular el tiempo medio observado. El analista no sólo debe ignorar el siguiente, pues el valor restado en el estudio incluiría el tiempo para realizar ambos elementos.

Para determinar el tiempo elemental transcurrido en elementos fuera de orden, es necesario restar los valores adecuados de tiempos de cronómetro. Para los elementos extraños, el analista deduce el tiempo requerido por el elemento extraño a partir del tiempo de ciclo del elemento correspondiente. Puede obtener el tiempo promedio usado por el elemento extraño si resta la lectura TC1 en la sección de elementos extraños menos el valor de la lectura TC2 en la forma de estudio de tiempos.

Una vez calculados y registrados los tiempos transcurridos, el analista debe estudiarlos con cuidado para encontrar anomalías. No existe una regla que determine el grado de variación permitido para conservar el valor para los cálculos. Si una amplia variación en cierto elemento se puede atribuir a alguna influencia demasiado breve para que sea un elemento extraño, pero de duración suficiente para afectar el tiempo del elemento en forma sustancial, o si la variación se puede atribuir a errores en las lecturas del cronómetro, entonces de inmediato se coloca un círculo alrededor de estos números y se excluyen del resto del estudio. Sin embargo si las grandes variaciones se deben a la naturaleza del trabajo, entonces no sería lógico descartar los valores.

Los elementos de la máquina tienen poca variación de un ciclo a otro, pero en los elementos manuales se puede esperar una variación mucho mayor. Cuando ocurre una variación de tiempo inexplicable, el analista debe tener cuidado antes de poner un círculo a esos valores. Recuerde que este no es un procedimiento de calificación del desempeño. Al descartar de manera arbitraria los valores altos y bajos, es posible que obtenga un estándar incorrecto. Una buena regla es, "si hay duda, el valor no se descarta".

Si se usa la calificación elemental, entonces después de calcular los valores del tiempo transcurrido elemental, debe determinarse el tiempo elemental normal, multiplicando cada valor elemental por el factor de desempeño respectivo.

Este tiempo normal se registra en las columnas TN para cada elemento. En seguida, se determinará el valor normal elemental promedio dividiendo el total del tiempos registrados en la columna TN entre el número de observaciones.

Después de determinar todos los tiempos transcurridos elementales, deben verificarse para asegurar que no se cometieron errores de aritmética o de

registro. Un método para verificarse la exactitud es llenar toda la forma de *verificación de tiempo*. Pero para hacerlo, el analista debió sincronizar el cronómetro como reloj maestro, registrar el *tiempo de inicio* y el *tiempo de terminación* en la forma. Después el analista suma tres cantidades:

1. Los tiempos observados totales, conocidos como *tiempo efectivo*.
2. Los tiempos de elementos extraños totales conocidos como *tiempo inefectivo*.
3. Total del *tiempo transcurrido antes del estudio* (TTAS en la forma) y el *tiempo transcurrido después del estudio* (TTDS en la forma).

El tiempo transcurrido antes del estudio es la última lectura cuando el analista detiene el reloj al final del estudio. En ocasiones, estas dos últimas cantidades se suman para obtener el *tiempo de verificación*. Las tres cantidades juntas son el *tiempo total registrado*. La diferencia entre los tiempos de inicio y terminación en el reloj maestro es igual al *tiempo transcurrido* real. Cualquier diferencia entre el tiempo total registrado y el tiempo transcurrido se llama *tiempo no registrado*. En general, en un buen estudio, este valor es cero. El tiempo no registrado dividido entre el tiempo transcurrido es un porcentaje llamado *error de registro*. Este error debe ser menor que 2%. Si excede esta cantidad, el estudio de tiempos debe repetirse.

Después de calcular los tiempos normales de los elementos, el analista debe agregar el porcentaje de suplemento a cada elemento para determinar los tiempos estándar o permitidos. En el estudio de tiempos, el tiempo normal para el elemento 1 se multiplica por 1.12 para obtener el siguiente tiempo estándar para el elemento 1:

$$TS = 0.152 \times (1 + 0.12) = 0.170$$

La naturaleza del trabajo determina la cantidad de suplemento que se aplica. El suplemento promedio para los elementos manuales es 15% y que, en general, se aplica 10% a los elementos de máquina.

En la mayor parte de los casos, cada elemento ocurre dentro de cada ciclo y el *número de ocurrencias* es sencillamente 1. En algunos casos, un elemento se puede repetir dentro de un ciclo. Si así es, el *número de ocurrencias* se convierte en 2 ó 3 y el tiempo acumulado por ese elemento dentro del ciclo se duplica o triplica.

Los tiempos estándar para cada elemento se suman para obtener el tiempo estándar del trabajo completo, que se registra en el espacio para el *tiempo total estándar* en la forma de estudio de tiempos.

## TIEMPO ESTÁNDAR

La suma de los tiempos elementales da el estándar en minutos por pieza con un cronómetro de décimas de minuto, o en horas por pieza con un cronómetro de décimos de hora. La mayoría de las operaciones industriales tiene ciclos relativamente cortos (menos de 5 minutos); en consecuencia, algunas veces conviene más expresar los estándares en horas por cientos de pieza. Por ejemplo, el estándar en una operación de prensa puede ser 0.085 horas por cien piezas. Éste es un método más satisfactorio para expresar el estándar que 0.00085 horas por pieza o 0.051 minutos por pieza.

El porcentaje de eficiencia del operario se puede expresar como:

$$E = 100 \times H_e / H_c = 100 \times O_c / O_e$$

donde:

- E = porcentaje de eficiencia
- $H_e$  = horas estándar trabajadas
- $H_c$  = horas de reloj en el trabajo
- $O_e$  = producción esperada

$O_c$  = producción actual

Así, un operador que produce 10 000 piezas durante la jornada de trabajo habrá tenido un logro de 8.5 horas de producción y su desempeño habrá tenido una eficiencia de  $8.5/8 = 106\%$ .

Una vez calculado el tiempo estándar, se asigna al operario en la forma de una tarjeta o puede ser una copia. Esta tarjeta de operación sirve como base para obtener rutas, programación, capacitación, nómina, desempeño del operario, costos, presupuestos y otros controles necesarios para la operación efectiva de un negocio.

### **Estándares temporales**

Los empleados requieren tiempo para desarrollar la habilidad en cualquier operación nueva o diferente. A menudo, los analistas de tiempos establecen un estándar en una operación más o menos nueva, para la que no existe un volumen suficiente para que el operario alcance la eficiencia más alta. Si el analista basa la calificación del operario en los conceptos usuales de producción (es decir, la calificación del operario debajo de 100), el estándar que resulta puede parecer demasiado cerrado y el operario quizá no puede ganar incentivos. Por otro lado, si el analista toma en cuenta que la tarea es nueva y el volumen es bajo, y establece un estándar generoso, entonces si aumenta el tamaño de la orden, o si se recibe una nueva orden para el mismo trabajo, puede haber problemas.

Quizá el método más satisfactorio para manejar estas situaciones es la emisión de estándares temporales. Se establece el estándar tomando en cuenta la dificultad de la tarea asignada y el número de piezas que se van a producir. Después, mediante una curva de aprendizaje para el trabajo, y con los datos existentes, se puede desarrollar un estándar temporal justo para la tarea. El estándar que se obtiene será mucho más amplio que si la tarea

involucrara un alto volumen. Al liberarse para la planta, el estándar va marcado con claridad como “temporal” e incluye la cantidad máxima para la que se aplica. Cuando se liberan estándares temporales, deben estar vigentes sólo el tiempo que dura el contrato, o durante 60 días, lo que ocurra primero. Al expirar, deben sustituirse por estándares permanentes.

### **Estándares de preparación**

Los elementos del trabajo que es común incluir en los estándares de preparación involucran a todos los eventos que ocurren en la terminación de la tarea anterior y el inicio de la actual. El estándar de preparación también incluye elementos de “desarmar” y “guardar”, obtener las herramientas del depósito, preparar la máquina, regresarlas al depósito y contar la producción.

Al establecer los tiempos de preparación, el analista debe usar los procedimientos idénticos seguidos para establecer los estándares de producción, excepto que no tendrá oportunidad de obtener una serie de valores elementales para determinar los tiempos medios. Además, el analista no puede observar al operador al realizar los elementos de preparación de antemano; en consecuencia, está obligado a dividir la preparación en elementos mientras lleva a cabo el estudio. Sin embargo, como los elementos de preparación, en su mayor parte, son de larga duración, existe una cantidad razonable de tiempo para dividir el trabajo, registrar el tiempo y evaluar el desempeño mientras el operario va de un elemento a otro.

Existen dos maneras de manejar los tiempos de preparación distribuidos por cantidad asignados al trabajo. En la primera, se distribuyen a través de una cantidad específica de producción, como 1 000 a 10 000 piezas. Este método sólo es satisfactorio cuando la magnitud del orden de producción es estándar. Por ejemplo, las industrias que surten a partir del inventario y

reordenan con base en inventarios mínimos/máximos pueden controlar su producción con el modo del lote económico. En esos casos, el tiempo de preparación se puede prorratear de manera equitativa en todo el lote. Por ejemplo, suponga que el tamaño del lote de cierto artículo es 1 000 piezas y que siempre se reordenan 1 000 unidades. Si el tiempo de preparación estándar en una operación dada es 1.5 horas, entonces el tiempo de operación permitido puede aumentar 0.15 horas por 100 piezas para tomar en cuenta los elementos de tener listos y almacenar.

Este método no es del todo práctico si el tamaño de la orden no se controla. En una planta donde las requisiciones se hacen según los pedidos, es decir, las órdenes de producción se liberan con la especificación de las cantidades que corresponden a las órdenes de los clientes, es imposible estandarizar el tamaño de las órdenes de trabajo. Por ejemplo, esta semana se envía una orden de 100 unidades y el mes siguiente se necesita una orden de 5 000 unidades del mismo artículo. En esta situación, el operario solo tendría 1.5 horas de preparación de la máquina para las 100 unidades ordenadas, lo cual sería inadecuado; pero en la orden de 5 000 unidades, el operario contaría con 7.50 horas, que se tendría que considerar.

Es más práctico establecer estándares de preparación como tiempos estándar separados. Entonces, sin importar qué cantidad de partes se produzcan, prevalecerá un estándar justo. En algunos casos, la preparación la realiza una persona diferente al operario que realiza el trabajo. Las ventajas de tener personal distinto para la preparación son bastante obvias. Los operarios menos calificados se pueden usar como operarios cuando no tienen que preparar su propia instalación. Es más sencillo estandarizar las preparaciones e introducir cambios de métodos cuando la responsabilidad recae en un solo individuo. Además, cuando se dispone de suficiente maquinaria, la producción puede ser continua, si se prepara la siguiente asignación de trabajo mientras el operario trabaja en la asignación actual.

## Preparaciones parciales

Con frecuencia, no es necesario realizar una preparación completa de una instalación para realizar una operación específica, debido a que algunas herramientas de la operación anterior se usarán en el trabajo que sigue. Por ejemplo, en la preparación de tornos comunes o tornos revólver, una programación cuidadosa de trabajos similares para la misma máquina permite realizar preparaciones parciales entre los trabajos. En lugar de tener que cambiar seis herramientas en el torno hexagonal quizá sólo sea necesario cambiar dos o tres. Este ahorro en el tiempo de preparación es uno de los beneficios importantes de un programa bien formulado de tecnología de grupos.

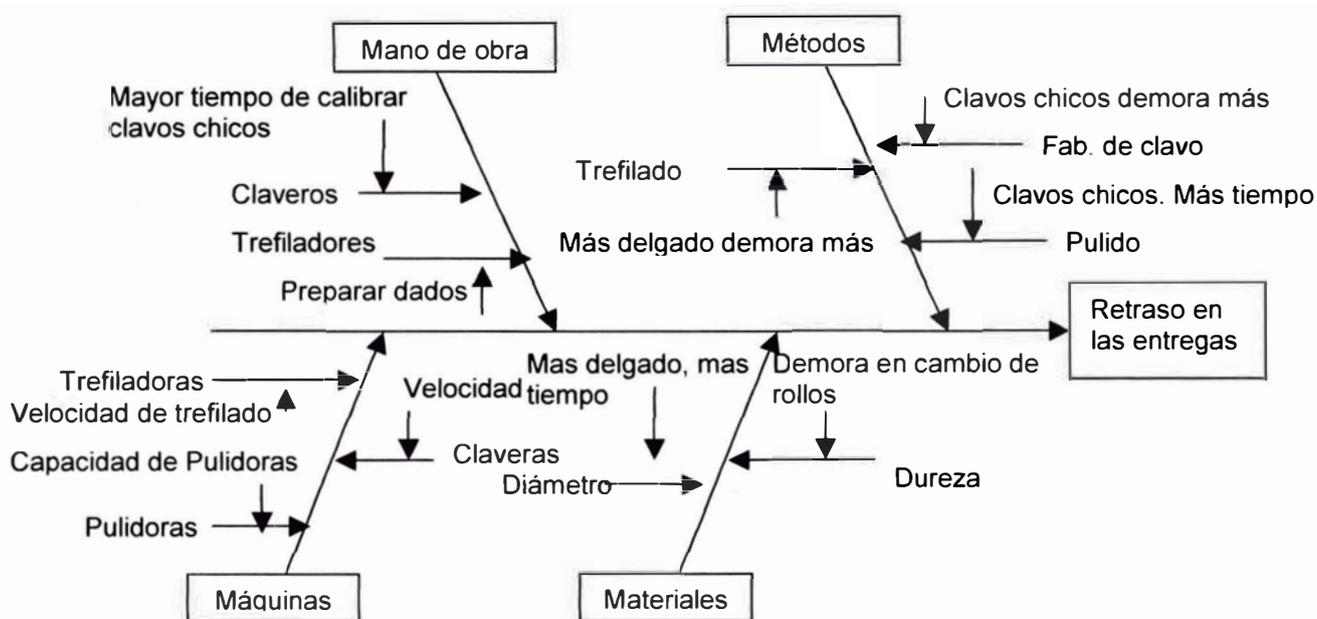
Como la secuencia de trabajo programada para una máquina dada rara vez permanece igual, es difícil establecer tiempos de preparaciones parciales que cubran todas las variaciones posibles. Por ejemplo, el estándar de una preparación completa para un torno revólver Warner & Swasey # 4 puede ser 0.80 horas. Sin embargo, si la preparación tiene lugar después del trabajo X tal vez tome sólo 0.45 horas; después del trabajo Y puede requerir 0.57 horas; mientras que si sigue al trabajo Z, quizá sea necesario 0.70 horas. Las variaciones posibles en un tiempo de preparación parcial son tan amplias que la única manera práctica de establecer su valor con exactitud es usar datos de estándares para cada trabajo.

En las plantas en las que los tiempos de preparación son menores que una hora y las corridas de producción son razonablemente largas, es una práctica común asignar al operario el tiempo de preparación completo para cada trabajo realizado. Esto tiene ventajas por varias razones: primero, si la planta incorpora incentivos salariales, los operarios logran una satisfacción mucho mayor debido al salario mayor, y planean su trabajo para obtener la mayor ventaja. El resultado es una mayor producción por unidad de tiempo y menores costos totales. Además, se ahorra un tiempo considerable y mucha

documentación al evitar tener que determinar un estándar para la preparación parcial de la operación y su aplicación en todos los casos pertinentes. De hecho, estos ahorros tienden a acercarse a la cantidad adicional pagada a los operarios como resultado de la diferencia entre el tiempo requerido para una preparación completa y el requerido para una preparación parcial.

## CAPITULO III

### PROCESO DE TOMA DE DECISIONES



#### 3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Retraso en las entregas de los pedidos.

#### 3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

- 1.- Comprar más máquinas.
- 2.- Determinación de estándares de tiempo y de producción.
- 3.- Ampliar plazo de entrega a los clientes.

### 3.3 TOMA DE DECISIONES

#### Alternativa 1.-

*Ventajas:* Se incrementaría la capacidad de producción de la fábrica con lo cual no habría inconvenientes en cumplir con los pedidos en las fechas programadas.

*Desventajas:* Se requiere un fuerte inversión para la compra de maquinaria; además de el tiempo que demoraría la importación de las mismas.

#### Alternativa 2.-

*Ventajas:* Con los tiempos de producción se obtiene datos de la capacidad de producción de cada proceso y se puede determinar con exactitud las fechas de entrega. No requiere mayor inversión.

*Desventajas:* El tiempo para determinar los tiempos de cada uno de los procesos de la planta.

#### Alternativa 3.-

*Ventajas:* Proponiendo a los clientes mayor plazo de entrega, obviamente se cumpliría con las fechas pactadas de entrega, no necesita inversión alguna.

*Desventajas:* Disminuiría la satisfacción de los clientes, por lo tanto esto motivaría a buscar otras empresas que le entreguen lo que requieren en menores plazos.

ALTERNATIVAS	NO REQUIERE INVERSION	REDUCE COSTOS	AUMENTARIA LA FACTURACION	AUMENTARIA LA SATISFECCION DEL CLIENTE	PUNTAJE
1			x	x	2
2	x	x	x	x	4
3	x				1

Luego del análisis elegimos la: **Alternativa 2**

### **3.4 ESTRATEGIAS ADOPTADAS.**

**Estrategias a corto plazo.** Toma de tiempos de los procesos más representativos de la empresa con lo cual se pueda iniciar la implementación de una herramienta de programación de la producción. Estos tiempos serán llevados a tablas para ser usados por la administración.

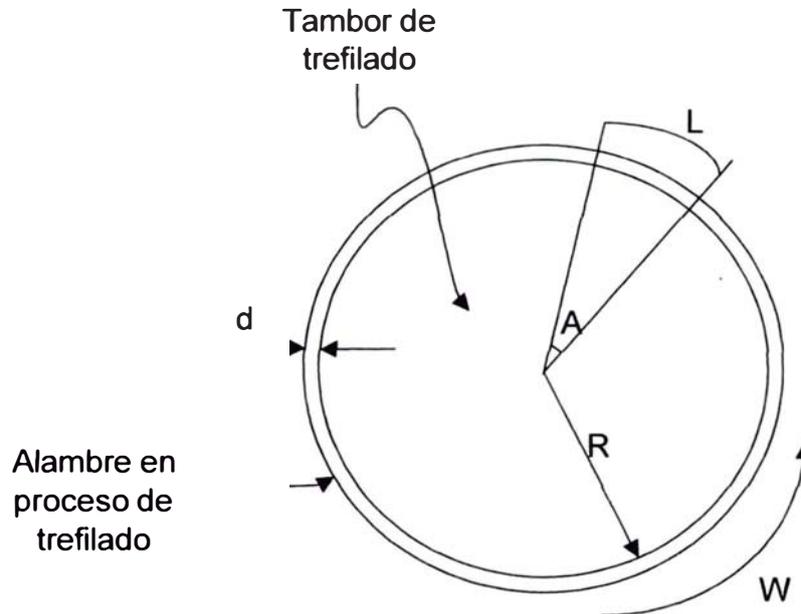
**Estrategias a mediano plazo.** Elaborar en hoja de calculo una herramienta, basada en los tiempos, que permita calcular rápidamente los tiempos de entrega. La administración deberá recurrir a esta herramienta para dar las fechas de entrega.

**Estrategias a largo plazo.** Los estándares de tiempo serán el inicio de un MRP que debe implementarse a futuro para el manejo y control de las operaciones.

### **3.5 METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN**

Se calcularán las capacidades de producción de las trefiladoras, máquinas de clavo, pulidoras, horno de recocido. También se tomará tiempos de operaciones manuales, con la finalidad de tener datos para la programación de la producción.

**Cálculos de las capacidades de producción de las máquinas trefiladoras.**



Donde:

W : Velocidad angular (RPM)

R: radio del tambor (m)

d: diametro del alambre (mm)

A: angulo de giro (Radianes)

L: longitud de arco (m)

Además necesitamos la densidad del material :

D: densidad (g/cm<sup>3</sup>) = 7.86

m: masa (Kilos)

t: tiempo (minutos)

Por lo tanto la formula que calcula el tiempo para obtener una determinada masa de alambre en un tambor de trefilado es:

\*Combinando las formulas conocidas

$D = m/V$ , donde V es volumen.

$L = A \times R$ ;  $W = A / t$

Obtenemos:  $t = 2 \times m / (D \times \pi^2 \times d^2 \times W \times (r + d/2))$

Presentamos la tabla con las capacidades máximas de carga de los tambores de trefilado y los tiempos de trefilado para la máxima carga; cabe resaltar que los tambores de trefilado debido a sus dimensiones, velocidades

y potencia tienen diferentes capacidades de producción. (Nota: las capacidades máximas de carga fueron obtenidas de un promedio de los pesos de cada rollo) Cuadro (C-3)

Trefiladoras	Diam. tambor	RPM	Cap. Máx. (Kg.)
T1	0,35	100	60
T2	0,45	104	120
T3	0,60	32	220
T4A	0,60	30	200
T4B	0,50	30	150
T5	0,65	26	220
T6	0,48	105	120
T7	0,45	110	120

La siguiente tabla muestra los tiempos para obtener un rollo de alambre de máximo peso en cada máquina trefiladora. Cuadro (C-4)

T (minutos)		Trefiladoras							
Nº	Diametros	T1	T2	T3	T4A	T4B	T5	T6	T7
19	1,10	61							
18	1,25	48							
17	1,40	38							64
16	1,65	27	48					45	46
15	1,80		40					38	39
14	2,10		30			117		28	28
13	2,45					86		21	21
12	2,80				73	65		16	
11	3,10				60			13	
10	3,45			49	48			11	
9	3,80			40			46		
8	4,20			33			38		
7	4,60			28			32		
6	5,20			22			25		
5	6,10			16			18		
4	6,50						16		
2	7,40						12		

Para dar continuidad al proceso hay que soldar el extremo del rollo trefilado con el extremo del nuevo rollo a trefilar y también bajar los rollos del tambor; este tiempo toma aproximadamente : 5 y 3 minutos respectivamente.

Minutos. El periodo en el cual hay que soldar las puntas depende de la velocidad de trefiladora y del diámetro que se trefila.

C-3 y C-4 : Elaboración propia

Ejem: Tenemos un pedido de 240 Kg de alambre #12 y tenemos la trefiladora T6 para hacer este pedido: (Viendo las tablas)

Tiempo de proceso: 2 x 16 min, Tiempo de bajar rollos: 2 x 3 min, más 2 min para amarrar los rollos. **Tiempo total = 40 minutos.**

Capacidades de producción de las máquinas de clavo

Las siguientes capacidades son las obtenidas de los catálogos de la máquinas checoslovacas marca Kovopol expresadas en pulgadas y milímetros.

THA 14/32 (kg/h)		Longitud (pulg)							
		1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"
Nº Diametro (mm)		Longitud (mm)							
Nº	Diametro (mm)	6	8	10	12	16	20	25	32
...	0,71	1,35	1,67						
...	0,80		2,21	2,65	3,08	3,89	4,81		
...	0,90			3,46	4,00	5,08	6,16		
20	1,00			4,32	5,02	6,32	7,60		
18	1,25					10,21	12,31	14,90	
17	1,40						15,71	18,90	23,42

THA 25/60 (kg/h)		Longitud (pulg)											
		3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"
Nº Diametro (mm)		Longitud (mm)											
Nº	Diametro (mm)	10	12	16	20	25	32	36	40	45	50	56	63
20	1,00	3,36	3,91	4,91	5,92								
18	1,25			7,94	9,58	11,59							
17	1,40				12,22	14,70	18,27						
16	1,60				16,42	19,74	24,40	29,61					
15	1,80						27,55	30,87	34,23				
14	2,00								42,84	47,88			
14	2,24									60,06	66,36		
13	2,50										82,74	92,82	104,16

THA 31/80 (kg/h)		Longitud (pulg)					
		1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"
		Longitud (mm)					
Nº	Diametro (mm)	45	50	56	63	70	80
14	2,24	51,48	56,88				
13	2,50		70,92	79,56	89,28		
12	2,80			100,10	105,50	118,10	
11	3,15		112,30	125,60	141,10	156,60	178,20

THA 40/120 (kg/h)		Longitud (pulg)								
		2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"	3 1/2"	4"	4 1/4"	4 3/4"
		Longitud (mm)								
Nº	Diametro (mm)	50	56	63	70	80	90	100	110	120
13	2,50	59,10	66,30	74,40						
12	2,80		83,40	87,90	98,40					
11	3,15	93,60	104,70	117,60	130,50	148,50				
10	3,55				165,30	188,70	211,80			
8	4,00					243,00	272,40	315,00	330,00	378,00
8	4,20							366,00	384,00	405,00

### Capacidades de las máquinas Kovopol (C-5)

Para obtener las capacidades de producción de las máquinas chinas, alemanas, españolas y peruanas se utilizó un recipiente previamente pesado y se colocó como depósito a la salida de las máquinas de clavos. Luego se pesó el recipiente que acumuló clavos por un periodo de 10 minutos por cada medida, obteniendo así la capacidad de producción de las mismas.

Se presenta el cuadro general de capacidades de producción de las máquinas de clavos en el cuadro C-6 (Ver anexos)

C-5: Cuadros de los catálogos de las máquinas kovopol

C-6: Elaboración propia

Ejm. Tenemos un pedido de 150 Kg de clavo de 1 ½ x 15 sin cabeza y tenemos la máquina M15 disponible para fabricarlo.

**Programación de clavos**

Operación	Min.
Cambio de mordaza	30
cargar	6
cuadrar maquina	7
producir	252 según tablas 34 kg x h
Tiempos de preparación de clavos	295
Pulido	35
Encajado	15
<b>Tiempo total</b>	345 min
	<b>5,75 Horas</b>

Si comenzamos a las 8:00 AM todo el proceso dura 5.75 horas como se cruza con la hora de refrigerio se aumenta 1 hora más, es decir el pedido estaría listo a las 15 horas (3:00 PM).

**Tiempo de fabricación de varillas**

Tenemos un pedido de 2500 varillas corrugadas 5.50 mm, el cual es solicitado hoy a las 10 A.M.

**Programación de varillas**

Operación	Min.
Cargar rollo	160 cargar 20 rollos
	100 cuadrar 20 veces
producir	362,5 8,7 seg x varilla
<b>Tiempo total</b>	<b>622,5</b>
	<b>10,375 horas</b>

El pedido puede ser entregado mañana a las 12:30 PM

## EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Vamos a hacer comparaciones con respecto a la forma actual de cálculo de a fecha y hora de entrega de los pedidos los clientes.

Ejm. El pedido de 150 Kg. de clavo de 1 ½ x15 s.c; cuando se hace este tipo de pedidos normalmente la administración se da un gran colchón de tiempo para la entrega para afrontar contratiempos de cualquier tipo. El pedido puede estar listo a las 3.00 PM pero ofrecen fecha de entrega al cliente al día siguiente.

Ejm. El pedido de fabricación de las 2500 varillas , las ofrecen para la primera hora de pasado mañana, pudiendo estar listas para mañana por la tarde.

En este trabajo estamos planteando una herramienta que permita saber con mayor exactitud los tiempos de producción para determinar fechas de entrega lo más cercana posibles a los requerimientos de los clientes, sin mayor costo.

A continuación presentamos los resultados cuantitativos del impacto al aplicar la programación de la producción con los estándares y tiempos obtenidos durante el estudio:

Los criterios para elegir los pedidos para el análisis son: Peso mayor a 1 TM y variedad de medidas desde ½ " hasta 8" de longitud, estos pedidos son el 40% de los pedidos totales.

Pedido	Fecha pedido	Fecha pactada	Fecha entregada	Días de retraso	Observaciones
1	10-11-2007	15-11-2007	18-11-2007	3	
2	10-11-2007	13-11-2007	15-11-2007	2	
3	11-11-2007	15-11-2007	17-11-2007	2	
4	11-11-2007	17-11-2007	21-11-2007	4	
5	11-11-2007	15-11-2007	19-11-2007	4	Clavos chicos
6	12-11-2007	18-11-2007	18-11-2007	0	
7	12-11-2007	18-11-2007	23-11-2007	5	Clavos chicos
8	13-11-2007	18-11-2007	20-11-2007	2	
9	15-11-2007	18-11-2007	18-11-2007	0	
10	15-11-2007	23-11-2007	24-11-2007	1	
<b>Promedio de retraso</b>				<b>2,3</b>	
<b>% de pedidos retrasados</b>				<b>80%</b>	

Cuadro con los resultados de la nueva programación:

Pedido	Fecha pedido	Fecha pactada	Fecha entregada	Días de retraso	Observaciones
1	07-01-2008	11-01-2008	12-01-2008	1	
2	07-01-2008	10-01-2008	12-01-2008	2	
3	08-01-2008	15-01-2008	15-01-2008	0	
4	10-01-2008	16-01-2008	17-01-2008	1	
5	10-01-2008	17-01-2008	17-01-2008	0	
6	10-01-2008	18-01-2008	18-01-2008	0	Clavos chicos
7	11-01-2008	17-01-2008	17-01-2008	0	
8	11-01-2008	16-01-2008	18-01-2008	2	
9	12-01-2008	18-01-2008	18-01-2008	0	
10	14-01-2008	18-01-2008	19-01-2008	1	
<b>Promedio de retraso</b>				<b>0,7</b>	
<b>% de pedidos retrasados</b>				<b>50%</b>	

Observamos que el % de pedidos retrasados disminuye del **80%** al **50 %**, o sea mejoró en un **37.5%**. Con respecto al total de pedidos tenemos una mejora de **15%**.

Estos números reflejan la mejora en la capacidad de despacho de los productos pero dentro de ellas se esconde la satisfacción del cliente, la cual no es materia de análisis en el presente informe, pero cabe mencionar que el cliente se encuentra contento y tranquilo por la mejora en las entregas y por lo tanto es un candidato a la fidelización.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Como podemos observar en los cálculos podemos obtener a priori los tiempos de los procesos para dar a los clientes fechas más exactas de la entrega de sus pedidos.

Esta herramienta no sólo será útil para toda persona dentro de la administración y la producción sino también puede servir a contabilidad para calcular algunos costos de producción que se necesite saber a detalle.

El tema de fidelización al cliente es muy importante en éste rubro ya que muchos clientes son volátiles y trabajan en base a precios, compran donde esté más barato, con la mejora en los despachos podemos lograr que los clientes confíen en la empresa y sean aliados.

## RECOMENDACIONES

Recomendamos que el flujo del proceso sea supervisado constantemente para asegurar el cumplimiento de lo programado. Esto implica que se verifique que se vayan cumpliendo los tiempos paso tras paso.

El mantenimiento de la máquinas es un factor importante dentro de la programación de la producción ya que los plazos se cumplirán sí y sólo si todo funcione correctamente, así que para esto se recomienda trabajar bajo el sistema de mantenimiento preventivo y no correctivo como actualmente lo hacen.

Los tiempos de preparación de los dispositivos de corte, golpe y agarre deben ser menores, esto se logrará con mayor práctica y capacitación a los maquinistas con poca experiencia.

Las calibraciones y ajustes de las máquinas deben ser lo más segura posibles para no cortar el flujo del proceso y mejorar la calidad de los productos.

Se recomienda el uso de las tablas obtenidas del estudio para dar las fechas de entrega a los clientes; también para el seguimiento y control de la producción.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Alambrón:** Alambre metálico de dimensiones desde 5.5 mm hasta 9 mm, para usos diversos entre ellos la trefilería y fabricación de clavos.

**Alambre:** Filamento o barra fina de un metal flexible que tiene una sección uniforme: Los metales que suelen utilizarse son: cobre, plata, hierro, acero, aluminio, etc.

**Clavo:** Elemento de sujeción para madera de diferentes tamaños, utilizado para construcción, carpintería, zapatería, etc.

**Pulido de clavos:** Proceso por el cual se obtiene el brillo metálico de los clavos.

**Trefilación:** Proceso por el cual se reduce de diámetro un alambre de manera gradual hasta obtener los diámetros deseados.

**Varilla:** Barra o filamento recto de sección uniforme.

## BIBLIOGRAFÍA

\* Manual del Ingeniero Industrial – Maynard

(Cuarta edición 1998: tomos I y II por William K. Hodson, editorial Mc Graw Hill)

\* Ingeniería Industrial (Métodos, estándares y diseño del trabajo)

(Onceava edición 2004, Por Benjamin w. Niebet y Andris Freivals, Editorial Alfaomega)

\* Física : Volumen 1 (Mecánica)

(Autor: Marcelo Alonso y Edward J. Finn., producido por la editorial Addison-Wesley Iberoamericana).

## ANEXOS

C-2: Cuadro de descripción de las máquinas de clavo

C-6: Capacidad de producción de las máquinas de clavos (Kg./h)

F-1: Formato de toma de tiempos

## (C-2) Cuadro de descripción de las máquinas de clavo

Maquina	Marca	Modelo	Origen	Año de fab.
M1	S/M	...	China	1985
M2	Artagan	Artagan Bilbao	España	1985
M3	WAFIOS	...	Alemania	1980
M4	S/M	...	China	1985
M5	S/M	...	China	1985
M6	S/M		Perú	1990
M7	KOVOPOL	THA 40/120	Rep. Checa	1981
M8	KOVOPOL	THA 31/80R	Rep. Checa	1981
M9	KOVOPOL	THA 31/80R	Rep. Checa	1979
M10	KOVOPOL	THA 40/120	Rep. Checa	1980
M11	Tanisaka	...	Japón	1995
M12	KOVOPOL	THA 25/60S	Rep. Checa	1988
M13	KOVOPOL	THA 25/60S	Rep. Checa	1988
M14	KOVOPOL	THA 25/60S	Rep. Checa	1988
M15	KOVOPOL	THA 25/60S	Rep. Checa	1988
M16	KOVOPOL	THA 25/60S	Rep. Checa	1988
M17	KOVOPOL	THA 25/60S	Rep. Checa	1988
M18	KOVOPOL	THA 40/120A	Rep. Checa	1988
M19	S/M	...	China	1985
M20	KOVOPOL	THA 31/80A	Rep. Checa	1980
M21	KOVOPOL	THA 25/60	Rep. Checa	1988
M22	KOVOPOL	THA 14/32S	Rep. Checa	1991
M23	KOVOPOL	THA 14/32	Rep. Checa	1989
M24	S/M	Máq. Grampas	Perú	1998



