

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LA LAMINADORA DE ALUMINIO DEL LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**EDISON GIOVANNY RODRÍGUEZ JÁCOME**

**edirod1980@hotmail.com**

**ADRIÁN DARIO GUALICHICOMIN ANAGUANO**

**migliore\_dg1083@hotmail.com**

**DIRECTOR: Ing. DÍAZ CAMPORVERDE CARLOS WIME**

**carlos.diaz@epn.edu.ec**

**Quito, marzo 2016**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Edison Giovanni Rodríguez Jácome y Adrián Darío Gualichicomín Anaguano, se declara bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente se sede nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

EDISON GIOVANNY RODRÍGUEZ JÁCOME

edirod1980@hotmail.com

---

ADRIAN DARIO GUALICHICOMIN ANAGUANO

migliore\_dg1083@hotmail.com

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Proyecto de Titulación, ha sido elaborado en su totalidad por los señores: EDISON GIOVANNY RODRÍGUEZ JÁCOME y ADRIAN DARIO GUALICHICOMIN ANAGUANO; bajo mi supervisión.

---

Ing. Carlos Díaz

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

El presente Proyecto de Titulación está dedicado a mi Padre Leonardo Enrique Rodríguez Flores, y a mi Madre Elsa Margoth Jácome Silva, de quienes he recibido el apoyo incondicional de toda mi vida y me han llevado por el buen camino con sus consejos y enseñanzas hasta lograr mis metas.

A mis hermanos de quienes he recibido un buen ejemplo de que, con dedicación y esfuerzo, poco a poco se consigue llegar a la meta propuesta, también estoy agradecido a Paola Mejía que es una persona muy especial para mí.

---

EDISON GIOVANNY RODRÍGUEZ JÁCOME

## **DEDICATORIA**

El presente Proyecto de Titulación está dedicado a Dios, mi Familia, y mis Amigos.

---

ADRIÁN DARÍO GUALICHICOMIN ANAGUANO

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, por brindarnos la oportunidad de poder estudiar y culminar con nuestra meta propuesta.

A toda nuestra familia, por el apoyo recibido en todos estos años de estudio, a la carrera de Mantenimiento Industrial, que supo acogernos y brindarnos su apoyo.

A todos los Ingenieros, con los que se obtuvo el conocimiento para podernos desempeñar en el ámbito laboral, en especial a nuestro tutor, Ing. Carlos Díaz, con el que aprendimos una nueva forma de visualizar y aplicar los conocimientos recibidos durante toda la carrera universitaria.

A nuestros amigos de Mantenimiento Industrial, con los que hemos formado una gran amistad y hemos compartido la mayor parte de nuestra vida universitaria con muy buenas experiencias y anécdotas que las vamos a recordar siempre.

Gracias a todos nuestros amigos y amigas de la Politécnica.

---

EDISON GIOVANNY RODRÍGUEZ JÁCOME

---

ADRIÁN DARÍO GUALICHICOMIN ANAGUANO

## INDICE

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>            | <b>I</b>   |
| <b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> | <b>III</b> |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b>           | <b>IV</b>  |

## CAPITULO I

### PROCESO DE LAMINACIÓN

|  |    |
|--|----|
| 1.1 Laminación   | 1  |
| 1.2 Clasificación de los Procesos de Laminación        | 2  |
| 1.2.0 Laminado en Caliente                             | 3  |
| 1.2.1 Laminado en frío                                 | 4  |
| 1.3 Análisis de las fórmulas de Laminación             | 5  |
| 1.3.0 Diferencia entre los espesores de una Lámina     | 5  |
| 1.3.1 Porcentaje de reducción del espesor de una placa | 6  |
| 1.3.2 Esparcido  | 6  |
| 1.3.3 Velocidad Volumétrica                            | 7  |
| 1.3.4 Deslizamiento                                    | 7  |
| 1.3.5 Deformación Real                                 | 8  |
| 1.3.6 Esfuerzos a la Fluencia                          | 9  |
| 1.3.6.1 Resistencia y exponente de endurecimiento      | 10 |
| 1.3.7 Diferencia Máxima                                | 10 |
| 1.3.7.1 Coeficientes de Fricción                       | 11 |
| 1.3.8 Fuerza de los Rodillos                           | 12 |
| 1.3.9 Longitud de Contacto                             | 13 |
| 1.3.10 Momento de Torsión para cada rodillo            | 14 |
| 1.3.11 Potencia en los Rodillos                        | 15 |
| 1.3.12 Porcentaje de trabajo en frío                   | 15 |
| 1.4 Equipos de Laminación                              | 18 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.4.1   | Laminadora                               | 18 |
| 1.5     | Tipos de Laminación                      | 19 |
| 1.5.1   | Laminado Plano                           | 19 |
| 1.5.2   | Laminado de Tubos                        | 19 |
| 1.5.3   | Laminado Continúo                        | 19 |
| 1.5.4   | Laminado de Anillo                       | 19 |
| 1.5.5   | Laminado de cuerdas                      | 19 |
| 1.6     | Clases de Trenes de Laminación           | 20 |
| 1.6.1   | Abiertos o en Línea                      | 20 |
| 1.6.2   | Continuo o en Tándem                     | 20 |
| 1.6.3   | Semicontinuos                            | 20 |
| 1.6.4   | Cross- Country                           | 20 |
| 1.7     | Introducción al Mantenimiento Industrial | 21 |
| 1.7.1   | Evolución del Mantenimiento              | 21 |
| 1.7.2   | Definición del Mantenimiento             | 23 |
| 1.7.3   | Objetivos del Mantenimiento              | 24 |
| 1.7.4   | Clasificación del Mantenimiento          | 24 |
| 1.7.4.1 | Mantenimiento Correctivo                 | 24 |
| 1.7.4.2 | Mantenimiento Preventivo                 | 25 |
| 1.7.4.3 | Mantenimiento Predictivo                 | 25 |
| 1.7.4.4 | Mantenimiento Proactivo                  | 25 |

## **CAPITULO II**

### **PROCESO PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LAMINADORA**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.1   | Laminadora del Laboratorio                | 26 |
| 2.2   | Situación Actual de la Laminadora         | 27 |
| 2.3   | Modificación en el Diseño Actual          | 28 |
| 2.4   | Desmontaje de las Piezas de la Laminadora | 29 |
| 2.4.1 | Estructura de la Máquina                  | 29 |
| 2.4.2 | Pernos de Potencia                        | 30 |
| 2.4.3 | Piñón                                     | 30 |
| 2.4.4 | Manivela                                  | 31 |
| 2.4.5 | Mango de Madera                           | 32 |



|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.4.6  | Cojinetes                                     | 32 |
| 2.4.7  | Rodillo Inferior de Laminación                | 33 |
| 2.4.8  | Rodillo Superior de Laminación                | 33 |
| 2.5    | Selección de Alternativas                     | 34 |
| 2.5.1  | Análisis de Alternativas                      | 34 |
| 2.5.2  | Facilidad de Construcción de la Pieza         | 35 |
| 2.5.3  | Facilidad de Montaje de las Piezas            | 35 |
| 2.5.4  | Facilidad de Manipulación                     | 35 |
| 2.5.5  | Seguridad                                     | 35 |
| 2.5.6  | Duración de Vida Útil                         | 35 |
| 2.5.7  | Mantenimiento                                 | 35 |
| 2.5.8  | Calibración                                   | 36 |
| 2.5.9  | Costo   | 36 |
| 2.5.10 | Material                                      | 36 |
| 2.6    | Características de la Máquina                 | 36 |
| 2.6.1  | Puntos a considerar para el adecuado Laminado | 38 |
| 2.6.2  | Parámetros de Ponderación                     | 39 |
| 2.6.3  | Conclusiones del Análisis de Alternativas     | 39 |

## **CAPITULO III**

|         |  |    |
|---------|--|----|
|         | <b>CONSTRUCCIÓN DE PIEZAS NUEVAS</b>         | 41 |
| 3.1     | Construcción del Rodillo Superior            | 42 |
| 3.1.1   | Velocidad para el Desbaste Acabado y Roscado | 43 |
| 3.1.1.1 | Refrentado                                   | 44 |
| 3.1.1.2 | Taladrado                                    | 45 |
| 3.1.1.3 | Cilindrado                                   | 46 |
| 3.1.1.4 | Tratamiento Térmico de los Rodillos          | 48 |
| 3.1.1.5 | Temple                                       | 49 |
| 3.1.1.6 | Revenido                                     | 49 |
| 3.1.1.7 | Rectificado                                  | 50 |
| 3.1.2   | Hoja de Proceso del Rodillo Superior         | 53 |
| 3.2     | Construcción del Rodillo Inferior            | 55 |
| 3.2.1   | Hoja de Proceso del Rodillo Inferior         | 58 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.3   | Mantenimiento de la Manivela con su mango | 61 |
| 3.3.1 | Hoja de Procesos de la Manivela           | 64 |
| 3.3.2 | Hoja de Procesos del Mango de Madera      | 66 |
| 3.4   | Construcción de Piñones                   | 68 |
| 3.4.1 | Dimensiones de un piñón                   | 70 |
| 3.4.2 | Hoja de proceso de los piñones            | 72 |
| 3.5   | Rediseño de los Pernos                    | 75 |
| 3.5.1 | Hoja de Proceso de los Pernos             | 80 |
| 3.6   | Rediseño de los Cojinetes superiores      | 81 |
| 3.6.1 | Hoja de Procesos del Cojinete Superior    | 85 |
| 3.6.2 | Hoja de Proceso del Cojinete Inferior     | 87 |
| 3.7   | Rediseño en la Estructura                 | 89 |
| 3.7.1 | Hoja de Proceso de la Estructura          | 93 |
| 3.8   | Montaje de las piezas de la Máquina       | 96 |

## **CAPITULO IV**

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.1     | Pruebas de Campo   | 100 |
| 4.1.1   | Cálculo de las pruebas de campo para $\frac{1}{2}$ vuelta  | 101 |
| 4.1.2   | Datos obtenidos con el calibrador a $\frac{1}{2}$ vuelta   | 101 |
| 4.1.3   | Cálculo del Área Inicial                                   | 101 |
| 4.1.4   | Cálculo de la diferencia de la probeta                     | 102 |
| 4.1.5   | Cálculo de Reducción                                       | 102 |
| 4.1.6   | Cálculo del Esparcido                                      | 102 |
| 4.1.7   | Cálculo del área final                                     | 103 |
| 4.1.8   | Cálculo de la velocidad lineal                             | 103 |
| 4.1.9   | Cálculo de la Velocidad Volumétrica                        | 108 |
| 4.2.0   | Cálculo del Deslizamiento                                  | 103 |
| 4.2.1   | Cálculo de la Deformación                                  | 104 |
| 4.2.2   | Cálculo del Esfuerzo a la Fluencia                         | 104 |
| 4.2.2.1 | Esfuerzo en aluminio aleado recocido Lb /pulg <sup>2</sup> | 104 |
| 4.2.2.2 | Esfuerzo en aluminio aleado recocido Mpa                   | 105 |
| 4.2.3   | Cálculo de la Diferencia Máxima                            | 105 |
| 4.2.4   | Longitud de Contacto                                       | 105 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.2.5 | Momento de Torsión                        | 105 |
| 4.2.6 | Potencia en los Rodillos                  | 106 |
| 4.2.7 | Porcentaje de Trabajo en Frío             | 106 |
| 4.2.8 | Porcentaje del Deslizamiento en Frío      | 106 |
| 4.2   | Valores realizados a ½ vuelta             | 107 |
| 4.3   | Valores realizados a 1 vuelta             | 108 |
| 4.4   | Valores realizados a 1 1/2                | 109 |
| 4.5   | Valores realizados a 2 vueltas            | 110 |
| 4.6   | Tabla de resultados de resultados en frío | 111 |
| 4.7   | Conclusiones                              | 112 |
| 4.8   | Recomendaciones                           | 114 |
|       | Bibliografía                              | 115 |

## **ANEXOS**

|   |  |
|---|--|
| A | Manual de Mantenimiento de la laminadora     |
| B | Características del acero Bohler k100        |
| C | Características del acero Bohler E410        |
| D | Glosario de términos                         |
| E | Cadena de rodillos dimensionales             |
| F | Tabla de conversión de milímetros a pulgadas |

## **INDICE DE FIGURAS**

### **CAPITULO I**

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.1 | Variables de Laminación                     | 1  |
| 1.2 | Diseño de perfiles                          | 2  |
| 1.3 | Laminado en Caliente                        | 3  |
| 1.4 | Proceso de laminado en Frío                 | 4  |
| 1.5 | Parámetros que existen en la laminación     | 5  |
| 1.6 | Longitud de Contacto                        | 14 |
| 1.7 | Esquema que muestra cuando se rola el metal | 17 |
| 1.8 | Proceso de Laminación                       | 18 |
| 1.9 | Mantenimiento                               | 23 |

## **CAPITULO II**

|     |                                   |    |
|-----|-----------------------------------|----|
| 2.1 | Situación actual de la Laminadora | 28 |
| 2.2 | Estructura de la Laminadora       | 29 |
| 2.3 | Perno de la Laminadora            | 30 |
| 2.4 | Piñón Superior e Inferior         | 31 |
| 2.5 | Manivela                          | 31 |
| 2.6 | Mango de Madera                   | 32 |
| 2.7 | Cojinete de Bronce                | 32 |
| 2.8 | Rodillo Inferior                  | 33 |
| 2.9 | Fallas en los Rodillos            | 34 |

## **CAPITULO III**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 3.1  | Material en bruto para los rodillos      | 42 |
| 3.2  | Refrentado del Rodillo Superior          | 45 |
| 3.3  | Taladrado del Rodillo Superior           | 46 |
| 3.4  | Cilindrado del Rodillo Superior          | 47 |
| 3.5  | Tratamiento Térmico del Rodillo Superior | 48 |
| 3.6  | Rectificado del Rodillo Superior         | 50 |
| 3.7  | Mediciones del Rodillo Superior          | 51 |
| 3.8  | Proceso terminado del Rodillo Superior   | 52 |
| 3.9  | Proceso de Roscado del Rodillo Inferior  | 56 |
| 3.10 | Mediciones del Rodillo Inferior          | 57 |
| 3.11 | Proceso Terminado del Rodillo Inferior   | 57 |
| 3.12 | Mantenimiento de la Manivela             | 61 |
| 3.13 | Proceso terminado de la Manivela         | 62 |
| 3.14 | Mango de Madera                          | 62 |
| 3.15 | Manivela Terminada                       | 63 |
| 3.16 | Refrentado Taladrado y Cilindrado        | 68 |
| 3.17 | Diámetro interior del engrane            | 69 |
| 3.18 | Diámetro interno y Externo del engrane   | 69 |
| 3.19 | Tallado de los dientes                   | 71 |
| 3.20 | Rediseño de los Pernos                   | 75 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 3.21 | Vista Lateral del Perno                     | 75 |
| 3.22 | Volante de Aluminio                         | 76 |
| 3.23 | Acople Volante del Perno                    | 77 |
| 3.24 | Catalina de moto                            | 77 |
| 3.25 | Catalina acoplada al eje                    | 78 |
| 3.26 | Catalina acoplada al perno                  | 78 |
| 3.27 | Construcción del cojinete Superior          | 81 |
| 3.28 | Maquinado del cojinete                      | 82 |
| 3.29 | Refrentado de las guías                     | 82 |
| 3.30 | Proceso del cojinete Superior               | 83 |
| 3.31 | Acople del cojinete Superior                | 83 |
| 3.32 | Vista superior del cojinete                 | 84 |
| 3.33 | Proceso terminado del cojinete superior     | 84 |
| 3.34 | Mantenimiento de la estructura              | 89 |
| 3.35 | Estructura de la laminadora                 | 90 |
| 3.36 | Cortes Laterales de la Estructura           | 90 |
| 3.37 | Perforación Simétrica                       | 91 |
| 3.38 | Vista superior de la Estructura             | 92 |
| 3.39 | Soporte para cojinetes                      | 95 |
| 3.40 | Sistema de cojinete Inferior                | 96 |
| 3.41 | Sistema de cojinete Superior                | 97 |
| 3.42 | Acople de la tapa superior de la estructura | 97 |
| 3.43 | Sistema de avance y retroceso del perno     | 98 |
| 3.44 | Acople mesa laminadora                      | 99 |

## **CAPITULO IV**

|     |                               |     |
|-----|-------------------------------|-----|
| 4.1 | Pruebas de funcionamiento     | 100 |
| 4.2 | Probeta original laminada     | 101 |
| 4.3 | Probeta laminada a ½ vuelta   | 107 |
| 4.4 | Probeta laminada a 1 Vuelta   | 108 |
| 4.5 | Probeta laminada a 1 ½ vuelta | 109 |
| 4.6 | Probeta laminada a 2 vueltas  | 110 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Tabla 1.1  | Coeficiente de Resistencia, exponente de endurecimiento por deformación del aluminio, cobre y acero   | 10  |
| Tabla 1.2  | Coeficiente de fricción para Laminar aluminio   | 11  |
| Tabla 2.1  | Características de la Laminadora  | 37  |
| Tabla 2.2  | Parámetros de Ponderación   | 39  |
| Tabla 3.1  | Detalle de las piezas de la Laminadora  | 41  |
| Tabla 3.2  | Velocidades para Tornear  | 43  |
| Tabla 3.3  | Hoja de Proceso del Rodillo Superior  | 55  |
| Tabla 3.4  | Hoja de Proceso del Rodillo Inferior  | 60  |
| Tabla 3.5  | Hoja de Proceso de la Manivela  | 65  |
| Tabla 3.6  | Hoja de Proceso del Mango de Madera   | 67  |
| Tabla 3.7  | Dimensiones de un engrane   | 71  |
| Tabla 3.8  | Hoja de Proceso del engrane   | 74  |
| Tabla 3.9  | Hoja de Proceso del perno   | 80  |
| Tabla 3.10 | Hoja de Proceso del cojinete Superior   | 86  |
| Tabla 3.11 | Hoja de Proceso del cojinete Inferior   | 88  |
| Tabla 3.12 | Hoja de Proceso de la Estructura  | 94  |
| Tabla 4.1  | Coeficiente de resistencia, y exponente de endurecimiento por deformación del aluminio, cobre y acero | 104 |
| Tabla 4.2  | Pruebas de funcionamiento a media vuelta  | 108 |
| Tabla 4.3  | Pruebas de funcionamiento a 1 vuelta  | 109 |
| Tabla 4.4  | Pruebas de funcionamiento a una vuelta y media  | 110 |
| Tabla 4.5  | Pruebas de funcionamiento a dos vueltas   | 111 |
| Tabla 4.6  | Porcentajes de trabajo en frío  | 111 |

# INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de las actividades que se ejecuta en el Laboratorio de Metalografía ubicado en la Escuela Politécnica Nacional, se requiere disponer de una laminadora que brinde las facilidades de una correcta laminación de probetas de aluminio.

Actualmente, gracias al desarrollo de la industria en la construcción de piñones, cojinetes, rodillos, pernos, y otros elementos adicionales utilizados en la construcción de la máquina, es posible la integración de varios acoples de una infraestructura común.

Se da a conocer el estudio de la laminadora del Laboratorio de Metalografía de la Escuela Politécnica Nacional, está presenta varios desperfectos en su estructura, lo que impide que se logre un laminado adecuado en las prácticas de los estudiantes con lo que es necesario optimizar su funcionamiento, para su recuperación.

A la laminadora de aluminio se realiza una inspección de los elementos que se encuentran en mal estado, para saber la condición actual de la máquina, y posteriormente dar un mantenimiento correctivo, a los elementos que se encuentran con desperfectos, tales como el desgaste de los dos rodillos, un mal acople entre los dientes de los engranes, el avance y retroceso paralelo entre los pernos, descentramiento de los rodillos con sus respectivos cojinetes, mal acople de la estructura en una entenalla.

Se realiza un rediseño a la máquina para facilitar el ensamblaje y desmontaje de los elementos de la máquina, para mejorar el avance y retroceso paralelo de los dos pernos y corregir el desnivel de los rodillos, se mejora el ajuste entre los dos engranes aumentando la altura del diente, para tener un mejor engrane de los dientes.

Se construye con la ayuda de un torno, una fresadora, y un taladro, cada uno de los elementos, tales como cojinetes, piñones, rodillos, pernos, y otros elementos de la laminadora, estos elementos van a reemplazar a las piezas que se encuentran en mal estado.

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera.

En el capítulo 1, se hace referencia a la parte teórica de forma resumida, sus antecedentes, los procesos de laminación, los tipos de laminación, análisis de fórmulas de laminación, aquellos equipos comúnmente utilizados en este proceso y finalmente los tipos de mantenimiento usados en el campo industrial.

En el capítulo 2, se realiza una inspección a la máquina para determinar la condición actual de la misma, deduciendo los problemas que presenta, las soluciones, y el análisis de alternativas para encontrar una solución viable que contribuya a la optimización de la máquina.

En el capítulo 3, se construye las piezas nuevas que estaban en mal estado, con su respectiva hoja de procesos, para saber cómo se realizó el maquinado de las piezas, en las partes de la máquina se realiza una pequeña definición de los componentes que se están utilizando.

En el capítulo 4, se realiza las pruebas de campo como la deformación, la longitud de contacto, la diferencia, las velocidades de entrada y salida, y otros factores de la laminadora, se realiza las conclusiones y recomendaciones, la bibliografía, y se adjuntó los anexos obtenidos en el proceso.

Finalmente se adjunta los planos de la laminadora.



## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio de Metalografía se dispone de una laminadora de aluminio, en mal estado, esta presenta desgaste en la cementación de los rodillos, desgaste en los cojinetes, mala lubricación en los piñones, un mal acople motriz entre la altura de los dientes del piñón, los pernos de avance y retroceso no presentan un avance paralelo para los rodillos, no existe alineamiento entre los rodillos y los cojinetes, por ese motivo la máquina no permite un correcto funcionamiento para obtener las probetas con un acabado uniforme.

Se hace un análisis de alternativas, para conjuntamente aplicar un mantenimiento correctivo y corregir las fallas existentes en la máquina, para obtener un correcto laminado de probetas de aluminio.

## **JUSTIFICACIÓN**

La razón principal para realizar este proyecto es implementar un mantenimiento correctivo a la laminadora de aluminio, el cual contribuya a su recuperación y funcionamiento óptimo, ya que esta máquina forma parte del laboratorio de Metalografía, para realizar sus prácticas con lo que la facultad cubre su programa de estudios vigentes.

# CAPITULO I

## PROCESO DE LAMINACIÓN

### 1.1. LAMINACIÓN

“Se conoce como **Laminación** o **Laminado** al proceso de conformado mecánico que consiste en deformar los metales, al hacerlos pasar entre cilindros giratorios de igual diámetro, siendo la abertura entre los cilindros algo menor que el espesor de la pieza de trabajo. Este proceso de conformado se aplica para la obtención de piezas en estado sólido, aprovechando la propiedad que poseen la mayoría de los metales llamado ductilidad.

En cuanto al estado de tensión, estos esfuerzos inducen en la pieza que se conforma por laminación, este proceso se conoce como compresión directa debido al hecho de que las fuerzas aplicadas a las piezas de trabajo son de compresión y las tensiones resultantes también”<sup>1</sup>.



Figura. Nº 1.1. Variables de Laminación.

Fuente: <https://www.google.com.ec/#q=proceso+de+laminaci%C3%B3n>

<sup>[1]</sup> Tesis, Diseño y construcción de un laminador duo para laboratorio, Jaime Calderón, pag 1-9

“Otra característica importante del proceso, es que el metal laminado fluye en la dirección normal a la fuerza de compresión aplicada. En el proceso de conformado mecánico por laminación, la fricción entre los rodillos y el metal produce también fuerzas de compresión y cizallamiento en la dirección perpendicular a la de compresión aplicada”<sup>1</sup>.

La figura N° 1.2. Indica algunos perfiles.



Figura. N° 1.2. Perfiles de acero.

Fuente: [http://sistestructura6.blogspot.com/2013\\_06\\_01\\_archive.html](http://sistestructura6.blogspot.com/2013_06_01_archive.html)

## 1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE LAMINACIÓN

Los procesos de laminación se realizan tomando en cuenta la temperatura a la que se encuentran las piezas durante la operación de conformado por laminación, según esta consideración los procesos pueden ser:

- a.- Laminado en Caliente.
- b.- Laminado en Frío.

## 1.2.0. LAMINADO EN CALIENTE

El laminado en caliente, se utiliza para obtener formas en elementos de acero, debe ser realizado a una temperatura mayor a la temperatura de cristalización del metal. Se lleva a cabo para aleaciones de aluminio y para aceros aleados, se manejan temperaturas entre 0.3 y 0.5 veces la temperatura de fusión<sup>2</sup>.

Es utilizado para grandes operaciones de desbaste de los metales no ferrosos, generalmente el proceso de laminado en caliente se usa como una operación intermedia para reducir el espesor del metal.

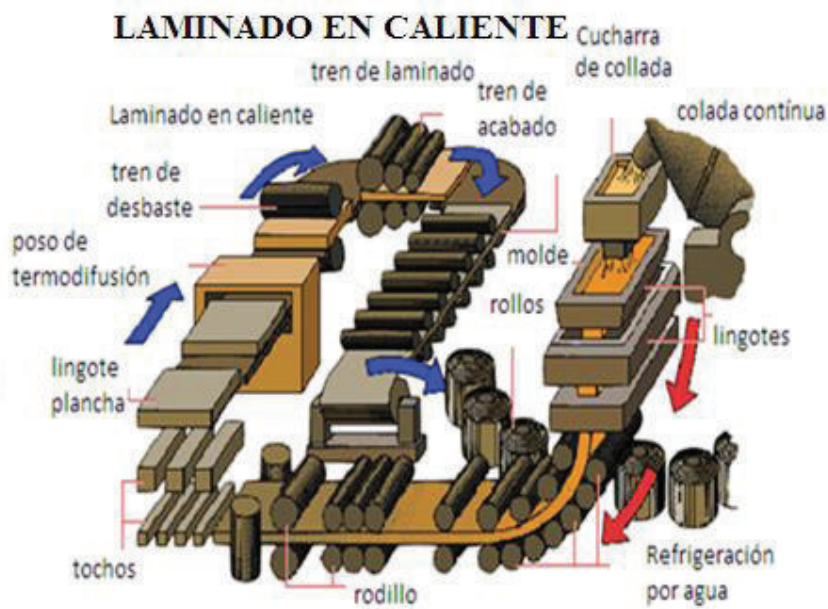


Figura. N° 1.3. Laminado en Caliente.

Fuente: <http://es.slideshare.net/Lordbook/proceso-de-laminacin-en-caliente>.

[2] <http://es.scribd.com/doc/49858834/PROCESO-DE-LAMINACION#scribd>

### 1.2.1. LAMINADO EN FRÍO

El laminado en frío es el proceso de trabajar con metales, por debajo de la temperatura de cristalización. Además se tienen mejores tolerancias dimensionales y mejores propiedades mecánicas debidas al endurecimiento por deformación. La temperatura de cristalización es la temperatura a la cual los granos de la microestructura comienzan a transformarse en nuevos granos sin dislocaciones.<sup>3</sup>

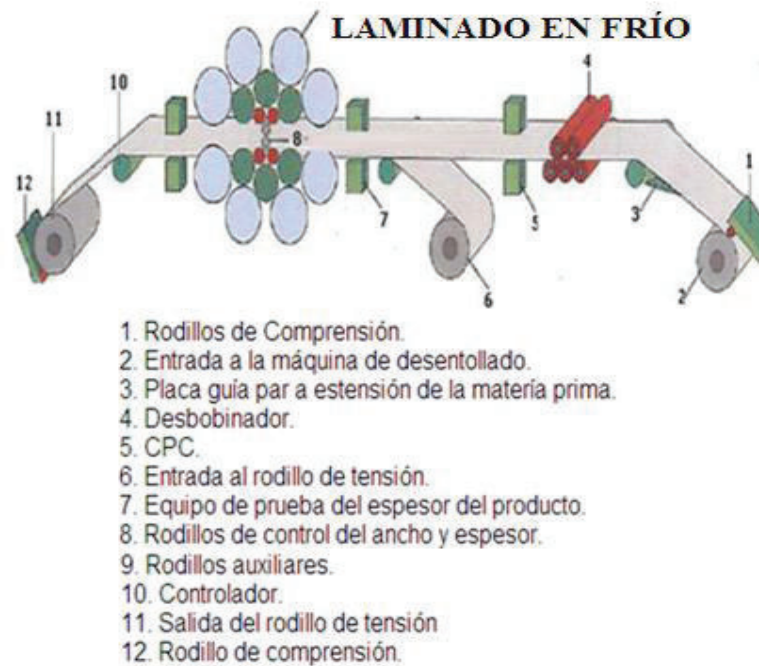


Figura. N° 1.4. Proceso de Laminado en Frío.

Fuente: <http://alznprecoatedsteel.es/8-2-steel-cold-rolling-line.html>

[3] [http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7885\\_laminacion.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7885_laminacion.pdf)

### 1.3. ANÁLISIS DE LAS FÓRMULAS DE LAMINACIÓN

La figura N° 1.5, indica los parámetros de laminación que la máquina presenta. Entre estos parámetros tenemos las velocidades de entrada y salida, el espesor antes y después del laminado, el esparcido de la probeta, la longitud de contacto que existe entre el rodillo y la probeta, la fuerza en los rodillos, la deformación real de la probeta, el esfuerzo de fluencia promedio, diferencia máxima, momento de torsión. La figura N° 1.5 indica los parámetros de una laminación.

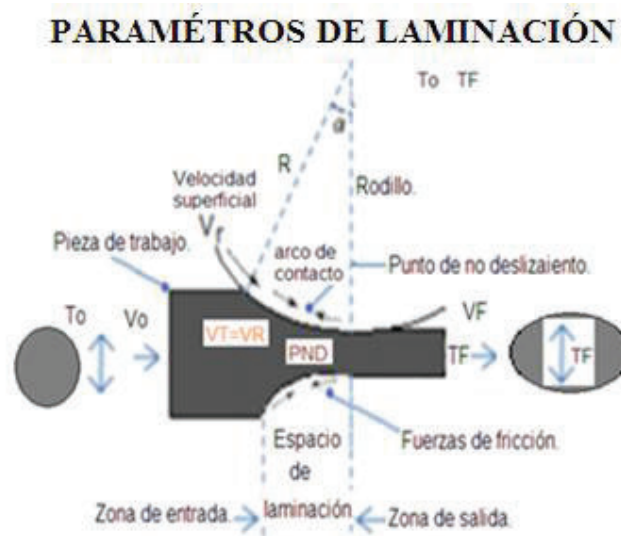


Figura. N° 1.5. Parámetros que existen en la laminación.  
Fuente: [http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7885\\_laminacion.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7885_laminacion.pdf)

#### 1.3.0. DIFERENCIA ENTRE LOS ESPESORES DE UNA LÁMINA<sup>4</sup>

Para determinar la diferencia de espesores que existe en la probeta a laminar tenemos que considerar la siguiente expresión matemática.

[4] <https://johnguio.files.wordpress.com/2013/09/clase-magistral-laminacion3b3n.pdf>, Pag 54-61

$$D = (t_o - t_f) \text{ (mm)} \quad \text{Ecuación (1)}$$

D = Diferencia (mm).

$t_f$  = Espesor final, o diámetro final (mm).

$t_o$  = Espesor inicial o diámetro inicial (mm).

(mm = unidad de medida el milimetro).

Esta ecuación permite medir el diámetro inicial y final de la probeta de aluminio.

### 1.3.1. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL ESPESOR DE UNA PLACA<sup>4</sup>

Algunas veces se expresa la diferencia “D” como una fracción del espesor inicial “ $t_o$ ” llamada reducción “r”.

$$r = \frac{D}{t_o} * 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

D= Diferencia (mm).

$t_o$ = Espesor inicial o diámetro inicial (mm).

r= Reducción.

Cuando se usa una serie de operaciones de laminado de reducción se toma como la suma de los adelgasamientos dividida entre el espesor original.

### 1.3.2. ESPARCIDO<sup>4</sup>

Además de reducir el espesor, el laminado se incrementa usualmente el ancho del material de trabajo. Esto se llama esparcido y tiende a ser más pronunciado con bajas relaciones entre espesor y ancho, así como con bajos coeficientes de fricción. Existe la conservación del material, de tal manera que el volumen de metal que sale de los rodillos es igual al volumen que entra en los rodillos tal como muestra la ecuación (3)



$$t_o * w_o * l_o = t_f * w_f * l_f$$

Ecuación (3)

$t_o$  = espesor inicial o diámetro inicial. (mm).

$t_f$  = espesor final o diámetro final. (mm).

$w_o$  = ancho inicial del trabajo (mm).

$l_o$  = largo inicial del trabajo (mm).

$w_f$  = ancho final del trabajo (mm).

$l_f$  = largo final del trabajo (mm).

Con esta ecuación podemos calcular el ancho final de trabajo.

### 1.3.3. VELOCIDAD VOLUMÉTRICA<sup>4</sup>

De igual forma, la velocidad volumétrica del material antes y después debe ser la misma, así que las velocidades pueden relacionarse antes y después de la siguiente manera, observar la ecuación (4).

$$t_o * w_o * V_o = t_f * w_f * V_f$$

Ecuación (4)

$t_o$  = espesor inicial o diámetro inicial (mm).

$t_f$  = espesor final o diámetro final (mm).

$w_o$  = ancho inicial del trabajo (mm).

$V_o$  = Velocidad inicial del trabajo. (m/s o rpm)

$w_f$  = ancho final del trabajo (mm).

$v_f$  = Velocidad final del trabajo. (m/s o rpm)

### 1.3.4. DESLIZAMIENTO<sup>4</sup>

Los rodillos entran en contacto con el material de trabajo, a lo largo de un arco de contacto definido por el ángulo establecido. Cada rodillo tiene un radio R y su velocidad de rotación, tiene una velocidad superficial  $V_r$  Esta velocidad es mayor que la velocidad de trabajo  $V_o$  y menor que la velocidad de salida  $V_f$ , como el flujo de metal es continuo, hay un cambio gradual en la velocidad del material de trabajo entre los rodillos, sin embargo, existe un punto a lo largo del arco donde la velocidad de trabajo se iguala a la velocidad del rodillo. Este punto se llama punto de

no deslizamiento, también conocido como punto neutro. A cualquier lado de este punto, ocurren deslizamientos con fricción entre el rodillo y el material de trabajo. La cantidad de deslizamiento entre los rodillos y el material de trabajo puede medirse por medio del deslizamiento hacia adelante, este término se usa en laminado y se define en la ecuación (5).

$$S = \frac{V_f - V_r}{V_o} \quad \text{Ecuación (5)}$$

S = deslizamiento hacia adelante (Adimensional).

V<sub>f</sub> = Velocidad final del trabajo o salida (m/s o rpm).

V<sub>r</sub> = Velocidad superficial (m/s o rpm).

V<sub>s</sub> = Velocidad entrada o inicial (m/s o rpm).

### 1.3.5. DEFORMACIÓN REAL<sup>4</sup>

La deformación real, experimentada por el material de trabajo, se basa en el espesor del material antes y después del laminado, esta expresión esta dada en la ecuación (6).

$$\epsilon = \ln \left( \frac{t_o}{t_f} \right) \quad \text{Ecuación (6)}$$

ε = deformación real. (Adimensional).

t<sub>o</sub> = espesor inicial o diámetro inicial. (mm).

t<sub>f</sub> = espesor final o diámetro final. (mm).

ln= logaritmo natural. (Adimensional).

### 1.3.6. ESFUERZO A LA FLUENCIA<sup>3</sup>

Es el esfuerzo necesario para iniciar el flujo plástico en el material que se está deformando. El esfuerzo a la fluencia promedio en un metal dúctil, a la temperatura ambiente esta expresado en la ecuación (7)

$$\overline{Yf} = \frac{k\varepsilon^n}{n+1} \left( \frac{lb}{pulg^2} \right) \quad \text{Ecuación (7)}$$

$\overline{Yf}$  = Esfuerzo de fluencia promedio (MPa).

k = Constante de resistencia, constante propia de cada material (MPa).

$\varepsilon$  = Deformación real máxima alcanzada durante la laminación (Adimensional).

n = Exponente de endurecimiento por deformación, constante propia de cada material ( Adimensional).

El aluminio puro prácticamente no tiene aplicación, dado que se trata de un material blando y de poca resistencia mecánica, la dureza del aluminio con magnesio y silicio es de 2,75, para nuestro estudio.

El aluminio que se utiliza tiene un coeficiente de resistencia (K) entre 25 lb/pulg<sup>2</sup> y 60 lb/pulg<sup>2</sup>, estos coeficientes también pueden expresarse entre 175 MPa y 400 MPa, referente al exponente de endurecimiento por deformación (n) se encuentra entre 0,20 y 0,10, dependiendo del aluminio que se utilice.

Se detalla en la tabla N° 1.1 los coeficientes de resistencia, y el exponente de endurecimiento por deformación

### 1.3.6.1. Coeficientes de Resistencia y Exponente de Endurecimiento

| Material  | Coeficiente resistencia K |      | Exponente de endurecimiento por deformación (n) |
|---|---------------------------|------|---|
|   | Lb/pulg <sup>2</sup>      | MPa  |   |
| Aluminio Puro cocido.                               | 25                        | 175  | 0,20  |
| Aluminio Aleado recocido.                           | 35                        | 240  | 0,15  |
| Aluminio Aleado endurecido por tratamiento térmico. | 60                        | 400  | 0,10  |
| Cobre puro recocido.                                | 45                        | 300  | 0,50  |
| Cobre aleado bronce.                                | 100                       | 700  | 0,35  |
| Acero bajo carbono recocido.                        | 75                        | 500  | 0,25  |
| Acero alto carbono recocido.                        | 125                       | 850  | 0,15  |
| Acero aleado recocido.                              | 100                       | 700  | 0,15  |
| Acero Inoxidable.                                   | 175                       | 1200 | 0,40  |

TABLA N° 1.1 Coeficientes de Resistencia, Exponente de Endurecimiento por Deformación del Aluminio Cobre y Acero

Fuente:<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/MATE/PROTOCOLO%20LAMINACION.pdf>

### 1.3.7. DIFERENCIA MÁXIMA<sup>4</sup>

La diferencia máxima, representa el producto del coeficiente de fricción del material y el radio del rodillo, se determinada en la ecuación (8).

$$d (\text{máx}) = U^2 * R \quad \text{Ecuación (8)}$$

d (máx) = diferencia máxima (mm).

U = coeficiente de fricción del material a laminar. (adimensional)

R = radio del rodillo (mm).

La ecuación indica que si la fricción fuera cero, el adelgazamiento podría ser cero y esto haría imposible la operación del laminado. El coeficiente de fricción del laminado depende de varios factores como lubricación material de trabajo y temperatura de laminado, en la tabla N° 1.2, se indica los coeficientes de fricción del laminado.

### 1.3.7.1. Tabla de los Coeficientes de Fricción

El coeficiente de fricción depende de varios factores, como lubricación, material de trabajo y temperatura de laminado, en la tabla 1.2 se dan algunos valores típicos de coeficiente de fricción según el tipo de laminado.

| <b>Coeficientes de fricción para laminar</b> |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>Aluminio</b>                              | <b>Coeficiente de fricción</b> |
| Laminado en Frío                             | 0,1                            |
| Laminado en Caliente.                        | 0.4                            |

TABLA N° 1.2. Coeficientes de fricción para laminar aluminio  
Fuente: <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-32.pdf>

El laminado en caliente se caracteriza frecuentemente por una condición llamada adherencia, el cual la superficie caliente del material de trabajo se pega a los rodillos sobre el arco de contacto. Esta condición ocurre frecuentemente en el laminado de aceros y aleaciones para alta temperatura. Cuando ocurre la adherencia, el coeficiente de fricción puede ser tan alto como 0.7. La consecuencia de la adherencia es que las capas superficiales del material de trabajo no se pueden mover a la misma velocidad que la velocidad del rodillo  $V_r$  y debajo de la superficie la deformación es más severa a fin de permitir el paso de la pieza a través de la abertura entre los rodillos.

### 1.3.8. FUERZA DE LOS RODILLOS<sup>4</sup>

Dado un coeficiente de fricción suficiente para realizar el laminado, la fuerza requerida para mantener la separación entre los dos rodillos se puede calcular integrando la presión unitaria de laminado, sobre el área de contacto rodillo-material de trabajo. Se indica en la ecuación (9)

$$F = W \int_0^L P dL \quad \text{Ecuación (9)}$$

F = Fuerza de laminado (N).

W = Ancho del material de trabajo que se esta laminando (mm).

P = Presión del laminado (Mpa).

L = Longitud de contacto entre el rodillo y el material de trabajo en (mm).

La integración requiere dos términos separados, uno a cada lado del punto neutro. Las variaciones, en la presión del rodillo a lo largo de la longitud de contacto son significativas. La presión alcanza un máximo en el punto neutro y se desvanece a cada lado de los puntos de entrada y salida. Al aumentar la fricción, la presión se incrementa al máximo relativo entre los valores de entrada y salida. Al disminuir la fricción el punto neutro se corre hacia la salida a fin de mantener una fuerza neta que jale el material en la dirección del laminado. De otra forma, con una baja fricción, el material de trabajo podría deslizarse en lugar de pasar entre los rodillos.

Se puede calcular una aproximación de los resultados obtenidos por la ecuación con base en el esfuerzo de fluencia promedio que experimenta el material durante el proceso de laminado, esto se representa en la ecuación (10).

$$F = Y_f * W * L \quad \text{Ecuación (10)}$$

Y<sub>f</sub> = Esfuerzo a la fluencia (MPa).

W = Es el ancho del material a laminar (m).

L = Es la longitud de contacto (m).

### 1.3.9. LONGITUD DE CONTACTO<sup>4</sup>

La longitud de contacto representa, parte de la longitud que tiene el rodillo y el material que se esta deformando en el punto neutro del laminado. Este proceso lo podemos establecer en la ecuación (11).

$$L = \sqrt{R(t_o - t_f)}$$

Ecuación (11)

L= Longitud de contacto (mm).

R= Radio del rodillo.(mm)

to= Espesor o diámetro inicial.(mm)

tf= Espesor o diámetro final.(mm).

Esta longitud la podemos observar en la figura N° 1.6.

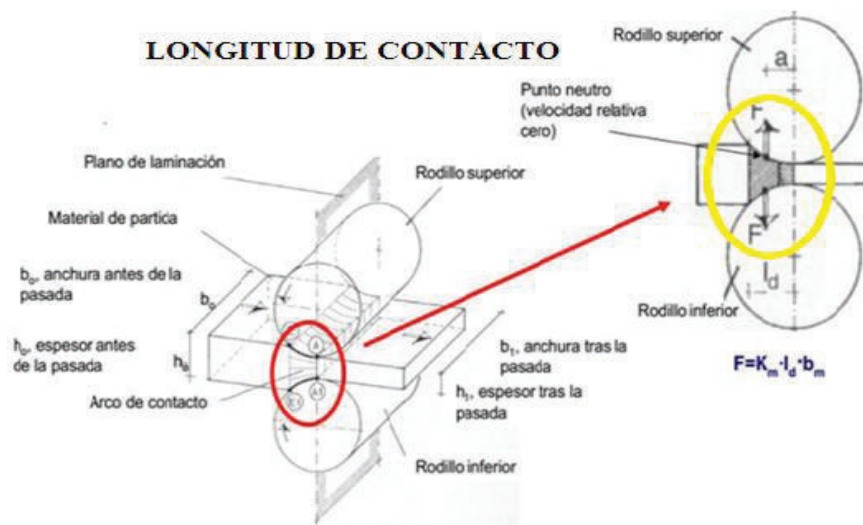


Figura N° 1.6. Longitud de Contacto.

Fuente: <https://johnguio.files.wordpress.com/2013/09/clase-magistral-laminacic3b3n.pdf>

### 1.3.10. MOMENTO DE TORSIÓN PARA CADA RODILLO<sup>4</sup>

El momento de torsión en el laminado se puede estimar suponiendo que la fuerza ejercida por los rodillos se centra en el material de trabajo, conforme pasa entre ellos y actúa con un brazo de palanca de la mitad de la longitud de contacto L. Se puede detallar en la ecuación (12)

$$T = 0,5 * F * L \quad \text{Ecuación (12)}$$

T= Momento de Torsión (Nm)

F= Fuerza (N)

L = Longitud de contacto (m)

### 1.3.11. POTENCIA EN LOS RODILLOS<sup>4</sup>

La potencia requerida para mover cada rodillo es el producto de momento de torsión y la velocidad angular. La velocidad angular se calcula como  $\pi N/30$ , donde:

$$P = \frac{\pi NFL}{30} \quad \text{Ecuación (13)}$$

P = Potencia (vatios)

N = velocidad de rotación (rev/min)

F = Fuerza de laminado (N)

L= Longitud de contacto (m)

### 1.3.12. PORCENTAJE DE TRABAJADO EN FRÍO

El porcentaje de trabajo en frío permite tener un control sobre la deformación plástica, porque a la vez se mantiene un control sobre el endurecimiento por deformación, esta expresión esta dada en la ecuación (14)

$$\%TF = \left( \frac{A_o - A_f}{A_o} \right) * 100 \quad \text{Ecuación (14)}$$



El aumento de trabajo en frío aumenta la resistencia a la cedencia, y a la resistencia a la tensión. Sin embargo disminuye en ductilidad a medida que aumenta el trabajo en frío, y el metal se vuelve más frágil.

$A_o$ = Area transversal original del metal ( $m^2$ )

$A_f$ = Area transversal después de la deformación ( $m^2$ )

%TF=Endurecimiento por deformación.

Siguiendo este proceso podemos encontrar el porcentaje de enlogación del material, el porcentaje de potencia en el laminado.

Todas estas ecuaciones son detalladas para realizar un laminado adecuado, se indica que la velocidad inicial con la que se dirige el rodillo depende de las revoluciones que se de en el laminado.

Cuando el metal se rola, pasa y se comprime entre los rodillos. Los cristales se alargan en la dirección del rolado y el material emerge a una velocidad más rápida que la de entrada. En el rolado en frío retienen en forma sustancial la forma que recibieron por la acción de los rodillos.

Los rodillos hacen contacto con el metal en una longitud de contacto por el arco AB. En algún punto de contacto las superficies del material y el rodillo se mueven a la misma velocidad. Este es el punto C sin deslizamiento. Desde C a la salida en A el metal en efecto esta siendo extruido y se mueve con mayor rapidez que la superficie del rodillo. En esta zona, la fricción entre la pieza de trabajo y el rodillo se opone al avance y estorba la reducción del metal.

La fuerza normal y de fricción en el punto C se indican en la figura N° 1.7. El metal se mueve con más lentitud que los rodillos entre los puntos C y B, y la fuerza de fricción resultante sobre el arco CB comprime el metal entre los rodillos. La posición del punto C sin deslizamiento en el arco AB depende de la cantidad de reducción, los diámetros de los rodillos y el coeficiente de fricción. El punto C tiende a moverse hacia A conforme la cantidad de reducción y el ángulo de contacto aumentan. Cuando el ángulo de contacto (llamado ángulo de apriete)

excede el ángulo de fricción, los rodillos no pueden arrastrar una pieza fresca de material en forma espontánea dentro el espacio entre ellos. Cuando el ángulo de contacto es más del doble del ángulo de fricción entre el rodillo y el trabajo, el punto C coincide con A y el metal no puede arrastrarse a través por los rodillos aún si se coloca entre ellos. Esto se debe a que la componente horizontal de la presión normal de los rodillos contra el metal iguala y nulifica la componente horizontal de fricción que tiende a arrastrar el metal a lo largo.

Conforme el metal se comprime entre los rodillos, se alarga debido a que es incompresible. Para realizar esto, los rodillos tienen que aplicar presión tanto normal de apriete como friccional de arrastre<sup>5</sup>.

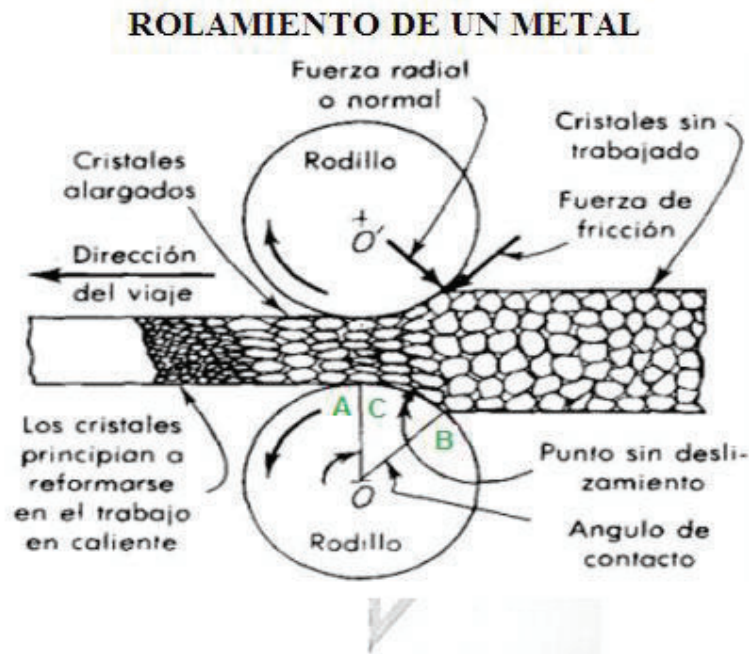


Figura. N° 1.7. Esquema que muestra lo que sucede cuando se rola metal  
Fuente: <https://johnguio.files.wordpress.com/2013/09/clase-magistral-laminacic3b3n.pdf>

[5] Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros, Lawrence E. Doyle Carl A, Tercera edición, 12 de junio 2003.

## 1.4. EQUIPOS DE LAMINACIÓN

### 1.4.1. LAMINADORA

Es un equipo que mediante el uso de rodillos ejerce presión sobre el material maleable contra otro rodillo y lo va adelgazando hasta darle la forma de lámina. Está compuesto por 2 o más rodillos con tratamiento térmico, cojinetes para laminar, piñones acoplados a los rodillos, en algunos casos se acoplan a una manivela o palanca de torque, o algunas son acopladas a un motor reductor, estas máquinas son utilizadas para laminar aceros o materiales blandos.

#### LAMINACIÓN



Figura. N° 1.8. Proceso de Laminación.

Fuente: [http://alznprecoatedsteel.es/big\\_img.html?etw\\_path=http://alznprecoatedsteel.es/1-1-cold-rolled-steel-sheet.html&big\\_etw\\_img=product/1-1-1d.jpg](http://alznprecoatedsteel.es/big_img.html?etw_path=http://alznprecoatedsteel.es/1-1-cold-rolled-steel-sheet.html&big_etw_img=product/1-1-1d.jpg)

## **1.5. TIPOS DE LAMINACIÓN**

A continuación se detalla los tipos de laminación para la industria.

### **1.5.1. LAMINADO PLANO**

Este tipo de laminado involucra el laminado de planchas, tiras, láminas, y placas, en el laminado de planos se presiona el trabajo entre dos rodillos de manera que su espesor se reduce a una cantidad llamada DRAFT.

### **1.5.2. LAMINADO DE TUBOS**

Los tubos se pueden laminar a partir de la lámina prepreg por una técnica de laminado, dichos tubos se usan para bicicletas y armaduras especiales.

### **1.5.3. LAMINADO CONTINUÓ**

El acero fundido se convierte directamente en planchas gruesas, placas delgadas o tochos. Las planchas gruesas se producen en 45 minutos aproximadamente.

### **1.5.4. LAMINADO DE ANILLO**

Es un proceso de deformación, utilizado para reducir el espesor, e incrementar el diámetro, en este proceso de laminado, las paredes gruesas del anillo son sometidos a una presión determinada ejercida por diferentes dados obteniendo así paredes más delgadas pero de un diámetro mayor

### **1.5.5. LAMINADO DE CUERDAS**

Se usa para formar cuerdas en partes cilíndricas mediante su laminación entre dos dados. Es el proceso comercial más importante para la producción masiva de componentes con cuerdas externas.

## **1.6. CLASES DE TRENES DE LAMINACIÓN**

Se denomina tren de laminación al conjunto de varios laminadores o cajas de laminación, dispuestas sucesivamente para obtener un determinado perfil.

Los trenes de laminación se pueden clasificar en abiertos o en línea, continuos o en tándem, semi-continuos, y cross country.

### **1.6.1. ABIERTOS O EN LÍNEA**

Están compuestos por cajas de laminación en una misma línea o en líneas paralelas. Frecuentemente se dispone un solo motor para el accionamiento de un tren abierto, uniendo los ejes de los cilindros de cada caja por árboles acoplados a los trenes por medio de manguitos, denominados chocolateras.

### **1.6.2. CONTINUOS O EN TÁNDEM**

Están formados por cajas dispuestas una a continuación de la otra, pasando el material que se lamina de una a otra caja sin interrupción.

### **1.6.3. SEMICONTINUOS**

Están formados por varias cajas, una a continuación de la otra, pero con espacios intermedios suficientes para que pueda retirarse el material entre caja y caja.

### **1.6.4. CROSS-COUNTRY**

Pueden considerarse como trenes mixtos de continuos y en línea. Esta disposición se utiliza, sobre todo, cuando se carece de espacio suficiente para los tipos de trenes anteriores.

## **1.7. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**

### **1.7.1. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO<sup>6</sup>**

Desde el principio de los tiempos, la mayoría de las fallas de las máquinas eran el resultado del mal uso de las herramientas y la mala manipulación de los obreros en las mismas.

En 1930, se introduce el Mantenimiento Preventivo Planificado, en algunos países de Europa y en 1940 comienza la aplicación del MPP en la antigua Unión Soviética que constituía el país más desarrollado del extinguido Bloque Socialista.

Siete años más tarde se propaga el MPP al resto de países socialistas de Europa, las cuales ya tenían un modelo económico y de gestión industrial muy distinto al de los restantes países del Bloque Socialistas.

Al principio cuando ya era imposible seguir usando el equipo, se realizaba mantenimiento, este Mantenimiento es de Ruptura o Reactivo, esto fue hasta 1950 que un grupo de Ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos.

Esta nueva tendencia se llamó Mantenimiento Preventivo, como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones claves para prevenir daños al equipo.

Aun cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, el Mantenimiento Preventivo era una alternativa costosa, por muchas razones, algunas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo. También se aplicaban demasiadas horas de labor innecesariamente.

En 1961, con el surgimiento del ministerio de industrias, se comienza a dar los primeros pasos en la creación de reglamentaciones, normas y normativas, para el mantenimiento, de esa forma cada ministerio creó y adaptó el MPP a sus condiciones y particularidades concretas.

En 1964 se introduce experimentalmente el MPP en la industria cubana, la cual solamente mostraba algún desarrollo en las ramas azucarera, eléctrica y del combustible, aunque existía tendencia al Mantenimiento programado en fábricas de gas, níquel y refinerías de petróleo, sin embargo la industria mecánica trabajaba solamente contra averías. El mantenimiento correctivo evolucionó desde el imprevisto hacia el mantenimiento correctivo programado, donde a pesar de que se sigue realizando la reparación después de la avería, esta última es esperada con todos los medios necesarios preparados para disminuir el tiempo de parada del equipo; elevando la disponibilidad, en comparación con el correctivo no programado. Este tipo de mantenimiento no planificado no satisface las necesidades de la producción y se comenzó a trabajar conjugando el mantenimiento correctivo, con el mantenimiento preventivo, conocido fundamentalmente en nuestro país como MPP, el cual se basa en la planificación de trabajos y actividades para lograr mantener el buen estado de la capacidad de trabajo e intervenir con anterioridad a la falla<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup><http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2581/1/CD-3265.pdf>, pág. 21-23

### 1.7.2. DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO

Mantenimiento es el conjunto de actividades para asegurar el buen funcionamiento de instalaciones, equipos y maquinaria con la finalidad de que se asegure una adecuada confiabilidad en la operación y seguridad del personal.

El mantenimiento es una técnica de direccionamiento que provee los medios necesarios para la conservación de los medios físicos constituyentes de una empresa, para poder ampliar la vida útil de estos elementos con una buena organización y planificación, para que en condiciones de operación su funcionamiento sea con la máxima eficiencia, seguridad y economía<sup>7</sup>.



Figura. N° 1.9. Mantenimiento.  
Fuente: <http://www.yelpreka.com.ve/mantenimiento.html>

---

<sup>[7]</sup>: Vargas, Jaime; Tecnología de Mantenimiento; EPN; 2005; Pág. 28-32



### **1.7.3. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO**

El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización debe siempre tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos.

Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplado con gran prudencia en evitar, precisamente, que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución.

En el caso del Mantenimiento su organización e informatización debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos.

Optimización de la disponibilidad del equipo productivo, disminución de los costos de mantenimiento, optimización de los recursos humanos y maximización de la vida útil de las máquinas.<sup>6</sup>

### **1.7.4. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

El mantenimiento es aquella acción por medio de la cual se busca mejorar ciertos aspectos relevantes en un determinado establecimiento como la seguridad, confort, productividad, higiene, imagen, etc. Existen cuatro tipos de mantenimientos.<sup>6</sup>

#### **1.7.4.1. Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo, también conocido como reactivo, es aquel que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o rompió. Cuando se realizan estos mantenimientos, el proceso productivo se detiene, por lo que disminuyen las cantidades de horas productivas. Estos mantenimientos no se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que tomará realizarlo<sup>8</sup>.

#### **1.7.4.2. Mantenimiento Preventivo**

Este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará así como también el tiempo que demandará<sup>8</sup>.

#### **1.7.4.3. Mantenimiento Predictivo**

Con este mantenimiento se busca determinar la condición técnica, tanto eléctrica como mecánica, de la máquina mientras está en funcionamiento. Para que este mantenimiento pueda desarrollarse se recurre a sustentos tecnológicos que permitan establecer las condiciones del equipo. Gracias a este tipo de mantenimientos se disminuyen las pausas que generan en la producción los mantenimientos correctivos. Así, se disminuyen los costos por mantenimiento y por haber detenido la producción<sup>8</sup>.

#### **1.7.4.4. Mantenimiento Proactivo**

Esta clase de mantenimiento está asociado a los principios de colaboración, sensibilización, solidaridad, trabajo en equipo, etc. De tal forma que quienes estén directa o indirectamente involucrados, deben estar al tanto de los problemas de mantenimiento. Así, tanto los técnicos, directivos, ejecutivos y profesionales actuarán según el cargo que ocupen en las tareas de mantenimiento. Cada uno, desde su rol, debe ser consciente de que deben responder a las prioridades del mantenimiento de forma eficiente y oportuna. En el mantenimiento proactivo siempre existe una planificación de las operaciones, que son agregadas al plan estratégico de las organizaciones<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> <http://www.tiposde.org/general/127-tipos-de-mantenimiento/#ixzz3mmEYujc1>

## **CAPITULO II**

### **PROCESO PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LAMINADORA**

#### **2.1. LAMINADORA DEL LABORATORIO**

El Mantenimiento es un proceso aplicable a todo sistema y empresa que desee aumentar la confiabilidad y la vida útil de sus activos, uno de los aspectos más importantes del mantenimiento es el diagnóstico de fallas y la aplicación de un adecuado plan de mantenimiento correctivo. Es necesario implementar un mantenimiento correctivo ya que la máquina tiene un tiempo de uso de más de 30 años.

Es imprescindible corregir los problemas que presenta actualmente la máquina, ya que impiden un laminado óptimo en las prácticas, se pretende alargar la vida útil del equipo y bajar el nivel de desgaste de los elementos que lo componen, teniendo así un mejor rendimiento en la laminadora. Es de tipo manual, y está diseñada para reducir el espesor del aluminio o metales blandos como el oro, la plata, el cobre, el estaño, con la finalidad de realizar la práctica llamada deformación y endurecimiento.

Atendiendo a este requerimiento es necesario rediseñar la Laminadora para aluminio, corrigiendo los problemas que la máquina presenta, con lo que se pretende alargar la vida útil del equipo y bajar el nivel de desgaste de los elementos que lo componen, teniendo así un mejor rendimiento del equipo.

## 2.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LAMINADORA

Presenta desperfectos en su estructura y funcionamiento, lo cuál no permite una adecuada función debido a que la máquina esta descalibrada, y hace difícil la obtención de probetas en aluminio y sus aleaciones, para las respectivas prácticas del laboratorio.

Luego del análisis visual, se llega a la conclusión que ciertas partes específicas se encuentran en malas condiciones.

- Los pernos de potencia desgastados y deformados.
- Rodillo superior e inferior desgastados y con descentramiento.
- Las chavetas presentan desgastes considerables.
- La máquina no funciona por el mal acople de los dientes de los piñones.
- La calibración del equipo no permite una dimensión de laminado confiable de probetas.
- La fuerza requerida para la laminación entre pase y pase se ha incrementado.
- La calibración del equipo no se acopla a lo requerido para realizar el ensayo de probetas de aluminio.
- Ausencia de lubricación en toda la máquina.
- El conjunto se encuentra acoplado en una entenalla, con un soporte de madera, lo que implica un procedimiento inseguro.
- Desnivel entre los dos rodillos.
- Mal acople entre rodillo y cojinete.

La figura N° 2.1. Indica la condición mecánica que la laminadora presenta.

## SITUACIÓN ACTUAL DE LA MÁQUINA



Figura. Nº 2.1. Situación actual de la laminadora.  
Fuente: Propia.

### 2.3. MODIFICACIÓN EN EL DISEÑO ACTUAL

Preliminarmente se realiza una inspección visual para determinar cuáles son los problemas que presenta la máquina, para posteriormente realizar un análisis de alternativas de solución, y planificar un mantenimiento correctivo y predictivo. Estos procedimientos básicamente serán.

- Pruebas en vacío.
- Pruebas a plena carga.
- Analizar fallas y desperfectos en cada parte de la laminadora.
- Análisis de la probeta terminada en el laboratorio.
- Desmontaje de los elementos de la laminadora.
- Análisis de los elementos de la laminadora.
- Mecanizado de partes nuevas

- Montaje de las piezas nuevas
- Ajustes de cada elemento
- Calibración.
- Pruebas de funcionamiento.

## **2.4. DESMONTAJE DE LAS PIEZAS DE LA LAMINADORA**

### **2.4.1. ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA**

La figura N° 2.2, muestra el cuerpo de la laminadora, con pintura en mal estado se recomienda dar mantenimiento correctivo al cuerpo de la laminadora, también es recomendado hacer algunos cortes laterales al cuerpo para facilitar el montaje y desmontaje de las piezas; tales como cojinetes, rodillos, y engranes, ya que presento dificultad al desmontaje.



Figura. N° 2.2. Estructura de la laminadora  
Fuente: Propia.

### **2.4.2. PERNOS DE POTENCIA**

En la figura N° 2.3. Tenemos las palancas de los pernos de potencia con una diferente longitud, se recomienda fabricar unos nuevos pernos, y realizar un nuevo sistema de avance.

### PERNOS DE POTENCIA



Figura. N° 2.3. Pernos de potencia.  
Fuente: Propia.

### 2.4.3. PIÑÓN

A continuación se presenta el piñón de 10 dientes, estos presentan fisuras en la superficie y ausencia de lubricación, se recomienda la construcción de 2 piñones nuevos que realicen la misma función, con su respectivas chavetas. La chaveta del piñón se encuentra trizada debido a la ausencia de mantenimiento. Observar la figura N° 2.4.

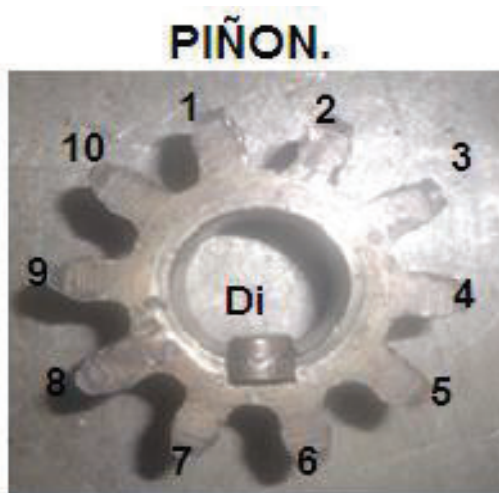


Figura N° 2.4. Piñón superior e inferior.  
Fuente: Propia.

#### 2.4.4. MANIVELA

En la figura N° 2.5, la manivela se encuentra en gran parte oxidada, y descascarándose la pintura en toda la superficie, se recomienda dar un mantenimiento a la misma, en el mango de madera se recomienda dar una limpieza con una capa nueva de pintura.

La manivela tiene una chaveta que esta desgastada, por lo tanto se recomienda construir una chaveta nueva.



Figura N° 2.5. Manivela.  
Fuente: Propia.

#### 2.4.5. MANGO DE MADERA

El mango de madera, es parte de la manivela, esta sujeto con un tornillo de 1/8 por 1/4 de pulgada, el mango de madera se encuentra detereorado en la superficie, se recomienda dar una capa nueva de pintura con aplicación de pintura primaria.La figura N° 2.6 se observa el mango de madera.



Figura N° 2.6. Mango de madera.  
Fuente: Propia



#### **2.4.6. COJINETES**

Existen cuatro cojinetes de bronce en la laminadora, el cojinete superior (derecho izquierdo), el cojinete inferior (derecho - izquierdo). Todos estos cojinetes tienen un desgaste considerable en su parte lateral debido al uso excesivo de la máquina, también tienen un descentramiento respecto al rodillo superior. Los cojinetes de la laminadora se observa en la figura N° 2.7



Figura N° 2.7. Cojinetes de Bronce.  
Fuente: Propia.

#### **2.4.7. RODILLO INFERIOR DE LAMINACIÓN**

Otros de los elementos que debe ser tomado en cuenta es el rodillo inferior, está trizado en uno de sus diámetros, también su eje esta descentrado, parte de la superficie de cementación puede presentar desgaste, se recomienda fabricar un nuevo rodillo con tratamiento térmico. Figura 2.8.



Figura N° 2.8 . Rodillo inferior  
Fuente: Propia

#### 2.4.8. RODILLO SUPERIOR DE LAMINACIÓN

El rodillo superior de laminación tiene la misma condición que el rodillo inferior, este se encuentra desgastado, y la superficie cementada del elemento, puede estar afectada. Este rodillo no tiene un adecuado sistema de acople con el cojinete superior derecho, existiendo juego entre el cojinete y el rodillo superior, no permitiendo un adecuado alineamiento durante la laminación. También hay un descentramiento en la parte de ajuste de la manivela. Figura N° 2.9.



Figura N° 2.9. Fallas en los Rodillos  
Fuente: Propia

## **2.5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

Tomando en cuenta que principalmente se pretende con la laminadora, es optimizarla sin que se afecte al proceso de laminación y corrigiendo las fallas que esta máquina presenta, se detalla algunas alternativas. .

### **2.5.1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS**

Son analizadas en base a las partes constitutivas de la misma, considerando los parámetros de diseño, funcionales y económicos.

Se analiza cada una de las propuestas con una escala de ponderación de 1 a 4, siendo 1 el mínimo y 4 el máximo, se valora la seguridad y funcionamiento de cada uno de los sistemas.

La máquina está sujeta a diferentes solicitaciones, se analizan los factores que intervienen en su correcto funcionamiento, y se detallan a continuación para el usuario.

### **2.5.2. FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PIEZAS**

Este factor determina la dificultad que se puede presentar al momento de construir una pieza de la máquina, ya sea por su geometría, tipo de material empleado, experiencia por parte del fabricante y tiempo de construcción, lo cual incide en un aumento de los costos.

### **2.5.3. FACILIDAD DE MONTAJE DE LAS PIEZAS**

La importancia de analizar este factor, es tener en cuenta el tiempo del montaje de las piezas nuevas en la máquina, así como su fácil instalación al momento de ensamblar la máquina.

### **2.5.4. FACILIDAD DE MANIPULACIÓN**

Es esencial que el mecanismo sea muy fácil de operar, proporcionando a la vez una buena velocidad, en la laminación, y teniendo en cuenta la calidad de trabajo.

### **2.5.5. SEGURIDAD**

Este factor determina el nivel de confiabilidad al momento de operar la máquina, proporciona la certeza suficiente al operador de que el trabajo a realizarse no conlleve riesgo de accidentes.

### **2.5.6. DURACIÓN O VIDA ÚTIL**

Este es un factor importante de analizar, ya que de este depende el régimen de trabajo al cual va a estar sometida la laminadora, su tiempo de duración y el tiempo de mantenimiento que se va a aplicar.

### **2.5.7. MANTENIMIENTO**

Es importante aplicar un mantenimiento preventivo a la máquina ya que de este mantenimiento depende el tiempo que tendrá la vida útil, garantizando el correcto funcionamiento del mismo.

### **2.5.8. CALIBRACIÓN**

La importancia de este factor parte de la necesidad que los sistemas o elementos constitutivos de la máquina queden alineados o balanceados al momento de realizar el montaje para evitar posibles fallas o imperfecciones en la máquina.

### **2.5.9. COSTO**

Este factor es muy importante al momento de realizar el diseño puesto que si los costos de diseño, selección, construcción, montaje superan los parámetros presupuestados, no se podrá terminar el proyecto, para lo cual se debe escoger los mejores elementos al menor costo, mayor calidad y buena accesibilidad.

### **2.5.10. MATERIAL**

Se debe considerar este factor para determinar las características del material de cada elemento al momento de realizar la construcción de los mismos tomando en cuenta propiedades mecánicas básicamente

## **2.6. CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA**

Se detalla tres opciones para rediseñar a la laminadora, la primera opción es la apertura y cierre de los rodillos con un sistema de tres piñones sin modificar a la estructura, la segunda opción es la apertura y cierre de los rodillos adaptado a los pernos de arrastre, la tercera opción es la apertura y cierre mediante resorte con movimiento paralelo a los rodillos modificando a la estructura para facilitar el montaje y desmontaje de los elementos de la máquina. La tabla indica tres opciones establecidas con sus diferentes parámetros. A continuación se detalla las tres alternativas de construcción de la máquina.

| <b>CARACTERÍSTICAS DE LA LAMINADORA</b>    |                        |                       |                        |
|--|------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA.</b>      | <b>Primera Opción.</b> | <b>Segunda Opción</b> | <b>Tercera Opción.</b> |
| Modificación en la estructura.             | No                     | No                    | Si                     |
| Cojinetes superiores nuevos.               | Si                     | Si                    | Si                     |
| Cojinetes inferiores nuevos.               | No                     | No                    | Si                     |
| Rectificación en los cojinetes superiores. | No                     | No                    | No                     |
| Rectificación en los cojinetes inferiores. | No                     | Si                    | No                     |
| Rodillo superior nuevo.                    | No                     | Si                    | Si                     |
| Rodillo inferior nuevo.                    | Si                     | Si                    | Si                     |
| Rodillo superior rectificado.              | Si                     | No                    | No                     |
| Rodillo inferior rectificado.              | No                     | No                    | No                     |
| Rodillo superior con tratamiento térmico.  | No                     | Si                    | Si                     |
| Rodillo inferior con tratamiento térmico.  | Si                     | Si                    | Si                     |
| Alineación de pernos.                      | Si                     | Si                    | Si                     |
| Alineación de cojinetes.                   | Si                     | Si                    | Si                     |
| Sistema de regulación de los rodillos.     | Si                     | Si                    | Si                     |
| Piñón superior nuevo.                      | Si                     | Si                    | Si                     |
| Piñón inferior nuevo.                      | Si                     | Si                    | Si                     |
| Rectificación en el piñón superior.        | No                     | No                    | No                     |
| Rectificación en el piñón inferior.        | No                     | No                    | No                     |
| Total de Características positivas.        | 9                      | 11                    | 12                     |
| Total de Características negativas.        | 9                      | 7                     | 6                      |
| Costo.                                     | \$ 600                 | \$ 800                | \$1100                 |

TABLA N° 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA LAMINADORA.

Fuente: Propia

### 2.6.1. PUNTOS A CONSIDERAR PARA EL LAMINADO

Una de las consideraciones que no es viable realizar, es la rectificación del rodillo inferior, pues este presenta su eje descentrado en uno de los extremos, parte de la rosca del rodillo inferior se encuentra rota, y con un desgaste considerable en la superficie. Respecto al rodillo superior, presenta desgaste en la superficie y no presenta un adecuado acople con los cojinetes superiores. Los cojinetes superiores presentan un alto desgaste en la parte lateral, y presentan un mal sistema de acople con el rodillo superior. Los cojinetes inferiores no tienen un sistema de acople estático con el rodillo inferior, presentan un desgaste en la superficie de contacto. No existe un correcto engrane entre los piñones, debido al desgaste que existe entre los dientes, respecto a los pernos de avance hay que realizar un cambio para la adaptación de un sistema de avance y retroceso paralelo para el rodillo superior

- Se considera que la estructura no facilita el montaje y desmontaje de los elementos de la máquina, y esta se encuentra en una entenalla, lo que no proporciona la seguridad necesaria para los estudiantes que realizan la práctica.

Después de analizar estos puntos se tomó la siguiente decisión.

- Rodillo superior e inferior nuevo con tratamiento térmico.
- Engranajes nuevos aumentado la altura del diente.
- Rediseño en la estructura de la laminadora, para facilitar el montaje de los elementos.
- Avance y retroceso de los pernos para el rodillo superior en forma paralela.
- Rediseño en los cojinetes superiores.
- Rediseño en los cojinetes inferiores.
- Adaptación de catalinas en los pernos de avance.
- Construcción del soporte de la laminadora.

### 2.6.2. PARÁMETROS DE PONDERACIÓN

La tabla 2.2. Muestra los parámetros de ponderación, considerados para seleccionar la mayor alternativa.

| PARAMETROS DE PONDERACIÓN. |                |                |                |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| FACTORES DE ANÁLISIS       | Primera Opción | Segunda Opción | Tercera Opción |
| Facilidad de Construcción. | 2              | 3              | 4              |
| Facilidad de Montaje.      | 2              | 3              | 3              |
| Facilidad de Manipulación. | 3              | 3              | 3              |
| Seguridad.                 | 2              | 3              | 3              |
| Duración de vida útil.     | 2              | 2              | 3              |
| Material.                  | 3              | 3              | 3              |
| Mantenimiento.             | 3              | 3              | 3              |
| Calibración.               | 2              | 2              | 3              |
| Costo.                     | 3              | 2              | 3              |
| Total.                     | 24             | 25             | 30             |

TABLA N° 2.2. Parámetros de ponderación  
Fuente: Propia.

### 2.6.3. CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Se concluye que la primera y la segunda opción no son viables, ya que al volver a utilizar las piezas rectificadas como ( rodillos, cojinetes, pernos), no cumplen con las características requeridas para una laminación óptima, y se corre el riesgo de nuevos descentramientos y fallas.

La tercera opción, es una alternativa viable, y tiene un índice económico razonable. La tercera opción cumple el cometido de optimizar la laminadora con parámetros mecánicos de análisis convenientes, el valor obtenido es de 5 puntos mayor a la segunda opción y 6 puntos mayor a la primera opción.



## CAPÍTULO III

### 3. CONSTRUCCIÓN DE PIEZAS NUEVAS

Analizada las posibles construcciones de la máquina, se ha llegado a la conclusión de considerar la tercera opción, ya que esta cumple con las expectativas que la máquina requiere, el rodillo (superior-inferior) nuevo con tratamiento térmico, los cojinetes superiores e inferiores nuevos, el sistema de avance y retroceso de los pernos adaptados a un par de catalinas, el rediseño del cuerpo de la máquina.

Se hace un resumen de los materiales necesarios a utilizarse, se detalla los materiales, en la tabla 3.1.

| <b>DETALLE DE LAS PIEZAS DE LA LAMINADORA.</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| Rodillo Superior de laminación.                | Acero Bohler K100.                 |
| Rodillo Inferior de laminación.                | Acero Bohler K100.                 |
| Cojinete superior derecho.                     | Acero de transmisión.              |
| Cojinete superior izquierdo.                   | Bronce Fosforico.                  |
| Cojinetes inferiores redondos.                 | Bronce Fosforico.                  |
| Soporte para cojinetes inferiores.             | Acero de transmisión.              |
| Pernos de potencia.                            | Acero al carbono                   |
| Estructura de la laminadora.                   | Hierro fundido                     |
| Piñones.                                       | Acero E410.                        |
| Resortes conicos.                              | Acero para resortes.               |
| Chavetas.                                      | Acero dulce.                       |
| Volante.                                       | Aluminio.                          |
| Cadena de moto medida standard.                | Acero standard de moto.            |
| Catalinas para moto medida standard.           | Acero standard para moto.          |
| Manivela                                       | Hierro fundido.                    |
| Mesa de trabajo.                               | Ángulos y tubos cuadrado de 1 plg. |

TABLA N° 3.1. Detalle de las piezas de la laminadora.  
Fuente: Propia

### 3.1. CONSTRUCCIÓN DEL RODILLO SUPERIOR

Se utiliza un acero Bohler K100 aprovechando sus propiedades mecanicas, este acero esta diseñado para trabajar en frío. Es la marca estándar de los aceros ledeburíticos de alto porcentaje de carbono y cromo, de alta estabilidad dimensional en el tratamiento térmico y gran resistencia al desgaste. (Anexo 1) Para la construcción del rodillo, se toma en cuenta los diferentes diámetros, y la longitud del mismo.

Se monta el material necesario en la sierra alternativa o vaiven, se corta el material a una longitud de 126 mm de longitud, tomando en cuenta todas las precauciones y seguridades para evitar un accidente laboral. Figura N° 3.1.



Figura N° 3.1. Material en bruto para los rodillos.  
Fuente: Propia

Con el material cortado se fija en el plato universal de tres garras, este se monta en el extremo del husillo principal del torno y sirve para sujetar las piezas de forma cilíndrica.

---

[10]: Manual de aceros especiales de Bohler 2008

En el plato existen las mordazas o garras, que son recambiables, y se mueven con una llave especial, las 3 mordazas se desplazan simultáneamente hacia el centro o hacia afuera, de acuerdo al diámetro que tenga el material. Una vez colocado el acero Bohler K100 en el husillo, se coloca la cuchilla en el carro superior, este carro está dirigido con un ángulo recomendado por el técnico, para los respectivos cortes.

La velocidad a la cual gira la pieza de trabajo en el torno es un factor importante y puede influir en el volumen de producción y en la duración de la herramienta de corte. Una velocidad muy baja en el torno ocasiona pérdidas de tiempo; una velocidad muy alta hará que la herramienta de corte pierda filo muy pronto y se pierde tiempo para volver a afilarla. Por ello, la velocidad y el avance correctos son importantes según el material de la pieza y el tipo de herramienta de corte que se utilice.

La velocidad de corte se expresa en pies o en metros por minuto, como se muestra en la tabla 3.2.

### 3.1.1. VELOCIDADES PARA EL DESBASTADO, ACABADO, ROSCADO

| REFRENTADO TORNEADO RECTIFICADO |            |       |          |       |          |       |
|---------------------------------|------------|-------|----------|-------|----------|-------|
|                                 | Desbastado |       | Acabado  |       | Rosgado  |       |
| Material                        | Pies/min   | m/min | Pies/min | m/min | Pies/min | m/min |
| Acero de máquina                | 90         | 27    | 100      | 30    | 30       | 11    |
| Acero de herramienta            | 70         | 21    | 90       | 27    | 35       | 9     |
| Hierro fundido                  | 60         | 18    | 80       | 24    | 25       | 8     |
| Bronce                          | 90         | 27    | 100      | 30    | 25       | 8     |
| Aluminio                        | 200        | 61    | 300      | 93    | 60       | 18    |

TABLA 3.2. Velocidades para torneear.  
Fuente: <http://www.aprendizaje.com.mx/curso/proceso2/practicas/torno-desarrollo/capi8.htm>

Para poder calcular la velocidad por minuto a las cuales se debe ajustar el torno, hay que reconocer el diámetro de la pieza y la velocidad del corte del material, tal como se muestra en la ecuación (15)

$$V = \frac{V_c * 12}{\pi * \phi} \quad \text{Ecuación (15)}$$

V= Velocidad (pies/min o m/min)

Vc= Velocidad de Corte (pies/ min o m/min)

$\Phi$  = Diámetro del material a trabajar.

Con la pieza asegurada en el plato universal se realiza el primer proceso llamado refrentado este proceso se realizó a 1000 rpm.

#### **3.1.1.1. Refrentado.**

El refrentado, también denominado frontado, es la operación mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.

Para poder efectuar esta operación, la herramienta se ha de colocar en un ángulo aproximado de 60° respecto a la porta herramientas. De lo contrario, debido a la excesiva superficie de contacto la punta de la herramienta correrá el riesgo de sobrecalentarse, y también hay que tomar en cuenta que a medida que nos acercamos al centro de la pieza hay que aumentar las rpm o disminuir el avance. Este procedimiento lo podemos observar en la figura N° 3.2.

Una vez refrentado los dos extremos del rodillo se realiza el segundo proceso que es el taladrado, se taladra con una broca de ¼ de pulgada en el centro de las dos caras que se refrentó anteriormente, para asegurar a la pieza en el torno con la contrapunta, para poder trabajar con seguridad evitando un accidente laboral.

## REFRENTADO

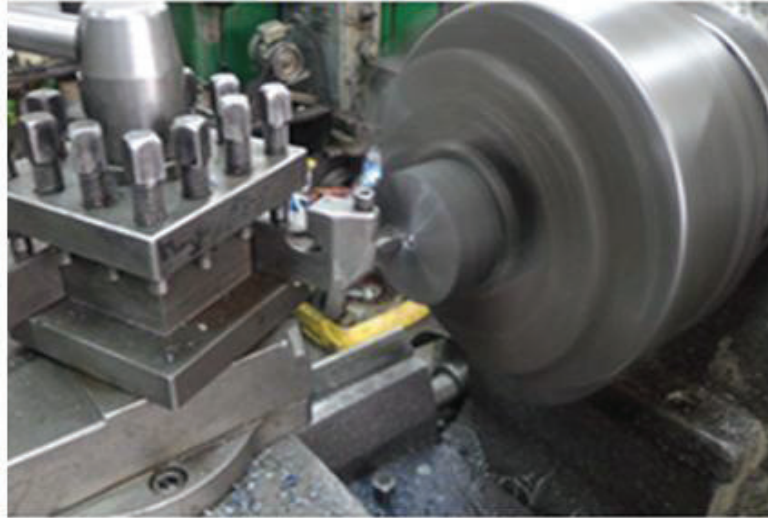


Figura N° 3.2. Refrentado del rodillo superior.  
Fuente: Propia

### 3.1.1.2. Taladrado

El taladrado es un proceso de fabricación utilizado para hacer agujeros relativamente profundos, ya sean estos abiertos o cerrados. En este proceso el diámetro del agujero se crea siguiendo el eje lineal o sea en forma asimétrica.

Comúnmente es un método de manufactura para producir ejes o cilindros huecos, así como un tubo, o un capilar grande o cavidad tubular, donde se procura que el diámetro del hoyo sea constante.

Se taladra los centros de los dos extremos del rodillo y a una abertura aproximada de 8 milímetros, luego se cambia a la contrapunta para tener mayor seguridad al rato de cilindrar el rodillo. Este proceso lo podemos observar en la figura N° 3.3

## TALADRADO DEL RODILLO SUPERIOR

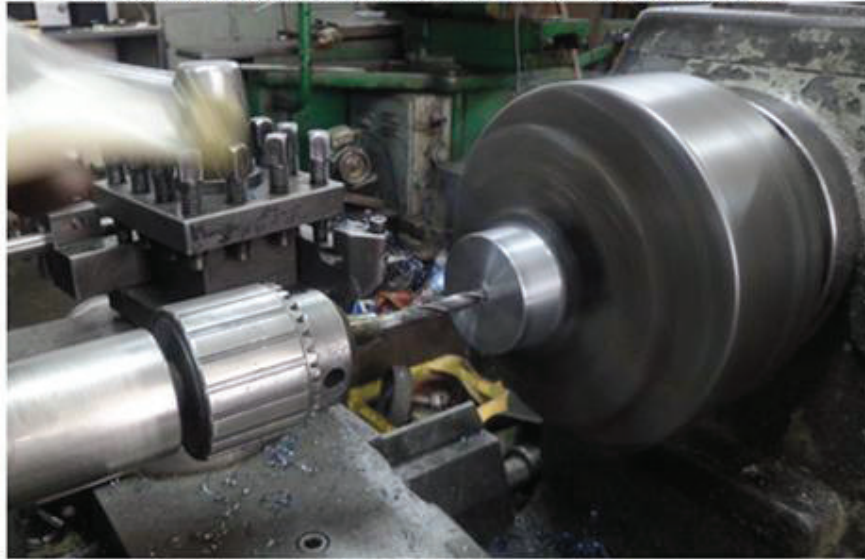


Figura N° 3.3. Taladrado del rodillo superior.  
Fuente: Propia.

Realizado los agujeros en los centros del refrentado, se cambia la pieza del taladrado a la contrapunta para realizar el tercer paso que es el cilindrado del rodillo.

### 3.1.1.3. Cilindrado

El cilindrado es una operación, mediante la cual se reduce el diámetro de la barra de material que se está trabajando.

Para poder efectuar esta operación, la herramienta y el carro transversal se han de situar de forma que ambos formen un ángulo de  $90^\circ$ , y éste último se desplaza en paralelo a la pieza en su movimiento de avance. Esto es así por el hecho del ángulo de corte, uno diferente a  $90^\circ$  provocará una mayor superficie de contacto entre ésta y la pieza, provocando un mayor calentamiento y desgaste de la herramienta.

En este procedimiento, el acabado que se obtenga puede ser un factor de gran relevancia; variables como la velocidad y la cantidad de material que se corte en una pasada, así como también el tipo y condición de la herramienta de corte que se esté empleando, deben ser observados.

Al momento de cilindrar los diferentes diámetros del rodillo, tenemos que tener en cuenta una pequeña tolerancia del 0,1% para realizar el tratamiento térmico y no perder el diámetro primitivo. La figura N° 3.4, indica el cilindrado de un rodillo.



Figura N° 3.4. Cilindrado del rodillo superior.  
Fuente: Propia

Cilindrado todos los diámetros del rodillo, procedemos a realizar el tratamiento térmico, tiene por objeto endurecer la superficie de la pieza sin modificar su núcleo, originando una pieza formada por dos materiales, la del núcleo de acero con bajo índice de carbono tenaz y resistente a la fatiga, y la parte de la superficie de acero con mayor concentración de carbono, generalmente el 0.2%, este proceso lo podemos observar en la figura N° 3.4.



Figura N° 3.5. Tratamiento térmico del rodillo superior.  
Fuente: Propia

#### 3.1.1.4. Tratamientos Térmicos de los Rodillos<sup>11</sup>

Se definen por tratamientos térmicos, a una serie de operaciones que se hacen en el acero estando éste en estado sólido y que consiste en uno o varios calentamientos y enfriamientos a fin de hacerle variar ciertas propiedades. En este proceso, hay que calentar hasta determinada temperatura, según la composición química del material de que se trate, para modificar su constitución estructural, ya que los materiales y aleaciones están formados por cristalizaciones de distintas naturalezas, composición y tamaño, lo cual varía al calentar y enfriar la masa metálica llevándola a lo que se conoce temperatura crítica o punto crítico. Este proceso consiste en recubrir las partes a cementar de una materia rica en carbono, llamada cementante, y someter la pieza durante varias horas a altas temperaturas, típicamente, de 900 °C a 980 °C. En estas condiciones, el carbono penetra en la superficie que recubre a razón de 0,1 a 0,2 mm por hora de tratamiento.

---

[11]: Técnicas y prácticas del taller por O. Gallardo Prieto Profesor de la Universidad Laboral de Córdoba, o Trajo de los materiales en frío o en caliente, Editorial Científico o medico Barcelona –Madrid –Lisboa- Rio de Janeiro, Pág. 91-95



A la pieza cementada se le da el tratamiento térmico correspondiente, temple y revenido, y cada una de las dos zonas de la pieza, adquirirá las cualidades que corresponden a su porcentaje de carbono, este proceso es alrededor de 8 horas, es decir que en la superficie del rodillo se encuentra con una cementación aproximada de 0,5 mm de cementación.

En este caso los rodillos fueron sometidos a un horno a temperatura de 940 grados centígrados durante 8 horas con enfriamiento en aceite.

#### **3.1.1.5. Temple.<sup>11</sup>**

El temple es un proceso por el cual se aumenta la dureza del acero, la operación consiste en calentar el acero de tratamiento a una temperatura superior al punto crítico e inferior a su punto de fusión, y enfriar rápidamente en agua, aceite o aire, según la composición y características del acero

Los aceros no resultan mejor o peor templados porque la velocidad de enfriamiento sea más o menos rápida. Es preciso llevar la pieza que se trata a su temperatura de temple y que la velocidad de enfriamiento, en el medio adecuado, se ajuste a su velocidad crítica, ya que, si se acelera demasiado, se pueden producir en las piezas grietas y tensiones internas, y, si es lenta, no se efectúa el temple deseado y, a lo sumo, sólo se consigue endurecimiento. El temple ordinario de los aceros finos al carbono, se hace calentando lentamente hasta una temperatura aproximadamente a los 500°C (precalentamiento) y después rápidamente, hasta los 800°C- 850°C, y se enfrían en agua o aceite, donde la temperatura debe ser de 15°C a 20°C

#### **3.1.1.6. Revenido<sup>9</sup>.**

El revenido es la operación destinada a disminuir la fragilidad del temple, se hace a una temperatura de 200°C a 300°C.

El **revenido** al igual que normalizado, recocido y el temple, es un tratamiento térmico a un material con el fin de variar su dureza y cambiar su resistencia mecánica. El propósito fundamental es disminuir la gran fragilidad que tienen los aceros tras el tratamiento de temple.

### 3.1.1.7. Rectificado.

El rectificado tiene por finalidad corregir las imperfecciones de carácter geométrico y dimensional que se producen durante las operaciones de manufactura de piezas, ya sea por maquinado o por tratamiento térmico. Este último caso es particularmente importante para el acero, ya que las piezas son calentadas y sumergidas en un baño de enfriamiento con lo cual sufren deformaciones más o menos pronunciadas.

El rodillo que se presentó en la figura N° 3.5, tiene un color negruzco, debido a su tratamiento térmico, se realiza la rectificación para tener un acabado de precisión. En este caso se realizó un desbaste de 5 décimas y el proceso llevo alrededor de 15 minutos por cada rodillo. Esta rectificación la podemos observar en la figura N° 3.6

#### RECTIFICADO



Figura N° 3.6. Rectificado del rodillo superior.  
Fuente: Propia

Rectificado el rodillo se procede a realizar la abertura de la chaveta en uno de los extremos para ajuste de los engranes. Se verifica con el calibrador los diámetros del rodillo, la longitud del rodillo, y el ancho y profundidad de la chavetera. Este proceso lo podemos observar en la figura N° 3.7

### MEDIDAS DEL RODILLO SUPERIOR



Figura N° 3.7. Mediciones del rodillo superior.  
Fuente: Propia

Finalmente se presenta el rodillo de la laminadora anterior y el nuevo rodillo.

### RODILLO SUPERIOR

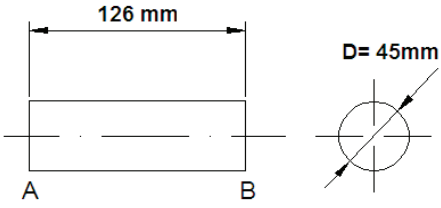
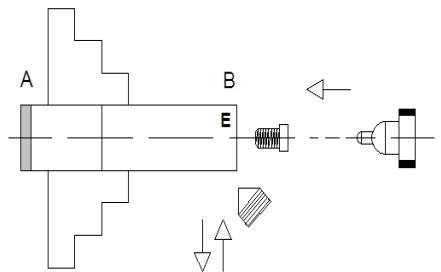
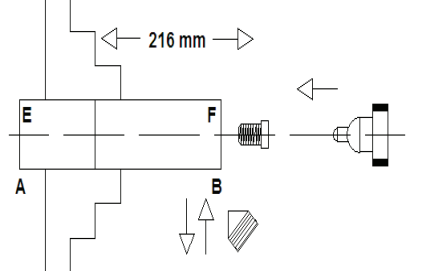
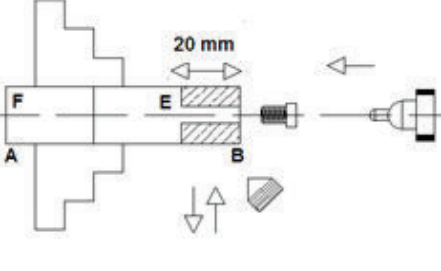
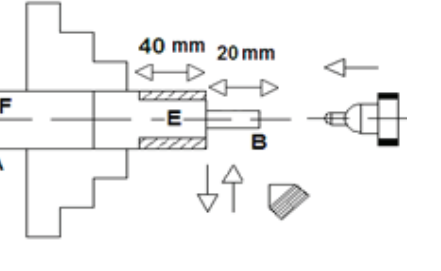


Figura N° 3.8. Proceso terminado del rodillo superior.  
Fuente: Propia.

A continuación se adjunta las hojas de procesos para cada una de las partes fabricadas de la laminadora.

### 3.1.2. HOJA DE PROCESOS DEL RODILLO SUPERIOR.

| ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.  |                            | ESFOT                                 |  |
|--|----------------------------|---------------------------------------|--|
| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.  |                            |                                       |  |
| PROCESO DE FABRICACIÓN.  |                            |                                       |  |
| <b>Denominación:</b><br>RODILLO DE LAMINACIÓN SUPERIOR.  |                            | <b>Número de piezas.</b><br>1         |  |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>Sierra de Vaiven, Torno.<br>Fresadora Universal, Horno.<br>Rectificadora. |                            | <b>Material:</b><br>ACERO BOHLER K100 |  |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanni Rodríguez Jácome.<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano.        |                            | <b>Plano N°.</b><br>EGRJADGA-0012015  |  |
|  |                            |                                       |  |
| ORDEN DE EJECUCIÓN.  |                            |                                       |  |
| N°.  | Denominación<br>Operación. | Esquema.                              | Datos<br>Técnicos.<br>n=R.P.M.<br>S=(avance)<br>mm/rev<br>Vc=(velocidad<br>de corte) m/min |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 1 | <p>1.1. Cortar.<br/>1.2. Verificar medidas en bruto.</p>   |    | Regimen de corte.                                      |
| 2 | <p>2.1. Sujetar, Centrar Pieza<br/>2.2. Refrentar cara E<br/>2.3. Pasar broca del centro.</p>                |    | <p>n=1000 rpm<br/>S=automático<br/>Vc= 141 m/min</p>   |
| 3 | <p>3.1. Invertir y centrar pieza.<br/>3.2. Refrentar cara F a 216 mm.<br/>3.3. Pasar broca en el centro.</p> |   | <p>n=1000 rpm.<br/>S= automático<br/>Vc= 141 m/min</p> |
| 4 | <p>4.1. Centrar pieza con un punto.<br/>4.2. Cilindrar lado E a 20 mm.<br/>4.3. Eliminar rebabas.</p>        |  | <p>n=1000 rpm<br/>S= automático.<br/>Vc=141 m/min</p>  |
| 5 | <p>5.1. Centrar pieza en el punto<br/>5.2. Cilindrar lado E con medidas.<br/>5.3. Eliminar rebadas.</p>      |  | <p>n=1000 rpm<br/>S= automático.<br/>Vc= 141 m/min</p> |

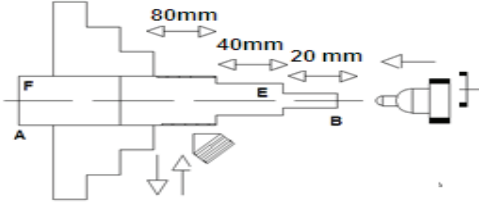
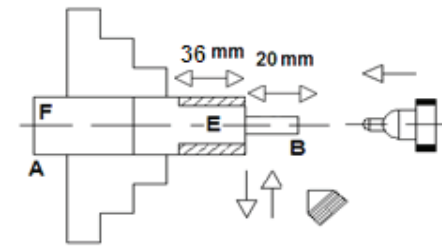
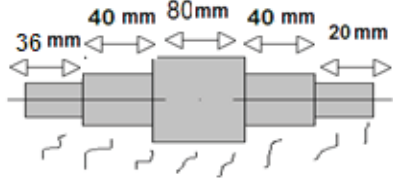
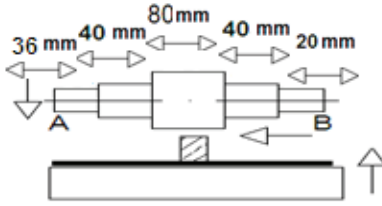
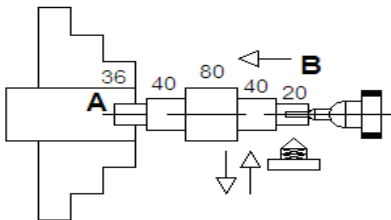
|    |  |  |   |
|----|--|--|---|
| 6  | <p>6.1. Centrar pieza en el punto.<br/>6.2 Cilindrar lado E con medidas</p>  |    | <p>n=1000 rpm<br/>S= automático.<br/>Vc= 141 m/min.</p> |
| 7  | <p>7.1. Invertir pieza en el punto.<br/>7.1. Repetir proceso paso 4, 5, para la cara F.<br/>7.2. Eliminar rebabas.</p>   |    | <p>n=1000<br/>S= automático<br/>Vc= 141 m/min</p>       |
| 8  | <p>8.1. Realizar tratamiento térmico en el horno.</p>  |    | <p>Temperatura de 920°C a 940°C</p>                     |
| 9  | <p>9.1. Centra pieza en el punto.<br/>9.2. Rectificar.<br/>9.3. Verificar medias.</p>  |  | <p>S = automático<br/>N= 3500 rpm</p>                   |
| 10 | <p>8.1. Sujetar y centrar pieza en la fresadora.<br/>9.2. Realizar cuadro en la cara E y redondear.<br/>9.3. Realizar chavetera en cuadro a medida.<br/>9.4. Eliminar rebabas.</p> |  | <p>n= 500 rpm.<br/>S= automático.<br/>Vc= 25 m/min</p>  |

TABLA 3.3. Hoja de procesos para el rodillo superior.  
Fuente: Propia.

[12]: Asociación estudiantes Ingeniería Mecánica, Dibujo Técnico Mecánico, INEN, Quito Ecuador, 1989, Pág. 1-5

### 3.2. CONSTRUCCIÓN DEL RODILLO INFERIOR

Para construir el rodillo inferior se sigue el mismo procedimiento, que el rodillo superior, primero se refrenta los dos extremos del rodillo, luego se taladra en cada uno de los centros del rodillo, se sujeta y cilindra los diámetros requeridos, realizamos el tratamiento térmico al rodillo inferior, se retifica el rodillo, se talla los chaveteros en los extremos del rodillo.

En el rodillo inferior aumenta el roscado en uno de los extremos, esto para adaptar una tuerca sujección para la manivela. En la figura N° 3.9 se observa el proceso de roscado, para este proceso tenemos que seleccionar de corte en el torno, la velocidad para nuestro caso 11 m/min.

#### PROCEDIMIENTO DE ROSCADO

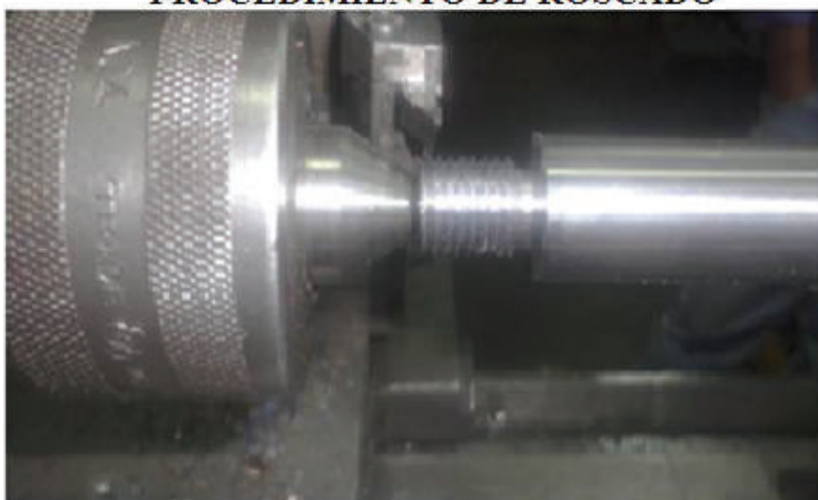


Figura N° 3.9. Proceso de roscado del rodillo inferior  
Fuente: Propia

Una vez acabado el rodillo se procede su respectiva verificación, su longitud, sus diámetros, y también el ancho de la abertura de la chaveta, como se muestra en la figura N° 3.10.

### MEDIDAS RODILLO INFERIOR



Figura n° 3.10. Mediciones del rodillo inferior  
Fuente: Propia

En la figura N° 3.11, podemos observar el rodillo inferior terminado, y se puede verificar el antes y después del elemento.

### RODILLO INFERIOR

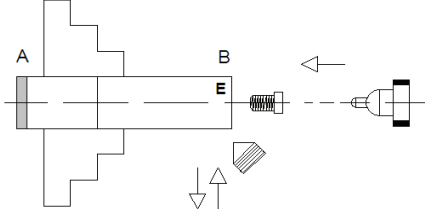
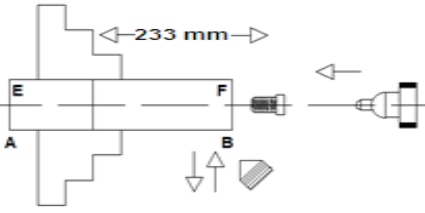
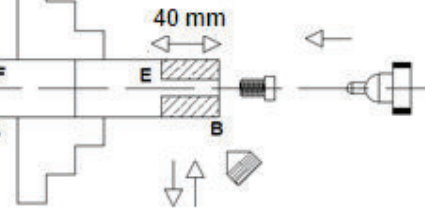
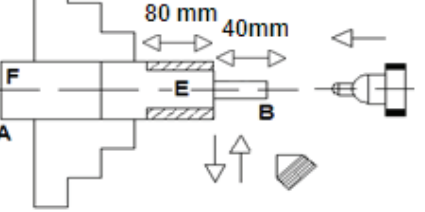
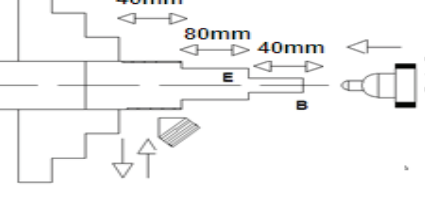


Figura N° 3.11. Proceso terminado del rodillo inferior.  
Fuente: Propia.



### 3.2.1. HOJA DE PROCESOS DEL RODILLO INFERIOR.

| ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.  |   | ESFOT                                 |   |
|--|---|---------------------------------------|---|
| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.  |   |                                       |   |
| PROCESO DE FABRICACIÓN.  |   |                                       |   |
| <b>Denominación</b><br>RODILLO DE LAMINACIÓN INFERIOR.   |   | <b>Número de piezas.</b><br>1         |   |
| <b>Máquina Herramienta.</b><br>Sierra de vaiven,<br>Torno, Fresadora Universal, Horno<br>Rectificadora |   | <b>Material:</b><br>ACERO BOHLER K100 |   |
| <b>Responsables.</b><br>Edison Giovanni Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano.       |   | <b>Plano N°.</b><br>EGRJADGA-0022015  |   |
|  |   |                                       |   |
| ORDEN DE EJECUCIÓN.  |   |                                       |   |
| N°.  | Denominación Operación.                           | Esquema.                              | Datos Técnicos.<br>n=R.P.M.<br>S=(avance)<br>mm/rev<br>Vc=(velocidad<br>de corte) m/min |
| 1  | 1.1. Cortar.<br>1.2.Verificar medidas en<br>bruto |                                       | Regimen de corte.   |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 2 | <p>2.1. Sujetar, centrar pieza<br/> 2.2. Refrentar cara E<br/> 2.3. Pasar broca del centro.</p>   |    | <p><math>n=1000</math><br/> <math>S=\text{automático.}</math><br/> <math>V_c= 141 \text{ m/min}</math></p>  |
| 3 | <p>3.1. Invertir y centrar pieza.<br/> 3.2. Refrentar cara F a 216 mm.<br/> 3.3. Pasar broca en el centro</p>   |    | <p><math>n=1000</math><br/> <math>S= \text{automático}</math><br/> <math>V_c= 141 \text{ m/min}</math></p>  |
| 4 | <p>4.1. Centrar pieza con un punto.<br/> 4.2. Cilindrar la dodo E a 20 mm.<br/> 4.3. Eliminar rebabas.</p>  |   | <p><math>n=1000</math><br/> <math>S= \text{automático.}</math><br/> <math>V_c= 141 \text{ m/min}</math></p>   |
| 5 | <p>5.1. Centrar pieza en el punto<br/> 5.2. Cilindrar lado E con medidas.<br/> 5.3. Eliminar rebandas.</p>  |  | <p><math>n=1000</math><br/> <math>S= \text{automático.}</math><br/> <math>V_c= 141 \text{ m/min}</math></p>   |
| 6 | <p>6.1. Centrar pieza en el punto.<br/> 6.2 Cilindrar lado E con medidas.<br/> 6.3. Eliminar rebandas.<br/> 6.4. Montaje de ruedas intercambiables para rosca M16x2</p> |  | <p><math>n=1000</math><br/> <math>n=250 \text{ (rosca)}</math><br/> <math>S= \text{automático.}</math><br/> <math>V_c= 141 \text{ m/min.}</math><br/> <math>V_c= 13 \text{ m/min}</math><br/> <math>\text{(rosca)}</math></p> |

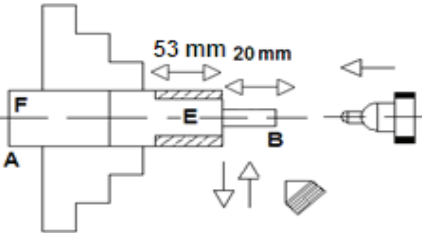
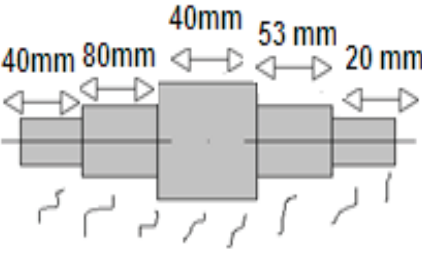
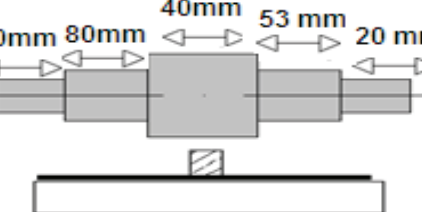
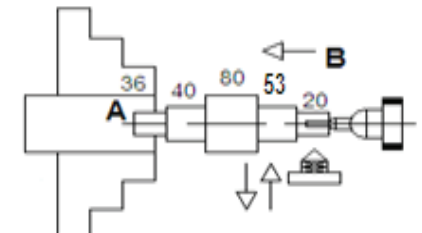
|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 7 | <p>7.1. Invertir pieza en el punto.<br/> 7.1. Repetir proceso paso 4, 5 y 6 para la cara F.<br/> 7.2. Eliminar rebabas.</p>   |    | <p>n=1000<br/> S= automático<br/> Vc= 141 m/min</p> |
| 8 | <p>8.1. Realizar tratamiento termico en el horno.</p>   |    | <p>Temperatura<br/> 920°C a 940°C</p>               |
| 9 | <p>9.1. Centra pieza en el punto.<br/> 9.2. Rectificar.<br/> 9.3. Verificar medidas.</p>  |   | <p>S = automático.<br/> N=3500 rpm</p>              |
| 9 | <p>8.1. Sujetar y centrar pieza en la fresadora.<br/> 9.2. Realizar cuadro en la cara E y redondear.<br/> 9.3. Realizar chavetera en cuadro a medida.<br/> 9.4. Eliminar rebabas.</p> |  | <p>n= 500<br/> S= automático.<br/> Vc=25 rpm</p>    |

TABLA 3.4. Hoja de procesos para el rodillo inferior.  
Fuente: Propia.

[13]: Ejercicios prácticos del taller Mecánico, tomo 1, Eling - Heeren, Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, Pág. 17-63.

[14]: Escuela Politécnica Nacional, Carrera de Ingeniería Mecánica, Tecnología de Virutaje, Ing. Jaime Vargas T., Pág. 7.

### 3.3. MANTENIMIENTO DE LA MANIVELA CON SU MANGO

Con la ayuda de una lija de agua se procede a sacar la capa de pintura de la manivela. Se realiza una limpieza con un guaipe con gasolina, una vez limpia completamente la manivela, se pule hasta tener un acabado adecuado para poder pintar con pintura electrostática a una temperatura aproximada de 60°C. La limpieza y pulida se observa en la figura N° 3.12.

#### MANTENIMIENTO DE LA MANIVELA



Figura N° 3.12. Mantenimiento de la manivela.  
Fuente: Propia

Una vez pintada la manivela con pintura electrostática, se deja enfriar aproximadamente una hora, la figura N° 3.13, se observa la manivela terminada, se puede observar el antes y el después.

### MANIVELA



Figura N° 3.13. Proceso terminado de la manivela.  
Fuente: Propia

Con una lija de agua se procede a limpiar los residuos al mango de madera, con pintura color caoba se da un acabado adecuado, se recomienda dar unas dos pasadas de pintura al mango, la figura N° 3.14 indica el mango de madera antes y despues.

### MANGO DE MADERA



Figura N° 3.14. Mango de madera.  
Fuente: Propia

Finalmente se une el mango de madera con la manivela con un perno de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y media pulgada de longitud, y una arandela plana para sujetarlo este proceso terminado se establece en la figura N° 3.15.

## MANVELA TERMINADA



Figura N° 3.15. Manivela terminada.  
Fuente: Propia.

### 3.3.1. HOJA DE PROCESOS DE LA MANIVELA

|   |                                |                                      |  |
|---|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.</b>  |                                | <b>ESFOT</b>                         |  |
| <b>MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.</b>  |                                |                                      |  |
| <b>PROCESO DE FABRICACIÓN.</b>  |                                |                                      |  |
| <b>Denominación:</b><br>MANIVELA DE LA LAMINADORA.  |                                | <b>Número de piezas.</b><br>1        |  |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>ESMERIL CON GRATA DE ALAMBRE.<br>LIJA DE AGUA.<br>HORNO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA.   |                                | <b>Material:</b><br>HIERRO FUNDIDO.  |  |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanni Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano.  |                                | <b>Plano N°.</b><br>EGRJADGA-0032015 |  |
| <p>The drawing shows a crankshaft with a vertical crank pin of diameter 30 mm and length 1812 mm. The crank pin is connected to a crank web of thickness 15 mm. The crank web is attached to a crank arm of length 265 mm. The crank arm is connected to a crank pin of diameter 45 mm. The drawing is a side view showing the geometry and dimensions of the part.</p> |                                |                                      |  |
| <b>ORDEN DE EJECUCIÓN.</b>  |                                |                                      |  |
| <b>N°.</b>  | <b>Denominación Operación.</b> | <b>Esquema.</b>                      | <b>Datos Técnicos.</b><br>n=R.P.M.<br>S=(avance) mm/rev<br>Vc=(velocidad de corte) m/min |


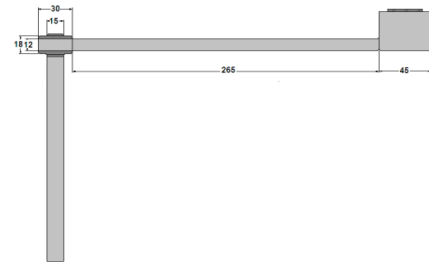
|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 1 | <p>1.1. Lijar con Lija de agua.</p> <p>1.2.Pasar grata de alambre.</p> |  | Regimen de limpieza..                                  |
| 2 | <p>2.1. Pintar con pintura electrostática.</p> <p>2.2. Limpieza.</p>   |  | <p>Temperatura</p> <p>60°C a 80°C</p> <p>T= 15 min</p> |

TABLA 3.5. Hoja de procesos para la manivela.  
Fuente: Propia.



### 3.3.2. HOJA DE PROCESOS DEL MANGO DE MADERA

| ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.  |                         | ESFOT                                |   |
|--|-------------------------|--------------------------------------|---|
| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.  |                         |                                      |   |
| PROCESO DE FABRICACIÓN.  |                         |                                      |   |
| <b>Denominación:</b><br>MANGO DE MADERA.   |                         | <b>Número de piezas.</b><br>1        |   |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>PINTURA CAOBA.  |                         | <b>Material:</b><br>MADERA           |   |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanny Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano. |                         | <b>Plano N°.</b><br>EGRJADGA-0042015 |   |
|  |                         |                                      |   |
| ORDEN DE EJECUCIÓN.  |                         |                                      |   |
| N°.  | Denominación Operación. | Esquema.                             | Datos Técnicos.<br>n=R.P.M.<br>S=(avance) mm/rev<br>Vc=(velocidad de corte) m/min |

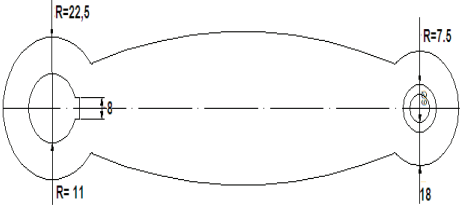
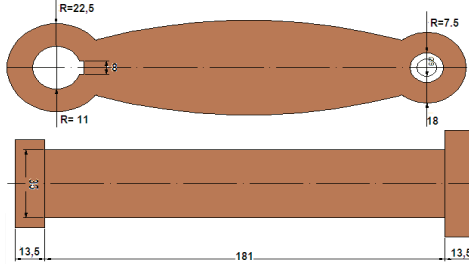
|          |  |  |                              |
|----------|--|--|------------------------------|
| <p>1</p> | <p>1.1. Lijar con lija de agua.<br/>1.1. Pasar grata de alambre.</p> |  | <p>Regimen de limpieza..</p> |
| <p>2</p> | <p>2.1. Pintar con pintura color caoba.<br/>2.2. Limpieza.</p>       |  | <p>Proceso de pintura.</p>   |

TABLA 3.6. Hoja de procesos del mango de madera.  
Fuente: Propia.

### 3.4. CONSTRUCCIÓN DE LOS ENGRANES

De igual manera que en los rodillos, necesitamos el material en bruto, en este caso se utiliza el acero Bohler E410, es un acero para cementación aleado al cromo – magnesio para piezas de construcción mecánica sometidas a desgaste superficial y elevados elementos mecánicos, gran tenacidad en el núcleo una vez cementado. (Ver anexo 2).

Se refrenta los dos extremos del engrane, se perfora a 8 mm para asegurar el material, el cilindrado del diámetro exterior. Figura N° 3.16.



Figura N° 3.16. Refrentado, taladrado, y cilindrado.  
Fuente: Propia

Se realiza el diámetro interno teniendo en cuenta los diámetros del rodillo, en este proceso toca pasar la broca guía en uno de los extremos del engrane, y se realiza el diámetro interno del engrane. Este proceso lo podemos observar en la fotografía N ° 3.17.

---

[15]: Manual de aceros especiales de Bohler 2008.

### DIÁMETRO INTERIOR



Figura N° 3.17. Diámetro interior del engrane.  
Fuente: Propia

Con el diámetro interior y el diámetro exterior, se realiza los cálculos respectivos para la altura y espesor de los dientes, se toma en cuenta el número de dientes, para nuestro caso son de 10 dientes.

### DIÁMETRO INTERNO Y EXTERNO



Figura N° 3.18. Diámetros interno y externo del engrane.  
Fuente: Propia.

Terminados los diámetros y el cilindrado del engrane, se hace un análisis de los elementos y dimensiones fundamentales de la ruedas para fabricar los dientes rectos, este análisis se detalla en la tabla N° 3.7

### 3.4.1. DIMENSIONES DEL ENGRANAJE

| <b>DIMENSIÓN DE UN ENGRANE RECTO.</b> |                         |  |  |
|---------------------------------------|-------------------------|--|--|
| <b>Nº</b>                             | <b>Elemento</b>         | <b>Definición.</b>   | <b>Ecuación.</b>   |
| 1                                     | Módulo (M).             | Es la relación entre el diámetro primitivo (Dp) y el número de dientes (Z).  | $M=Dp/Z$   |
| 2                                     | Diámetro Primitivo (Dp) | Es el diámetro de la circunferencia donde se realiza la tangencia teórica de los dientes.  | $Dp=De-2hc$  |
| 3                                     | Número de dientes. (Z)  | Es el número de dientes de la rueda. (Z).  | $Z=10$   |
| 4                                     | Paso (P).               | Es la longitud de la circunferencia primitiva (Lp) correspondiente a un diente y un vano consecutivo.  | $P=Lp/Z$<br>$P=\pi \cdot Dp/Z$<br>$P=\pi \cdot M$        |
| 5                                     | Altura del diente (h)   | Esta formada por la altura de la cabeza del diente (hc) y la altura del pie del diente (hp).   | $h=hc + hp$<br>$hz=altura\ ideal.$<br>$hz=2.166 \cdot M$ |
| 6                                     | Ángulo de presión.      | Es la dirección que se le da al engrane.   | $\alpha=20^\circ$  |
| 7                                     | Diámetro exterior (De)  | Es el diámetro del círculo en los dientes quedan inscritos y es igual al diámetro primitivo (Dp) mas 2 alturas de la cabeza del diente (hc).                       | $De= Dp+2hc$<br>$hc=M$<br>$De=Dp+2M$                     |
| 8                                     | Diametro interno (Di)   | Es el diámetro del círculo en el cual se apoyan los dientes y es igual al diámetro primitivo menos dos alturas del pie del diente.                                 | $Di=Dp+2hp$<br>$hp=1,25M$<br>$Di=Dp-2,5M$                |
| 9                                     | Longitud del diente (B) | Esta longitud podría ser cualquiera con tal de que el material sea suficiente resistente a la rotura y al desgaste, y sea capaz de transmitir la fuerza requerida. | $B=10$   |
| 10                                    | Espesor del diente (e). | Es la longitud de la circunferencia primitiva (Lp), correspondiente a un diente.v  | $e=p/2$  |

TABLA 3.7. Dimensiones de un engrane.  
Fuente: Propia.

Realizado los cálculos con ayuda de las ecuaciones se procede a construir el primer diente con módulo 5 y un paso de 15,7 mm. Acabado de detallar el primer diente damos el avance respectivo para el segundo diente hasta obtener un engrane con 10 dientes.



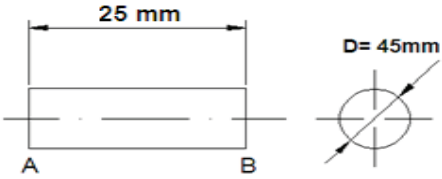
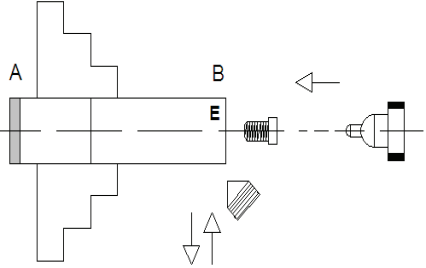
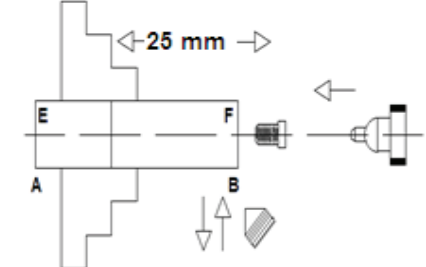
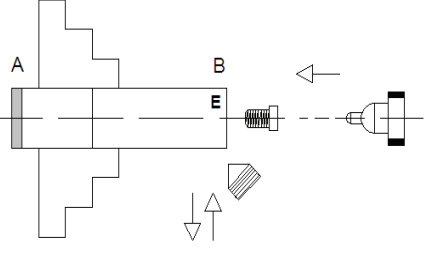
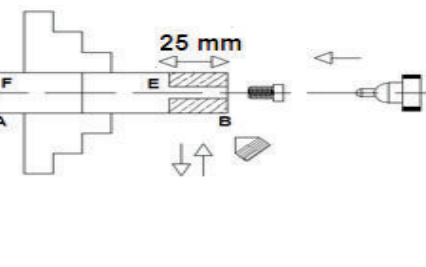
Figura N° 3.19. Tallada de los dientes.  
Fuente: Propia.

---

[16]: Escuela Politécnica Nacional, Carrera de Ingeniería Mecánica, Tecnología de Virutaje, Ing. Jaime Vargas T., Pág. 31

### 3.4.2. HOJA DE PROCESOS DE LOS ENGRANES

|  |                                |                                       |   |
|--|--------------------------------|---------------------------------------|---|
| <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.</b>   |                                | <b>ESFOT</b>                          |   |
| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.  |                                |                                       |   |
| PROCESO DE FABRICACIÓN.  |                                |                                       |   |
| <b>Denominación:</b><br>ENGRANE SUPERIOR E INFERIOR.   |                                | <b>Número de piezas.</b><br>2         |   |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>Sierra de vaiven,<br>Torno, Fresadora Universal.                  |                                | <b>Material:</b><br>ACERO BOHLER E410 |   |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanni Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano. |                                | <b>Plano N°.</b><br>EGRJADGA-0052015  |   |
|  |                                |                                       |   |
| <b>ORDEN DE EJECUCIÓN.</b>   |                                |                                       |   |
| <b>N°.</b>   | <b>Denominación Operación.</b> | <b>Esquema.</b>                       | <b>Datos Técnicos.</b><br>n=R.P.M.<br>S=(avance)<br>mm/rev<br>Vc=(velocidad de corte) m/min |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| 1 | <p>1.1.Cortar.<br/>1.2. Verificar medidas en bruto.</p>   |    | Regimen de corte.                                  |
| 2 | <p>2.1. Sujetar, centrar pieza<br/>2.2. Refrentar cara E<br/>2.3.Pasar broca del centro.</p>                |    | <p>n=1000<br/>S=automático<br/>Vc= 141 m/min</p>   |
| 3 | <p>3.1. Invertir y centrar pieza.<br/>3.2. Refrentar cara F a 25 mm.<br/>3.3. Pasar broca en el centro.</p> |   | <p>n=1000<br/>S= automático<br/>Vc= 141 m/min</p>  |
| 4 | <p>4.1. Sujetar, centrar pieza.<br/>4.2. . Refrentar cara F<br/>4.3. Pasar broca del centro.</p>            |  | <p>n=1000<br/>S= automático.<br/>Vc= 141 m/min</p> |
| 5 | <p>5.1. Centrar pieza en el punto<br/>5.2. Cilindrar lado E con medidas.<br/>5.3. Eliminar rebadas.</p>     |  | <p>n=1000<br/>S= automático.<br/>Vc= 141 m/min</p> |



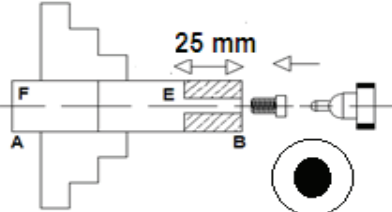
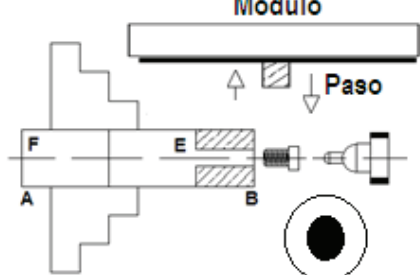
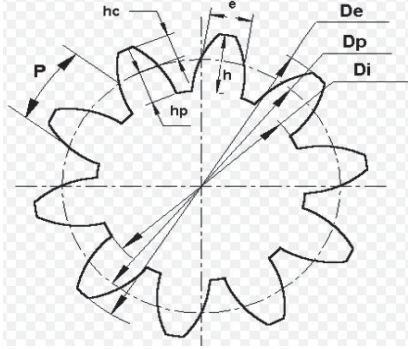
|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 6 | <p>6.1. Centrar pieza en el punto.<br/>         6.2 Perforar diametro interno de 22 mm.<br/>         6.3. Tallado de chaveta<br/>         6.4. Eliminar rebabas.</p>            |   | <p><math>n=600</math> rpm (taladrar)<br/> <math>n=500</math> rpm<br/> <math>S=</math> automático.<br/> <math>V_c=116</math> m/min<br/> <math>V_c= 25</math> m/min (chaveta)</p> |
| 7 | <p>7.1. Montado en el eje portafresa.<br/>         7.2. Cálculos del Piñón.<br/>         7.1. Paso 1.5 y módulo 8<br/>         7.3. Repetir el proceso para los 10 dientes.</p> |   | <p><math>n=1000</math><br/> <math>S=</math> automático</p>  |
| 8 | <p>8.1. Se realiza mediciones de los engranes.</p>  |  | <p>Regimen de medición.</p>   |

TABLA 3.8. Hoja de procesos del engrane.  
Fuente: Propia.

[17]: Construcción de un Prototipo de máquina tapadora de Botellas rosca estandar de 500ml controlada mediante un PLC para microempresas, Quito octubre, 2012, Pág. 66

### 3.5. REDISEÑO DE LOS PERNOS.

Se adquiere dos pernos M18X1.5, y 80 mm de longitud, se realiza el roscado de la longitud faltante y se mecaniza el acople en la parte superior para el montaje del volante y la catalina standard de moto.

#### PERNOS DE AVANCE



Figura N° 3.20. Rediseño de los pernos.  
Fuente: Propia.

En la parte superior del perno se realiza, un corte lateral, que sirve para acoplar el volante de giro. Este acabado lo podemos observar en la figura N° 3.21.

#### PERNOS DE AJUSTE



Figura N° 3.21. Vista lateral del perno.  
Fuente: Propia.

Se adquiere un volante de aluminio, para adaptarle al perno y poder de esta manera controlar su desplazamiento vertical para calibrar la máquina y efectuar un laminado adecuado. Este volante hace la función de ajustar o aflojar al cojinete, en el volante se acopla una señalética para la verificación del giro para

cada probeta, y verificar el número de vueltas que el perno recorre, esto ayuda a terminar la cantidad de trabajo en frío aplicada a la probeta. Figura 3.22

### **VOLANTE DE ALUMINIO**



Figura N° 3.22. Volante de aluminio.  
Fuente: Propia.

El volante se acopla, a la parte superior del perno, con un perno de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, y  $\frac{1}{4}$  de pulgada de longitud.

Este acople se realiza en uno de los pernos, para el avance y retroceso. Este proceso lo podemos observar en la figura N° 3.23.

---

[18]: Tecnología del taller mecánico 1, Montaje Ajuste soldadura Forja Plancha Ediciones CEAC Via layetana, 17 Barcelona-3 España.

### ACOPLE VOLANTE PERNO



Figura N° 3.23. Acople volante –perno..  
Fuente: Propia.

Se adquiere dos catalinas de moto, para cada perno, este proceso permite el avance y retroceso de los dos cojinetes, por medio de una cadena de moto acoplada a las catalinas. La catalina se observa en la figura N° 3.24.

### CATALINA



Figura N° 3.24. Catalina de moto.  
Fuente: Propia.

Se suelda un eje en el centro de cada catalina, y se realiza la perforación de un diámetro interno igual al módulo del perno, este proceso se realiza para adaptar a los dos pernos y por medio de una cadena de moto se hace el movimiento de transmisión entre los dos rodillos.

Este proceso lo podemos observar en la figura N° 3.25.

### CATALINA ACOPLADA AL EJE



Figura N° 3.25. Catalina acoplada al eje.  
Fuente: Propia.

Este par de catalinas, se acoplan a los pernos, con un prisionero, tal como se observa en la figura N° 3.26.

### CATALINA-PERNO



Figura N° 3.26. Catalina acoplada al perno.  
Fuente: Propia.

### 3.5.1. HOJA DE PROCESOS DE LOS PERNOS

| ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.  |  | ESFOT  |   |
|--|--|--|---|
| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.  |  |  |   |
| PROCESO DE FABRICACIÓN.  |  |  |   |
| <b>Denominación:</b><br>PERNOS DE AJUSTE.  |  | <b>Número de piezas.</b><br>2                                    |   |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>Sierra de vaiven,<br>Torno, Fresadora Universal.<br>Suelda.       |  | <b>Material:</b><br>ACERO SAE 1018 CON<br>PROCESO DE CEMENTACIÓN |   |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanny Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano. |  | <b>Número de Piezas.</b><br>EGRJADGA-0062015                     |   |
|  |  |  |   |
| ORDEN DE EJECUCIÓN.  |  |  |   |
| Nº.  | Denominación Operación.  | Esquema.   | Datos Técnicos.<br>n=R.P.M.<br>S=(avance) mm/rev<br>Vc=(velocidad de corte) m/min |
| 1  | 1.1. Se adquiere dos pernos M18X2<br>1.2. Desbaste para acople |  | Regimen de corte.   |

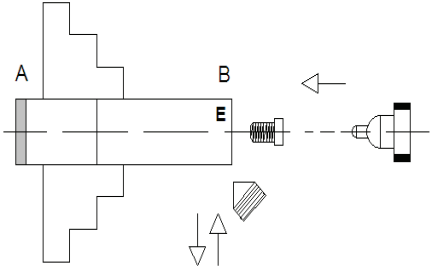
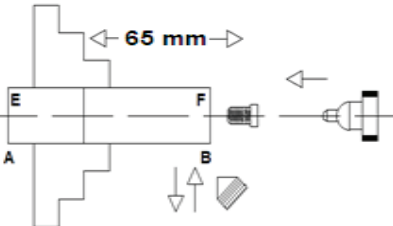
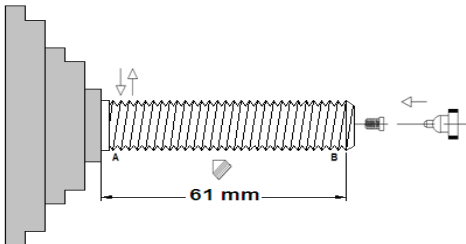
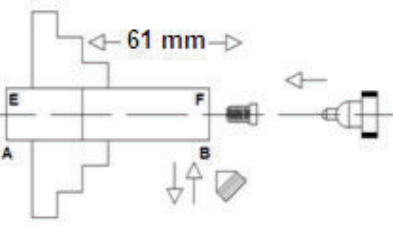
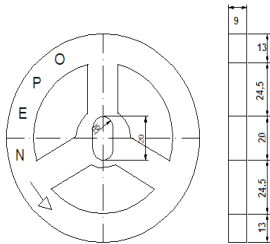
|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 2 | <p>2.1. Sujetar, centrar pieza</p> <p>2.2. Refrentar cara E</p> <p>2.3. Pasar broca del centro.</p>   |    | <p><math>n=250</math> rpm</p> <p>S=automático</p> <p><math>V_c=27</math> m/min</p>    |
| 3 | <p>3.1. Invertir y centrar pieza.</p> <p>3.2. Refrentar cara F a 65 mm.</p> <p>3.3. Pasar broca en el centro.</p>   |    | <p><math>N= 250</math> rpm</p> <p>S= automático</p> <p><math>V_c= 27</math> m/min</p> |
| 4 | <p>4.1. Sujetar, centrar pieza.</p> <p>4.2. Montaje de ruedas para tallada de rosca</p> <p>4.3. Tallado de rosca M18x2</p>                                |   | <p><math>N=250</math> rpm</p> <p><math>V_c=14</math> m/min</p>                        |
| 5 | <p>5.1. Cilindrar cara lateral a los dos lados del tornillo.</p> <p>5.2. Pasar broca en el centro.</p> <p>5.3. Pasar rosca en el centro del tornillo.</p> |  | <p><math>n=250</math> rpm</p> <p>S= automático</p> <p><math>V_c= 30</math> m/min</p>  |
| 6 | <p>6.1. Colocar volante.</p> <p>6.2. Sujetar, limpiar material</p>  |  | <p>Regimen de acople perno volante.</p>   |

TABLA 3.9. Hoja de procesos del perno.  
Fuente: Propia.

### 3.6. REDISEÑO DE LOS COJINETES SUPERIORES

Con la ayuda de la sierra de vaiven se corta el material necesario para construir los cojinetes superiores, se utiliza bronce fosfórico para el primer cojinete y acero dulce para el segundo cojinete, el material en bruto se centra en el husillo ajustándolo con las mordazas hasta tener el material fijo. Este proceso lo podemos observar en la figura N° 3.27



Figura N° 3.27. Construcción del Cojinete Superior.  
Fuente: Propia.

Centrada la pieza se procede al refrentado en los dos extremos del cojinete, este proceso lo podemos realizar en el torno. Acabado de refrentar los dos extremos de la pieza, procedemos a refrentar las 4 caras laterales hasta tener un cubo. Este proceso lo podemos observar en la figura N° 3.28.



### REFRENTADO DE CARAS LATERALES



Figura N° 3.28. Maquinado del cojinete.  
Fuente: Propia.

En uno de los lados se reduce el largo del cojinete superior, este proceso se hace de adentro hacia afuera para tener las patas laterales que van a servir de guía para trasladar al cojinete en forma vertical, este proceso sirve, para fijar el elemento. Se observa en la figura N° 3.29.

### REFRENTADO LATERAL



Figura N° 3.29. Refrentado de las guías.  
Fuente: Propia.

Se realiza el taladrado en el cojinete un diámetro de 24 milímetros, este proceso se lo hace con el fin de fijar al rodillo superior y no tener un desnivel al momento de rotar el rodillo superior para el laminado. Figura N° 3.30.

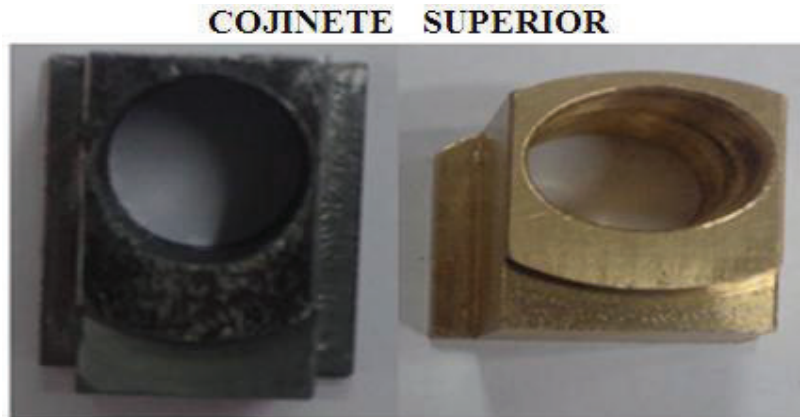


Figura N° 3.30. Cojinete superior.  
Fuente: Propia.

Para trasladar paralelamente el rodillo superior, se adapta en cada uno de los cojinetes un exceso de material en la parte inferior, este va a servir como guía para realizar el acople de resortes que se ubican en el rodillo inferior, estos resortes realizan la fuerza de repulsión y nivelan al rodillo superior.

En la parte superior se adapta un cilindro de apoyo, este realiza la fuerza de descanso del perno de ajuste. Figura N° 3.31.



Figura N° 3.31. Acople del cojinete superior.  
Fuente: Propia.

En la parte superior del cojinete se realiza una perforación que sirve como acople para adaptar los soportes del perno. Figura 3.32



Figura N° 3.32. Vista superior del Cojinete.  
Fuente: Propia.

De igual manera se adapta un par de acoples en la parte inferior del cojinete superior para tener la guía de los resortes que realizan la fuerza de repulsión para el rodillo superior. La figura N° 3.33 muestra los cojinetes superiores terminados.

**PROCESO TERMINADO EN LOS COJINETES**



Figura N° 3.33. Proceso terminado de los Cojinetes superiores.  
Fuente: Propia.

### 3.6.1. HOJA DE PROCESO DEL COJINETE SUPERIOR

|  |                                |  |  |
|--|--------------------------------|--|--|
| <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.</b>   |                                | <b>ESFOT</b>                           |  |
| <b>MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.</b>   |                                |  |  |
| <b>PROCESO DE FABRICACIÓN.</b>   |                                |  |  |
| <b>Denominación:</b><br>COJINETE SUPERIOR.   |                                | <b>Número de piezas.</b><br>2          |  |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>Sierra de vaiven, Torno, Fresadora Universal, Rectificadora.      |                                | <b>Material:</b><br>BRONCE, FOSFORICO. |  |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanni Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano. |                                | <b>Plano N°.</b><br>EGRJADGA-0072015   |  |
|  |                                |  |  |
| <b>ORDEN DE EJECUCIÓN.</b>   |                                |  |  |
| <b>N°.</b>   | <b>Denominación Operación.</b> | <b>Esquema.</b>                        | <b>Datos Técnicos.</b><br>n=R.P.M.<br>S=(avance) mm/rev<br>Vc=(velocidad de corte) m/min |

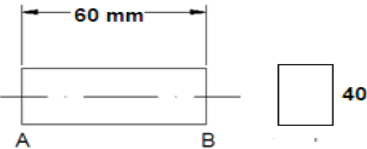
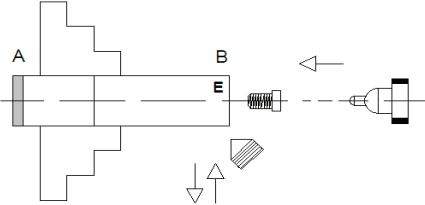
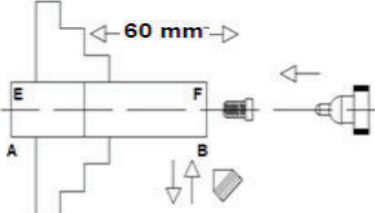
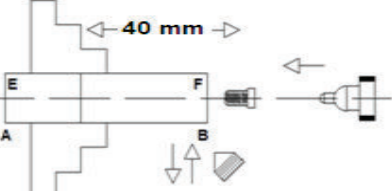
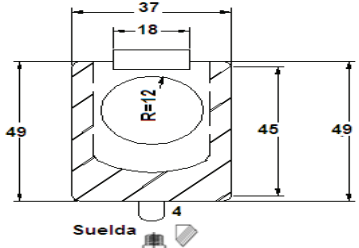
|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| 1 | 1.1.Cortar.<br>1.2.Verificar medidas en bruto   |    | Regimen de corte.                        |
| 2 | 2.1. Sujetar, Centrar Pieza<br>2.2. Refrentar cara E<br>2.3. Pasa broca del centro.   |    | n=1000<br>S=automático<br>Vc= 141 m/min  |
| 3 | 3.1. Invertir y centrar pieza.<br>3.2. Refrentar cara F a 60 mm.<br>3.3. Pasa broca en el centro.                                       |    | n=1000<br>S= automático<br>Vc= 141 m/min |
| 4 | 4.1. Pasa broca en el centro del lado superior.<br>4.2. Adaptar guía de los tornillos.  |  | n=1000<br>S= automático.                 |
| 5 | 5.1. Centrar pieza en el punto<br>5.2. Soldar el acople de 8 milímetros<br>5.3. Limpieza.<br>5.4. Eliminar Rebabas.<br>5.4. Mediciones. |  | n=1000<br>S= automático.                 |

TABLA N° 3.10 Hoja de proceso del Cojinete superior.  
Fuente: Propia.

### 3.6.2. HOJA DE PROCESO DEL COJINETE INFERIOR

| ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.   |                         | ESFOT                                |   |
|---|-------------------------|--------------------------------------|---|
| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.   |                         |                                      |   |
| PROCESO DE FABRICACIÓN.   |                         |                                      |   |
| <b>Denominación:</b><br>COJINETE INFERIOR.  |                         | <b>Número de piezas.</b><br>2        |   |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>Sierra de vaiven,<br>Torno, Fresadora Universal,<br>Rectificadora. |                         | <b>Material:</b><br>BRONCE FOSFORICO |   |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanni Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano.  |                         | <b>Plano N°.</b><br>ERJAGA-0082015   |   |
|   |                         |                                      |   |
| ORDEN DE EJECUCIÓN.   |                         |                                      |   |
| N°.   | Denominación Operación. | Esquema.                             | Datos Técnicos.<br>n=R.P.M.<br>S=(avance) mm/rev<br>Vc=(velocidad de corte) m/min |
|   |                         |                                      |   |

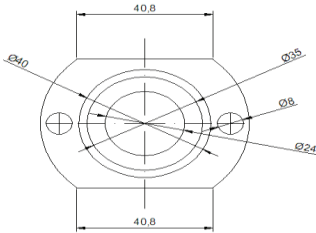
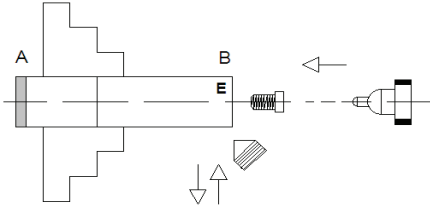
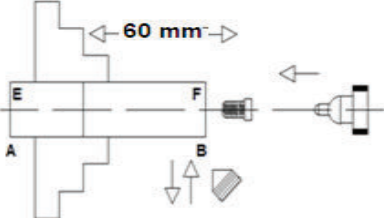
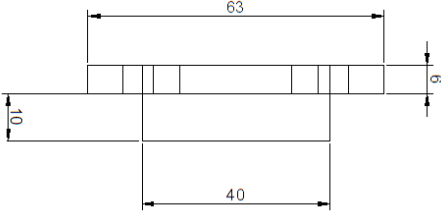
|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 1 | <p>1.1.Comprar bujes.<br/>1.2. Cortar, verificar el material en bruto.<br/>1.3.</p>  |     | Regimen de corte.                              |
| 2 | <p>2.1. Sujetar, Centrar Pieza<br/>2.2. Refrentar cara E y cara F</p>  |    | <p>n=500<br/>S=automático<br/>VC= 25 m/min</p> |
| 3 | <p>3.1.Pasar broca en el soporte a diámetro 24.<br/>3.2. Pasar rosca en los dos orificio..<br/>3.3. Limpieza.<br/>3.4. Eliminar rebabas.</p> |   | <p>n=1000<br/>S= automático</p>                |
| 4 | <p>4.1. Verificar mediciones</p>   |  | Regimen de medición.                           |

TABLA N° 3.11. Hoja de procesos del Cojinete inferior.  
Fuente: Propia.

### 3.7. REDISEÑO EN LA ESTRUCTURA

Para la estructura de la máquina se realiza una limpieza con guaípe y gasolina, una vez extraído todo el polvo y la grasa de la estructura se procede a pulir con la grata de alambre hasta sacar toda la pintura y dejarla liza, esto con el fin de pintarla adecuadamente el proceso de limpieza lo representamos en la figura N° 3.34.

#### LIMPIEZA DE LA ESTRUCTURA



Figura N° 3.34. Mantenimiento de la estructura.  
Fuente: Propia.

Pulida la estructura se procede a dar una capa de pintura electrostática de color negro esmalte a una temperatura aproximada de 60 grados centigrados, este tipo de pintura es recomendada para no tener fricciones en un futuro, la estructura pintada la podemos detallar en la figura N° 3.35.



## ESTRUCTURA DE LA LAMINADORA

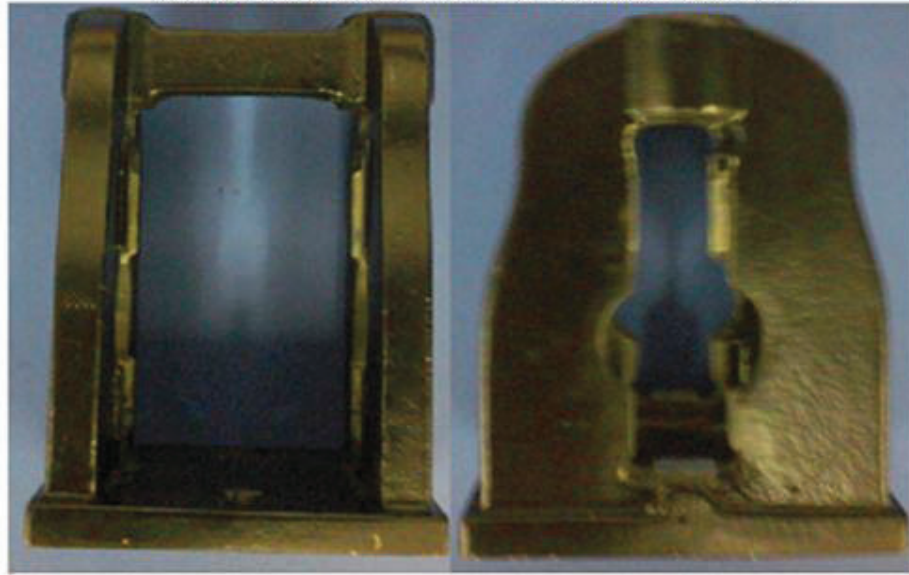


Figura N° 3.35. Estructura de la laminadora.  
Fuente: Propia.

En la tercera opción se establece un cambio a la estructura para facilitar el montaje de las nuevas piezas y dar un mejor mantenimiento en el futuro. La estructura en acero de fundición, da problemas de montaje y desmontaje de las piezas de la máquina, para ello se realizó un corte a la estructura, para facilitar el montaje de las piezas. Figura N° 3.36

## PROCESO DE CONSTRUCCIÓN



Figura N° 3.36. Cortes laterales de la estructura.  
Fuente: Propia.

Con la fresadora se realiza cuatro cortes simétricos en la parte superior de la estructura. Terminados los 4 cortes de simetria, se verifica con un calibrador las

longitudes. Se perfora con una broca de acero inoxidable de  $\frac{1}{2}$  pulgada de longitud, las cuatro esquinas para la colocación de los pernos. Se rosca la parte interna de los agujeros con un juego de machuelos de  $\frac{5}{16}$  de pulgada, para colocar los pernos halen de  $\frac{5}{16}$  de pulgada y  $\frac{1}{2}$  pulgada de longitud. Figura N° 3.37



Figura N° 3.37. Perforaciones.  
Fuente: Propia

Una vez realizado las roscas respectivas, se realiza un corte horizontal a la estructura, se pretende facilitar el montaje y desmontaje de las piezas. El operario puede dar un mantenimiento preventivo a la máquina con facilidad. Esta vista se observa en la figura N° 3.38.

## ESTRUCTURA DE ACERO

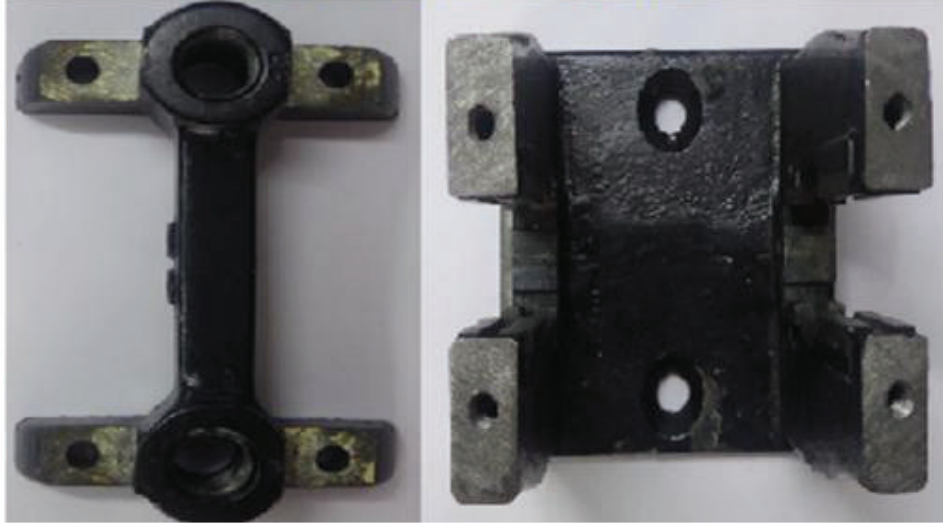


Figura N° 3.38. Vista superior de la estructura.  
Fuente: Propia.

Este corte facilita el montaje de las piezas de la máquina.

---

[19]: Tecnología mecánica 2, Willian Dickron Edición mexicana 1968, segunda edición, Pág. 25-28

### 3.7.1. HOJA DE PROCESOS DE LA ESTRUCTURA

| ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.  |                         | ESFOT                                  |   |
|--|-------------------------|--|---|
| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.  |                         |  |   |
| PROCESO DE FABRICACIÓN.  |                         |  |   |
| <b>Denominación:</b><br>ESTRUCTURA DE FUNDICIÓN.   |                         | <b>Número de piezas.</b><br>1          |   |
| <b>Máquina Herramienta:</b><br>Sierra de vaiven,<br>Torno, Fresadora Universal.                  |                         | <b>Material:</b><br>ACERO DE FUNDICIÓN |   |
| <b>Responsables:</b><br>Edison Giovanny Rodríguez Jácome<br>Adrián Dario Gualichicomín Anaguano. |                         | <b>Plano N°.</b><br>ERJAGA-0092015     |   |
|  |                         |  |   |
| ORDEN DE EJECUCIÓN.  |                         |  |   |
| N°.  | Denominación Operación. | Esquema.                               | Datos Técnicos.<br>n=R.P.M.<br>S=(avance) mm/rev<br>Vc=(velocidad de corte) m/min |
|  |                         |  |   |

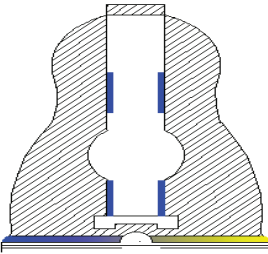
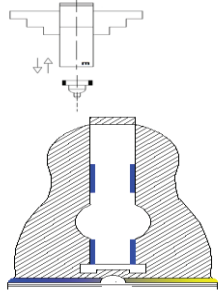
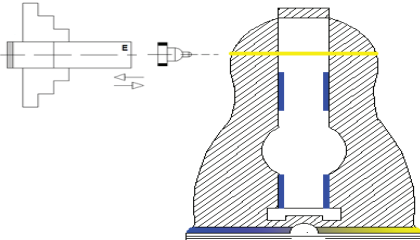
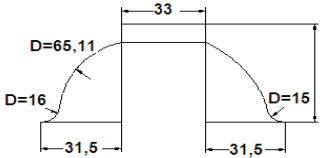
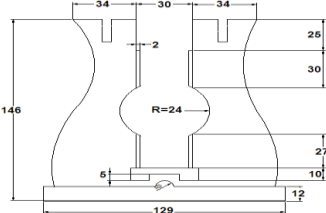
|   |  |  |                                  |
|---|--|--|----------------------------------|
| 1 | <p>1.1.Limpieza.<br/>1.2.Sujetar, centrar pieza.<br/>1.3 .Mediciones de la estructura</p>  |    | Regimen de limpieza.             |
| 2 | <p>2.1. Sujetar, centrar pieza<br/>2.2. Desbastar con fresa para maquinado vertical<br/>2.3. Refrentar caras laterales en los cuatro extremos.<br/>2.4. Pasar machuelo de M8x2 en los agujeros realizados.</p> |    | <p>n=1000<br/>S=automático</p>   |
| 3 | <p>3.1. Realizar corte lateral.<br/>3.2. Limpieza.</p>   |   | <p>n=1000<br/>S= automático.</p> |
| 4 | <p>4.1. Verificar medidas en la parte superior de la estructura.</p>   |  | Regimen de mediciones            |
| 5 | <p>6.1. Verificar medidas en la parte inferior de la estructura.</p>   |  | Regimen de mediciones.           |

TABLA N° 3.12. Hoja de proceso de la estructura.  
Fuente: Propia

Realizado los cortes necesarios a la estructura, se proceden adquirir los cojinetes inferiores.

Se compra los soportes de cojinetes para el rodillo inferior.

### **SOPORTE PARA COJINETES**



Figura N° 3.39. Soportes para cojinetes.  
Fuente: Propia.

### **3.8. MONTAJE DE LAS PIEZAS DE LA MÁQUINA**

El rodillo inferior tiene un sistema de cojinetes redondos fijos acoplados a la estructura, este sistema debe ser fijo para evitar el desnivel del rodillo, y tener un laminado adecuado, para mantener este sistema fijo se procede a fijarlo con pernos de cabeza hexagonal de 3/16 de pulgada y 3/4 de pulgada de longitud. Figura N° 3.40

### ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA

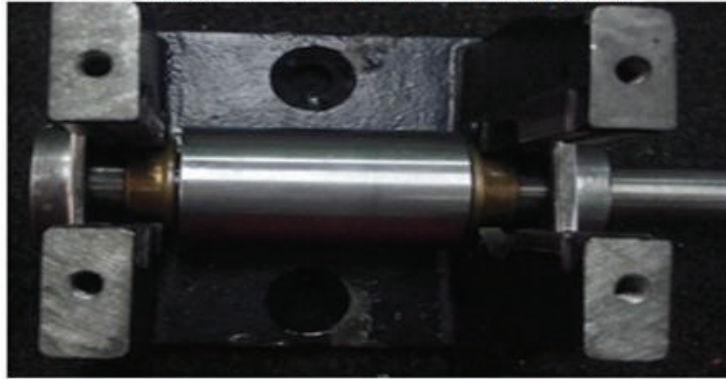


Figura N° 3.40. Sistema de cojinete inferior  
Fuente: Propia.

El rodillo superior tiene un sistema de cojinetes cuadrados con deslizamiento en forma vertical para el avance y retroceso del rodillo superior, este sistema tiene un par de resortes de cabeza cónica para la repulsión del rodillo superior, y nivelación del mismo. Figura N° 3.41

### PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.



Figura N° 3.41. Sistema de cojinete superior  
Fuente: Propia.

Se cierra el conjunto con la tapa superior de la estructura, con los pernos Allen de cabeza hexagonal de 5/16 de pulgada, con sus arandelas planas y de presión, estos pernos hacen la función de estabilizar al conjunto y mantener fijos el resto de elementos. Figura N° 3.41

### ACOPLE TAPA SUPERIOR



Figura N° 3.42. Acople de la tapa superior de la estructura.  
Fuente: Propia.

Se adapta el sistema de avance y retroceso de los pernos con su respectiva cadena. Para el avance y retroceso de los cojinetes superiores. Se coloca el templador de la cadena para tener un movimiento estable y seguro. Este proceso se observa en la figura N° 3.43

### CADENA, CATALINA, RODILLO

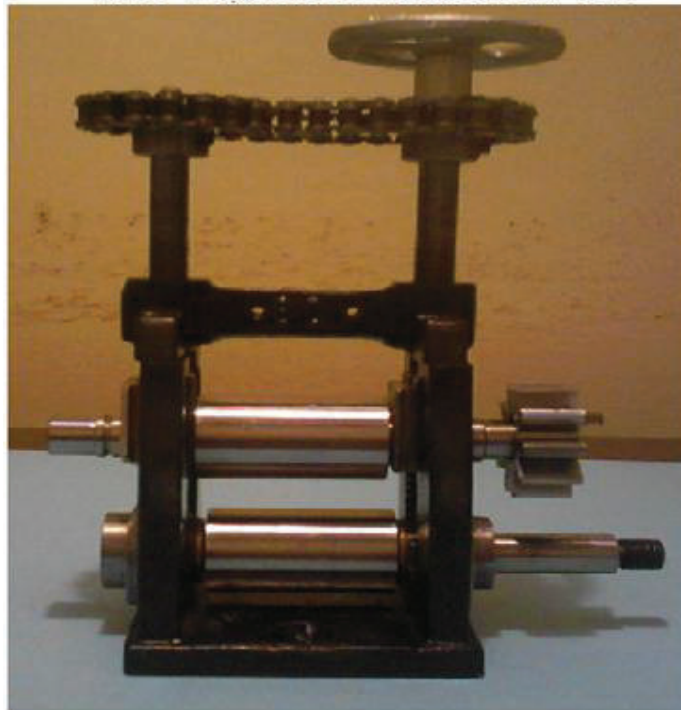


Figura N° 3.43. Sistema de avance y retroceso del perno.  
Fuente: Propia.



Para el movimiento de avance de los rodillos superior e inferior se coloca los engranes en los rodillos, estos se sujetan con la chaveta. Se coloca la manivela con el mango de madera en el rodillo inferior, para asegurar el mango de madera a la manivela se coloca una arandela plana con un perno. Finalmente se coloca en una mesa fija sujeta al piso para darle mayor estabilidad, y tener un mejor torque al momento de dar los avances respectivos. Todo este proceso se observa en la figura N° 3.43

## LAMINADORA VISTA SUPERIOR

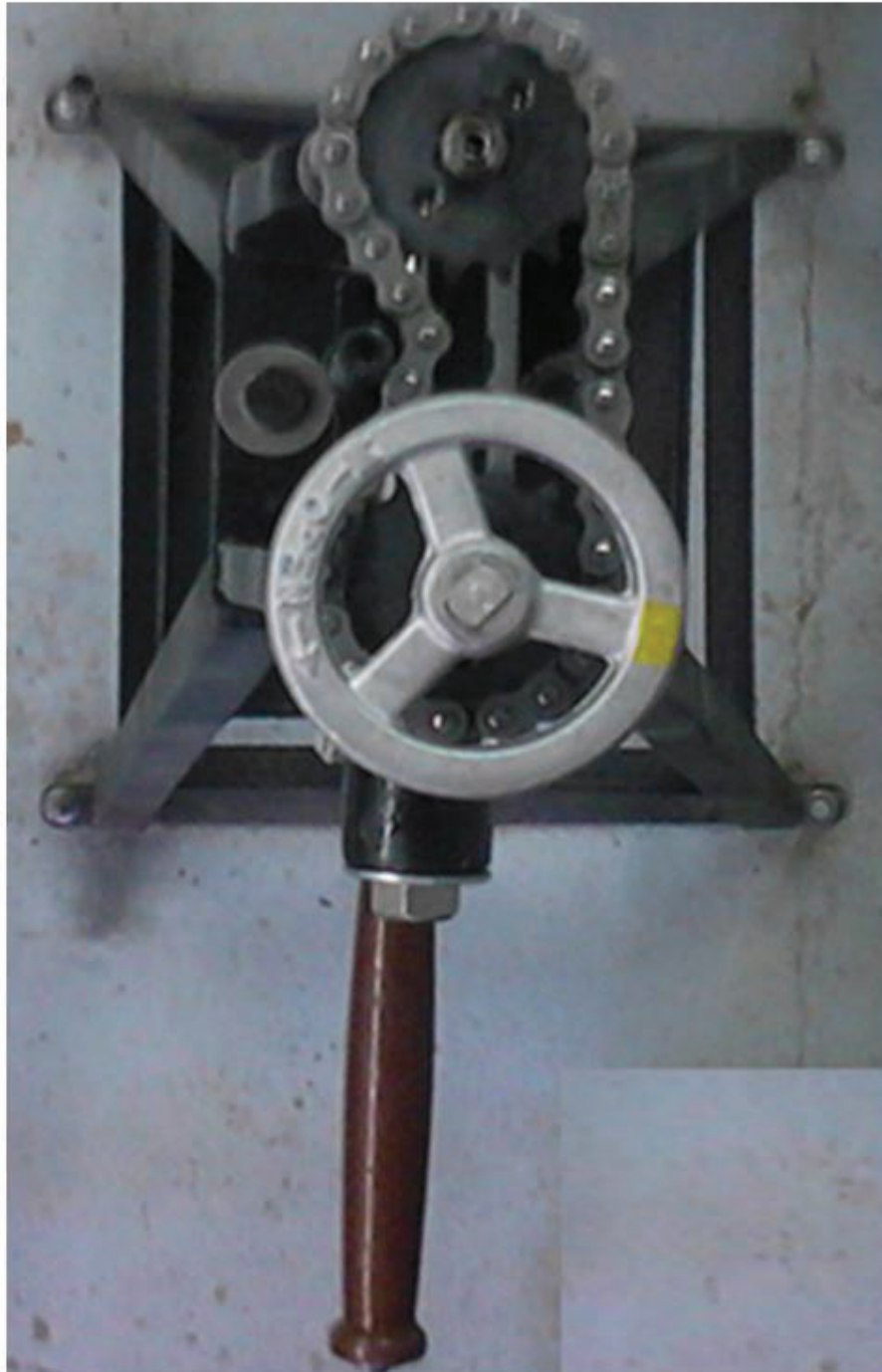


Figura N° 3.44. Acople mesa- laminadora.  
Fuente: Propia.

## CAPITULO IV

### 4.1. PRUEBAS DE CAMPO

Este proyecto tiene la finalidad de optimizar el funcionamiento de la laminadora y con ello reducir el diámetro de la probeta de aluminio, para ello se realiza las respectivas pruebas de funcionamiento en la máquina.

La probeta tiene un diámetro de 9.5 milímetros de espesor y una longitud de 80 milímetros, para nuestro estudio. Figura N° 4.1.

#### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

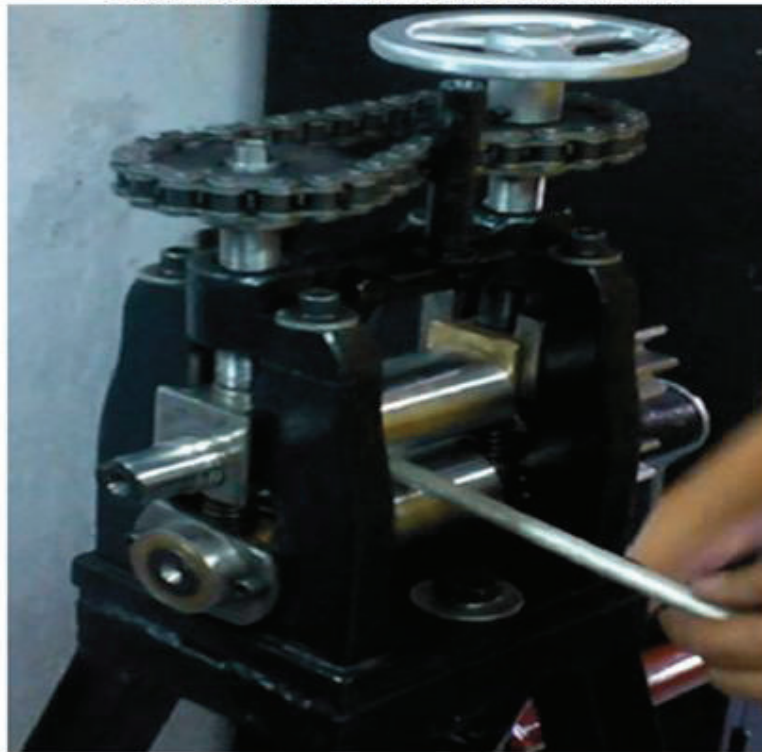


Figura N° 4.1. Pruebas de funcionamiento.  
Fuente: Propia.

#### 4.1.1. CÁLCULO DE LAS PRUEBAS DE CAMPO PARA ½ VUELTA

Para realizar los cálculos respectivos de la laminadora, se corta una probeta de 80 milímetros de longitud, y 3/8 de pulgada, con la ayuda de un cronómetro se toma los tiempos de pase de cada probeta, en la primera pasada se tomó como referencia 2,08 segundos.

#### 4.1.2. DATOS OBTENIDOS CON EL CALIBRADOR A ½ VUELTA

Con el calibrador se obtiene una probeta de 80 mm de longitud, el ancho de la probeta de 9,5 mm, el espesor de la probeta de 9,5 milímetros, el tiempo a media vuelta es de 2,08 segundos. Figura N° 4.2.

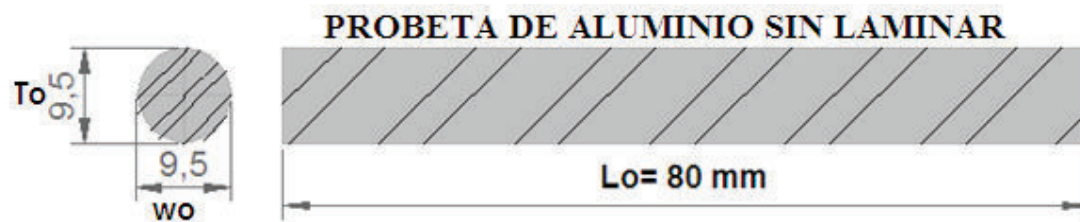


Figura N° 4.2. Probeta original a laminar.  
Fuente: Propia.

La longitud inicial de la probeta es de 80 milímetros, el espesor inicial de la probeta es de 9,5 milímetros, la altura de la probeta es de 9,5 milímetros, el tiempo a media vuelta es de 2,08 segundos, con estos cálculos se realiza los respectivos análisis de laminación. (Medido)

#### 4.1.3. CÁLCULO DEL ÁREA INICIAL A ½ VUELTA

$$\text{Área} = A_o = \frac{\pi}{4} (\varnothing)^2$$

$$A_o = \frac{\pi}{4} (9,5 \text{ mm})^2$$

$$A_o = 70,8821 \text{ mm}^2 \text{ (Calculado).}$$

#### 4.1.4. CÁLCULO DE LA DIFERENCIA DE LA PROBETA DE ALUMINIO

$$D = (T_o - T_f)$$

$$D = (9,5 \text{ mm} - 9,0468 \text{ mm})$$

$$D = 0,4532 \text{ mm.}$$

#### 4.1.5. CÁLCULO DE REDUCCIÓN A ½ VUELTA

$$r = \frac{D}{\phi_o} \times 100$$

$$r = \frac{0,4532 \text{ mm}}{9,5 \text{ mm}} \times 100$$

$$r = 4,77 \%$$

#### 4.1.6. CÁLCULO DEL ESPARCIDO A ½ VUELTA

$$t_o * w_o * l_o = t_f * w_f * l_f$$

$$W_f = \frac{t_o * w_o * l_o}{t_f * l_f}$$

$$W_f = \frac{(9,5 \text{ mm})(9,5 \text{ mm})(80 \text{ mm})}{(9,0468 \text{ mm})(80,3876 \text{ mm})}$$

$$W_f = \frac{7220}{727,25} \text{ mm}$$

$$W_f = 9,9278 \text{ mm.}$$

#### 4.1.7. CÁLCULO DEL AREA FINAL A ½ VUELTA

$$\text{Área Final} = A_f = \pi * a * b$$

$$A_f = \pi * (4,9639 \text{ mm}) * (4,5234 \text{ mm})$$

$$A_f = 70,5403 \text{ mm}^2 \text{ (Calculado).}$$

#### 4.1.8. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD LINEAL A ½ VUELTA

$$V_o = \frac{L_o}{t_1}$$

$$V_o = \frac{80\text{mm}}{2,08 \text{ seg}} * \frac{1\text{cm}}{10\text{mm}} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 0,03846 \frac{\text{m}}{\text{seg.}}$$

#### 4.1.9. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD VOLUMÉTRICA A ½ VUELTA

De la fórmula principal despejamos la velocidad final (Vf)

$$t_o * w_o * V_o = t_f * w_f * V_f$$

$$V_f = \frac{t_o * w_o * V_o}{t_f * w_f}$$

$$V_f = \frac{(9,5 \text{ mm})(9,5 \text{ mm})(0,03846 \frac{\text{m}}{\text{seg.}})}{(9,0468 \text{ mm})(9,9278 \text{ mm})}$$

$$V_f = 0,03864 \frac{\text{m}}{\text{seg.}}$$

#### 4.2.0. CÁLCULO DEL DESLIZAMIENTO A ½ VUELTA

$$S = \frac{V_f - V_r}{V_s}$$

$$S = \frac{0,03864 \text{ m/s} - 0,03855 \text{ m/s}}{0,03846 \text{ m/s}}$$

$$S = 0,00234 \text{ m/seg}$$

#### 4.2.1. CÁLCULO DE DEFORMACIÓN A ½ VUELTA

$$\varepsilon = \ln \frac{\phi_o}{\phi_f}$$

$$\varepsilon = \ln \frac{9,5}{9,0195}$$

$$\varepsilon = \ln(1,0532)$$

$$\varepsilon = 0,051902$$

#### 4.2.2. CÁLCULO DEL ESFUERZO A LA FLUENCIA

$$Yf = \frac{k\varepsilon^n}{n+1}$$

| Material  | Coeficiente resistencia K |     | Exponente de endurecimiento por deformación (n) |
|---|---------------------------|-----|---|
|   | Lb/pulg <sup>2</sup>      | Mpa |   |
| Aluminio Puro cocido.                               | 25                        | 175 | 0,20  |
| Aluminio Aleado recocido.                           | 35                        | 240 | 0,15  |
| Aluminio Aleado endurecido por tratamiento térmico. | 60                        | 400 | 0,10  |

TABLA N° 4.1. Coeficientes de resistencia, exponente de endurecimiento por deformación del aluminio cobre y acero

Fuente: <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/MATE/PROTOCOLO%20LAMINACION.pdf>

##### 4.2.2.1. Cálculo del Esfuerzo en Aluminio Aleado recocido en lb/pulg<sup>2</sup>

$$Yf = \frac{k\varepsilon^n}{n+1}$$

$$Yf = \frac{35 \frac{Lb}{pulg} (0,051902)^{0,15}}{0,15+1}$$

$$Yf = 19,527 \text{ Lb/pulg}^2$$

##### 4.2.2.2. Cálculo del Esfuerzo en Aluminio Aleado recocido en Mpa

$$Yf = \frac{k\varepsilon^n}{n+1}$$

$$Yf = \frac{240 \text{ Mpa} (0,051902)^{0,15}}{0,15+1}$$

$$Yf = 133,9032 \text{ Mpa}$$

#### 4.2.3. CÁLCULO DE LA DIFERENCIA MÁXIMA

$$d (\text{máx}) = U^2 * R$$

$$d (\text{máx}) = (0,1)^2 (22,5 \text{ mm}).$$

$$d (\text{máx}) = 0,225 \text{ mm}.$$

#### 4.2.4. LONGITUD DE CONTACTO

$$L = \sqrt{R(\phi_f - \phi_o)}$$

$$L = \sqrt{22,5 \text{ mm}(9,9278 \text{ mm} - 9,5 \text{ mm})}$$

$$L = \sqrt{22,5 \text{ mm}(0,4278)}$$

$$L = \sqrt{9,6255}$$

$$L = 3,102 \text{ mm}.$$

#### 4.2.5. MOMENTO DE TORSION

$$T = 0,5 * F * L$$

$$T = 0,5 * 2514,72 \text{ N} * 0,003102 \text{ m}$$

$$T = 3,9 \text{ N.m}$$

#### 4.2.6. CÁLCULO DE LA POTENCIA EN LOS RODILLOS A ½ VUELTA

$$V_m = \frac{V_f + V_o}{2}$$

$$V_m = \frac{0,03864 \frac{\text{m}}{\text{seg}} + 0,03846 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{2}$$

$$V_m = 0,03855 \text{ m/seg}$$

$$N = \frac{V_m}{R} = \frac{0,03855 \frac{\text{m}}{\text{seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}}}{22,5 \text{ mm} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}}$$

$$N = 16,361 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$P = \frac{\pi N F L}{30}$$



$$P = \frac{\pi * 16,361 \frac{rev}{min} * 2514,72N * 0,003102m}{30}$$

P = 13,365 watos.

#### 4.2.7. CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE TRABAJADO EN FRÍO

$$\%TF = \left( \frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) * 100$$

$$\%TF = \left( \frac{70,8821 - 70,5403}{70,8821} \right) * 100$$

$$\%TF = 0,48 \%$$

#### 4.2.8. CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE DESLIZAMIENTO

$$\%LF = \left( \frac{L_f - L_0}{L_f} \right) * 100$$

$$\%LF = \left( \frac{80,387 \text{ mm} - 80 \text{ mm}}{80,387 \text{ mm}} \right) * 100$$

$$\%LF = 0,48 \%$$

Se realiza la primera pasada a  $\frac{1}{4}$  de vuelta, la siguiente vez a  $\frac{1}{2}$  vuelta, con el calibrador medimos, el espesor final, y la longitud final de la probeta, repetimos este proceso cada  $\frac{1}{4}$  vuelta y se mide con el calibrador cada  $\frac{1}{2}$  vuelta hasta llegar a completar dos vueltas. La figura N° 4.2 indica la probeta de aluminio pasada  $\frac{1}{2}$  vuelta. Se presenta el laminado de la probeta a  $\frac{1}{2}$  vuelta en la figura N° 4.3.

## PROBETA LAMINADA A 1/2 VUELTA

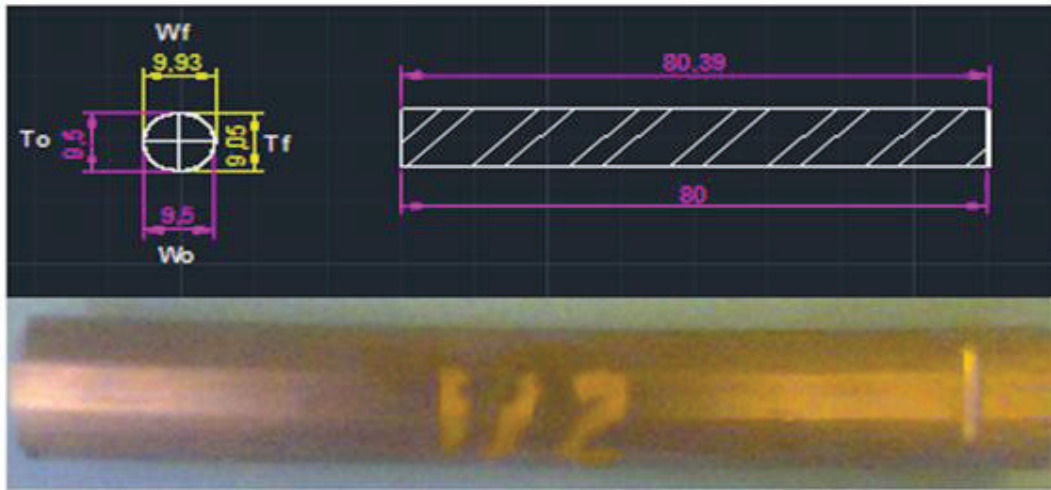


Figura N° 4.3. Probeta laminada a ½ vuelta.  
Fuente: Propia.

### 4.2. VALORES REALIZADOS A ½ VUELTA

| DATOS OBTENIDOS EN ½ VUELTA |                        |                      |                         |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| Longitud inicial (Lo)       | 80 mm                  | Longitud Final (LF)  | 80,3867 mm              |
| Ancho inicial (Wo)          | 9,5 mm                 | Ancho final (wf)     | 9,9278 mm               |
| Espesor inicial (To)        | 9,5 mm                 | Espesor final (Tf)   | 9,0468 mm               |
| Velocidad inicial (Vo)      | 0,03846 m/s            | Velocidad final (Vf) | 0,03867m/s              |
| Diferencia (D)              | 0.4532 mm              | Reducción (r)        | 4,77 %                  |
| Deslizamiento (S)           | 0,00234 m/s            | Diferencia máxima    | 0,225 mm                |
| Longitud de contacto (Lc)   | 3,28 mm                | Deformación          | 0,051902                |
| Área inicial                | 70,882 mm <sup>2</sup> | Área final           | 70,5403 mm <sup>2</sup> |
| Fuerza Rodillo              | 2514,72 N              | Momento de torsión   | 4,12 Nm                 |
| Potencia Rodillo            | 14,134 w               | % Trabajo en frio    | 0,48 %                  |
| % Longitud                  | 0.48%                  | Velocidad angular N  | 16,36 rev/min           |

TABLA N° 4.2. Pruebas de funcionamiento a ½ vuelta  
Fuente: Propia

Se repite el proceso a 1 vuelta, se considera los valores reales de la probeta antes de laminar.

### PROBETA LAMINADA A 1 VUELTA

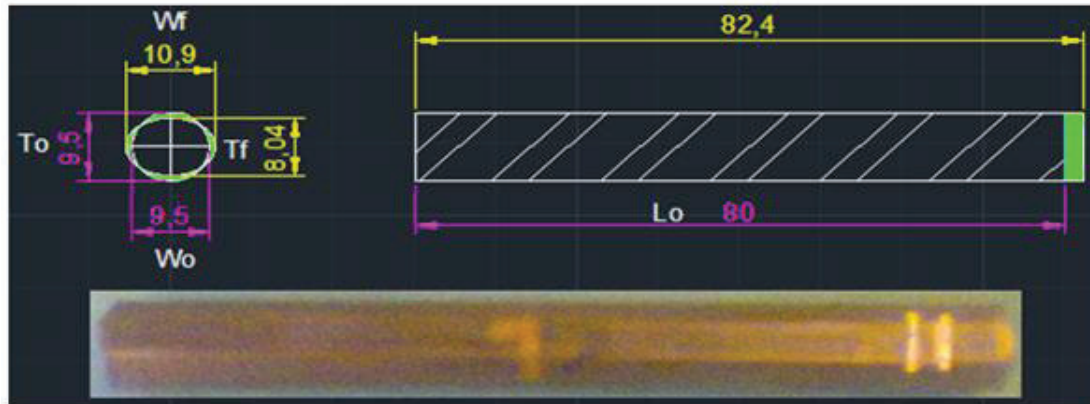


Figura N° 4.4. Probeta laminada a 1 vuelta.  
Fuente: Propia.

### 4.3. VALORES REALIZADOS A 1 VUELTA

| DATOS OBTENIDOS EN 1 VUELTA |                        |                      |                         |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| Longitud inicial (Lo)       | 80 mm                  | Longitud Final (LF)  | 82,3984 mm              |
| Ancho inicial (Wo)          | 9,5 mm                 | Ancho final (wf)     | 10,899 mm               |
| Espesor inicial (To)        | 9,5 mm                 | Espesor final (Tf)   | 8,039 mm                |
| Velocidad inicial (Vo)      | 0,03846 m/s            | Velocidad final (Vf) | 0,0396 m/s              |
| Diferencia (D)              | 1,461 mm               | Reducción (r)        | 15,37 %                 |
| Deslizamiento (S)           | 0,0148 m/s             | Diferencia máxima    | 0,225 mm                |
| Longitud de contacto (Lc)   | 5,610 mm               | Deformación          | -0,137                  |
| Área inicial                | 70,882 mm <sup>2</sup> | Área final           | 68,8142 mm <sup>2</sup> |
| Fuerza Rodillo              | 4934,46 N              | Momento de torsión   | 13,841 Nm               |
| Potencia Rodillo            | 48,018 w               | % Trabajo en frio    | 2,917 %                 |
| % Longitud                  | 2,91%                  | Velocidad angular N  | 16,564rev/min           |

TABLA N° 4.3. Pruebas de funcionamiento a 1 vuelta  
Fuente: Propia

Repetimos el proceso para 1 ½ vuelta, se realiza los cálculos.

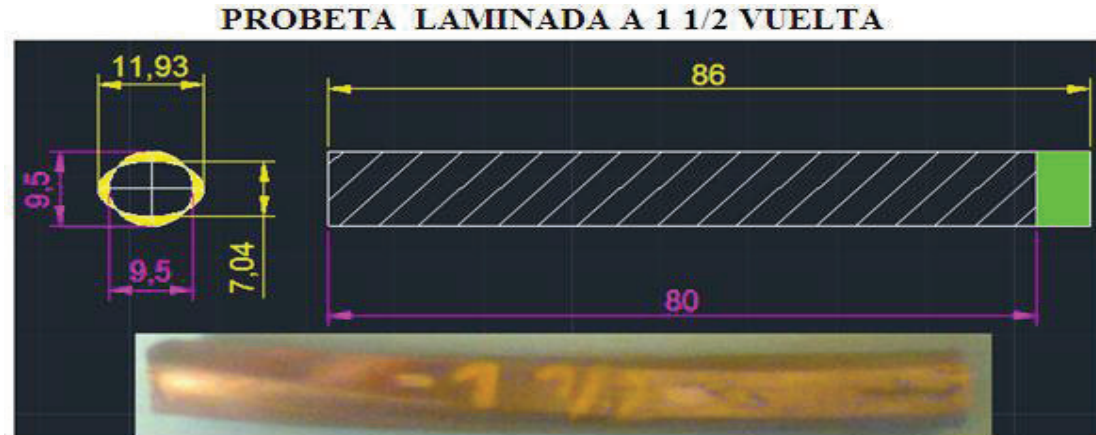


Figura N° 4.5. Probeta laminada a 1 1/2 vuelta.  
Fuente: Propia.

#### 4.4. VALORES REALIZADOS A 1 1/2 VUELTA.

| DATOS OBTENIDOS EN 1 ½ VUELTA |                        |                      |                         |
|-------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| Longitud inicial (Lo)         | 80 mm                  | Longitud Final (LF)  | 86 mm                   |
| Ancho inicial (Wo)            | 9,5 mm                 | Ancho final (wf)     | 11,926 mm               |
| Espesor inicial (To)          | 9,5 mm                 | Espesor final (Tf)   | 7,0390 mm               |
| Velocidad inicial (Vo)        | 0,03846 m/s            | Velocidad final (Vf) | 0,0413 m/s              |
| Diferencia (D)                | 2,461 mm               | Reducción (r)        | 25,905 %                |
| Deslizamiento (S)             | 0,0369 m/s             | Diferencia máxima    | 0,225 mm                |
| Longitud de contacto (Lc)     | 7,388 mm               | Deformación          | -0,227                  |
| Área inicial                  | 70,882 mm <sup>2</sup> | Área final           | 65,9319 mm <sup>2</sup> |
| Fuerza Rodillo                | 7110,69 N              | Momento de torsión   | 26,26 Nm                |
| Potencia Rodillo              | 93,1044w               | % Trabajo en frio    | 6,983 %                 |
| % Longitud                    | 6,97 %                 | Velocidad angular N  | 16,924rev/min           |

TABLA N° 4.4. Pruebas de funcionamiento a 1 1/2 vuelta  
Fuente: Propia

Finalmente se realiza 2 vueltas, se realiza los respectivos cálculos



Figura N° 4.6. Probeta laminada a 2 vueltas.  
Fuente: Propia.

#### 4.5. VALORES REALIZADOS A 2 VUELTAS

| DATOS OBTENIDOS EN 2 VUELTAS |                        |                      |                        |
|------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Longitud inicial (Lo)        | 80 mm                  | Longitud Final (LF)  | 95 mm                  |
| Ancho inicial (Wo)           | 9,5 mm                 | Ancho final (wf)     | 12,601 mm              |
| Espesor inicial (To)         | 9,5 mm                 | Espesor final (Tf)   | 6,031125 mm            |
| Velocidad inicial (Vo)       | 0,03846 m/s            | Velocidad final (Vf) | 0,0456 m/s             |
| Diferencia (D)               | 3,4688 mm              | Reducción (r)        | 36,51 %                |
| Deslizamiento (S)            | 0,0923 m/s             | Diferencia máxima    | 0,225 mm               |
| Longitud de contacto (Lc)    | 8,35 mm                | Deformación          | -0,282                 |
| Área inicial                 | 70,882 mm <sup>2</sup> | Área final           | 59,672 mm <sup>2</sup> |
| Fuerza Rodillo               | 8491,44 N              | Momento de torsión   | 35,451 Nm              |
| Potencia Rodillo             | 132,32 w               | % Trabajo en frio    | 15,81 %                |
| % Longitud                   | 15, 789%               | Velocidad angular N  | 17,822rev/min          |

TABLA N° 4.5. Pruebas de funcionamiento a 2 vueltas  
Fuente: Propia

#### 4.6. TABLA DE PORCENTAJES DE TRABAJO EN FRÍO

| PORCENTAJE DE TRABAJO EN FRÍO. |                    |                             |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Número de vueltas              | % Trabajo en Frío. | % Incremento de la longitud |
| Media Vuelta.                  | 0,48 %             | 0,48 %                      |
| Una vuelta                     | 2,917%             | 2.91 %                      |
| Una vuelta y media             | 6,983%             | 6,97 %                      |
| Dos vueltas.                   | 15,81%             | 15,789 %                    |

TABLA N° 4.6. Porcentajes de trabajo en el laminado.  
Fuente: Propia

[20]: El dibujo Técnico Mecánico por Straneo S. L. , Consorti, R. editor Barcelona Montoner y Simon 19769, Pág. 715- 720, 400-405

## 4.7. CONCLUSIONES

- Por medio de los resultados obtenidos como información de salida y del material adicional desarrollado, esta tesis cumple con los objetivos planteados en su inicio, aun cuando este trabajo sea perfectamente susceptible de mejoramiento en el aspecto de forma, debido básicamente a la diversidad de criterios que pueden existir respecto al tema.
- El tema planteado y desarrollado en esta tesis responde a la optimización de la laminadora que ha permitido investigar, desarrollar y aplicar los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación profesional y fomentar el trabajo en equipo.
- La fabricación de los elementos del laminador no presentan mayor complejidad y el material es de fácil obtención en el mercado nacional.
- El funcionamiento de la máquina permite obtener probetas con una mejor reducción de espesor a diferencia de los obtenidos previamente con la maquina sin optimizar.
- El costo de la máquina varió al presupuesto que se estableció en el plan de Proyecto presentado, debido a los gastos inesperados en el proceso de construcción de piezas nuevas y la compra de elementos normalizados, esto conlleva a un costo aproximado de 1300 dólares.
- La fuerza requerida para deformar las probetas está directamente relacionado al paso del volante, es decir que a mayor paso se deberá aplicar una mayor fuerza.
- El máximo trabajo en frio que se puede realizar en la máquina es con un diámetro de 3/8 de pulgada para el aluminio, aunque este valor

puede superarse en materiales más suaves como el oro, plata o estaño.



## 4.8. RECOMENDACIONES

- Desarrollar un tema de tesis dentro del mismo contexto sería una propuesta aceptable, presentando innovaciones acorde a cambios tecnológicos, incorporando nuevas funcionalidades al programa, utilizando herramientas de desarrollo alternativas, variando el planteo de objetivos y requerimientos con la ampliación o concretando en temas puntuales.
- Tomar en cuenta las normas de seguridad al momento de ensamblar las piezas de la laminadora, para evitar las roturas o aislamientos de las roscas.
- Realizar el mantenimiento periódico después de la práctica, tales como lubricación, y limpieza respectiva.
- Trabajar en rangos de diámetro de 1/2 pulgada (12,7mm) como máximo hasta 3 /16 (4,7mm) como mínimo.
- La máquina está diseñada para trabajar materiales blandos como aluminio plata, oro, antimonio, plomo, etc. De laminar materiales más duros podrían dañar los componentes de la misma.
- Se recomienda tener paralelismo entre ambos rodillos, para obtener el mismo, entre los dos rodillos se realiza las pruebas en vacío, se debe observar que la abertura entre los rodillos sean iguales, esto se lo puede verificar con una placa de acero inoxidable, verificar el estado estático del banco de trabajo.
- Guardar precauciones de seguridad para evitar accidentes de trabajo especialmente la introducción de los dedos en los rodillos.

# BIBLIOGRAFÍA

## TEXTOS Y TESIS

**[1]:** JAIME CALDERÓN, Diseño y Construcción de un Laminador duo para laboratorio, Pág. 1-9

**[2]:** LAWRENCE E. DOYLE CARL. Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros, Tercera edición, 12 de junio 2003, Pág. 276-278.

**[3]:** VARGAS JAIME; Tecnología de Mantenimiento; EPN; 2005; Pág. 28-32.

**[4]:** GALLARDO PRIETO, Técnicas y Prácticas del taller, o Trajo de los materiales en frío o en caliente, Editorial Científico o medico Barcelona –Madrid –Lisboa- Rio de Janeiro, Pág. 91-95.

**[5]:** Ing. JAIME VARGAS, Escuela Politécnica Nacional, Carrera de Ingeniería Mecánica, Tecnología de Virutaje, T., Pág.67

**[6]:** ELING- HEEREN; Ejercicios prácticos del taller Mecánico, tomo 1, Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, Pág. 17-63.

**[7]:** EDISON SIMBAÑA, DARWIN CH; Construcción de un Prototipo de máquina tapadora de Botellas rosca standard de 500 ml controlada mediante un PLC para microempresas, Quito octubre, 2012, Pág. 66

**[8]:** CONSORTI R. STRANEO S. L.; El dibujo Técnico Mecánico, editor Barcelona Montoner y Simon 19769, Pág. 715- 720, 400-405

**[9]:** WILLIAN DICKRON ; Tecnología mecánica 2, Edición mexicana1968, segunda edición, Pág. 25-28.

**[10]:** Manual de aceros especiales 2008, Pág. 2

**[11]:** CARLOS NETO NUÑEZ; Programa computacional para la administración del sistema de cableado estructurado de un edificio comercial.

**[12]:** ALEX PAÚL VACONEZ ORTIZ; Diseño y Simulación de una Máquina trituradora de Plásticos de 15 kg/hora para el laboratorio de conformado de la Facultad de Ingeniería, planos.

**[13]:** VALLEJO ZAMBRANO; Física vectorial; Tomo 2; primera edición; 1995; Pág. 180-190.

### **PAGINAS WEB**

Valera, S, 2 de marzo 2011, Proceso de Laminación,  
<http://es.scribd.com/doc/49858834/PROCESO-DE-LAMINACION#scribd>

Ing. Rodelo, C. septiembre del 2013; Laminación,  
<https://johnguio.files.wordpress.com/2013/09/clase-magistral-laminacic3b3n.pdf> ,

Tlg. Andrango, Y. 23 de noviembre del 2010, Plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de aire acondicionado, de los laboratorios NIFA S.A.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2581/1/CD-3265.pdf> , pág. 21-23

Tiposde.org, 2012, <http://www.tiposde.org/general/127-tipos-de-mantenimiento/#ixzz3mmEYujc1>

Asociación estudiantes Ingeniería Mecánica, Dibujo Técnico Mecánico, INEN, Quito Ecuador, 1989  
[http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3474\\_torno.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3474_torno.pdf) , pág. 12-

Tecnología del taller mecánico 1, Montaje Ajuste soldadura Forja Plancha Ediciones CEAC Via layetana, 17 Barcelona-3 España.

Dickron, W, Tecnología mecánica 2, Willian Dickron Edición mexicana 1968, segunda edición.

Garavito, J. febrero del 2008, Laminación,  
<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/MATE/PROTOCOLO%20LAMINACION.pdf>

Ing. Mecánica- Tecnología mecánica II, <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecnologia/II/PDF/cap-32.pdf>

Tecnología del taller mecánico 1, Montaje Ajuste soldadura Forja Plancha Ediciones CEAC Via layetana, 17 Barcelona-3 España.

Dickron, W, Tecnología mecánica 2, Edición mexicana 1968, segunda edición, Pág. 25-28

## INDICE DE FIGURAS

Procesos peligrosos métodos operativos

<https://www.google.com.ec/#q=proceso+de+laminaci%C3%B3n>

Cruz, V, Valencia, P, 12 de junio del 2013, Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras metálicas, [http://sistestructura6.blogspot.com/2013\\_06\\_01\\_archive.html](http://sistestructura6.blogspot.com/2013_06_01_archive.html)

Marfileño, O, 7 de febrero del 2010, Proceso de laminación en caliente, <http://es.slideshare.net/Lordbook/proceso-de-laminacin-en-caliente>, pag18

Diagrama de flujo de proceso, <http://alznprecoatedsteel.es/8-2-steel-cold-rolling-line.html>

Garavito, J, febrero del 2011, Laminación

[http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7885\\_laminacion.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7885_laminacion.pdf).

Ing. Rodelo, C. septiembre del 2013,

<https://johnguio.files.wordpress.com/2013/09/clase-magistral-laminacion3b3n.pdf>

## **ANEXO A**

## **MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA LAMINADORA**

Para el desarrollo de las actividades que se ejecuta en el Laboratorio de Metalografía ubicado en la Escuela Politécnica Nacional, se requiere disponer de una laminadora.

Por favor, asegúrese de que la máquina este firme en la mesa de trabajo, para garantizar la seguridad del usuario en primer lugar, y evitar que se estropeen o deterioren rápidamente piezas de la máquina.

### **OBJETIVO**

El objetivo de este manual de mantenimiento es dar a conocer algunos tipos de mantenimiento existentes, centrándonos en el preventivo y correctivo, dando pautas sobre las formas de realizarlo, medición y distribución de los tiempos de mantenimiento, estrategias, procedimientos, seguridad de los trabajos y aspectos a tener en cuenta, en cuanto a las partes constitutivas de la máquina.

### **APLICACIONES DE LA LAMINADORA DE ALUMINIO.**

La laminadora en frío, se utiliza para laminar materiales blandos como aluminio, bronce, oro, y estaño. Se puede trabajar con probetas blandas de máximo 9,5 mm de diámetro y mínimo de 5 mm de diámetro.

La laminadora tiene un manejo muy sencillo, su diseño permite ensamblar y desmontar las piezas de la máquina con facilidad en poco tiempo.

## ELEMENTOS DE LA LAMINADORA.



1. Rodillo Superior de acero Bohler K100.
2. Rodillo Inferior de acero Bohler K100.
3. Mango de madera.
4. Cojinetes redondos para rodillo.
5. Pernos de cabeza hexagonal de 1/8 x3/4
6. Tirafondos de 2 1/2 pulgada.
7. Pernos de cabeza hexagonal 1/2 x 3
8. Templador de cadena.
9. Cojinete Superior de bronce.
10. Volante de aluminio
11. Piñón de acero Bohler E 410.
12. Perno derecho de potencia.

13. Catalina Standard de moto.
14. Cadena de moto de una hilera.
15. Manivela.
16. Estructura de Hierro Fundido.
17. Tapa de la estructura de Hierro Fundido.
18. Resortes cónicos.
19. Chaveta
20. Perno de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.
21. Perno hexagonal de  $\frac{3}{16}$  de pulgada.
22. Perno hexagonal de  $\frac{5}{16}$  de pulgada.
23. Tornillo de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.
24. Arandelas planas.
25. Tuercas
26. Soporte para cojinete inferior.

## **PROCEDIMIENTO GENERAL**

Debido a la importancia del Mantenimiento preventivo en la prolongación de la vida útil de la máquina, y en su funcionamiento adecuado, se han determinado los siguientes pasos generales que debe poseer una rutina de mantenimiento.

1. Inspección de condiciones ambientales.
2. Limpieza general de la máquina.
3. Inspección visual general de la máquina.
4. Lubricación y engrase de los piñones y piezas móviles.
5. Reemplazo de partes intercambiables
6. Ajuste y calibración
7. Pruebas funcionales completas en vacío y a plena carga.



## **INSPECCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES**

Observar las condiciones del ambiente en las que se encuentra la máquina, ya sea en funcionamiento o en almacenamiento. Los aspectos que se recomienda evaluar son: Humedad, presencia de polvo, seguridad de la instalación y temperatura.

## **LIMPIEZA GENERAL DE LA MÁQUINA**

Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, moho, hongos, etc., en las partes externas que componen la máquina, mediante los métodos adecuados según corresponda. Esto podría incluir:

Limpieza de superficie externa utilizando limpiador de superficies líquido.  
Limpieza de residuos como virutas que puedan afectar los movimientos no visibles de la máquina.

## **INSPECCIÓN VISUAL GENERAL DE LA MÁQUINA**

Examinar o reconocer atentamente las partes o accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad de quitar los elementos de la máquina, tales como, pernos, arandelas, chavetas, piñones y rodillos, que sirvan para detectar corrosión, desgastes, vibración, roturas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo.

## **LUBRICACION Y ENGRASE DE PIEZAS MOVILES**

Lubricar y/o engrasar ya sea en forma directa las partes móviles que la máquina requiera, puede ser realizado en el momento de la inspección.

## **REEMPLAZO DE PARTES INTERCAMBIABLES**

La mayoría de las piezas de la máquina tales como piñones, rodillos están diseñadas para gastarse durante el funcionamiento. El reemplazo de estas partes

es un paso esencial del mantenimiento correctivo, y puede ser realizado en el momento de la inspección.

## **AJUSTE Y CALIBRACIÓN**

En el mantenimiento preventivo es necesario ajustar y calibrar la máquina, ya sea ésta una calibración o ajuste mecánico. Para esto deberá tomarse en cuenta lo observado anteriormente en la inspección del equipo, y de ser necesario poner en funcionamiento el equipo y realizar mediciones de los parámetros más importantes de éste, de modo que éste sea acorde a parámetros de funcionamiento, o cualquier otra referencia para detectar cualquier falta de ajuste y calibración. Luego de esto debe realizarse la calibración o ajuste que se estime necesaria, poner en funcionamiento el equipo y realizar la medición de los parámetros correspondientes, estas dos actividades serán necesarias hasta lograr que el equipo no presente signos de desajuste o falta de calibración.

## **PRUEBAS FUNCIONALES EN VACIO Y A PLENA CARGA.**

Corroborar el funcionamiento adecuado de la máquina para tener un proceso de laminado adecuado.

## **ELEMENTOS FABRICADOS**

- Mesa de trabajo
- Estructura de hierro fundido de una sola pieza con corte superior para facilitar montaje de piezas
- 2 Rodillos de laminación superior e inferior
- 2 Pernos de potencia para apertura y cierre
- 2 Piñones de 10 dientes con módulo 5 y 14,5 mm de altura de diente
- 2 Chavetas
- 1 Manivela de hierro fundido
- 1 Templador para cadena
- 1 Mango de madera para la manivela.
- 2 Cojinetes inferiores y 2 soportes para los mismos.

- 2 Cojinetes superiores con acople para resorte.

## **MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.**

- 1.- Colocar la mesa de trabajo empotrada al piso con Taco Fisher N° F10, o tirafondos de 2 pulgadas.
- 2.- Se coloca parte de la estructura de la máquina en la mesa de trabajo sujetando con dos pernos de  $\frac{1}{2}$  pulgada por 3 de longitud con su respectiva arandela plana y de presión.
- 3.- Se coloca los cojinetes inferiores con sus respectivos soportes acoplando directamente al rodillo inferior con 4 pernos Allen de  $\frac{3}{16}$  de pulgada por  $\frac{3}{4}$  de longitud.
- 4.- Se coloca los resortes en los acoples de los cojinetes superiores adaptando al rodillo superior.
- 5.- Se cierra el conjunto de la estructura con la tapa superior con 4 pernos allen de  $\frac{5}{16}$  de pulgada con su respectiva arandela plana y de presión.
- 6.- Se adapta las catalinas estándar en los dos pernos de potencia con su respectiva cadena.
- 7.- Se coloca los dos piñones en los dos rodillos con sus respectivas chavetas.
- 8.- Se coloca la manivela en el rodillo inferior con su respectivo mango de madera acoplando un perno de  $\frac{1}{8}$  de pulgada.

## **DESMONTAJE DE LAS PIEZAS DE LA MÁQUINA**

Para desmontar a la máquina se sigue los siguientes pasos.

- 1.- Se retira el tornillo de  $\frac{1}{8}$  x  $\frac{1}{4}$  de pulgada con un destornillador de estrella, para posteriormente retirar el mango de madera.

- 2.- Retirar la tuerca y la arandela plana del rodillo inferior, con una llave número 16.
- 3.- Se retira la manivela con un extractor de poleas.
- 4.-Se retira los dos piñones de sus respectivos rodillos con un extractor de poleas, teniendo cuidado de no dañar las chavetas.
- 5.-Se retira el templador de cadena con una llave hexagonal 10.
- 6.-Se retira el seguro de la cadena del eslabón.
- 7.-Se retira los pernos de potencia haciéndolo girar uniformemente, para posteriormente retirar el prisionero Allen de 1/8 , y retira las catalinas.
- 8.-Se abre el conjunto de la estructura con una llave Allen de 5/16.
- 9.-Se retira el rodillo superior, con sus respectivos cojinetes superiores, se realiza manualmente.
- 10.- Se retira los resortes cónicos manualmente
- 11.- Se retira los soportes de los cojinetes inferiores con una llave Allen de 3/16
- 12.- Se retira el rodillo inferior con un destornillador plano para hacer palanca.

### **FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO**

Se recomienda realizar el Mantenimiento Preventivo cada 3 meses y el Mantenimiento Correctivo cada 12 meses tomando en cuenta daños considerables en los elementos de la máquina.

Para esto se elabora la hoja y debe ser revisada por el jefe del laboratorio para que el trabajo a realizarse sea ejecutado por el auxiliar.

**ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS**

LABORATORIO DE METALOGRAFIA

| <b>Actividad</b>  | Fecha | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Inspección de condiciones ambientales.                  |       | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
| Limpieza general de la máquina                          |       | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
| Inspección visual general de la máquina.                |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Lubricación y engrase de los piñones y piezas móviles.  |       | x   |     | x   |     | x   |     | x   |     | x   |     | x   |     |
| Reemplazo de partes intercambiables                     |       |     | x   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   |     |
| Ajuste y calibración                                    |       | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Pruebas funcionales completas en vacío y a plena carga. |       | x   |     |     |     | x   |     |     |     | x   |     |     |     |

## **ANEXO B**

## CARACTERISTICAS DEL ACERO BOHLER K100

| Composition chimique (valeurs indicatives en %) /<br>Composición química (valores aproximados en %) |      |      |       |
|---|------|------|-------|
| C   | Si   | Mn   | Cr    |
| 2,00  | 0,25 | 0,35 | 11,50 |

### Conformación en caliente

#### Forjado:

1050 a 850°C

Enfriamiento lento en el horno o en material termoaislante.

#### Tratamiento térmico

##### Recocido blando:

800 - 850°C

Enfriamiento lento y controlado en el horno 10-20°C/h, hasta 600°C, enfriamiento posterior al aire.

Dureza después del recocido blando:

**máx. 248 Brinell.**

##### Recocido de eliminación de tensiones:

Aprox. 650°C

Enfriamiento lento en el horno.

Para disminuir la tensión después de un mecanizado extenso, o en herramientas complicadas. Tiempo de permanencia después del calentamiento a fondo: 1 - 2 horas en atmósfera neutra.

##### Temple:

940 - 970°C

Aceite, baño de sal de 220 a 250°C o 500 a 550°C, es posible un temple al aire o al aire comprimido hasta un espesor máximo de 25 mm en el límite superior de temperaturas de temple.

Tiempo de permanencia después del calentamiento a fondo: 15 - 30 minutos.

Dureza obtenible: 57 - 62 HRC.

### Revenido:

Calentamiento lento hasta la temperatura de revenido inmediatamente después del temple / tiempo de permanencia en el horno: 1 hora por cada 20 mm de espesor de la pieza, pero como mínimo 2 horas / enfriamiento al aire.

Los valores aproximados de la dureza alcanzable después del revenido figuran en el diagrama de revenido.

En determinados casos puede resultar conveniente reducir la temperatura de revenido, prolongando el tiempo de permanencia.

#### Courbe de revenu

Température de trempe:  
—— 950°C  
- - - - 1000°C  
Éprouvette: carré 20 mm

#### Diagrama de revenido

Temperatura de temple:  
—— 950°C  
- - - - 1000°C  
Sección de la probeta: cuadrada 20 mm

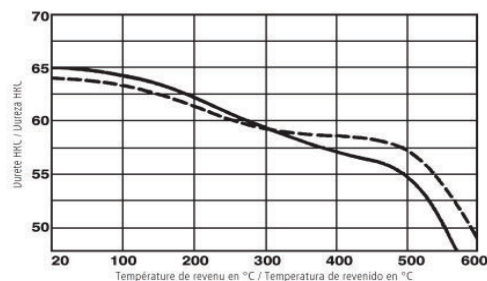
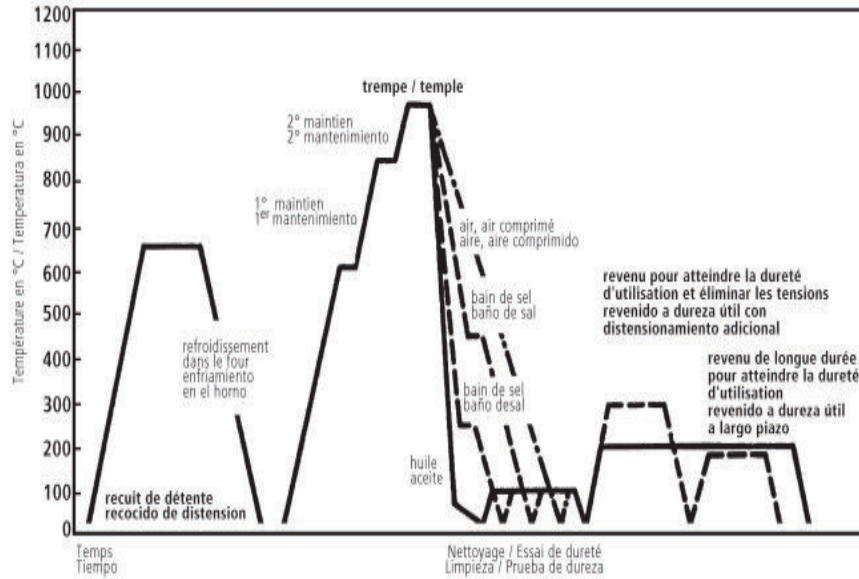


Schéma du traitement thermique / Esquema de tratamiento térmico

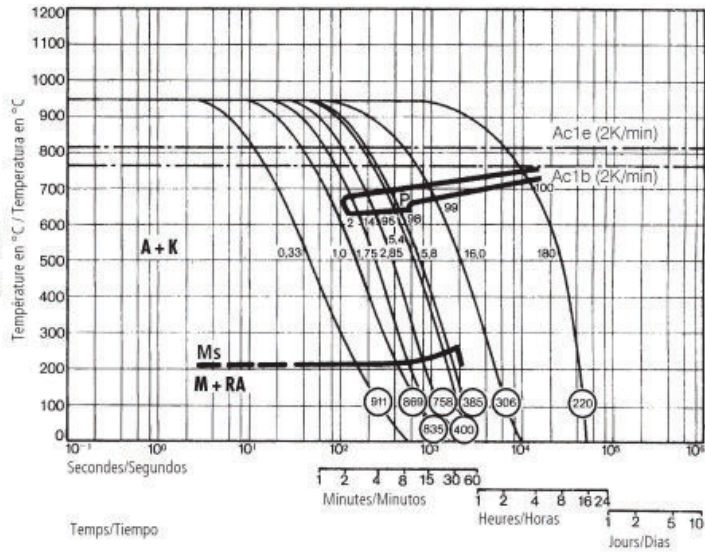


| Composition chimique (valeurs indicatives en %) /<br>Composición química (valores aproximados en %) |      |      |       |      |      |
|---|------|------|-------|------|------|
| C   | Si   | Mn   | Cr    | Ni   | W    |
| 1,98  | 0,19 | 0,32 | 11,84 | 0,18 | 0,05 |

Diagrama CCT para enfriamiento continuo

Temperatura de austenización: 950°C  
Tiempo de permanencia: 30 minutos

○ Dureza Vickers  
2... 100 Componentes de estructura en %  
0,33... 180 Parámetro de enfriamiento, es decir, duración del enfriamiento de 800-500°C en  $s \times 10^{-2}$   
2K/min... Velocidad de enfriamiento en K/min en el margen de 800 - 500°C





**Recomendaciones para la mecanización**

(Estado de tratamiento térmico: recocido blando, valores aproximados)

| <b>Tornear con metal duro</b>  |                        |                        |                        |                      |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Profundidad de corte, mm   | 0,5 hasta 1            | 1 hasta 4              | 4 hasta 8              | > 8                  |
| Avance, mm/r.  | 0,1 hasta 0,3          | 0,2 hasta 0,4          | 0,3 hasta 0,6          | 0,5 hasta 1,5        |
| Calidad de metal duro BÖHLERIT   | SB10, SB20             | SB10, SB20, EB10       | SB30, EB20             | SB30, SB40           |
| Calidad ISO  | P10, P20               | P10, P20, M10          | P30, M20               | P30, P40             |
| <b>Velocidad de corte m/min</b>  |                        |                        |                        |                      |
| Plaquitas de corte recambiables<br>Duración 15 min   | 210 hasta 150          | 160 hasta 110          | 110 hasta 80           | 70 hasta 45          |
| Herramientas de metal duro soldadas<br>Duración 30 min   | 150 hasta 110          | 135 hasta 85           | 90 hasta 60            | 70 hasta 35          |
| Plaquitas de corte recambiables con revestimiento<br>Duración 15 min<br>BÖHLERIT ROYAL 121<br>BÖHLERIT ROYAL 131 | hasta 210<br>hasta 140 | hasta 180<br>hasta 140 | hasta 130<br>hasta 100 | hasta 80<br>hasta 60 |
| Ángulo de corte para herramientas<br>de metal duro soldadas  |                        |                        |                        |                      |
| Ángulo de ataque   | 6 hasta 12°            | 6 hasta 12°            | 6 hasta 12°            | 6 hasta 12°          |
| Ángulo de libre  | 6 hasta 8°             | 6 hasta 8°             | 6 hasta 8°             | 6 hasta 8°           |
| Ángulo de inclinación  | 0°                     | menos 4°               | menos 4°               | menos 4°             |

| <b>Tornear con acero rápido</b> |                       |             |             |
|---------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| Profundidad de corte, mm        | 0,5                   | 3           | 6           |
| Avance, mm/r.                   | 0,1                   | 0,4         | 0,8         |
| Calidad BOHLER/DIN              | S700 / DIN S10-4-3-10 |             |             |
| <b>Velocidad de corte m/min</b> |                       |             |             |
| Duración 60 min                 | 30 hasta 20           | 20 hasta 15 | 18 hasta 10 |
| Ángulo de ataque                | 14°                   | 14°         | 14°         |
| Ángulo de libre                 | 8°                    | 8°          | 8°          |
| Ángulo de inclinación           | menos 4°              | menos 4°    | menos 4°    |

| <b>Fresar con cabezales de cuchillas</b> |               |               |
|--|---------------|---------------|
| Avance, mm/diente                        | hasta 0,2     | 0,2 hasta 0,4 |
| <b>Velocidad de corte m/min</b>          |               |               |
| BÖHLERIT SBF/ ISO P25                    | 150 hasta 100 | 110 hasta 60  |
| BÖHLERIT SB40/ ISO P40                   | 100 hasta 60  | 70 hasta 40   |
| BÖHLERIT ROYAL 131 / ISO P35             | 130 hasta 85  | 130 hasta 85  |

| <b>Mandrinar con metal duro</b>      |                 |                 |                 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Diámetro del taladro, mm             | 3 hasta 8       | 8 hasta 20      | 20 hasta 40     |
| Avance, mm/r.                        | 0,02 hasta 0,05 | 0,05 hasta 0,12 | 0,12 hasta 0,18 |
| Calidad de metal duro BÖHLERIT / ISO | HB10/K10        | HB10/K10        | HB10/K10        |
| <b>Velocidad de corte m/min</b>      |                 |                 |                 |
|                                      | 50 hasta 35     | 50 hasta 35     | 50 hasta 35     |
| Ángulo de punta                      | 115 hasta 120°  | 115 hasta 120°  | 115 hasta 120°  |
| Ángulo de despullo                   | 5°              | 5°              | 5°              |

|                                |                             |                |                |                |                |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Tipo de aleación.</b>       | <b>C 0.16</b>               | <b>Si 0.25</b> | <b>Mn 1,15</b> | <b>Cr 0.95</b> | <b>%</b>       |
| <b>Color de identificación</b> | <b>Blanco- negro</b>        |                |                | <b>AISI</b>    | <b>5115</b>    |
| <b>Estado de suministro</b>    | <b>Laminado en caliente</b> |                |                | <b>DIN</b>     | <b>16MnCr5</b> |

## **ANEXO C**

---

## CARACTERISTICAS DEL ACERO BOHLER E410

### PROPIEDADES

Acero para cementación aleado al cromo- manganeso para piezas de construcción mecánica sometidas a desgaste superficial y elevados esfuerzos mecánicos. Gran tenacidad en el núcleo una vez cementado.

### EMPLEO

Para la fabricación de repuestos para automotores y maquinaria en general, como bielas, bujes, piñones rectos, piñones cónicos, piñones helicoidales, ejes, sinfines, palancas, piezas de dirección, pines, vástagos.

### TRATAMIENTO TÉRMICO

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Forjado                             | 1050-850°C |
| Recocido                            | 650-700°C  |
| Enfriamiento lento en el horno      |            |
| Distensionado                       | 500°C      |
| Cementación                         | 880-980°C  |
| Temple                              | 810-840°C  |
| Enfriamiento en aceite, baño de sal |            |
| Dureza obtenible                    |            |
| En el núcleo                        | 30-35 HRC  |
| En la capa cementada                | 58-62HRC   |
| Revenido                            | 150-200°C  |

## PROPIEDADES MECANICAS EN EL NÚCLEO DE LA PIEZA CEMENTADA

| Diámetro | Límite de<br>Función. | Resistencia<br>a la<br>tracción | Alargamiento | Concentración | Dureza |       |
|----------|-----------------------|---------------------------------|--------------|---------------|--------|-------|
| <16      | -min                  | 1000                            | 8            | 35            | 10     | 58-62 |
| >16<40   | -min                  | 900                             | 9            | 40            |        |       |
| >40<100  | -min                  | 800                             | 10           | 40            |        |       |

### SOLDADURA DE UNIÓN O REPARACIÓN:

Electrodo recomendado UTP 641.

Pre calentamiento a 250 - 300°C

## **ANEXO D**

## GLOSARIO DE TERMINOS

D= Diferencia.  $r$ =Reducción  $V_f$ =Velocidad final del trabajo (m/s o RPM)

$t_f$  = Espesor final, o diámetro final (mm).

$t_o$  = Espesor inicial o diámetro inicial (mm).

$w_o$  = ancho inicial del trabajo (mm).

$l_o$  = largo inicial del trabajo (mm).

$w_f$  = ancho final del trabajo (mm).

$l_f$  = largo final del trabajo (mm).

$V_o$  = Velocidad inicial del trabajo. (m/s o rpm)  $V_f$ = Velocidad final del trabajo.(m/s o rpm)

$S$ = deslizamiento hacia adelante (Adimensional).

$V_r$  = Velocidad superficial (m/s o rpm).

$V_s$  = Velocidad entrada o inicial (m/s o rpm).

$\epsilon$  = deformación real. (Adimensional).

$\ln$ = logaritmo natural. (Adimensional).

$Y_f$  = Esfuerzo de fluencia promedio (MPa).

$k$  = Constante de resistencia, constante propia de cada material (MPa).

$n$ = Exponente de endurecimiento por deformación, constante propia de cada material  $d$  (máx) = diferencia máxima (mm).

$U$  = coeficiente de fricción del material a laminar. (adimensional)

$R$  = radio del rodillo (mm).  $F$  = Fuerza de laminado (N).

$P$  = Presión del laminado (Mpa).

$L$  = Longitud de contacto entre el rodillo y el material de trabajo en (mm).

$T$ = Momento de Torsión (Nm).

$P$  = Potencia (wattios)  $N$  = velocidad de rotación (rev/min).

$A_o$ = Area transversal original del metal ( $m^2$ )

$A_f$ = Area transversal después de la deformación ( $m^2$ )

%TF= Endurecimiento por deformación.

## **ANEXO E**

## CADENA DE RODILLOS DIMENSIONES

| <b>CADENAS DE RODILLOS DIMENSIONES</b> |           |                         |                |            |             |                      |                                   |                    |            |                    |             |             |           |       |
|--|-----------|-------------------------|----------------|------------|-------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|------------|--------------------|-------------|-------------|-----------|-------|
|  |           |                         |                |            |             |                      |                                   |                    |            |                    |             |             |           |       |
| DIMENSIONES                            |           |                         |                |            |             |                      |                                   |                    |            |                    |             |             |           |       |
| Cadena<br>nº                           | Paso<br>p | Diámet.<br>rodillo<br>d | Ancho interior |            |             | Ancho<br>mallas<br>F | Paso<br>transv.<br>R <sub>1</sub> | Grupo de<br>mallas |            | Ancho de la cadena |             |             | Espesores |       |
|  |           |                         | Sencilla<br>C  | Doble<br>D | Triple<br>E |                      |                                   | Sencilla<br>L      | Doble<br>M | Triple<br>N        | Cabeza<br>P | Tuerca<br>R |           |       |
| 1                                      | 8,00      | 5,00                    | 3,00           | 8,84       | 14,27       | 8,37                 | 5,64                              | 2,64               | 8,28       | 8,13               | 13,97       | 19,56       | 1,27      | 3,05  |
| 2                                      | 9,525     | 6,35                    | 3,94           | —          | —           | 8,51                 | —                                 | —                  | —          | 11,18              | —           | —           | 1,27      | 3,30  |
| 3                                      | 9,525     | 6,35                    | 5,72           | 15,95      | 26,19       | 8,51                 | 10,24                             | 4,52               | 14,76      | 12,95              | 23,37       | 33,53       | 1,40      | 3,30  |
| (4)                                    | 12,70     | 7,75                    | 3,30           | —          | —           | 10,16                | —                                 | —                  | —          | 10,16              | —           | —           | 1,40      | 3,81  |
| 5                                      | 12,70     | 7,75                    | 4,88           | —          | —           | 10,16                | —                                 | —                  | —          | 11,68              | —           | —           | 1,40      | 3,81  |
| 6                                      | 12,70     | 8,51                    | 5,21           | —          | —           | 12,07                | —                                 | —                  | —          | 13,97              | —           | —           | 1,40      | 3,81  |
| 7                                      | 12,70     | 8,51                    | 7,75           | 21,67      | 35,59       | 12,07                | 13,92                             | 6,17               | 20,09      | 16,51              | 30,48       | 44,45       | 1,40      | 3,81  |
| (8)                                    | 15,875    | 7,75                    | 3,30           | —          | —           | 10,16                | —                                 | —                  | —          | 10,16              | —           | —           | 1,40      | 3,81  |
| (9)                                    | 15,875    | 7,75                    | 4,88           | —          | —           | 10,16                | —                                 | —                  | —          | 11,68              | —           | —           | 1,40      | 3,81  |
| 10                                     | 15,875    | 10,16                   | 6,48           | —          | —           | 14,73                | —                                 | —                  | —          | 16,00              | —           | —           | 1,52      | 4,06  |
| 11                                     | 15,875    | 10,16                   | 9,65           | 26,24      | 42,82       | 14,73                | 16,59                             | 6,93               | 23,52      | 19,05              | 35,81       | 52,32       | 1,52      | 4,06  |
| 12                                     | 19,05     | 12,07                   | 7,87           | —          | —           | 16,38                | —                                 | —                  | —          | 18,29              | —           | —           | 1,65      | 4,57  |
| 13                                     | 19,05     | 12,07                   | 11,68          | 31,14      | 50,60       | 16,38                | 19,46                             | 7,77               | 27,23      | 22,10              | 41,66       | 61,21       | 1,65      | 4,57  |
| 14                                     | 25,40     | 15,88                   | 12,70          | —          | —           | 20,83                | —                                 | —                  | —          | 31,75              | —           | —           | 2,03      | 5,33  |
| 15                                     | 25,40     | 15,88                   | 17,02          | 48,90      | 80,77       | 20,83                | 31,88                             | 14,86              | 46,74      | 36,07              | 68,07       | 99,82       | 2,03      | 5,33  |
| (16)                                   | 31,75     | 19,05                   | 14,22          | —          | —           | 25,40                | —                                 | —                  | —          | 37,85              | —           | —           | —         | 6,10  |
| 17                                     | 31,75     | 19,05                   | 19,56          | 56,01      | 92,46       | 25,40                | 36,45                             | 16,89              | 53,34      | 43,18              | 79,76       | 115,08      | —         | 6,10  |
| 18                                     | 38,10     | 25,40                   | 25,40          | 73,76      | 122,12      | 33,53                | 48,36                             | 22,96              | 71,32      | 53,34              | 101,85      | 150,11      | —         | 6,60  |
| (19)                                   | 44,45     | 27,94                   | 22,23          | —          | —           | 33,53                | —                                 | —                  | —          | 56,13              | —           | —           | —         | 7,37  |
| 20                                     | 44,45     | 27,94                   | 30,99          | 90,55      | 150,11      | 33,53                | 59,56                             | 28,58              | 88,14      | 64,77              | 124,46      | 183,90      | —         | 7,37  |
| (21)                                   | 50,80     | 29,21                   | 22,23          | —          | —           | 40,13                | —                                 | —                  | —          | 58,67              | —           | —           | —         | 7,87  |
| 22                                     | 50,80     | 29,21                   | 30,99          | 89,54      | 148,08      | 40,13                | 58,55                             | 27,56              | 86,11      | 67,31              | 125,98      | 184,40      | —         | 7,87  |
| 23                                     | 63,50     | 39,37                   | 38,10          | 110,39     | 182,68      | 52,83                | 72,29                             | 34,19              | 106,48     | 82,55              | 154,94      | 227,33      | —         | 9,14  |
| 24                                     | 76,20     | 48,26                   | 45,72          | 136,93     | 288,14      | 64,26                | 91,21                             | 45,49              | 136,70     | 99,06              | 190,50      | 281,69      | —         | 10,41 |
| 25                                     | 88,90     | 53,98                   | 53,34          | 159,94     | —           | 78,23                | 106,60                            | 53,26              | —          | 114,30             | 220,98      | —           | —         | 11,68 |
| 26                                     | 101,60    | 63,50                   | 60,96          | 180,85     | —           | 92,20                | 119,89                            | 58,93              | —          | 130,81             | 250,70      | —           | —         | 12,95 |
| 27                                     | 114,30    | 72,39                   | 68,58          | 204,85     | —           | 104,39               | 136,27                            | 67,69              | —          | 147,32             | 283,72      | —           | —         | 14,22 |
| 28                                     | 127,00    | 79,38                   | 76,20          | 226,70     | —           | 116,33               | 150,50                            | 74,30              | —          | 162,56             | 313,18      | —           | —         | 15,49 |
| 29                                     | 152,40    | 95,25                   | 91,44          | 271,53     | —           | 139,19               | 180,09                            | 88,65              | —          | 194,31             | 374,40      | —           | —         | 18,03 |
| 30                                     | 177,80    | 111,13                  | 106,68         | 316,23     | —           | 162,05               | 209,55                            | 102,87             | —          | 226,06             | 435,61      | —           | —         | 20,57 |
| 31                                     | 203,20    | 127,00                  | 121,92         | 361,95     | —           | 184,91               | 240,03                            | 118,11             | —          | 257,81             | 497,84      | —           | —         | 23,11 |

| CARGAS DE ROTURA EN KG |          |       |        |      |          |       |        |      |          |       |        |    |          |        |        |
|------------------------|----------|-------|--------|------|----------|-------|--------|------|----------|-------|--------|----|----------|--------|--------|
| Nº                     | Sencilla | Doble | Triple | Nº   | Sencilla | Doble | Triple | Nº   | Sencilla | Doble | Triple | Nº | Sencilla | Doble  | Triple |
| 1                      | 363      | 680   | 998    | (9)  | 816      | —     | —      | 17   | 5670     | 11113 | 16556  | 25 | 52163    | 102058 | —      |
| 2                      | 862      | —     | —      | 10   | 2177     | —     | —      | 18   | 9979     | 18597 | 27215  | 26 | 68039    | 129273 | —      |
| 3                      | 862      | 1678  | 2495   | 11   | 2177     | 4173  | 6123   | (19) | 12701    | —     | —      | 27 | 86182    | 163292 | —      |
| (4)                    | 816      | —     | —      | 12   | 2812     | —     | —      | 20   | 12701    | 24494 | 36287  | 28 | 108862   | 204116 | —      |
| 5                      | 816      | —     | —      | 13   | 2812     | 5488  | 8165   | (21) | 15422    | —     | —      | 29 | 154221   | 294834 | —      |
| 6                      | 1588     | —     | —      | 14   | 4309     | —     | —      | 22   | 15422    | 29483 | 43545  | 30 | 210919   | 401427 | —      |
| 7                      | 1588     | 2948  | 4309   | 15   | 4309     | 8165  | 12020  | 23   | 26782    | 51029 | 75296  | 31 | 272154   | 521629 | —      |
| (8)                    | 816      | —     | —      | (16) | 5670     | —     | —      | 24   | 39009    | 73935 | 108862 | —  | —        | —      | —      |

Concuerda con la Norma UNE 18002



## **ANEXO F**

## TABLA DE CONVERSIONES DE MILIMETROS A PULGADAS

Para convertir a Milímetros: Multiplique Pulgadas x 25.4  
 Para convertir a Pulgadas: Multiplique Milímetros x 0.03937

| PULGADAS |         |            | PULGADAS |         |            |
|----------|---------|------------|----------|---------|------------|
| Fracción | Decimal | Milímetros | Fracción | Decimal | Milímetros |
| 1/64     | .01563  | .39690     | 11/16    | .68750  | 17.4625    |
| 1/32     | .03125  | .79380     | 45/64    | .70313  | 17.8594    |
| 3/64     | .04687  | 1.1910     | 23/32    | .71875  | 18.2562    |
| 3/32     | .09375  | 2.3812     | 47/64    | .73438  | 18.6531    |
| 7/64     | .10937  | 2.7781     | 3/4      | .75000  | 19.0500    |
| 1/8      | .12500  | 3.1750     | 49/64    | .76563  | 19.4469    |
| 9/64     | .14063  | 3.5719     | 25/32    | .78125  | 19.8438    |
| 5/32     | .15625  | 3.9688     | 51/64    | .79688  | 20.2406    |
| 11/64    | .17188  | 4.3656     | 13/16    | .81250  | 20.6325    |
| 3/16     | .18750  | 4.7625     | 53/64    | .82813  | 21.0344    |
| 13/64    | .20313  | 5.1594     | 27/32    | .84375  | 21.4312    |
| 7/32     | .21875  | 5.5562     | 55/64    | .85938  | 21.8281    |
| 15/64    | .23438  | 5.9531     | 7/8      | .87500  | 22.5000    |
| 1/4      | .25000  | 6.3500     | 57/64    | .89063  | 22.6219    |
| 17/64    | .26563  | 6.7469     | 29/32    | .90625  | 23.0188    |
| 9/32     | .28125  | 7.1438     | 59/64    | .92188  | 23.4156    |
| 19/64    | .29688  | 7.5406     | 15/16    | .93750  | 23.8125    |
| 5/16     | .31250  | 7.9375     | 61/64    | .95313  | 24.2094    |
| 21/64    | .32813  | 8.3344     | 31/32    | .96875  | 24.6062    |
| 11/32    | .34375  | 8.7312     | 63/64    | .98438  | 25.0031    |
| 23/64    | .35938  | 9.1281     | 1        | 1.0000  | 25.4000    |
| 3/8      | .37500  | 9.5250     | 1 1/4    | 1.2500  | 31.7500    |
| 25/64    | .39063  | 9.9219     | 1 1/2    | 1.5000  | 38.1000    |
| 13/32    | .40625  | 10.3188    | 1 3/4    | 1.7500  | 44.4500    |
| 27/64    | .42188  | 10.7156    | 2        | 2.0000  | 50.8000    |
| 7/16     | .43750  | 11.1125    | 2 1/4    | 2.2500  | 57.1500    |
| 29/64    | .45313  | 11.5094    | 2 1/2    | 2.5000  | 63.5000    |
| 15/32    | .46875  | 11.9062    | 2 3/4    | 2.7500  | 69.8500    |
| 31/64    | .48438  | 12.3031    | 3        | 3.0000  | 76.2000    |
| 1/2      | .50000  | 12.7000    | 3 1/2    | 3.5000  | 88.9000    |
| 33/64    | .51563  | 13.0969    | 4        | 4.0000  | 101.600    |
| 17/32    | .53125  | 13.4938    | 4 1/2    | 4.5000  | 114.300    |
| 35/64    | .54688  | 13.8906    | 5        | 5.0000  | 127.000    |
| 9/16     | .56250  | 14.2875    | 6        | 6.0000  | 152.400    |
| 37/64    | .57813  | 14.6844    | 7        | 7.0000  | 177.800    |
| 19/32    | .59375  | 15.0812    | 8        | 8.0000  | 203.200    |
| 39/64    | .60938  | 15.4781    | 9        | 9.0000  | 228.600    |
| 5/8      | .625    | 15.8700    | 10       | 10.000  | 254.000    |
| 41/64    | .64063  | 16.2719    | 11       | 11.000  | 279.400    |
| 21/32    | .65625  | 16.6688    | 12       | 12.000  | 304.800    |
| 43/64    | .67188  | 17.0656    | 13       | 13.000  | 330.200    |





