**República de Cuba**
**Ministerio de Educación Superior**
**Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa**
**"Dr. Antonio Núñez Jiménez"**
**Departamento de Metalurgia Electromecánica**

# Trabajo de Diploma

En opción al Título de Ingeniero Mecánico

*Título: Cálculo de costo del proceso de Deformación Plástica Superficial por Rodadura.*

*Autora: Danay Camejo Aspiazu.*

*Tutores: Ing: Olga Pérez Maliuk*

*Ing: Dayanis Alcántara Borges.*

*MsC: Tomás Fernández Columbié.*

*Moa /2008*

*"Año 50 de la Revolución"*

***Declaración de Autoridad:***

**Yo:** Danay Camejo Aspiazu.

Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Nuñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

--- --- --- ---

Danay Camejo A. Ing. Olga Pérez Ing. Dayanis Alcántara MsC. Tomás Fernández.

## Agradecimientos:

**A todos mis profesores por los conocimientos transmitidos durante el desempeño de mi carrera.**

**A mis tutores por confiar en mí en la realizacion de este trabajo, la ing. Olga Pérez Maliuk, ing. Dayanis Alcántara Borges y el MsC Tomás Fernández Columbie.**

**A mis familiares que me apoyaron en los momentos de mi vida en que mas lo necesitaba.**

**A mis amigos que siempre creyeron en mi.**

**A los que de una forma u otra me apoyaron y ayudaron en la realizacion de este trabajo.**

**A la revolucion, por darme la oportunidad de convertirme en profesional .**

**A todos**

**Muchas Gracias.**

# Dedicatoria:

**Quiero dedicar este trabajo a mis familiares.**

**A mi madre.**

**A mi hija que le sirva de ejemplo.**

**A la memoria de mi hermano.**

**A mí querido y estimado esposo.**

**A mis amigos.**

**A nuestra revolución, por las posibilidades que me ofrece.**

## Resumen:

Este trabajo tiene como objetivo analizar el costo del proceso denominado Deformación Plástica Superficial por rodadura del acero AISI 1045, el desarrollo del mismo esta sustentando sobre el diseño de un plan experimental a partir de probetas deformadas.

En el análisis se tiene en cuenta las operaciones por las cuales transita el proceso como son: corte, torneado exterior, deformación propiamente dicha de las probetas, corte de las muestras, pulido y observación microscópica. A partir de las operaciones se tiene en cuenta también los consumidores energéticos como son las diferentes tipos de maquinas, salario de obrero. Teniendo en cuenta los costos financieros se realiza un análisis metodológico de la vía más económica para implementar en un método de nueva aplicación.

Se utiliza la metodología para el cálculo de costo de los procesos de manufactura, a lo que se le aplica como técnica de análisis financiero el Valor Actual Neto (VAN). Se realiza la comparación del proceso DPS con respecto al tratamiento térmico para evaluar su comportamiento económico, social y ambiental.

## Summary:

This work has as objective to analyze the cost of the process denominated Superficial Plastic Deformation for rolling of the steel AISI 1045, the development of the same one this sustaining on the design of an experimental plan starting from deformed test tubes.

In the analysis one keeps in mind the operations for which it traffics the process like they are: cut, lathed external, properly this deformation of the test tubes, court of the samples, refined and microscopic observation. Starting from the operations one also keeps in mind the energy consumers as they are the different types of you scheme, worker's wage. Keeping in mind the financial costs is carried out a methodological analysis of the most economic road to implement in a method of new application.

The methodology is used for the calculation of cost of the factory processes, to what is applied as financial analysis technique the Net present value (VAN). he is carried out the comparison of the process DPS with regard to the thermal treatment to evaluate its economic, social and environmental behavior.

**TABLA DE CONTENIDOS**

**SINTESIS** **Pág**

**INTRODUCCIÓN.** . . . . . .1

**CAPITULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1. Introducción. . . . . 4

1.2. Generalidades acerca de la Deformación Plástica Superficial por rodadura.. 4

1.3. Métodos empleados para estudiar el costo económico de la Deformación Plástica Superficial por Rodillo. . . . . 5

1.4. Ventajas económicas de la Deformación Plástica Superficial por Rodillo. 6

1.5. Contabilidad financiera económica de los costos. . . . . 7

1.6. Elementos de un producto. . . . . 10

1.7. Costos indirectos de fabricación (CIF). . . . . 11

1.8. Períodos en que se van a cargar los ingresos. . . . . 14

1.9. Sistemas de Costo. .. . . . . 14

1.9.1. Sistemas de Costos por Procesos. . . . . .15

1.10. Criterios de evaluación de proyectos de inversión o de presupuesto de capital. 16

1.10.1. Tasa interna de rentabilidad. (TIR). . . . . 19

1.10.2. Consideraciones de la TIR y el VAN. . . . . 20

1.11. Metodología para el Análisis de Viabilidad de un Proyecto. . . . 21

1.12. Conclusiones del capitulo I.. . . . . 23

**CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

2.1. Introducción. . . . . 24

2.2. Generalidades de los costos. . . . . 24

2.3. Caracterización del torno 16 D 20. . . . . 25

2.4. Elaboración mecánica de las probetas para la deformación. . . 25

2.4.1. Velocidad de corte. . . . . 26

2.4.2. Profundidad de corte . . . . . 26

2.4.3. Tiempo de maquinado. . . . . 27

2.4.4. Tiempo de deformación de las probetas. . . . . 28

2.5. Clasificación de los gastos de tiempo de trabajo.. . . . . 28

2.5.1. Fuerza de corte . . . . . 29

2.5.2. Potencia consumida por la maquina. . . . . 30

2.6. Ficha de costo.. . . . . 30
2.6.1. Objetivo de la ficha de costos. . . . . 32
2.7. Aplicación del Valor Actual Neto (VAN) en el proceso de deformación plástica superficial por rodadura. . . . . 33
2.8. Conclusiones del capitulo II. . . . . 34
**CAPITULO III. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN**
3.1. Introducción. . . . . 32
3.2. Análisis de la metodología de los costos de maquinado.. . . 32
3.2.1. Calculo de la Velocidad de corte. . . . 32
3.2.1.1. Análisis de la profundidad de corte.. . . 33
3.2.1.2. Calculo del tiempo de maquinado.. . . . . 33
3.2.1.3. Cálculo de tiempo de maquinado en el refrentado. . . . 34
3.2.1.4. Tiempo de deformación de las probetas.. . . . . 35
3.2.1.5. Análisis de la Fuerza de corte. . . . . 37
3.2.1.6. Análisis de la Potencia de corte.. . . 37
3.3. Indicaciones para la formación de los precios DPS por rodadura. . . 41
3.4. Indicaciones para la formación de los precios (Tratamiento Térmico). . . 44
3.5. Calculo del proceso DPS con la aplicación del VAN. . . . 46
3.6. Calculo del proceso DPS con la aplicación del VAN. . . . 46
3.7. Valoración del impacto medio ambiental. . . . . 47
3.8. Conclusiones del capítulo III. . . . . 48
***CONCLUSIONES***. . . . . 49
***RECOMENDACIONES*** . . . . . *50*
***REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS***
***ANEXOS***

## INTRODUCCIÓN

En nuestro país hoy en día constituye algo primordial el desarrollo de tecnologías que permitan más ahorro de recursos, menos gasto de energía y menos contaminación atmosférica. El incremento de la eficiencia con el uso racional de los recursos que poseemos nos lleva a la búsqueda de productos más competitivos, para sustituir viejos y costosos esquemas tecnológicos. El endurecimiento de metales por deformación plástica constituye uno de estos ejemplos de métodos novedosos que sustituyen operaciones como el tratamiento térmico, brindándole a los materiales excelentes propiedades físico-mecánicas con el mínimo de costos y sin ninguna contaminación del medio ambiente.

La empresa de cada rama de la industria posee un carácter específico propio, determinado por el objetivo de la producción, por la capacidad de la empresa, el tipo de producción, el nivel técnico y la subordinación administrativa. Pero a pesar de ello, la economía de las empresas de las diversas ramas tiene mucho en común, por cuanto en todos los casos la solución de las cuestiones económicas descansa sobre una base metodológica única, conjugada con el estudio de la forma de manifestación de las leyes económicas del socialismo en las condiciones específicas de las respectivas ramas de la industria.

La empresa es una categoría económica y naturalmente, sus objetivos y tareas reflejan el carácter de las relaciones de producción dominantes en la sociedad. El aumento de la productividad del trabajo sobre la base del perfeccionamiento de la organización de la producción, es una de las tareas principales no solo de la empresa industrial socialista, sino también de la empresa industrial capitalista. Sin embargo, en el socialismo este perfeccionamiento se lleva a cabo sobre una base estrictamente científica, que garantiza, a la par con el aumento de la productividad, el aumento de los ingresos de los trabajadores, el saneamiento y mejoramiento de las condiciones de trabajo.

La dirección de la economía socialista como tipo específico de actividad laboral, se basa en la utilización consciente de las leyes objetivas en la vida económica y está encaminada a la satisfacción de las exigencias de estas leyes. En esto

desempeña un papel esencial la ley económica fundamental del socialismo y la ley del desarrollo planificado de la economía nacional.

La dirección de la economía es, ante todo, la dirección de los hombres, cuyo grado de receptividad frente a las decisiones de dirección predetermina en gran medida el éxito de funcionamiento de los sistemas técnicos, tecnológico económico, es decir, los resultados finales de la producción.

La **Situación Problémica** de la investigación la constituye: La búsqueda de las formas y métodos más racionales de estimulo económico del progreso científico técnico constituye uno de los problemas actuales de la ciencia económica y de la actividad práctica de la empresa. Los procesos de manufactura, por los cuales transita la operación denominada Deformación Plástica Superficial por Rodillo, como variante tecnológica incurre en gastos de tiempo teniendo en cuenta una series de operaciones como son: costo del material, mano de obra, corte, fabricación de dispositivos, deformación de probetas, energía eléctrica, examen micrográfico entre otros, de los cuales no se tiene un cálculo de costo estimado.

La norma de gasto de trabajo se calcula para todas las etapas de la preparación técnica de producción. Las normas de gasto de trabajo se fijan para cada uno de sus elementos y en la elaboración de los procesos tecnológico, partiendo del cálculo por elemento, en dependencia de la complejidad en que ha sido clasificada y de la categoría del ejecutor.

El **Problema** a investigar lo constituye: No se tiene un estimado del costo económico de los procesos por los cuales transita la operación tecnológica denominada Deformación Plástica Superficial por Rodadura.

Como **Objeto de la investigación** se establece**:** Procesos de la Deformación Plástica Superficial por Rodadura.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis:** Si se conocen los procesos por los cuales transita la operación denominada Deformación plástica Superficial por Rodadura, es posible realizar una valoración económica que permita establecer los gastos económicos por los cuales transita la misma.

A partir de la hipótesis planteada, se define como **Objetivo del trabajo:** Realizar la valoración económica de los gastos de tiempo por los cuales transita la operación tecnológica denominada Deformación Plástica Superficial por Rodadura.

Y se definen los siguientes **Objetivos Específicos:**

1. Clasificar el proceso tecnológico según el tipo de producción en dependencia de la conjugación de los principios básicos de la organización de la producción ( masivo, en gran serie, en serie, en pequeña serie, por unidades)
2. Caracterizar las operaciones por las cuales transita la operación tecnológica denominada Deformación Plástica Superficial por rodadura.
3. Determinar los tiempos principales y auxiliares que se emplean en el proceso.
4. Determinar los regímenes de elaboración para la elaboración del semiproducto y dispositivo empleado en la deformación Plástica Superficial por Rodadura.

Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas de trabajo:**

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Analizar las operaciones que se emplean en la Deformación Plástica Superficial por Rodadura.
3. Observación de la ejecución experimental del proceso para validar los tiempos calculados en el proceso.
4. Análisis de los resultados y fundamentación de los cálculos de costo consumido en el proceso de Deformación Plástica Superficial por Rodadura.
5. Planteamiento de las ventajas económicas de la aplicación de la metodología propuesta.

# CAPITULO I. MARCO TEÓRICO. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

## 1.1 Introducción

Este trabajo tiene la finalidad de definir los costos del tratamiento superficial de piezas mediante la deformación plástica superficial (DPS), el proceso, conocido también como rodillado o rodilado, empleado para el endurecimiento de piezas mediante la aplicación de elementos deformantes (rodillos) que actúan sobre la superficie de las piezas.

**Objetivo del capitulo**

Establecer el estado actual del tratamiento de piezas mediante la deformación plástica por rodadura así como las herramientas utilizadas en estos procesos.

## 1.2. Generalidades acerca de la Deformación Plástica Superficial por rodadura.

Esta operación permite sustituir esquemas tecnológicos tradicionales a fin de aumentar la eficiencia del proceso tecnológico de fabricación, aumentar la eficiencia energética y disminuir la contaminación del medio ambiente. Se muestran las particularidades de este tratamiento, que aún no está lo debidamente difundido que debiera. Díaz, y Boada, 2004

La deformación plástica superficial (DPS) constituye un método de tratamiento superficial de las piezas para incrementar sus cualidades físico-mecánicas aprovechando las características de plasticidad de los metales, lo cual puede evitar en muchos casos el empleo de esquemas tecnológicos tradicionales como el tratamiento térmico, que es altamente consumidor de energía y potencialmente contaminante del medio ambiente. Odintsov. 1987

Los procesos por Deformación Plástica Superficial se eligen en dependencia de las dimensiones, la configuración geométrica, el material de la pieza a tratar, condiciones de producción, entre otros factores, y para la aplicación efectiva de los mismos en la producción es necesario realizar investigaciones, ensayos y experimentos previos que permitan alcanzar el efecto deseado (anexo 1), teniendo en consideración las condiciones concretas de explotación de las piezas a elaborar (Hernández, 2004, Korotsiche, 1989)

En ninguna de las bibliografías referenciadas que se consultó se encontraron procedimientos, metodología o secuencias tecnológicas que permitan viabilizar de una manera efectiva y detallada la realización de los costos económicos de la Deformación Plástica Superficial por Rodillo Simple en piezas simétricas rotativas fabricadas de aceros AISI 1045 deformada por rodadura, por lo que se hace necesario para continuar esta investigación establecer un procedimiento que sea validado para el adecuado empleo de la Deformación Plástica Superficial por Rodillo Simple.

### 1.3. Métodos empleados para estudiar el costo económico de la Deformación Plástica Superficial por Rodillo.

Para estudiar el comportamiento de los gastos económicos de piezas tratadas en la Deformación Plástica Superficial por Rodillo son muy útiles las técnicas de diseño de experimentos, permiten darle solución y explicación científica efectiva y económica a los problemas objeto de análisis.

Según (Hernández, S, 1997), la utilización del diseño de un modelo experimental se fundamenta, entre otros aspectos, en cuatro reglas básicas:

- Disminuir el número de corridas experimentales necesarias
- Cambiar el valor de los factores de acuerdo con reglas
- Utilizar en el procesamiento métodos matemáticos normalizados
- Poseer una estrategia de trabajo por etapas

De la bibliografía consultada se pudo establecer que para el estudio del efecto de este tratamiento en las cualidades superficiales de las piezas han sido empleados diseños experimentales del tipo factorial completo en (Loh, 1989a, Loh, 1989b, Lee, S.S, 1992 y El-Axir, 2003), también se ha usado el diseño factorial parcial, Box y Hunter en (El-Axir, 2000 y El-Khabeery, 2001) y en otros casos se ha utilizado el Método de Taguchi (Lee, 1992 y Pacana, 2002), Fernández, 2007, empleando indistintamente como variables de entrada la fuerza (o la profundidad de penetración), el avance, el número de pasadas (o el tiempo), la velocidad, la dureza y la rugosidad superficial previas (anexo 2), analizando como respuestas la dureza y la rugosidad superficial final, la falta de cilindricidad y la reducción del diámetro.

### 1.4. Ventajas económicas de la Deformación Plástica Superficial por Rodillo.

- El empleo de este proceso conlleva bajos costos de operación y no se requiere para efectuar esta operación de operarios especializados. Es un método muy económico para obtener dureza superficial, además de no requerir una inversión capital para realizarlo, elimina o reemplaza costosas operaciones de tratamiento térmico con alto consumo de energía eléctrica (Bright Burnishing, 2005, et all, 2005, Sugino, Corporation, 2004, Westerman, 1983).
- Las diferentes piezas de estas herramientas son intercambiables, por lo que resulta sencillo, fácil y rápido el mantenimiento y el cambio de piezas gastadas o deterioradas tales como rodillos, rodamientos, ejes, lo que ayuda a prolongar la vida útil de la herramienta (Bright Burnishing, et all, 2005).
- Es un proceso ecológicamente más limpio, pues no se generan desperdicios, al no haber arranque de virutas, y se ahorra materia prima. Existe la posibilidad de evitar los tratamientos térmicos y termo-químicos disminuyendo así la contaminación del medio ambiente por la no-emisión de gases. Se ahorra además energía eléctrica y otros recursos. Se disminuye también el nivel de ruido (Sugino Corporation, 2005, Westerman, 1983).
- Puede realizarse en máquinas herramienta convencional y en máquinas herramienta con control numérico (Burnishingn Tools, 2005, Sugino Corporation, 2004, Surfine Tool, 2005, Westerman, 1983).

Según (Westerman, 1983), las 4 razones principales para la deformación plástica superficial en piezas con el empleo de rodillos son:

- Mejor control de la tolerancia, aumento de la dureza, mayor resistencia a la fatiga, aumento de la vida útil.

Además, están siendo reportados otros beneficios como:

- Reducción del ruido, disminución del desgaste, reducción de las vibraciones.

## 1.5. Contabilidad financiera económica de los costos.

Plantea Rosanas Martí, 1986 que: El propósito fundamental de la contabilidad financiera, es proporcionar información financiera referente a una entrada económica. Así la Contabilidad se relaciona con la medición, el registro y el reporte de información financiera a varios grupos de usuarios. La gerencia requiere información financiera para planear y controlar las actividades de un negocio y también requieren tal información las personas ajenas a la empresa que proveen fondos o que tienen algún interés para exigir tal material. En la medida que las necesidades de estos usuarios crezcan, así también evolucionan los conceptos de la contabilidad con el objeto de satisfacer las necesidades de una sociedad cambiante. La contabilidad es esencial en cada uno de los sectores de nuestra economía.

Hace casi 300 años un comerciante londinense se hizo el siguiente comentario:

- Es imposible para un comerciante ser próspero en el comercio sin conocer la contabilidad, como para un marinero conducir un barco a cualquier parte del globo sin saber la navegación.

Históricamente la contabilidad de gestión se desarrollo principalmente a partir de la financiera. En sus inicios los estados financieros eran utilizados por los responsables de la empresa pero a nivel global, para la empresa en su conjunto y así fueron utilizados al principio del desarrollo de la ciencia contable.

El advenimiento de la empresa industrial planteó, sin embargo un problema para la preparación de documentos contables clásicos de la contabilidad financiera (la valoración de existencias de productos terminados), lo cual se hacía muy fácil en la empresa comercial sobre la base de su coste de compras, en la empresa industrial se hizo muy difícil su contabilidad. Por lo que fue necesario atribuir los costos a los productos de manera sistemática y una vez logrado esto, tales datos son útiles para la gestión de la entidad, tanto para controlar costos, evaluar las rentabilidades de los productos, así como para juzgar la actuación de diferentes partes de la organización.

Esa misma observación puede hacerse hoy en día acerca de la contabilidad de costos.

En sentido general la contabilidad puede dividirse en:

- **Contabilidad Financiera.**

**Contabilidad**
- **Financiera**: Se interesa por los estados financieros parar su uso externo por parte de inversionistas, acreedores, analistas financieros, agencias gubernamentales y otros grupos interesados.
- **Contabilidad de costo o de gestión o gerencial**: Se relaciona fundamentalmente con la acumulación y el análisis de la información de costo para su uso interno por parte de los gerentes en la gestión, el control y la toma decisiones.

- **Contabilidad de costo o gestión o gerencial.**

No se trata de que existan dos contabilidades distintas, la contabilidad es una sola; la financiera es la primaria, la base de los costos, estadística, análisis económico, finanzas, y esto se complementa con la de costos ya que es una herramienta para la gestión de una entidad, o dirigida a los responsable de dicha gestión y a pesar que lo financiero es la base de la de gastos, estos se pueden trabajar en paralelo o a la vez.

Coinciden en plantear algunos autores (Ahuja, Malisani, Leland 1989) sobre costos que: En el momento de la adquisición se incurre en el costo para obtener beneficios presentes o futuros. Cuando se obtienen los beneficios, los costos se convierten en gastos.

Un Gasto se define como un costo que ha producido un beneficio y que ya está expirado. Los costos no expirados que puedan dar beneficios futuros se clasifican como activos.

La información requerida por la empresa se puede encontrar en el conjunto de operaciones diarias, expresada de una forma clara en la contabilidad de costos, de la cual se desprende la evaluación de la gestión administrativa y gerencial convirtiéndose en una herramienta fundamental para la consolidación de las entidades.

Para suministrar información comprensible, útil y comparable, esta debe basarse en los ingresos y costos pasados necesarios para el costeo de productos, así como en los ingresos y los costos proyectados para la toma de decisiones.

Los datos que necesitan los usuarios se pueden encontrar en un "Pool" de información de costos y se pueden clasificar en diferentes categorías según Newman, 1986.

- Los elementos de un producto.
- La relación con la producción.
- La relación con el volumen.
- La capacidad para asociarlos.
- El departamento donde se incurrieron.
- Las actividades realizadas.
- El periodo en que se van a cargar los costos al ingreso.
- La relación con la planeación, el control y la toma de decisiones. El costo no es más que la medida en términos monetarios, de los recursos utilizados para conseguir un objetivo determinado.

Esta definición implica tres ideas importantes:

a) El costo mide el uso de los recursos necesarios para producir bienes de naturaleza tangibles (bienes materiales), o de naturaleza intangibles (Servicios), como cantidades físicas material, horas de mano de obra directa (M.O.D.), o cualesquiera otras cantidades de otros recursos.

b) La medida del costo se expresa en términos monetarios. El dinero, expresado en pesos, euros, dólares y otras monedas, proporciona un común denominador que permite que, cantidades individuales de recursos, medidos cada uno en su propia escala puedan ser combinadas para que la cantidad total de todos los recursos utilizados pueda ser determinada.

c) La medida de los costos siempre se relaciona con algún propósito u objetivo denominado ¨ objetivo de costos ¨. El mismo se puede dividir en tres grupos

- Control de los recursos utilizados en el proceso de producción.
- Establecimiento de los precios de los productos elaborados por las empresas.

- Determinación de la ganancia de las empresas

El concepto de costo y gasto difieren. Todos los recursos que emplea una empresa han de ser catalogados en una de las dos categorías. Como ya se vio, los costos se definen aquellos recursos que aplicamos en la fabricación de los bienes o servicios que la empresa ofrece, por el contrario los gastos serían aquellos recursos, aplicados en el periodo contable, en los que se incurrió para conseguir los ingresos de un determinado período o que fueron necesario para que la empresa pudiera existir durante el mismo. Para que esta distinción pueda ser comprendida se específica que en el momento de la adquisición de un bien material o servicios la empresa incurre en el costo para obtener beneficios presentes o futuros, ahora bien, cuando se obtienen los beneficios es cuando el costo se convierte en gastos, por lo tanto un gasto es un costo que ha producido un beneficio y que ya está expirado. Los costos no expirados que puedan dar beneficios futuros se clasifican como activos tal es el caso de los inventarios de materias primas para la fabricación y las mercancías con destino a la venta.

### 1.6. Elementos de un producto:

Los elementos de costo de un producto o sus componentes son los materiales directos, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación, esta clasificación suministra la información necesaria para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto. Portuondo, 1983, Portuondo, 1985 y Suárez, 1992

❖ **Materiales:**

Son los principales recursos que se usan en la producción; estos se transforman en bienes terminados con la ayuda de la mano de obra y los costos indirectos de fabricación.

**Directos:** Son todos aquellos que pueden identificarse en la fabricación de un producto terminado, fácilmente se asocian con éste y representan el principal costo de materiales en la elaboración de un producto.

**Indirectos:** Son los que están involucrados en la elaboración de un producto, pero tienen una relevancia relativa frente a los directos.

❖ **Mano de obra:**

Es el esfuerzo físico o mental empleados para la elaboración de un producto. **Directa:** Es aquella directamente involucrada en la fabricación de un producto terminado que puede asociarse con este con facilidad y que tiene gran costo en la elaboración.

**Indirecta:** Es aquella que no tiene un costo significativo en el momento de la producción del producto.

### 1.7. Costos indirectos de fabricación (CIF):

Son todos aquellos costos que se acumulan de los materiales y la mano de obra indirectos más todos los incurridos en la producción pero que en el momento de obtener el costo del producto terminado no son fácilmente identificables de forma directa con el mismo.

❖ **Relación con la producción**

Esto esta íntimamente relacionado con los elementos del costo de un producto y con los principales objetivos de la planeación y el control. Las dos categorías, con base en su relación con la producción son:

**Costos primos:** Son todos los materiales directos y la mano de obra directa de la producción.

Costos primos = MD + MOD

**Costos de conversión:** Son los relacionados con la transformación de los materiales directos en productos terminados, o sea la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación.

Costos de conversión = MOD + CIF

❖ **Relación con el volumen**

Los costos varían de acuerdo con los cambios en el volumen de producción, este se enmarca en casi todos los aspectos del costeo de un producto, estos se clasifican en:

**Costos variables:** Son aquellos en los que el costo total cambia en proporción directa a los cambios en el volumen.

El costo variable total, al ser proporcionales al número de unidades (ser una cantidad prefijada por unidad de producto), puede representarse como se muestra en la figura (**a**) del Gráfico Nº 1; los costos fijos pueden ser representados como se expone en la figura (**b**) y los costos totales; es decir, la suma de ambos como se representan en la figura (**c**) del mismo gráfico.

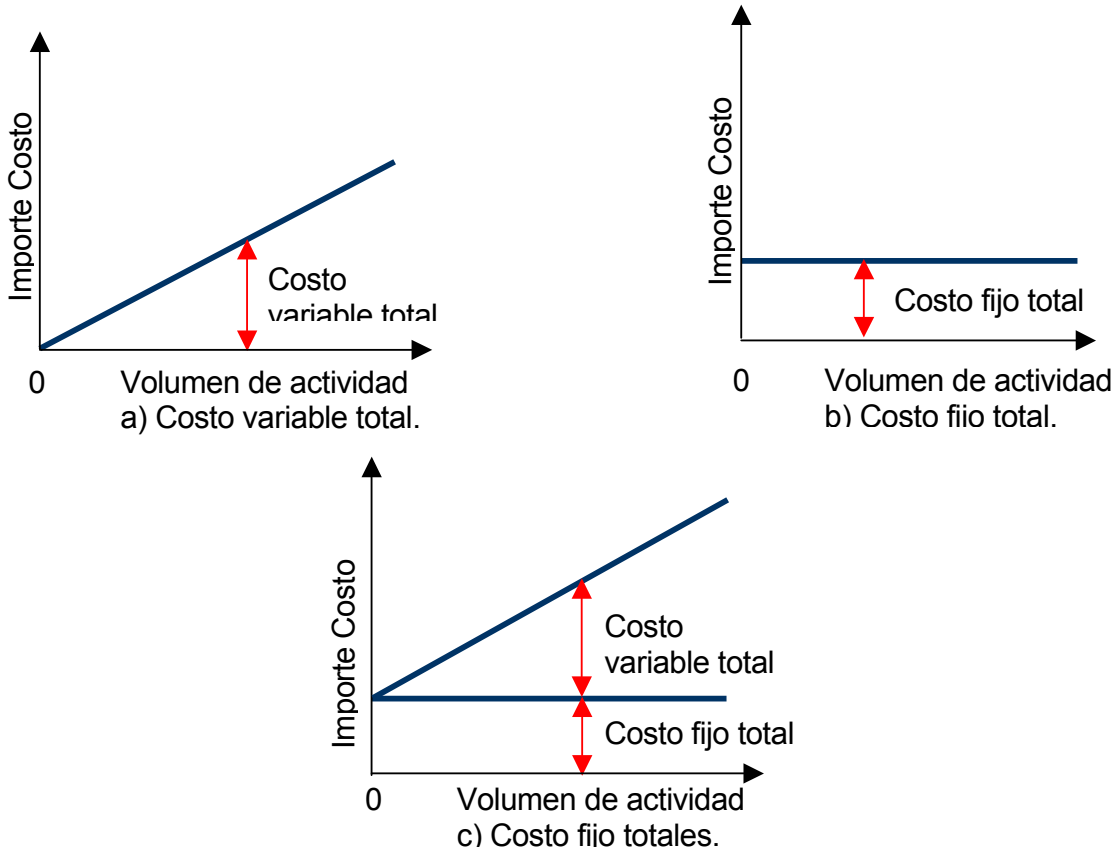


**Gráfico Nº1:** Representación gráfica de los costos totales variables y fijos.

**Costos fijos:** Son aquellos en los que el costo fijo total permanece constante mientras que el costo fijo unitario varía con la producción.

**Costos mixtos:** Estos tienen la característica de ser fijos y variables, existen dos tipos:

**Semivariables:** La parte fija del costo semivariable representa un cargo mínimo, siendo la parte variable la que adquiere un mayor peso dentro del costeo del producto.

**Escalonados:** La parte de los costos escalonados cambia a diferentes niveles de producción puesto que estos son adquiridos en su totalidad por el volumen. **Comentario:** De la relación entre el costo y el volumen de producción se puede decir que:

1. Los costos variables cambian en proporción al volumen.
2. Los costos variables por unidad permanecen constantes cuando se modifica el volumen.
3. Los costos fijos totales permanecen constantes cuando se varía el volumen.
4. Los costos fijos por unidad aumentan cuando el volumen disminuye y vice - versa.

La información acerca de los diversos tipos de costos y sus patrones de comportamiento es vital para la toma de decisiones de los administradores.

### 1.7.1. Capacidad para asociar los costos

Según Vázquez 1995, Un costo puede considerarse directo o indirecto según la capacidad que tenga la gerencia para asociarlo en forma específica a órdenes o departamentos, se clasifican en:

**Costos directos:** Son aquellos que la gerencia es capaz de asociar con los artículos o áreas específicos. Los materiales y la mano de obra directa son los ejemplos más claros.

**Costos indirectos:** Son aquellos comunes a muchos artículos y por tanto no son directamente asociables a ningún artículo o área. Usualmente, los costos indirectos se cargan a los artículos o áreas con base en técnicas de asignación. **Costos de manufactura:** Estos se relacionan con la producción de un artículo. Los costos de manufactura son la suma de los materiales directos, de la mano de obra directa y de los costos indirectos de fabricación.

**Costos del producto:** Son los que se identifican directa e indirectamente con el producto. Estos costos no suministran ningún beneficio hasta que se venda el producto y por consiguiente se inventarían hasta la terminación del producto. Cuando se venden los productos, sus costos totales se registran como un gasto denominado costo de los bienes vendidos.

**1.8. Períodos en que se van a cargar los ingresos.**

Pereira, 1991, considera que los costos pueden clasificarse además sobre la base de cuando se les va a cargar contra los ingresos. Algunos costos se registran inicialmente como activos (desembolsos de capital) y luego se cargan como un gasto a medida que se les usa o se expiran. Otros costos se registran inicialmente como gastos (gastos de operación).

La clasificación de los costos en categorías con respecto a los períodos que ellos benefician, ayuda a la gerencia en la medición del ingreso y en la preparación de los estados financieros y es básico para la asociación de los gastos con los ingresos en el período adecuado. Las dos categorías más usadas: Costos del producto y Gastos del período. (Escobar, 1988)

**Costos del producto:** Son los costes identificables directos e indirectos con el producto. Son los M.D, M.O.D y C.I.F. Estos costos no prevén ningún beneficio hasta tanto el producto se realiza y por lo tanto se mantienen en inventarios hasta la terminación del producto y su venta.

Cuando se realizan los productos, los costos totales del producto se registran como un gasto. A este gasto se le denomina "Costos de los artículos vendidos".

El costo de los artículos vendidos se considera un inventario con los ingresos del período en el cual se vendieron los productos.

**Gastos del período:** Son los costos que no están identificados directa ni indirectamente con el producto y por lo tanto no inventariados, los costos del período se cancelan inmediatamente, dado que no se puede determinar ninguna relación entre el costo y el ingreso.

**1.9. Sistemas de Costo**

Portuondo, 1995, denomina el sistema de costo al conjunto de normas, procedimientos e instrucciones metodológicas que regulan el registro, cálculo y control de los insumos, con fines de costear un producto.

- Un sistema de costo de producción surge por las exigencias del proceso productivo en cuanto a su estructura, masividad y características técnicas, y también por la periodicidad del costo y su finalidad.

- Aunque las actividades de producción son muy variadas, a los efectos de la contabilidad de costos se destacan dos grupos fundamentales:

➢ Elaboración de los mismos productos por un período largo de tiempo, en producciones de alta masividad y el proceso de producción es continua. El sistema de costo adecuado a estas características es el Sistema de Costo por Proceso y sus características son:

a) Se determina el costo de producción periódicamente.

b) Los gastos departamentales se aplican a un número relativamente grande de unidades similares que pasan a través de los departamentos productivos.

c) Cada unidad se somete al mismo proceso.

➢ Se elaboran una amplia variedad de productos diferentes de baja masividad, cada lote de producto tiene características tecnológicas propias, por lo tanto no todos los lotes tienen que ser sometidos al mismo proceso, ni pasar a través de los mismos departamentos de producción. En este caso se utiliza un sistema de costo por órdenes, el cual se caracteriza por:

a) No se puede determinar el costo unitario hasta que no se termine el lote completo o sea la orden de producción.

b) En cada orden de producción se calculan los costos que corresponden a un lote de productos específicos, teniéndose por lote a una cantidad definida de unidades de producto terminado.

### 1.9.1. Sistemas de Costos por Procesos.

❖ **La producción económica**

El costo de los productos depende de las inversiones o gastos que se generan al consumir materias primas, comprar máquinas, pagar la mano de obra y el costo de vender los productos, el almacenamiento, el financiamiento, la planeación y administración, el control, el cumplimiento de los estándares y el pago de impuestos.

Los costos principales en los sistemas productivos de bienes materiales son por lo regular la maquinaria y la materia prima. Los costos de planeación, la administración ventas y el cumplimiento de estándares son para lograr aumentar la eficiencia y no son muy altos en comparación con el costo final del producto

terminado. En este conjunto de gastos se ubica a la planeación del producto o el análisis o diseño de los sistemas productivos.

Uno de los principales factores a considerar en un sistema productivo es la competitividad, para ello se deberá buscar que la producción siempre sea económica, para ello se deberán tener en consideración los siguientes criterios:
Debe existir un proyecto funcional. El proyecto debe ser lo más simple posible que cumpla con los requerimientos técnicos y las exigencias del cliente. Este aspecto también se ha llamado ingeniería del producto, de nada servirá tener una estructura operativa y administrativa de gran calidad si los productos están mal diseñados.

Material adecuado. Los productos requieren cumplir con varias especificaciones dependiendo en qué van a ser utilizados o cuales son las necesidades de los clientes, puede darse el caso que el diseño sea perfecto pero el material utilizado no sea el adecuado. De nada servirá hacer productos que no tienen los materiales adecuados.

Selección o diseño de los procesos de producción. En los sistemas de fabricación existen varias maneras de producir o manufacturar los productos, la selección de los procesos de fabricación se convierte en fundamental para lograr una producción considerada como económica.

La participación del hombre en la producción. En los sistemas productivos participan las personas en dos ámbitos; El operativo en donde el hombre es un experto manejando u operando maquinaria. El otro ámbito es el de planeación y supervisión en donde se encuentran los directivos, los supervisores y el ingeniero industrial. George, 1985

Ralph, 1993 realiza un análisis del sistema de costo y lo divide de la siguiente forma:

- **Sistemas de costos por procesos.** Es aquel mediante el cual los costos de producción se cargan a los procesos u operaciones, y se promedian entre las unidades producidas. Se emplean principalmente cuando un producto terminado es el resultado de una operación más o mano continua.

❖ **Sistemas de costos por procesos.** Es aquella que se emplea en industria cuya producción es continua o ininterrumpida sucesiva o en serie, las cuales desarrollan su producción por medio de una serie de procesos o tapas sucesivas y concomitantes y en las que las unidades producidas se pueden medir en toneladas, litros, cajas.

Mediante este procedimiento, la producción se considera como una corriente continua de materias primas, sujeta a una transformación parcial de cada proceso y en lo que no es posible precisar el principio y el fin en la manufactura de una unidad determinada.

**Proceso.** Es una etapa de la transformación de los productos en que estos sufren modificaciones en sus características físicas y/o químicas.

Un proceso de fabricación es una fase del grupo completo de actividades por las cuales pasa un artículo en el curso de su fabricación.

Los objetivos del sistema de costos por procesos son determinar como serán asignados los costos de producción incurridos durante el periodo en cada departamento como primer paso, ya que el objetivo principal es el de calcular los costos unitarios totales para determinar el ingreso.

**1.10. Criterios de evaluación de proyectos de inversión o de presupuesto de capital**.

Taylor, 1985, plantea que de acuerdo con las variantes existen problemas de contabilización desde lo más sencillo hasta lo más complicado según los inventarios iniciales y finales de producción en proceso y los departamentos que existan transfiriendo su producción. Cuando hay un solo proceso, sin inventarios iniciales y finales basta una simple división del valor total de los elementos del costo incurridos en el periodo, entre las unidades producidas en el mismo, para saber el costo unitario de producción.

Para la evaluación económica de un proyecto de inversión se requiere de la valoración de las dimensiones de liquidez, rentabilidad y riesgo y se utilizan los siguientes métodos:

1. Período de Recuperación.(PR)
2. Período de Recuperación Descontado.(PRD)
3. Valor Actual Neto. (VAN)
4. Tasa Interna de Rendimiento (TIR)
5. Tasa Interna de Rendimiento Modificada (TIRM)

❖ **Evaluación de la liquidez.**

La liquidez del proyecto de inversión es la capacidad para transformar en dinero sus activos, sin incurrir en pérdidas del principal. El criterio más utilizado es el del Período de Recuperación y su ventaja radica en que se cuantifica la liquidez del proyecto sin necesidad de construir todo el perfil de liquidez.

❖ **Período de recuperación (PR)** es el plazo de tiempo que ha de transcurrir para que la inversión se pague a sí misma.

Período necesario para que el cash flow acumulado se anule; o el plazo de tiempo que se requiere para que los Ingresos Netos de una Inversión recuperen el Costo de dicha Inversión**.** Un proyecto será más líquido cuanto menor sea su período de recuperación.

El proceso es muy sencillo y fue el primer método que se utilizó. ¿Cuál es la Metodología a seguir? Súmense los flujos futuros de efectivo (cash flow) de cada año hasta que el costo inicial del proyecto de capital quede por lo menos cubierto, o sea se calcula el número esperado de años para que se recupere la inversión original.

❖ **Período de recuperación descontado. (PRD)** Es similar al anterior excepto porque los flujos de efectivo esperados se descuentan a través del costo de capital del proyecto. Se define como el número de años que se requieren para recuperar una inversión a partir de los flujos netos de efectivo descontados.

❖ **Valor actual neto (VAN)**

El VAN de una inversión se calcula sumando todo los cash flow anuales actualizados originados por la inversión y se basa en las técnicas de flujos de efectivo descontados. Para actualizar los cash flow es preciso fijar una tasa de

descuento k que representa la tasa mínima a la que está dispuesta a invertir la empresa sus capitales. Y se expresa de la forma antes mencionada.

❖ **Metodología u Orden de Ejecución**

1. Encuéntrese el valor presente de cada flujo de efectivo, incluyendo tanto los flujos de entrada como los de salida, descontando el costo del capital proyectado.
2. Súmense estos flujos de efectivo descontados; esta suma se deberá de definir como el VAN proyectado.
3. Si el VAN es positivo, el proyecto deberá ser aceptado, mientras que si es negativo, debería ser rechazado. Si los dos (2) proyectos son mutuamente excluyentes, aquel que tenga el VAN más alto deberá ser elegido, siempre y cuando el VAN sea positivo.

❖ **Fundamento para el uso del VAN**.

❖ Si VAN = 0 significa que los flujos de efectivo del proyecto son justamente suficientes para reembolsar el capital invertido y para proporcionar la tasa requerida de rendimiento sobre ese capital.

❖ Si VAN > 0 estará generando más efectivo del que necesita para reembolsar su deuda y para proporcionar el rendimiento requerido a sus accionistas y este exceso de efectivo se acumulará exclusivamente para los accionistas de la empresa. Si VAN < 0 se generará menos efectivo del que se necesita para reembolsar su deuda.

Por eso el VAN expresa la ganancia total o rentabilidad absoluta a precios actuales de la inversión.

### 1.10.1. Tasa interna de rentabilidad. (TIR)

Se define la TIR de una inversión como aquel tipo de interés que anula su CFo (Cash Flow Inicial) o aquella tasa de descuento que iguala el valor actual de los flujos de entrada de efectivo esperados de un proyecto con el valor actual de sus costos esperados.

Se calcula encontrando la tasa de descuento que iguala el Valor Actual de los flujos futuros de entrada al Costo de la Inversión.

Si el VAN es positivo y TIR es mayor que k y si son los proyectos son excluyentes puede conducir a aspectos conflictivos. Este es nuestro caso, por el VAN=80 se selecciona C pues es el mayor o más rentable. y por la TIR= 11,8% se selecciona L pues es el menor.

La TIR representa el tipo de interés compuesto que se percibe, durante la vida de la inversión, por la inmovilización del capital invertido, o sea, a que interés se remunera el capital inmovilizado y si la TIR es superior al costo de los fondos que se usaron para financiar el proyecto, quedará un superávit después que se haya pagado el capital y este se acumula para los accionistas. Si se acepta aumenta la riqueza de los accionistas. Si es inferior y se acepta el proyecto producirá un costo sobre los accionistas. Esta característica de punto de equilibrio es la que hace que la TIR sea útil al evaluar proyectos de capital. A diferencia del VAN proporciona la rentabilidad relativa del proyecto de inversión y permite comparar inversiones con desembolsos muy diferentes. En el anexo III, aparece la tabla 2, donde se puede observar la información que brinda cada uno de estos métodos.

### 1.10.2. Consideraciones de la TIR y el VAN.

- Si dos proyectos tienen la misma magnitud y la misma vida el VAN y la TIR conducen al mismo resultado.
- Si son de igual magnitud pero si difieren en cuanto a sus vidas. Siempre conducirán a la misma decisión si ambos TIRM se calculan tomando como año final la vida del proyecto de más duración. (Solo es necesario poner ceros para los flujos de efectivo que falten.
- Si son de diferente magnitud pueden ocurrir conflictos sobre todo si se elige entre un proyecto grande y uno pequeño. Ejemplo el VAN de L mayor que el VAN de C pero la TIRN de C mayor que la TIRM de L.

## 1.11. Metodología para el Análisis de Viabilidad de un Proyecto.

Vázquez, 1995, Baca, 1995, consideran que si se parte de la base de que el proyecto parece factible, de acuerdo con estudios preliminares semejantes a los que se describirán a continuación, pero mucho menos rigurosos y detallados, el análisis de viabilidad completo puede resumirse en las tres etapas siguientes:

- Análisis del Mercado.

- Análisis de la Ingeniería.
- Análisis Económico Financiero.

Estas tres etapas no son independientes sino que existen numerosas interrelaciones entre ellas lo mismo que su duración es muy variable y en dependencia de la naturaleza del proyecto de que se trate.

❖ **Análisis del Mercado.** El producto o servicio que el proyecto proporciona ha de venderse en un mercado cuyas características y evolución determinan los niveles de ventas y los costes asociados a estas, por lo que su estudio resulta previo e imprescindible, salvo en casos excepcionales.

Debe contener:

- Una breve descripción del mercado, área que cubre, medios y tarifas de transporte, canales de distribución, comportamiento tipo de los consumidores y convenciones usuales del mercado, tales como condiciones de pago a proveedores y clientes.
- Análisis de la demanda, particularmente cantidades vendidas en el pasado, por tipo de productos si hubiera varios, identificación de los grandes consumidores y localización de estos. Exportaciones.
- Análisis de la oferta, número, localización y dimensión de los actuales productores; capacidad instalada, aspectos operativos tales como política de precios, calidad y distribución. Importaciones.
- Análisis del mercado internacional si este fuera relevante al caso.
- Estimación (previsión) de la demanda futura y entradas potenciales de nuevos oferentes.
- Estimación sobre la base de las características del proyectos de una cuota de mercado y de un calendario de ventas durante la vida económica del proyecto.

Plan de Marketing: política de productos, precios, canales de distribución, distribución física, publicidad, fuerzas de ventas y presupuesto.

❖ **Análisis de la Ingeniería y Organización de la Producción.** El objeto del análisis de la tecnología de la producción – complejidad muy diferente según los productos y servicios de que se trate. Consiste en establecer si el proyecto es

técnicamente o no factible, cuales son los procesos más adecuados y que desembolsos comportan.

**Debe tener:**

- Descripción y utilizaciones del producto incluyendo, si procede, especificaciones físico-químicas y mecánicas del mismo.
- Descripción de los procesos de manufactura, justificación y descripción más detallada del proceso escogido.
- Dimensionamiento y calendario de producción, considerando necesidades de puesta en marcha, mantenimiento y grandes reparaciones.
- Selección de la maquinaria y el equipo, incluyendo especificaciones, proveedores, períodos de suministro, condiciones de pago y presupuestos. Calendario de pedidos e instalación. Calendario de pagos.
- Localización, en conexión con el análisis de mercado y la dimensión de la planta o plantas.
- Presupuestos de terrenos y construcción; planos, calendario de construcción y pagos,
- Materias primas y productos de consumo; proveedores, período de suministras, condiciones de pago y precios. Calendario de adquisiciones y desembolsos.
- Plantilla y recursos humanos, organización y salarios.
- Estimación de los costes de producción.

❖ **Análisis Económico Financiero.** El objetivo del análisis económico financiero es mediante la síntesis de la información de mercado y de ingeniería, evaluar económicamente el proyecto y diseñar un plan de financiación que lo haga posible.

**Debe tener:**

- Determinación del Cash Flow Operativo del proyecto sobre la base de los presupuestos y calendarios parciales de marketing, ingeniería y organización de la producción.
- Evaluación del Cash Flow operativo en funciones de liquidez y rentabilidad.

- Determinación de las variables estratégicas del proyecto: análisis de sensibilidad y riesgo.
- Características de las fuentes de financiación accesibles y necesidades: plan de financiación.

Estas tres fases o etapas no son necesariamente secuenciales. En general se trabaja en paralelo con frecuentes reuniones de equipo.

Al análisis de la viabilidad le sigue la redacción del correspondiente informe en el que se resume la información y se destacan los resultados más importantes a efectos de tomar una decisión.

### 1.12. Conclusiones del capitulo I

- El proceso conocido como Deformación Plástica está establecido como un proceso de tratamiento mecánico por deformación plástica superficial, para el desarrollo del mismo deben tenerse en cuenta el empleo de Maquinas herramienta, dispositivos, materiales y la influencia directa de los operarios.
- La bibliografía consultada, aporta información sobre los costos de los procesos de manufactura, pero son escasas las referencias y en ninguna de ellas se muestran la contabilidad de costo cuando un material es sometido al proceso de Deformación Plástica Superficial por rodadura con rodillo simple.
- La clasificación de los costos en categorías con respecto a los periodos que benefician, ayuda a la gerencia en la medición del ingreso, en la preparación de estados financieros y en la asociación de los gastos con los ingresos en el periodo apropiado

# CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.

## 2.1. Introducción

Los estados financieros son los medios a través de los cuales se transmite a la gerencia y a los usuarios externos interesados la situación real de la empresa para que tengan una idea concisa de la rentabilidad y la situación financiera real del negocio. Los estados financieros son el resultado final del proceso contable.

No obstante, los Estados Financieros tienen limitaciones, ya que solo aparecen aquellos que puedan reducirse a términos monetarios, no se habla sobre la competencia, la capacidad gerencial de los directivos, ni los trabajos para elevar la calidad de la producción, pero además, ni la satisfacción de los clientes, en el anexo IV aparece la clasificación de algunos de los procesos de manufactura que son sometidos a los análisis financieros.

**En este capítulo se plantea como objetivo:**

1. Fundamentar las propiedades a investigar y explicar los métodos, procedimientos y condiciones en la que se realizarán los experimentos.

## 2.2. Generalidades de los costos.

Para lograr el establecimiento y la aplicabilidad de un procedimiento general, no solo basta con la elección del material y su valoración física, química y estructural. También se requiere tener en cuenta la teoría de la toma de decisiones y el flujo de información asociado a los cálculos económicos y criterios tecnológicos en los procesos por deformación plástica superficial.

De las conclusiones del capítulo I del presente trabajo, se desprende la necesidad de formular e introducir los conceptos relacionados con los costos de dicho procedimiento con vista a lograr resultados confiables que estén avalados científicamente, ya que en las bibliografías revisadas no se encontraron métodos de proceder declarados para abordar el estudio y la obtención de la contabilidad de costo en piezas por este tipo de tratamiento mecánico.

Se establece el diseño del plan experimental y se describen las normas y procedimientos del proceso de experimentación. Al mismo tiempo se fundamentan las propiedades a investigar y se establecen los parámetros que caracterizan el

comportamiento de los costos del endurecimiento por trabajo de deformación en frío.

El material con que se fabricará la pieza es: **Acero 45** según norma GOST, con dimensiones en bruto de 105 mm de largo y un diámetro de 50 mm, el peso en kg del mismo es 0,5 kg y un costo de $ 1,25, para un precio total de $ 16,87

Se utilizan también equipos e instrumentos de medición tales como: Durómetro Rowell (para medir dureza), el cual se encuentra en el laboratorio de Ciencia de los materiales del ISMM. El mismo posee las siguientes capacidades de medición (diámetro mayor 100 mm, longitud mayor 24 mm y altura mayor 100 mm).

### 2.3. Caracterización del torno 16 D 20.

Los trabajos de torneado y experimental se realizaron en el torno 16D20, en el mismo se puede realizar todas las operaciones, presenta las mejores cualidades del sistema de mando, en el cual está centralizado todas las operaciones de trabajo y auxiliares.

❖ **Características principales del torno.**

- Potencia del motor eléctrico. . . . . .10 kW
- Tensión. . . . . 400 V
- Frecuencia de rotación del husillo. . . . . .16-2 400 rev/min
- Avance:
  - Longitudinal.. . . . . 0, 05...2, 8 mm/rev
  - Transversal. . . . . 0,025...1,4 mm/rev
- Fuerza máxima laborable sobre el mecanismo de avance. . . 400 kgf.

### 2.4. Elaboración mecánica de las probetas para la deformación.

Corte de las probetas L = 100 mm X 40 mm. Norma ASTM E 92

Las operaciones de corte para la toma de las probetas, se realizan con una segueta mecánica para corte de metales, garantizando un constante y severo régimen de enfriamiento evitando que el calentamiento producido por la fricción durante el proceso de corte pudieran aparecer transformaciones en la estructura.

Todas las probetas se someten al régimen de maquinado por lo se asume la posibilidad de que en las superficies de las mismas haya estado presente el

fenómeno de la acritud aunque en poca escala, por lo que se requieren condiciones intensas de evacuación del calor.

Para garantizar el buen acabado superficial obtenido y previo al tratamiento, la probeta se cilindrará exteriormente entre plato y punto, con los siguientes datos de corte:

n = 350 rev/min, S = 0,2 mm/rev.

En el torneado se empleo una cuchilla de $45^0$ con sujeción mecánica Sandvik, código del vástago PSSN R 25 25 M 12, con una plaquita SNMG 12 04 08-PM de calidad 4 025 (SANDVIK Coromant KoroKey, 1996)

### 2.4.1. Velocidad de corte:

Se define como velocidad de corte la velocidad lineal de la periferia de una herramienta acoplada a una máquina herramienta o la velocidad lineal del diámetro mayor que esté en contacto con la herramienta en la pieza que se esté mecanizando en un torno. Su elección viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material a mecanizar y las características de la máquina. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo, pero acelera el desgaste de la herramienta.

La velocidad de corte se expresa en m/min. La velocidad adecuada de corte depende de varios factores y en ningún caso se debe superar la que aconsejan los fabricantes de las herramientas. Casillas, 1987

$$Vc = \frac{\pi . D . n}{1000} \qquad (2.1)$$

**Donde:**

Vc = Velocidad de corte; m/min .

D = Diámetro de la pieza; mm .

n = Número de revolución; rev/min .

1 000 = Factor de conversión de metro a milímetro.

### 2.4.2. Profundidad de corte:

Es la dimensión de la capa de metal que arranca la cuchilla de una pasada. Si una pieza cilíndrica de diámetro D se tornea de una pasada de la cuchilla hasta el

diámetro d, entonces la profundidad de corte es igual a la mitad de la diferencia entre los diámetros.

$$t = \frac{D-d}{2} \qquad (2.2)$$

**Donde:**

t = Profundidad de corte; mm.

D = Diámetro de la pieza antes de la elaboración; mm.

D = Diámetro de la pieza después de la elaboración; mm.

### 2.4.3. Tiempo de maquinado.

Es el tiempo invertido por el operario en la ejecución del trabajo, también conocido por tiempo básico o tiempo total de maquinado.

$$Tm = \frac{L}{n.s} i \qquad (2.3)$$

**Donde:**

Tm = Tiempo de maquinado; min.

L = Longitud a maquinar; mm.

i = Números de pasadas.

n = Números de revoluciones; rev/min.

s = Avance; mm/rev

❖ **Refrentado:**

Consiste en la limpieza del frente de las caras de la pieza, el tiempo básico o de maquinado para esta operación se calcula por la siguiente ecuación.

$$Tb = \frac{\frac{D}{2} + Y + \Delta}{n \cdot s} i \text{; min} \qquad Y = t \cos \varphi \qquad \Delta: 1\ldots3. \qquad (2.4)$$

**Donde:**

D: Diámetro de la pieza a elaborar; mm

Y: Longitud de entrada de la cuchilla; mm

$\Delta$: Coeficiente.

i = Números de pasadas.

### 2.4.4. Tiempo de deformación de las probetas.

Es el tiempo que se invierte durante el proceso de deformación, teniendo en cuenta los siguientes datos según Fernández, 2007

$$Tm = \frac{L}{n.s}.i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2.5)$$

**Donde:**

L: Longitud de deformación; mm

n = 27; 54; 110 rev/min.

S = 0,075; 0,125; 0, 25 mm/rev

i = 3 pasadas para cada caso.

Se consideran las tres frecuencias de rotación, los tres avances y el número de pasadas por las condiciones en que el proceso lo requiere, así se determina también el tiempo estimado que se emplea en cada operación.

## 2.5. Clasificación de los gastos de tiempo de trabajo.

El tiempo de trabajo como regla debe ser tiempo útil completamente normado. Al obrero hay que crearles las mejores condiciones de trabajo que permitan en el transcurso de la jornada utilizar el tiempo económico racional. Feschenko, 1983.

En el tiempo total entran todas las categorías de gastos de tiempo de trabajo.

$$Tpu = Tb + Ta + Tpt + Torg + Tdnp \; ; \; min. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2.6)$$

**Donde:**

Tpu: Tiempo por unidad de producción y la suma de todos los tiempos de las diferentes categorías.

Tb: Tiempo básico o principal de máquina.

Ta: Tiempo auxiliar.

Tpt: Tiempo de procesos tecnológicos.

Torg. Tiempo organizativo.

Tdnp: Tiempo de descanso y necesidades personales.

- Tpu: Es el tiempo por unidad de producción de las normas técnicamente fundamentadas del tiempo necesario para ejecutar la operación tecnológica

dada al aplicar los métodos modernos de maquinado, experiencias de los trabajadores de avanzadas con innovadores.

- Tb o Tm: Tiempo que se gasta en cambiar las dimensiones, la forma y rugosidad de la pieza y puede ser manual o de máquina
- PTT: Es el tiempo que se gasta para el cuidado del PDT y otros gastos como buscar herramientas, limpieza de la máquina, llamado también Tspt (tiempo de servicio al P/T).

  Tpt ó Tspt (0, 04…0, 08) Tb; min. . .. . . . (2.7)
- Ta: Tiempo que se gasta en la colocación de piezas, arranque y parada de la máquina, conexión y desconexión del avance, medición de la pieza.

  Ta = (0,18… 0,25) Tb; min. . . . . (2.8)
- To: Tiempo en el cual se realiza un trabajo productivo dirigido al concepto de una tarea (operación)

  To = Tb + Ta; min.. . . . . (2.9)
- Tdnp: Entran las pausas y descanso físico. Este tiempo suele descontarse de la jornada laboral.

  Tdnp = (0,17… 0,25), para una jornada de trabajo de (4 horas). . (2.10)
- Tiempo por causas organizativas: Se considera

  Tpco = (2%)Tb. . . . . (2.11)
- Tiempo por causas técnicas:

  Tpct =(1,6%)Tb; min. . . . . (2.12)

### 2.5.1. Fuerza de corte.

Potencia necesaria que requiere o necesita la máquina herramienta para vencer las fuerzas que se oponen en las operaciones a realizar, que a la vez permitirá determinar el consumo de la maquina.

$Pz = Cfz * t^{xfz} * s^{xfz} * Kfz$. . . . . (2.13)

**Donde:**

Pz: Fuerza de corte; kg

Cfz: Factor que depende de las propiedades mecánicas del metal que se elabora.(300)

Xf y Yf: exponente del grado de t y S (Xfz = 1 y Yfz = 0,75)

t: Profundidad de corte; mm

S: Avance; mm/rev

Kfz: Coeficiente que depende de algunas condiciones del proceso.

El tiempo total del proceso tecnológico

∑Ttotal= Tpu+To+TPET+Tct ; min. . . . . (2.14)

### 2.5.2. Potencia consumida por la maquina.

Se requiere que durante se realice la operación, la potencia de corte sea menor que la potencia de la maquina para poder realizar el maquinado y poder determinar el consumo eléctrico.

NC = $\frac{Pz.V_{cr}}{6120};kW$ . . . . . (2.15)

**Donde:**

NC: Potencia de corte; kW

Pz: Fuerza tanencial que se opone al corte; kqf

$Vc_{real:}$ Velocidad de corte real o de deformacion; m/min

6120: Cambios de maqnitudes de caballo vapor a kW

## 2.6. Ficha de costo.

Al abordar la valoración técnico económico del proceso de Deformación Plástica Superficial por rodadura, como alternativa tecnológica para la dureza superficial de las piezas, se parte del hecho de que el mismo es altamente beneficioso para mejorar la calidad superficial de las piezas.

Para la estimación de los costos de fabricación que se desean determinar se parte de la metodología del cálculo del costo de fabricación conocida como "Ficha para costos, precios y su componente en pesos convertibles" que en formato de hoja de cálculo (tabla 2.1 y 2.2) se utiliza como Norma empresarial en la Empresa Mecánica del Níquel Comandante"Gustavo Machín Hoed de Beche" de Moa, para calcular las fichas de costo. Dicho documento, elaborado conjuntamente por los Ministerios de Finanzas y de Economía y Planificación,

La metodología empleada está destinada para el estimado del cálculo del costo de fabricación para diferentes procesos tecnológicos que se llevan a cabo en dicha industria, poseyendo además una amplia y actualizada base de datos que

comprende tarifas salariales, máquinas herramienta y sus consumos de energía eléctrica, precios de materiales, entre otros, resulta factible emplear esta norma por cuanto posee una base de información de larga data en dicha empresa, además de su probada efectividad en las transacciones económico-financieras de dicho centro.

A fin de revelar las ventajas en el orden técnico-económico, se procederá a la comparación entre una pieza obtenida por Deformación Plástica Superficial por rodillo (Tabla 2.1), y una obtenida mediante una variante tecnológica de tratamiento térmico (Tabla 2.2). La valoración del estimado se hará con un fondo anual de 286 días laborables.

**Tabla. 2.1. Costo de fabricación de la Deformación Plástica Superficial.**

| **Costo de fabricación de la pieza.** | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de material** | **Costo de material ($)** | **Peso del semiproducto (kg)** | **Precio ($)** |
| **Acero AISI 1045** | | | |
| **Operario** | **Tarifa ($)** | **Tiempo efectivo (h/$)** | **Costo ($)** |
| **Tornero A** | | | |
| **Rectificador A** | | | |
| **Cortador** | | | |
| **Téc de laborator.** | | | |
| ***Salario Básico (Sb) = Suma de los costos = $*** | | | |
| **Salario complementario Sc = (Sb*0,1) = $** | | | |
| **Aporte a la seguridad social Ss = (Sc+Sb)*0,09 = $** | | | |
| **Gasto de Energía** | | | |
| **Máquinas** | **Tiempo trab (h)** | **Potenc máquina/kW** | **Energ consum(kW/h)** |
| **Torno** | | | |
| **Sierra** | | | |
| **Microscopio** | | | |
| **Pulidora** | | | |
| **Rectificadora** | | | |
| **Costo Energía** | | | |
| **Torno** $C_{torno}$ | | **Costo Energía Eléctrica.** | |
| **Sierra Sinfín** $C_{SS}$ | | **Ce= $C_t$+$C_{Ss}$+$C_M$+$C_P$+$C_P$= $** | |
| **Microscopio** $C_M$ | | **Costo Total** | |
| **Pulidora** $C_P$ | | **CT= Pp+Sb+Sc+Ss+Ce = $** | |
| **Rectificadora** $C_R$ | | | |

**Tabla. 2.2. Costo de fabricación de la pieza por tratamiento térmico**

| Costo de fabricación de la pieza. | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de material** | **Costo de material ($)** | **Peso del semiproducto (kg)** | **Precio ($)** |
| **Ac AISI 1045** | | | |
| **Operario** | **Tarifa ($)** | **Tiempo efectivo (h/$)** | **Costo ($)** |
| **Tornero A** | | | |
| **Rectificador A** | | | |
| **Cortador** | | | |
| **Termista A** | | | |
| **Téc de laborator.** | | | |
| **Salario Básico (Sb)= Suma de los costos = $** | | | |
| **Salario complementario Sc = (Sb*0,1) = $** | | | |
| **Aporte a la seguridad social Ss = (Sc+Sb)*0,09 = $** | | | |
| **Gasto de Energía** | | | |
| **Máquinas** | **Tiempo trab (h)** | **Potencia máquina (kW)** | **Energ consum (kW/h)** |
| **Torno** | | | |
| **Sierra Sinfín** | | | |
| **Microscopio** | | | |
| **Pulidora** | | | |
| **Rectificadora** | | | |
| **Horno (Temple)** | | | |
| **Revenido** | | | |
| **Costo Energía** | | | |
| **Torno** $C_{torno}$ | | **Costo Energía Eléctrica.** | |
| **Sierra Sinfín** $C_{SS}$ | | **$Ce= C_t+C_{Ss}+C_M+C_P+C_P+C_T+C_{rev}$ = $** | |
| **Microscopio** $C_M$ | | | |
| **Pulidora** $C_P$ | | **Costo Total** | |
| **Rectificadora** $C_R$ | | **CT= Pp+Sb+Sc+Ss+Ce = $** | |
| **Temple** $C_T$ $C_H$ | | | |
| **Revenido** $C_{Rev}$ $C_{Rev}$ | | | |

### 2.6.1. Objetivo de la ficha de costos.

La ficha de costo es un documento que refleja los consumos, tanto directos como indirectos, por unidad de producción. Su utilización permite:

- Comparar los gastos reales con los planificados o con los gastos normados.
- Comparar los costos de una unidad determinada de producto en un período determinado, con los obtenidos en períodos anteriores.
- Comparar los costos entre empresas con producciones similares.

- Establecer el precio de venta del producto.

**2.7. Consideraciones acerca del consumo energético.**

El consumo energético se realiza teniendo en cuenta la tarifa eléctrica estipulada por la OBE, la cual designa un precio en correspondencia a las características de cada organismo.

El ISMM, transita por la tarifa M1-C, que no es mas que un banco exclusivo contratado de 50 kW mensual por cada kW, por ser la tarifa antes mencionada (M1-C), se cobra $ 5.00 en M.N y por cada kW que registre el metro se cobra 0,044 C.

El factor de combustible que también se tiene en cuenta se multiplica por 1, 9223, por lo que se tiene que:

$CE = 50\ kW.5.00 + kW_{consumido}.\ 0{,}044C.1{,}9223.$ . . . (2.16)

**Donde:**

CE: Consumo eléctrico del mes; $

50: Consumo eléctrico contratado en el metro contador; kW

5,00: Cobro de la tarifa eléctrica, MN

$kW_{consumido}$: Consumo eléctrico de la entidad, kW

0,044: Precio del kW registrado en el metro; C

1, 9223: Factor combustible

- **Empresa Mecánica del Níquel**

Tarifa A1, el pago en CUC

Demanda contratada, 1 500 kW, factor para obtener este servicio $ 3,00

Precio horario pico: 0,08 C

Precio horario normal: 0,04 C

Precio horario madrugada: 0,02

Por lo que el consumo eléctrico es:

$CE = 1\ 500\ kW.3.00 + kW_{consumido}.\ 0{,}04.1{,}9223.$ . . . (2.17)

Se tendrá en cuenta el precio del horario normal, teniendo en cuenta que es el horario medio del consumo eléctrico.

**2.7. Aplicación del Valor Actual Neto (VAN) en el proceso de deformación plástica superficial por rodadura.**

El VAN de una inversión se calcula sumando todo los cash flow anuales actualizados originados por la inversión y se basa en las técnicas de flujos de efectivo descontados. Para actualizar los cash flow es preciso fijar una tasa de descuento k que representa la tasa mínima a la que está dispuesta a invertir la empresa sus capitales. Y se expresa de la forma antes mencionada.

Se basa en las técnicas de flujos de efectivo descontado y se calcula por:

$$VAN = -Co + \frac{Ci}{Hr} \qquad (2.15)$$

**Donde:**

VAN: Valor Actual Neto;

Co : Costo inicial de la inversión

Ci : Flujo de caja esperado

$\frac{1}{1+r}$ : Tasa de descuento al 8%

**2.8. Conclusiones del capitulo II**

3. El costo de los productos depende de las inversiones o gastos que se generan al consumir materias primas, comprar máquinas, pagar la mano de obra y el costo de vender los productos, el almacenamiento, el financiamiento, la planeación y administración, el control, el cumplimiento de los estándares y el pago de impuestos.
4. Los ingenieros industriales una de sus actividades fundamentales en los sistemas productivos es la planeación de los procesos y que en ellos debe cuidar que la producción sea económica y eficiente. Este profesional adquiere un conjunto de responsabilidades, de las cuales deberá siempre estar pendiente.
5. Un problema con dos procesos, en el que el costo total del primer proceso es materia prima para el segundo proceso, en caso de existir mas procesos se seguirá el mismo procedimiento, es decir, que el primer proceso para su costo al segundo, se acumula en este, su costo total es la suma de los costos de todos los procesos.

# CAPITULO III. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

## 3.1. Introducción

En éste capitulo se exponen los resultados derivados del trabajo experimental, y a partir de los mismos, las expresiones matemático estadísticas que describan las regularidades del costo del proceso conocido como Deformación Plástica Superficial por rodillo simple, empleando como materia prima el acero AISI 1045.

El objeto del análisis de la tecnología de la producción, complejidad muy diferente según los productos y servicios de que se trate, consiste en establecer si el proyecto es técnicamente o no factible, cuales son los procesos más adecuados y que desembolsos comportan.

**El objetivo del capítulo es:**

1. Realizar la valoración crítica de los resultados y a través de ella, explicar los fundamentos científicos que dan solución al problema planteado a partir de la interpretación de las regularidades observadas.

## 3.2. Análisis de la metodología de los costos de maquinado.

Del capitulo 2, epígrafe 2.3, se abordo el corte de la probeta, este se realizo en una segueta mecánica, el tiempo consumido para esta operación fue de 2 min, pero teniendo en cuenta la cantidad de muestras, 27, el tiempo total de la operación es 54 min.

La herramienta, una hoja de segueta, tiene un precio de 1,20 CUC.

### 3.2.1. Calculo de la Velocidad de corte.

A partir de n = 600 rev/min y S = 0,2 mm/rev, ambos valores prefijados por las caracteristicas del material a maquinar y la ecuacion 2.1 se tiene que:

$$Vc = \frac{\pi.D.n}{1000}$$

$$Vc = \frac{3{,}14.50.600}{1000}$$

Vc = 94,2 m/min

La velocidad obtenida permite establecer un periodo de vida mas prolongado de la herramienta y ahorrar recursos materiales.

#### 3.2.1.1. Análisis de la profundidad de corte.

La profundidad de la capa cortada, si es demasiado grande, ocasiona el calentamiento excesivo de la parte cortante de la cuchilla, desgaste del filo, provoca perdida de tiempo en el operario y disminuye la vida de la herramienta, se recomienda pocas profundidades de corte en materiales que generan excesivo calor por fricción durante el maquinado.

**Sustituyendo en 2.2**

t = $\frac{50-40}{2}$ = 2,5 mm

Este valor permite realizar la operación con buen acabado, además daña poco por el calor la parte cortante, si se tiene en cuenta que el precio de la cuchilla es de 18.23 CUC.

#### 3.2.1.2. Calculo del tiempo de maquinado.

Para obtener el tiempo que se emplea durante la operación de cilindrado exterior y sustituyendo en la ecuación 2,3, se obtiene que:

Tm = $\frac{L}{n.s}.i$ .

Tm = $\frac{100}{600.0,2}.1$ .

Tm = 0,8 min

Este es el tiempo consumido para la elaboración (torneado exterior) de una probeta, para las 27 el tiempo total es de: 21,6 min

Sustituyendo los valores de las formulas 2,7; 2,8; 2,9; 2.10; 2,11 y 2,12, el estimado de los tiempos es:

4. Tpt ó Tspt (0, 04…0, 08). 21,6 = (0,06).21,6 = 1,2 min
5. Ta = (0,18… 0,25).21,6 = (0,20).21,6 = 4,32 min
6. Tpco = (2%).21,6 = 0,432 min
7. Tdnp = (0,17… 0,25) = 10 min

8. Tpct =(1,6%).21,6 = 0,34 min

Sustituyendo en la ecuación 2,14 el tiempo total de maquinado para esta operación es:

∑Ttotal = Tb + Ta + Tpt + Tpco + Tdnp + Tpct

∑Ttotal = 21,6 + 4,32 + 1,2 + 0,432 +10 + 0,34

∑Ttotal = 38 min

**3.2.1.3. Cálculo de tiempo de maquinado en el refrentado:**

Sustituyendo en la ecuación 2,4

Tb = $\frac{\frac{D}{2}+Y+\Delta}{n \cdot s} i$ ; min  Y = t cos $\varphi$  $\Delta$: 1…3

Tb = $\frac{\frac{D}{2}+Y+\Delta}{n \cdot s} i$

Tb = $\frac{\frac{50}{2}+2{,}5+2}{600 \cdot 0{,}2} 2$

Tb = 0,25 min * 27 = 6,75 min

Sustituyendo los valores de las formulas 2,7; 2,8; 2,9; 2.10; 2,11 y 2,12, el estimado de los tiempos es:

9. Tpt ó Tspt (0, 04…0, 08). 6,75 = (0,06).6,75 = 0,4 min
10. Ta = (0,18… 0,25) = (0,20).6,75 = 1,35 min
11. Tpco = (2%).6,75 = 0,135 min
12. Tdnp = (0,17… 0,25) = 10 min
13. Tpct =(1,6%).6,75 = 0,10 min

Sustituyendo en la ecuación 2,14 el tiempo total de maquinado para esta operación es:

∑Ttotal = Tb + Ta + Tpt + Tpco + Tdnp + Tpct

∑Ttotal = 6,75 + 1,35 + 0,4 + 0,135 +10 + 0,10

∑Ttotal = 19 min. 2 = 38 min

**3.2.1.4. Tiempo de deformación de las probetas.**

Durante esta operación se tendrá en cuenta los valores establecidos en el capitulo II, ecuación 2,4, en cuanto al avance y el numero de revolución.

- **Para n = 27 rev/min y S = 0,075 mm/rev.**

Tm = $\frac{L}{n.s}.i$ .

Tm = $\frac{L}{n.s}.i$ .

Tm = $\frac{50}{27.0,075}.3$ .

Tm = 75 min

Sustituyendo los valores de las formulas 2,7; 2,8; 2,9; 2.10; 2,11 y 2,12, el estimado de los tiempos es:

14. Tpt ó Tspt (0, 04…0, 08) = (0,06).75 = 4,5 min
15. Ta = (0,18… 0,25) = (0,20).75 = 15 min
16. Tpco = (2%).75 = 1,5 min
17. Tdnp = (0,17… 0,25) = 10 min
18. Tpct =(1,6%).75 = 1,2 min

Sustituyendo en la ecuación 2,14 el tiempo total de maquinado para esta operación es:

∑Ttotal = Tb + Ta + Tpt + Tpco + Tdnp + Tpct

∑Ttotal = 75 + 15 + 0,4 + 0,135 +10 + 0,10

∑Ttotal = 100 min (una hora 40 min)

- **Para n = 54 rev/min y S = 0,125 mm/rev.**

Tm = $\frac{L}{n.s}.i$ .

Tm = $\frac{L}{n.s}.i$ .

Tm = $\frac{50}{54.0,125}.3$ .

Tm = 21 min

Sustituyendo los valores de las formulas 2,7; 2,8; 2,9; 2.10; 2,11 y 2,12, el estimado de los tiempos es:

19. Tpt ó Tspt (0, 04…0, 08) = (0,06).21 = 1,26 min
20. Ta = (0,18… 0,25) = (0,20).21 = 4,2 min
21. Tpco = (2%).21 = 0,42 min
22. Tdnp = (0,17… 0,25) = 10 min
23. Tpct =(1,6%).21 = 0,33 min

Sustituyendo en la ecuación 2,14 el tiempo total de maquinado para esta operación es:

∑Ttotal = Tb + Ta + Tpt + Tpco + Tdnp + Tpct

∑Ttotal = 21 + 4,2 + 1,26 + 0,42 +10 + 0,33

∑Ttotal = 37 min

- **Para n = 110 rev/min y S = 0,25 mm/rev.**

Tm = $\frac{L}{n.s}.i$ .

Tm = $\frac{50}{110.0,25}.3$ .

Tm = 5 min

Sustituyendo los valores de las formulas 2,7; 2,8; 2,9; 2.10; 2,11 y 2,12, el estimado de los tiempos es:

24. Tpt ó Tspt (0, 04…0, 08) = (0,06).5 = 0,3 min
25. Ta = (0,18… 0,25) = (0,20).5 = 1,0 min
26. Tpco = (2%).5 = 0,1 min
27. Tdnp = (0,17… 0,25) = 10 min
28. Tpct =(1,6%).5 = 0,08 min

Sustituyendo en la ecuación 2,14 el tiempo total de maquinado para esta operación es:

∑Ttotal = Tb + Ta + Tpt + Tpco + Tdnp + Tpct

∑Ttotal = 5 + 1 + 0,3 + 0,1 +10 + 0,08

∑Ttotal = 16 min

### 3.2.1.5. Análisis de la Fuerza de corte.

Conociendo la potencia consumida por la maquina es posible determinar el consumo eléctrico durante el proceso. Sustituyendo en la formula 2,13 tenemos que el torno con un motor de 10 kW y un rendimiento de 0,75, se consume:

$Pz = Cfz \cdot t^{xfz} \cdot s^{xfz} \cdot Kfz.$

$Pz = 300.\ 0,3^{1,0}.\ 0,75^{0,75}.\ 1,06$

$Pz = 300.\ 0,3.\ 0,8.\ 1,06$

$Pz = 76,32$ kqf

### 3.2.1.6. Análisis de la Potencia de corte.

Sustituyendo en la ecuación 2,15 la potencia consumida por la maquina para la deformación es:

$$NC = \frac{Pz.V_{cr}}{6120}.$$

$$NC = \frac{76,32.94,2}{6120}$$

$$NC = \frac{76,32.94,2}{6120}$$

$NC = 1,1$ kW

En la tabla 3.1 aparecen las máquinas empleadas con su consumo y la tarifa eléctrica del ISMMM, teniendo en cuenta el mismo se resume los mismos a partir de que la institución paga $0,044 por kW.

**Tabla 3.1.** Máquinas empleadas en el proceso con su consumo.

| Máquinas | Consumo (kW) | Tarifa. ($) |
|---|---|---|
| Torno CMT 11 | 1,1 | 0,044 |
| Pulidora | 1,75 | 0,044 |
| Microscopio | 2 | 0,044 |
| Durómetro | 2,5 | 0,044 |
| Total | 7,35 | 0,044 |

## 3.3. Indicaciones para la formación de los precios DPS por rodadura.

En Cuba las indicaciones para la confección de la Ficha para precios se establecen por la resolución conjunta No. 1/2005 del Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), y el Ministerio de Economía y Planificación (MEP).

Para la elaboración de la ficha de costo existen indicaciones del Ministerio de Finanzas y Precios, que en dependencia del tipo de actividad que realiza la entidad, son la base para la formación de los precios, los gastos para la formación de precio en la Deformación Plástica superficial por rodadura aparecen reflejados en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Concepto de gastos para la formación de precios (DPS).

| Concepto de Gastos | Total Unitario |
|---|---|
| Materias Primas (MD) | 16,87 ($) |
| Materiales Gastables (MI) | 24,23 ($) |
| Mano de obra (MOD) | 10,25 h |
| Energía Eléctrica (CIF) | 7,35 kW |

Materia prima (Material Directo): Acero AISI 1045.

Materiales gastables (Materiales indirectos): Cuchilla, hoja de segueta, lijas.

Mano de obra Mano de Obra Directa): Tornero, rectificador, cortador, técnico de laboratorio.

Energía eléctrica (Costo indirecto de fabricación): Torno, rectificadora, pulidora, microscopio

- **Materiales directos (MD):** Son aquellos que se utilizan directamente en la producción y se transforman en productos terminados con la adición MOD y CIF; que representan el principal costo de materiales en la producción de un artículo.
- **Materiales indirectos (MI):** Son todos los materiales comprendidos en la fabricación de un producto diferente de los MD. Los MI se incluyen como parte de los CIF.
- Mano de obra: Es el esfuerzo físico o mental gastado en la fabricación de un producto. El costo de la mano de obra se puede dividir en Mano de obra directa (MOD) y Mano de obra indirecta (MOI)
- **Mano de obra directa:** Es toda la mano de obra directamente involucrada en la fabricación de un producto terminado que se puede fácilmente asociar con el producto y que representa el principal costo de mano de obra en la fabricación del mismo.

- **Mano de obra indirecta:** Es toda aquella que no está directamente involucrada en la fabricación de un producto. La mano de obra indirecta se incluye como parte de los CIF.

El comportamiento de los costos aparece reflejado en las tablas 3,3.

**Tabla. 3.3.** Costo de fabricación de la Deformación Plástica Superficial.

| Costo de fabricación de la pieza. | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de material** | **Costo de material ($)** | **Peso del semiproducto (kg)** | **Precio ($)** |
| **Acero AISI 1045** | **1,25** | **0,5** | **16,87** |
| **Cuchilla** | **18,23** | **0,5** | **9,11** |
| **Hoja de segueta** | **1,20** | **0,023** | **0,027** |
| **Lija** | **1,00** | **0,005** | **0,005** |
| **Operario** | **Tarifa($)** | **Tiempo efectivo(h/$)** | **Costo($)** |
| **Tornero A** | **1,78** | **4,18** | **7,44** |
| **Rectificador A** | **1,78** | **1,00** | **1,78** |
| **Cortador** | **1,54** | **0,9** | **1,38** |
| **Téc de laborator.** | **1,78** | **6,00** | **10,68** |
| **Salario Básico (Sb) = Suma de los costos = $ 21,28** | | | |
| **Salario complementario Sc = (Sb*0,1) = $ 2,128** | | | |
| **Aporte a la seguridad social Ss = (Sc+Sb)*0,09 = $ 23,408** | | | |
| **Gasto de Energía** | | | |
| **Máquinas** | **Tiempo trab (h)** | **Potenc máquina/kW** | **Energ consum (kW/h)** |
| **Torno** | **4,18** | **1,1** | **4,5** |
| **Sierra mecánica** | **0,9** | **1,5** | **1,35** |
| **Microscopio** | **2,00** | **2** | **4** |
| **Pulidora** | **4,00** | **1,75** | **7** |
| **Rectificadora** | **1,00** | **0,5** | **0,25** |
| **Costo Energía** | | | |
| **Torno** | **$C_{torno}$ = 250+4, 5 .0, 044. 1.9223** | **Costo Energía Eléctrica.** | |
| **Sierra Sinfín** | **$C_{SS}$ = 250+1, 35.0, 044. 1.9223** | **Ce= $C_t$+$C_{Ss}$+$C_M$+$C_P$+$C_P$** | |
| **Microscopio** | **$C_M$ = 250+4.0, 044. 1.9223** | **Ce= 21+21+21+21+21 = $105** | |
| **Pulidora** | **$C_P$ = 250+7.0, 044. 1.9223** | **Costo Total** | |
| **Rectificadora** | **$C_R$ =250+0, 251.0, 044. 1.9223** | **CT= $P_M$+Sb+Sc+Ss+Ce = $ 177, 81** | |

Costo total de materiales: $ 26,012

Costo por operario: $ 21,28

Salario complementario: $ 2,128

Aporte a la seguridad social: $ 23,408

Gasto de energía eléctrica: kW 17,1

Costo de la energía eléctrica: $ 177,81

### 3.4. Indicaciones para la formación de los precios (Tratamiento Térmico).

El análisis anterior revela el total de los costos de la operación DPS, que se produjo en las funciones de manufactura. Estas funciones deben ser analizadas con otro proceso para determinar si los gastos fueron adecuados.

Para la elaboración de la ficha de costo de los gastos para la formación de precio en el tratamiento térmico aparecen reflejados en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Concepto de gastos para la formación de precios.

| Concepto de Gastos | Total Unitario |
|---|---|
| Materias Primas (MD) | 16,87 ($) |
| Materiales Gastables (MI) | 24,23 ($) |
| Mano de obra (MOD) | 22,25 h |
| Energía Eléctrica (CIF) | 94,5 kW |

En la tabla 3.5 aparecen las máquinas empleadas con su consumo y la tarifa eléctrica del ISMMM, así como el consumo del horno ubicado en la Empresa Comandante "Gustavo Machín Hoed de Beche", donde la tarifa de la energía eléctrica del MINBAS difiere del MES.

**Tabla 3.5.** Máquinas empleadas en el proceso con su consumo.

| Máquinas | Consumo (kW) | Tarifa. ($) |
|---|---|---|
| Torno CMT 11 | 1,1 | 0,044 |
| Pulidora | 1,75 | 0,044 |
| Microscopio | 2 | 0,044 |
| Durómetro | 2,5 | 0,044 |
| Horno | 94,5 | 0,04 |
| Total | 101,85 | 0,04 |

Materia prima (Material Directo): Acero AISI 1045.

Materiales gastables (Materiales indirectos): Cuchilla, hoja de segueta, lijas.

Mano de obra Mano de Obra Directa): Tornero, rectificador, cortador, técnico de laboratorio.

Energía eléctrica (Costo indirecto de fabricación): Torno, rectificadora, pulidora, microscopio, Horno eléctrico

La ficha de precio para determinar los costos de tiempo en el tratamiento térmico aparece reflejada en la tabla 3.6.

**Tabla. 3.3. Costo de fabricación de la pieza por tratamiento térmico**

| Costo de fabricación de la pieza. | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de material** | **Costo de material ($)** | **Peso del semiproducto (kg)** | **Precio ($)** |
| **Acero AISI 1045** | **1,25** | **0,5** | **16,87** |
| **Cuchilla** | **18,23** | **0,5** | **9,11** |
| **Hoja de segueta** | **1,20** | **0,023** | **0,027** |
| **Lija** | **1,00** | **0,005** | **0,005** |
| **Operario** | **Tarifa($)** | **Tiempo efectivo(h/$)** | **Costo($)** |
| **Tornero A** | **1,78** | **4,18** | **7,44** |
| **Rectificador A** | **1,78** | **1,00** | **1,78** |
| **Cortador** | **1,54** | **0,9** | **1,38** |
| **Téc de laborator.** | | | |
| **Salario Básico (Sb) = Suma de los costos = $ 21,28** | | | |
| **Salario complementario Sc = (Sb*0,1) = $ 2,128** | | | |
| **Aporte a la seguridad social Ss = (Sc+Sb)*0,09 = $ 23,408** | | | |
| **Gasto de Energía** | | | |
| **Máquinas** | **Tiempo trab (h)** | **Potenc máquina/kW** | **Energ consum (kW/h)** |
| **Torno** | **4,18** | **1,1** | **4,5** |
| **Sierra mecánica** | **0,9** | **1,5** | **1,35** |
| **Microscopio** | **2,00** | **2** | **4** |
| **Pulidora** | **4,00** | **1,75** | **7** |
| **Horno (Temple)** | **6,30** | **15** | **94,5** |
| **Revenido** | **3** | **15** | **45** |
| **Costo Energía** | | | |
| Torno $C_{torno}$ = 250+4, 5 .0, 044. 1.9223 | | **Costo Energía Eléctrica.** | |
| Sierra Sinfín $C_{SS}$ = 250+1, 35.0, 044. 1.9223 | | Ce = $C_t$+$C_{Ss}$+$C_M$+$C_P$+$C_P$+$C_T$ +$C_{rev}$ | |
| Microscopio $C_M$ = 250+4.0, 044. 1.9223 | | Ce = $807,85 | |
| Pulidora $C_P$ = 250+7.0, 044. 1.9223 | | | |
| Rectificadora $C_R$ =250+0, 25.0, 044. 1.9223 | | **Costo Total** | |
| Temple $C_T$ $C_H$ =250+94,5.0, 04. 1.9223 | | CT= Pp+Sb+Sc+Ss+Ce **=** $ 880, 578 | |
| Revenido $C_{Rev}$ $C_{Rev}$ =250+45.0, 04. 1.9223 | | | |

Costo total de materiales: $ 26,012

Costo por operario: $ 21,28

Salario complementario: $ 2,128

Aporte a la seguridad social: $ 23,408

Gasto de energía eléctrica: kW 156,35

Costo de la energía eléctrica: $ 880, 578

### 3.5. Calculo del proceso DPS con la aplicación del VAN.

El VAN selecciona el proyecto que añadirá una mayor cantidad de riqueza a los accionistas.

Hay 2 elementos que pueden causar diferencias en los perfiles del VAN.

1. Diferencias en el tamaño o la escala del proyecto.
2. Diferencias de Oportunidad. Los flujos de efectivo provenientes de los 2 proyectos se definan de tal forma que la mayor parte de los flujos sean en los primeros años y el otro al final que es lo que sucede con los proyectos.

Al efectuar la valoración de los resultados aplicado a la DPS y sustituyendo en la ecuación 2,15 tenemos que:

$$VAN = -Co + \frac{Ci}{Hr}$$

$$VAN = -227{,}23 + \frac{9952{,}65}{1+0{,}8}$$

$$VAN = -227{,}23 + \frac{9952{,}65}{1{,}8}$$

VAN = - 227, 23 + 5529,25

VAN = 5302,02

Este resultado es el VAN proyectado para el proceso de Deformación Plástica por Rodadura

### 3.6. Calculo del proceso Tratamiento térmico con la aplicación del VAN.

Se analiza el procedimiento para el tratamiento térmico, sustituyendo los valores tenemos que.

$$VAN = -Co + \frac{Ci}{Hr}$$

$$VAN = -929{,}998 + \frac{9952{,}65}{1+0{,}8}$$

$$VAN = -929{,}998 + \frac{9952{,}65}{1{,}8}$$

VAN = 4599,252

Se toma el VAN de mayor valor por que es el que menos costo tiene, en este caso seria el del proceso de Deformación Plástica Superficial, además el VAN es valido para proyectos de inversión eventualmente excluyente.

**3.7. Valoración del impacto medio ambiental:**

En el proceso de maquinado se produce gran cantidad de desechos sólidos, estos desechos en forma de virutas al ser depositados en un lugar específico alteran el equilibrio de ese pequeño ecosistema, ya que en su composición poseen elementos que pueden ser lixiviables, bajo la acción de las temperaturas altas y las lluvias, pasan a las aguas subterráneas contaminándolas. Además en el taller se consume una gran cantidad de energía eléctrica, la cual se toma de la red nacional convirtiéndose en gasto de combustible y contaminación atmosférica debido al proceso de combustión para generar energía.

El empleo de tratamientos térmicos para lograr durezas superficiales en las piezas conlleva al menos a un mayor consumo de energía eléctrica donde casi siempre la pieza adquiere un temple volumétrico (como en el caso del temple y revenido) con el lógico despilfarro de energía, también porque emplean equipos que son altamente consumidores de energía eléctrica.

Adicionalmente, para diferentes variantes de tratamiento térmicos se utilizan en ocasiones una serie de productos químicos y de combustibles, sólidos y gaseosos, que generan gases contaminantes al medio ambiente (vapores de sales, monóxido de carbono), además de desechos sólidos (grasas sólidas, aceites, restos de combustibles líquidos). También es conocido que la mayor parte de los residuos generados por la industria de tratamiento térmico proviene de los baños usados (por ejemplo, soluciones de cianuro), agentes enfriadores empleados, aguas residuales de la limpieza de piezas, medios abrasivos utilizados, material refractario y procesos de revestimiento que en mayor o menor medida afectan sensiblemente a la salud humana y son potencialmente peligrosos como agentes contaminantes del entorno. Las implicaciones económicas y sociales que todo esto representa son universalmente conocidas, así como de los esfuerzos que a

numerosas instancias se hacen en Cuba para disminuir el impacto negativo que estas tecnologías poseen.

En este sentido resulta importante reiterar que la aplicación del proceso tecnológico conocido como Deformación Plástica Superficial por rodillo, en muchos casos, evita o hace innecesario el empleo de estas tecnologías contaminantes del medio ambiente y altas consumidoras de energía, pues las propiedades físico-mecánicas se pueden lograr de las reservas internas del material de la propia pieza, que se manifiestan a partir de la deformación en frío de su superficie en forma controlada. Incluso dicho proceso posee la ventaja adicional de que no induce efectos colaterales negativos en la pieza como en el caso del temple donde hay que aplicar tratamientos adicionales para eliminar las tensiones surgidas.

### 3.5. Conclusiones del Capitulo III

1. El costo de los productos depende de las inversiones o gastos que se generan al consumir materias primas, comprar máquinas, pagar la mano de obra y el costo de vender los productos, el almacenamiento, el financiamiento, la planeación y administración, el control, el cumplimiento de los estándares y el pago de impuestos.
2. Quedó establecida la metodología para el cálculo de los gastos de tiempos de trabajo del proceso de deformación Plástica Superficial por rodadura, reflejando el comportamiento de cada una de las variables que intervienen, teniendo en cuenta que el mismo es un proceso netamente manufacturado.
3. La aplicación del proceso tecnológico conocido como Deformación Plástica Superficial por rodillo, produce gran cantidad de desechos sólidos, estos desechos en forma de virutas al ser depositados en un lugar específico alteran el equilibrio de ese pequeño ecosistema.

### 3.6. Conclusiones Generales.

- Los costos principales en los sistemas productivos de bienes materiales son por lo regular la maquinaria y la materia prima. Los costos de planeación, la administración ventas y el cumplimiento de estándares son para lograr aumentar la eficiencia y no son muy altos en comparación con el costo final del producto terminado. En este conjunto de gastos se ubica a la planeación del producto o el análisis o diseño de los sistemas productivos.
- La importancia de la clasificación de los costos el análisis de costo-volumen–beneficio radica en que permite orientarse en decisiones futuras de explotación (a corto plazo) como puede ser volúmenes de ventas, nivel de utilización de las capacidades, factores que inciden en el punto de equilibrio de la empresa.
- El proceso denominado Deformación Plástica Superficial por rodadura en comparación con el tratamiento térmico tiene la ventaja que es un proceso ecológicamente más limpio y económico, ya que existe menos consumo de portadores energético y se obtiene con un costo de $ 177,81 y el tratamiento térmico con un valor de $ 880, 578

**Recomendaciones.**

- ❖ Uno de los principales factores a considerar en un sistema productivo es la competitividad, para ello se deberá buscar que la producción siempre sea económica, se deberán tener en consideración criterios como:
- ✓ Debe existir un proyecto funcional. El proyecto debe ser lo más simple posible que cumpla con los requerimientos técnicos y las exigencias del cliente. Este aspecto también se ha llamado ingeniería del producto, de nada servirá tener una estructura operativa y administrativa de gran calidad si los productos están mal diseñados.
- ❖ Para logar la participación eficiente del factor humano en la producción económica se deberá considerar:
- ✓ La motivación.
- ✓ El trato.
- ✓ La confianza.
- ✓ La capacitación.
- ✓ La seguridad.
- ❖ Considerando que los ingenieros, una de sus actividades fundamentales en los sistemas productivos es la planeación de los procesos y que en ellos debe cuidar que la producción sea económica y eficiente. Este profesional adquiere un conjunto de responsabilidades, de las cuales deberá siempre estar pendiente.

**Bibliografías**


1. Ahuja Hira.- **Ingeniería de costos y administración de proyectos.** Alfaomega. México. 1989. pp. 373
2. Arbones Malisani .- **Ingeniería Económica**. Marcobo S.A.. Barcelona 1989. pp.153
3. Baca Urbina .- **Fundamentos de Ingeniería Económica**. Mc Graw- Hill, Interamericana de México. México, 1994.
4. Blank Leland. **Ingeniería Económica**. Mc Graw - Hill. Bogotá. 2da Edic. 1989. pp.558
5. Boada, O., Díaz, S., Campos, Y. "Estudio del estado físico-mecánico de superficies tratadas por deformación plástica superficial", Revista Ingeniería Mecánica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarria (ISPJAE), Volumen 6, No. 2, Mayo-Agosto 2003, Pág. 53-58, Cuba. ISSN1029-516X.
6. Bright Burnishing Tools. "What is roller burnishing?",India, Obtenido de la Red mundial el 3 de Mayo del 2003, http//www.brightburnishingtools.com.
7. Casillas, A., "Cálculo de tallers". 5ª ed., Madrid, España 1982. Pág 316-321
8. Coromant Korokey. Guía de aplicación de herramientas. Pag 38-43. 1996
9. Escobar. Jorge "Problemas de los costos fijos". Rev. Universidad Eaf.t Nº 72. 141. 1988.
10. . El-Axir, M.H. "An investigation into roller burnishing", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 40, Issue 11, September 2000, Pages 1603-1617, UK.El-Axir, M.H
11. El-Khabeery, M.M., El-Axir, M.H. "Experimental techniques for studying the effects of milling roller-burnishing parameters on surface integrity", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 41, Issue 12, September 2001, Pages 1705-1719, UK
12. Fernández, T.F. Comportamiento de las variaciones mecánicas superficiales mediante la Deformación Plástica por rodadura. Informe Técnico. ISMMMoa. Facultad de Metalurgia y Electromecánica. 2007
13. Fernando M. Portuondo Pichardo. Economía de empresas industriales. Segunda Parte. Editorial Pueblo y Educación; 1985; pp. 421 – 425.

14. Feschenkov, V, Majmutov, R. El torneado. Editorial Mir. Moscú. Pág 152-163. 1989.
15. Hernández, S. "Metodología de la Investigación." Editorial McGraw-Hil. México. 1997.
16. Hernández, H.G. Estudio del comportamiento del acero AISI 1045 mediante la deformación plástica por rodadura. Informe Técnico. ISMMMoa. Facultad de Metalurgia y Electromecánica. 2005
17. Korotcishe.L. Procesos progresivos en la deformación plástica superficial por rodadura. Mir. Moscú. 1989. Pág 53-64. (Hernández, S, 1997),
18. Lee, S.S.G., Tam, S.C. Loh, N.H. "An investigation into the ball burnishing of an AISI 1045 free-form surface", Journal of Materials Processing Technology, Volume 29, No. 1-3, January 1992, Pages 203-211. The Netherlands.
19. Lee, S.S.G., Tam, S.C. Loh, N.H. "An investigation into the ball burnishing of an AISI 1045 free-form surface", Journal of Materials Processing Technology, Volume 29, No. 1-3, January 1992, Pages 203-211. The Netherlands.y El-Axir, 2003),
20. Loh, N.H., Tam, S.C., Miyazawa, S. "Statistical analyses of the effects of ball burnishing parameters on surface hardness", Wear, Volume 129, Issue 2, February 1989, Pages 235-243, UK.
21. Loh, N.H., Tam, S.C., Miyazawa, S. "A study of effects of ball-burnishing parameters on surface roughness using factorial design", Journal of Mechanical Working Technology, Volume 18, No. 1, January 1989, Pages 53-61, The Netherlands.
22. Newman Donald.- **Análisis Económico en Ingeniería.** Mc Graw - Hill. México. 2da Edic. 1986. pp.537
23. Odintsov, L.G. Fortalecimiento y acabado de las piezas mediante la deformación plástica superficial", Editorial CM, 1987. Pág 385-422, URSS.
24. Pacana, A.y Korzynski, M. "Roller burnishing parameters analyses with Taguchi method", Scientific Bulletins of Rzesow University of Technology, No. 193, Mechanics 58, 2002, Poland

25. Portuondo F.- **Economía de Empresas Industriales.** Pueblo y Educación. C. Hab. 2 partes. 1983 / 1985.
26. Polimeni Ralph.- **Contabilidad de costos**. Mc Graw - Hill. 2da.Edic. 1993. pp.870
27. Rosanas Martí.- **Contabilidad financiera I, Introducción a la Contabilidad**. Desclee de Brower SA. Bilbao. 1989. pp.265
28. Sugino Corporation, "Superoll-Roller burnishing tool", USA, Obtenido de la Red mundial el 15 de febrero del 2003. http: //www.suginocorp.com
29. Suárez Suárez.- **Curso de Economía de la Empresa** . Pirámides. Madrid. 1992. pp.487
30. Taylor George.- **Ingeniería Económica**. LIMUSA,. México. 2da Edic. 1985. pp.640
31. Vázquez J.C.- **Costos**. Aguilar, 2da Edic. Buenos Aires, 1995. pp.664
32. Westerman, W.J. "Industry rediscovers roller burnishing", Machine Design, Volume 55, No. 19, August 25 1983, Pages 44-48, USA. (Bright Burnishing, et all, 2005).

# ANEXOS I

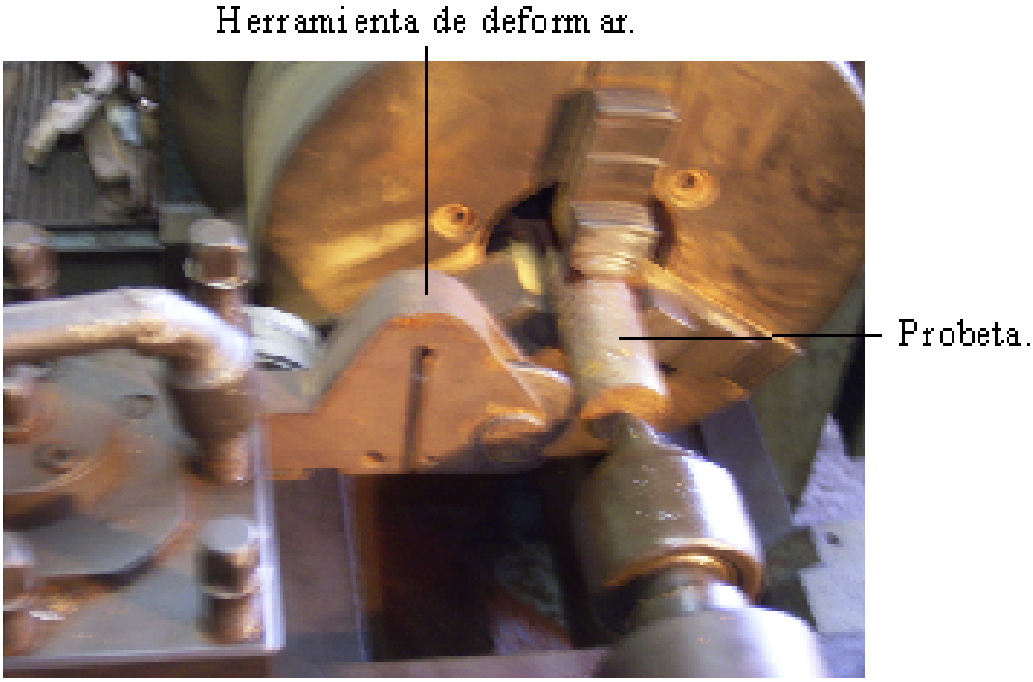


**Fig.1 y2.** Proceso de Deformación Plástica Superficial por rodadura.

# ANEXOS II

**Tabla 1.** Planificación de experimento. (Fernández, 2007)

| Niveles | Respuestas | | | Salidas | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | n(rev/min | P(N) | S(mm/rev) | H(HV) | | |
| Nivel superior(+1) | 27 | 2 500 | 0,25 | | | |
| Nivel medio(Δ) | 54 | 1 500 | 0,125 | | | |
| Nivel inferior(-1) | 110 | 500 | 0,075 | | | |
| Número de ensayo | | | | HV1 | HV2 | HV3 |
| 1a | 27 | 500 | 0,25 | 205 | 210 | 224 |
| 1b | 27 | 500 | 0,25 | 205 | 210 | 225 |
| 1c | 27 | 500 | 0,25 | 204 | 216 | 224 |
| 2a | 27 | 1500 | 0,125 | 216 | 224 | 228 |
| 2b | 27 | 1500 | 0,125 | 214 | 226 | 226 |
| 2c | 27 | 1500 | 0,125 | 212 | 224 | 226 |
| 3a | 27 | 2500 | 0,075 | 216 | 218 | 227 |
| 3b | 27 | 2500 | 0,075 | 216 | 218 | 230 |
| 3c | 27 | 2500 | 0,075 | 214 | 248 | 232 |
| 4a | 54 | 500 | 0,25 | 220 | 246 | 248 |
| 4b | 54 | 500 | 0,25 | 218 | 244 | 248 |
| 4c | 54 | 500 | 0,25 | 218 | 244 | 248 |
| 5a | 54 | 1500 | 0,125 | 216 | 247 | 250 |
| 5b | 54 | 1500 | 0,125 | 218 | 245 | 254 |
| 5c | 54 | 1500 | 0,125 | 215 | 248 | 255 |
| 6a | 54 | 2500 | 0,075 | 218 | 221 | 254 |
| 6b | 54 | 2500 | 0,075 | 221 | 222 | 252 |
| 6c | 54 | 2500 | 0,075 | 225 | 237 | 254 |
| 7a | 110 | 500 | 0,25 | 218 | 229 | 255 |
| 7b | 110 | 500 | 0,25 | 222 | 228 | 254 |
| 7c | 110 | 500 | 0,25 | 220 | 239 | 257 |
| 8a | 110 | 1500 | 0,125 | 223 | 237 | 257 |
| 8b | 110 | 1500 | 0,125 | 223 | 239 | 255 |
| 8c | 110 | 1500 | 0,125 | 224 | 235 | 253 |
| 9a | 110 | 2500 | 0,075 | 224 | 238 | 255 |
| 9b | 110 | 2500 | 0,075 | 228 | 239 | 258 |
| 9c | 110 | 2500 | 0,075 | 226 | 237 | 258 |