

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**PROYECTO DE GRADO**

**Presentado a la**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA  
PARA ESTAMPAR, JABONES DE TIPO COSMÉTICO  
DE 10 GR.”**

**POR**

**ANDRÉS RICARDO ECHEVERRÍA ESTUPIÑÁN.**

**SANTIAGO CÉSAR RECALDE RIVADENEIRA.**

**En cumplimiento parcial a los requerimientos para el**

# TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el siguiente trabajo fue realizado en su totalidad por los señores Andrés Ricardo Echeverría Estupiñán y Santiago Cesar Recalde Rivadeneira como requerimiento parcial a la obtención del título de **INGENIERO MECÁNICO**

---

Fecha

---

**ING. FERNANDO OLMEDO**

**DIRECTOR**

---

**ING. CARLOS NARANJO**

**CODIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Por el apoyo brindado durante el transcurso de toda mi vida estudiantil les doy mi mas sincero agradecimiento a Dios y a mis padres, los cuales han sido la base primordial para mi desarrollo social y profesional, a mis hermanas que en todo momento me apoyaron y a todos quienes hicieron posible aumentar el cúmulo de mis conocimientos en la Escuela Politécnica del Ejercito.

SANTIAGO

# INDICES

## INDICE DE CONTENIDO

### CAPITULO 1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1.1 ANTECEDENTES                      | 1 |
| 1.1.1 Jabón                           | 1 |
| 1.1.2 Fabricación                     |   |
| 1.1.2.1 Homogenizado y Terminado      | 1 |
| 1.1.3 Empresa Química RIANDI CIA LTDA | 1 |
| 1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA           | 1 |
| 1.3 OBJETIVOS                         |   |
| 1.3.1 Objetivo General                | 2 |
| 1.3.2 Objetivo Especifico             | 3 |
| 1.4 ALCANCE                           | 3 |

### 2 CAPITULO 2 ANALISIS Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS IDONEA

|   |   |
|---|---|
| 2.1 ENSAYO DE DEFORMACION Y DUREZA            | 5 |
| 2.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION     |   |
| 2.2.1 Diagrama de flujo                       | 5 |
| 2.2.2 Parámetros del proceso                  | 5 |
| 2.2.2.1 Velocidad de producción               | 6 |
| 2.2.2.2 Características del producto          | 6 |
| 2.3 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DE LA MAQUINA | 6 |
| 2.3.1 CARACTERISTICAS Y FUNCIONES             |   |
| 2.3.2 CICLO DE LA MAQUINA                     |   |
| 2.4 ESTUDIO DE LA ALTERNATIVA MAS IDONEA      | 7 |
| 2.4.1 SISTEMAS QUE PODRIA USAR LA MAQUINA     | 7 |
| 2.4.1.1 Sistemas mecánicos                    | 8 |
| 2.4.1.2 Sistemas hidráulicos                  | 8 |
| 2.4.1.3 Sistemas neumáticos                   | 8 |
| 2.4.1.4 Sistemas electromecánicos             | 8 |
| 2.4.2 SISTEMAS QUE REQUIERE LA MAQUINA        | 8 |
| 2.4.2.1 Sistema de alimentación               | 8 |
| 2.4.2.2 Sistema de estampado                  | 8 |
| 2.4.2.3 Sistema de expulsión                  | 8 |
| 2.4.2.4 Sistema de corte                      | 9 |
| 2.4.2.5 Sistema de extracción                 | 9 |
| 2.4.2.6 Estructura bastidor                   | 9 |

## 2.5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS IDONEA

- 2.5.1 Sistema de alimentación
- 2.5.2 Sistema de estampado
  - 2.5.2.1 Mordazas
  - 2.5.2.2 Sistema impulsor
- 2.5.3 Sistema expulsor
- 2.5.4 Sistema de corte
- 2.5.5 Sistema de extracción
- 2.5.6 Estructura Bastidor
- 2.5.7 Subsistema eléctrico

## 2.6 SUMARIO

- 2.6.1 SISTEMAS PRINCIPALES
  - 2.6.1.1 Leva
  - 2.6.1.2 Biela Manivela
  - 2.6.1.3 Sistema de resortes
- 2.6.2 SISTEMA DE POTENCIA

## 2.7 SINCRONIZACION DE MOVIMIENTOS

# 3 CAPITULO 3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

## 3.1 ESTRUCTURA BASTIDOR

- 3.1.1 Diseño tomado en cuenta el ensamble
- 3.1.2 Diseño tomado en cuenta el mantenimiento
- 3.1.3 Diseño tomado en cuenta la construcción

## 3.2 ESTAMPADO

- 3.2.1 Memoria de calculo de la leva de estampado
  - Análisis de perfil –
    - 3.2.1.1 Introducción
    - 3.2.1.2 Cálculos
      - 3.2.1.2.1 Desplazamiento
      - 3.2.1.2.2 Velocidad
      - 3.2.1.2.3 Aceleración
      - 3.2.1.2.4 Sobre aceleración
    - 3.2.1.3 Perfil de leva
      - 3.2.1.3.1 Angulo de presión
      - 3.2.1.3.2 Radio de curvatura
    - 3.2.1.4 Análisis de fuerzas dinámicas
      - 3.2.1.4.1 Datos

de amortiguación, constante de  
amortiguación crítica y constante  
de amortiguación real

29

10  
10  
12  
12  
13  
15  
15  
15  
15  
16

16  
17  
17  
17  
17  
17

19  
19  
19  
20

22

22

22  
22  
22  
24  
25  
26  
27  
27  
27  
28  
28  
29

|       |   |    |
|-------|---|----|
|       | e un sistema dinámica   |    |
|       | 3.2.1.4.5 Par de torsión  | 29 |
| 3.2.2 | Memoria de calculo Fuerzas de contacto, esfuerzos de Hertz          | 30 |
| 3.3   | SISTEMA EXPULSOR  | 33 |
| 3.3.1 | Memoria de calculo del movimiento de la biela manivela              | 33 |
|       | 3.3.1.1 Introducción  | 33 |
|       | 3.3.1.2 Análisis de posición  | 34 |
|       | 3.3.1.3 Análisis de velocidad del seguidor                          | 35 |
|       | 3.3.1.4 Análisis de la aceleración angular                          | 36 |
| 3.3.2 | Análisis biela manivela –Fuerzas dinámicas-                         | 37 |
| 3.3.3 | Memoria de calculo – Análisis biela manivela – Calculo de esfuerzos | 48 |
| 3.3.4 | Memoria de calculo de resortes helicoidales                         | 52 |
|       | 3.3.4.1 Análisis de resortes helicoidales – Soportes de mordaza –   | 52 |
|       | 3.3.4.2 Análisis de resortes helicoidales – Soportes de guía –      | 57 |
| 3.4   | SISTEMA DE POTENCIA   | 61 |
| 3.4.1 | Memoria de calculo y selección de cadenas y catalinas               | 61 |
|       | 3.4.1.1 Conjunto Motoreductor Leva Biela                            | 61 |
|       | 3.4.1.2 Calculo de la longitud de la cadena                         | 62 |
| 3.4.2 | Memoria de calculo del primer eje – Eje Leva –                      | 64 |
|       | 3.4.2.1 Introducción  | 64 |
|       | 3.4.2.2 Datos iniciales   | 65 |
|       | 3.4.2.3 Calculo de la estática                                      | 66 |
|       | 3.4.2.3.1 Motoreductor  | 67 |
|       | 3.4.2.3.2 Catalina  | 67 |
|       | 3.4.2.3.3 Leva  | 67 |
|       | 3.4.2.4 Calculo de reacciones                                       | 69 |
|       | 3.4.2.5 Función de corte  | 72 |
|       | 3.4.2.6 Función de momento  | 74 |
|       | 3.4.2.7 Análisis de diámetros                                       | 78 |
|       | 3.4.2.7.1 Datos del material  | 78 |
|       | 3.4.2.7.2 Efectos de la carga                                       | 78 |
|       | 3.4.2.7.3 Sensibilidad de muescas                                   | 78 |
|       | 3.4.2.7.4 Recalculo de diámetros                                    | 78 |
|       | 3.4.2.7.5 Recalculo de los efectos de la carga en el punto C (d2)   | 80 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| 3.4.2.8    | Cuñas  | 84  |
| 3.4.2.8.1  | Datos del material   | 85  |
| 3.4.2.9    | Comparación de los factores de seguridad                       | 86  |
| 3.4.2.10   | Calculo de las deflexiones                                     | 87  |
| 3.4.2.11   | Frecuencias criticas   | 90  |
| 3.4.2.11.1 | Análisis de la leva  | 91  |
| 3.4.2.11.2 | Análisis de la catalina  | 92  |
| 3.4.2.11.3 | Frecuencia natural   | 92  |
| 3.4.2.11.4 | Frecuencia torsional   | 93  |
| 3.4.2.11.5 | Frecuencia critica a torsión                                   | 93  |
| 3.4.3      | Memoria de calculo del segundo eje – Eje Biela –               | 94  |
| 3.4.3.1    | Introducción   | 94  |
| 3.4.3.2    | Datos iniciales  | 95  |
| 3.4.3.3    | Estática del Eje Biela   | 95  |
| 3.4.3.3.1  | Motoreductor   | 96  |
| 3.4.3.3.2  | Análisis de la Biela   | 96  |
| 3.4.3.3.3  | Análisis de la catalina  | 97  |
| 3.4.3.4    | Calculo de las reacciones                                      | 98  |
| 3.4.3.4.1  | Evaluación de formulas   | 99  |
| 3.4.3.5    | Función de corte   | 101 |
| 3.4.3.6    | Función de momento   | 101 |
| 3.4.3.7    | Análisis de los diámetros                                      | 104 |
| 3.4.3.7.1  | Datos del material   | 105 |
| 3.4.3.7.2  | Efectos de la carga  | 106 |
| 3.4.3.7.3  | Sensibilidad de muescas  | 105 |
| 3.4.3.8    | Recalculo de los diámetros                                     | 107 |
| 3.4.3.8.1  | Recalculo de los efectos de la carga en el punto B (d2 )       | 108 |
| 3.4.3.8.2  | Recalculo de la sensibilidad de la muesca en el punto B ( d2 ) | 107 |
| 3.4.3.9    | Cuña   | 111 |
| 3.4.3.9.1  | Comparación de los factores de seguridad                       | 114 |
| 3.4.3.10   | Calculo de deflexiones   | 114 |
| 3.4.3.11   | Frecuencias criticas   | 118 |
| 3.4.3.11.1 | Peso de la catalina $Z = 36$                                   | 119 |
| 3.4.3.11.2 | Peso de la manivela  | 119 |
| 3.4.3.11.3 | Frecuencia natural   | 120 |
| 3.4.3.11.4 | Frecuencia torsional   | 120 |
| 3.4.3.11.5 | Frecuencia critica a torsión                                   | 120 |
| 3.4.4      | Memoria de calculo del tercer eje – Eje Principal –            | 121 |
| 3.4.4.1    | Introducción   | 121 |
| 3.4.4.2    | Datos iniciales  | 122 |
| 3.4.4.3    | Estática del eje principal                                     | 123 |
| 3.4.4.3.1  | Análisis de la catalina $z = 20$                               | 124 |



|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 3.4.4.4    | Calculo de reacciones   | 125        |
| 3.4.4.4.1  | Evaluación de formulas  | 126        |
| 3.4.4.5    | Función de corte  | 128        |
| 3.4.4.6    | Función de momento  | 130        |
| 3.4.4.7    | Análisis de diámetros   | 133        |
| 3.4.4.7.1  | Datos del material  | 133        |
| 3.4.4.7.2  | Efectos de la carga   | 134        |
| 3.4.4.7.3  | Sensibilidad de muescas   | 134        |
| 3.4.4.8    | Recalculo de diámetros  | 136        |
| 3.4.4.9    | Recalculo de los efectos de la carga en el punto C ( d1 )                 | 137        |
| 3.4.4.10   | Recalculo de la sensibilidad de las muescas C ( d1 )                      | 137        |
| 3.4.4.11   | Cuña  | 140        |
| 3.4.4.11.1 | Comparación de los factores de seguridad                                  | 143        |
| 3.4.4.12   | Calculo de las deflexiones  | 143        |
| 3.4.4.13   | Frecuencias criticas  | 147        |
| 3.4.4.13.1 | Frecuencia natural  | 148        |
| 3.4.4.13.2 | Frecuencia torsional  | 148        |
| 3.4.4.13.3 | Frecuencia crítica a la torsión   | 149        |
| 3.4.5      | Subsistema eléctrico  | 150        |
| 3.4.6      | Diseño y simulación en computadora de los sistemas mecánicos de estampado | 150        |
| 3.4.6.1    | Importación del modelo  | 150        |
| <b>4</b>   | <b>CAPITULO 4 CONSTRUCCION</b>  | <b>153</b> |
| 4.1        | Lista de materiales   | 153        |
| 4.2        | Descripción de los componentes del equipo                                 | 154        |
| 4.3        | Requerimientos y facilidades  | 155        |
| 4.3.1      | Materiales disponibles  | 155        |
| 4.3.2      | Instalaciones disponibles   | 156        |
| 4.4        | Hojas de procesos ( Construcción del equipo )                             | 158        |
| 4.4.1      | Mordaza inferior  | 158        |
| 4.4.2      | Mordaza inferior 2  | 160        |
| 4.4.3      | Mordaza inferior 1  | 162        |
| 4.4.4      | Mordaza inferior 2  | 163        |
| 4.4.5      | Guía mordaza superior 1   | 164        |
| 4.4.6      | Mordaza superior 2  | 166        |
| 4.4.7      | Mordaza superior 3  | 168        |
| 4.4.8      | Expulsor superior 1   | 169        |
| 4.4.9      | Expulsor superior 2   | 170        |
| 4.4.10     | Eje Biela   | 171        |
| 4.4.11     | Eje Leva  | 173        |
| 4.4.12     | Eje principal   | 175        |
| <b>5</b>   | <b>CAPITULO 5</b>   | <b>177</b> |
| 5.1        | Pruebas   | 177        |
| 5.1.1      | Pruebas manuales  | 177        |

|                         |   |            |
|-------------------------|---|------------|
| 5.1.2                   | Pruebas automáticas                                     | 177        |
| 5.1.3                   | Pruebas con materia prima                               | 177        |
| 5.2                     | Puesta a punto y Calibración                            | 177        |
| 5.3                     | Análisis de resultados                                  | 178        |
| <b>6</b>                | <b>CAPITULO 6</b>                                       | <b>179</b> |
| 6.1                     | Análisis económico                                      | 179        |
| 6.1.1                   | Costos directos   | 179        |
| 6.1.1.1                 | Costos de materiales                                    | 179        |
| 6.1.1.1.1               | Materiales directos                                     | 179        |
| 6.1.1.1.2               | Materiales Indirectos                                   | 180        |
| 6.1.1.2                 | Costo uso Máquina Herramienta                           | 182        |
| 6.1.1.3                 | Costo mano de obra                                      | 182        |
| 6.1.2                   | Costos Indirectos                                       | 183        |
| 6.1.3                   | Costo total   | 183        |
| 6.2                     | Análisis Financiero                                     | 184        |
| 6.2.1                   | Valor actual neto VAN                                   | 185        |
| 6.2.2                   | Tasa interna de retorno TIR                             | 187        |
| 6.2.3                   | Calculo de la depreciación de la maquina<br>estampadora | 187        |
| <b>7</b>                | <b>CAPITULO 7</b>                                       | <b>189</b> |
| 7.1                     | Conclusiones  | 189        |
| 7.1.1                   | Conclusión general                                      | 189        |
| 7.1.2                   | Conclusión específica                                   | 189        |
| 7.2                     | Recomendaciones   | 190        |
| 7.3                     | Bibliografía  |            |
| <br>                    |   |            |
| ANEXOS                  |   |            |
| PLANOS                  |   |            |
| <br>                    |   |            |
| MANUAL DE OPERACIONES   |   |            |
| MANUAL DE MANTENIMIENTO |   |            |

## LISTADO DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Presentación de los jabones de Química RIANDI   | 2  |
| Figura 2.1 a. Alimentación y corte de la barra de jabón.   | 5  |
| Figura 2.1 b. Retorno y retro alimentación.  | 6  |
| Figura 2.2. Fases del corte y el estampe   | 7  |
| Figura 2.3 Esquema de movimiento de alimentación con biela manivela.   | 10 |
| Figura 2.4 Esquema de movimiento de alimentación con leva.   | 11 |
| Figura 2.5 Esquema de movimiento de alimentación con cadena.   | 11 |
| Figura 2.6 Esquema de movimiento de estampe con biela manivela.  | 13 |
| Figura 2.7 Esquema de movimiento de estampe con leva.  | 13 |
| Figura 2.8 Esquema de movimiento de estampe con solenoide.   | 14 |
| Figura 2.9 Sincronización de los movimientos de la máquina.  | 18 |
| Figura 3.1. Bosquejo de estructura bastidor  | 19 |
| Figura 3.1. Sección soporte  | 20 |
| Figura 3.3 Desplazamiento lineal del seguidor vs desplazamiento angular de la leva Subida y Detenimiento Alto. | 23 |
| Figura 3.4 Desplazamiento lineal del seguidor vs desplazamiento angular de la leva                             | 24 |
| Figura 3.5 Velocidad del seguidor vs Desplazamiento angular de la leva   | 25 |
| Figura 3.6 Aceleración del seguidor vs Desplazamiento angular de la leva                                       | 25 |
| Figura 3.7 Sobre aceleración $r$ vs Desplazamiento angular de la leva  | 26 |
| Figura 3.8 Perfil leva de estampado vertical   | 27 |
| Figura 3.9 Angulo de presión   | 27 |
| Figura 3.10 Radio de curvatura   | 28 |
| Figura 3.11 Fuerza de contacto   | 29 |
| Figura 3.12 Par de torsión   | 30 |
| Figura 3.13 Relación de radios comparativos  | 33 |
| Figura 3.14 Desplazamiento pistón vs. Angulo impulsor  | 34 |
| Figura 3.15 Angulo de biela vs. Angulo del impulsor  | 35 |
| Figura 3.16 Vel. angular biela vs. Áng. impulsor   | 35 |
| Figura 3.17 Velocidad del seguidor vs. Angulo del impulsor   | 36 |
| Figura 3.18 Aceleración angular biela vs. Áng. impulsor  | 36 |
| Figura 3.19 Aceleración del seguidor vs. Áng. Impulsor   | 37 |
| Figura 3.20 Diagrama del cuerpo libre del acoplado   | 38 |
| Figura 3.21 Fuerza por rozamiento en el seguidor   | 39 |
| Figura 3.22 Brazo de biela   | 39 |
| Figura 3.23 Diagrama del cuerpo libre de la manivela   | 41 |
| Figura 3.24 Diagrama del cuerpo libre de la biela  | 42 |
| Figura 3.25 Aceleración del centro de gravedad del eslabón 3   | 43 |
| Figura 3.26 Diagrama del cuerpo libre del seguidor acoplado  | 43 |
| Figura 3.27 Coeficiente de fricción en el ciclo  | 43 |
| Figura 3.28 Grafico de la aceleración del molde  | 44 |
| Figura 3.29 Grafico de las fuerzas en función del ángulo de tiro   | 45 |
| Figura 3.30 Grafico de los módulos en función del ángulo de tiro   | 46 |
| Figura 3.31 Grafico del torque durante el ciclo  | 47 |
| Figura 3.32 Diagrama biela cuerpo libre a fatiga   | 48 |
| Figura 3.33 Diagrama de cuerpo libre de la manivela  | 49 |
| Figura 3.34 Sección transversal de la manivela   |    |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3.35 Diagrama de momento de manivela                | 50  |
| Figura 3.36 Esquema de conjunto mordazas – resorte         | 52  |
| Figura 3.37 Esquema de conjunto mordazas – resorte         | 57  |
| Figura 3.38. Esquema de ejes y cadenas                     | 61  |
| Figura 3.39 Disposición de ejes                            | 65  |
| Figura 3.40 Disposición de los elementos del eje leva      | 66  |
| Figura 3.41 Estática del Eje Leva                          | 66  |
| Figura 3.42 Fuerzas tangenciales en la catalina            | 67  |
| Figura 3.43 Angulo de presión del seguidor en la leva      | 68  |
| Figura 3.44 Comprobación del comando TRACE                 | 69  |
| Figura 3.45 Estática del eje leva                          | 70  |
| Figura 3.46 Fuerza cortante en X vs. Longitud del eje leva | 72  |
| Figura 3.47 Fuerza cortante en Y vs. Longitud del eje leva | 73  |
| Figura 3.48 Magnitud de corte                              | 74  |
| Figura 3.49 Momento xz                                     | 75  |
| Figura 3.50 Momento yz                                     | 76  |
| Figura 3.51 Magnitud de Momento                            | 77  |
| Figura 3.52 Dimensiones de la cuña                         | 84  |
| Figura 3.53 Deflexión en Eje X                             | 88  |
| Figura 3.54 Deflexión en Eje Y                             | 89  |
| Figura 3.55 Magnitud de la deflexión                       | 90  |
| Figura 3.56 Vibración lateral                              | 90  |
| Figura 3.57 Características de la leva                     | 91  |
| Figura 3.58 Disposición de ejes                            | 94  |
| Figura 3.59 Disposición de los elementos del Eje Biela     | 95  |
| Figura 3.60 Estática del Eje Biela                         | 96  |
| Figura 3.61 Fuerzas tangenciales en la catalina            | 97  |
| Figura 3.62 Diagrama de cuerpo libre del Eje Biela         | 98  |
| Figura 3.63a Diagrama de Función de Corte Eje X            | 101 |
| Figura 3.63b Diagrama de Función de Corte Eje Y            | 102 |
| Figura 3.64a Diagrama de Momento xz                        | 102 |
| Figura 3.64b Diagrama de Momento yz                        | 103 |
| Figura 3.64c Diagrama de magnitud de Momento               | 103 |
| Figura 3.65 Diagrama de momento para punto A1              | 104 |
| Figura 3.66 Dimensiones de la cuña                         | 111 |
| Figura 3.67a Deflexión en el Eje Biela Eje X               | 116 |
| Figura 3.67b Deflexión en el Eje Biela Eje Y               | 118 |
| Figura 3.68 Vibraciones del Eje Biela                      | 118 |
| Figura 3.69 Disposición de Eje Principal                   | 121 |
| Figura 3.70 Disposición de elementos en Eje Principal      | 122 |
| Figura 3.71 Estática del Eje Principal                     | 123 |
| Figura 3.72 Fuerzas tangenciales en la catalina            | 124 |
| Figura 3.73 Diagrama de cuerpo libre Eje Principal         | 126 |
| Figura 3.74a Función de corte Eje X                        | 128 |
| Figura 3.74b Función de corte Eje Y                        | 129 |
| Figura 3.75a Función de Momento Eje XZ                     | 131 |
| Figura 3.75b Función de Momento Eje YZ                     | 132 |
| Figura 3.75c Función de magnitud de Momento                | 133 |
| Figura 3.76 Dimensiones de la cuña                         | 140 |
| Figura 3.77a Deflexión en el Eje Principal Eje X           | 145 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3.77b Deflexión en el Eje Principal Eje Y  | 146 |
| Figura 3.77c Deflexión Magnitud                   | 147 |
| Figura 3.78 frecuencias críticas Eje Principal    | 147 |
| Figura 3.79 Selección de eslabonamientos y anclas | 151 |
| Figura 3.80 Render del modelo 3d                  | 152 |
| Figura 6.1 Flujo vs. VAN                          | 186 |

## LISTADO DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 2.1 Tabla cualitativa sistema de Alimentación     | 12  |
| Tabla 2.2 Tabla de criterio de valoración.              | 12  |
| Tabla 2.3 Tabla cualitativa Sistema de Estampado        | 14  |
| Tabla 2.4 Tabla de criterio de valoración.              | 14  |
| Tabla 2.5 Tabla cualitativa de materiales del bastidor. | 15  |
| Tabla 2.6 Tabla de criterio de valoración.              | 16  |
| Tabla 4.1 Lista de materiales                           | 153 |
| Tabla 4.2 Lista de componentes                          | 154 |
| Tabla 4.3 Lista de materiales disponibles               | 156 |
| Tabla 4.4 Lista de equipos disponibles                  | 156 |
| Tabla 4.5 Personal disponible                           | 157 |
| Tabla 4.4.1 Hoja de proceso para mordaza inferior       | 158 |
| Tabla 4.4.2.Hoja de proceso para mordaza inferior 2     | 160 |
| Tabla 4.4.3 Hoja de proceso para expulsor inferior 1    | 162 |
| Tabla 4.4.4 Hoja de proceso para expulsor inferior 2    | 163 |
| Tabla 4.4.5 Hoja de proceso para mordaza superior 1     | 164 |
| Tabla 4.4.6 Hoja de proceso para mordaza superior 2     | 166 |
| Tabla 4.4.7. Hoja de proceso para mordaza superior 3    | 168 |
| Tabla 4.4.8. Hoja de proceso para expulsor superior 1   | 169 |
| Tabla 4.4.9 Hoja de proceso para expulsor superior 2    | 170 |
| Tabla 4.4.10. Hoja de proceso para eje biela            | 171 |
| Tabla 4.4.11. Hoja de proceso para eje leva             | 173 |
| Tabla 4.4.12. Hoja de proceso para eje principal        | 175 |
| Tabla 6.1 Costos Materiales directos                    | 180 |
| Tabla 6.2 Costos materiales indirectos                  | 181 |
| Tabla 6.3 Costo uso Maquina Herramienta                 | 182 |
| Tabla 6.4 Costos Mano de Obra                           | 182 |
| Tabla 6.5 Costos Indirectos                             | 183 |
| Tabla 6.6 Total Costos Materiales                       | 183 |
| Tabla 6.7 Total Costos Directos                         | 183 |
| Tabla 6.8 Costo Total                                   | 184 |
| Tabla 6.9 Producción mensual                            | 184 |
| Tabla 6.10 Egresos del proyecto                         | 185 |
| Tabla 6.11 Flujo total                                  | 186 |
| Tabla 6.12 Calculo del VAN                              | 186 |
| Tabla 6.13 Depreciación Simple                          | 187 |
| Tabla 6.13 Depreciación compuesta                       | 188 |

## NOMENCLATURA UTILIZADA

|                     |  |
|---------------------|--|
| $a$                 | Aceleración  |
| $w_{12}$            | Ancho de la catalina $Z = 12$                      |
| $w_{20}$            | Ancho de la catalina $Z = 20$                      |
| $W$                 | Ancho de la cuña                                   |
| $w_{leva}$          | Ancho de la leva                                   |
| $\phi$              | Angulo de presión                                  |
| $L$                 | Carrera de la manivela                             |
| $F_a$               | Componente de la fuerza                            |
| $K_{fsm}$           | Componente medio del esfuerzo                      |
| $K_f$               | Concentrador de esfuerzos en el cuñero             |
| $k$                 | Constante del resorte                              |
| $k_{efect}$         | Constante efectiva del resorte                     |
| $\delta$            | Deflexión  |
| $\rho$              | Densidad del acero                                 |
| $s$                 | Desplazamiento lineal                              |
| $d$                 | Diámetro   |
| $L$                 | Distancia (pulg)                                   |
| $l$                 | Distancia (pulg)                                   |
| $d$                 | Distancia (pulg)                                   |
| $h$                 | Distancia de subida del seguidor                   |
| $C_{carga}$         | Efecto de la carga a flexión y a torsión           |
| $C_{temperatura}$   | Efecto de la carga por condición superficial       |
| $C_{confiabilidad}$ | Efecto de la carga por confiabilidad               |
| $C_{tamaño}$        | Efecto de la carga por tamaño                      |
| $C_{temperatura}$   | Efecto de la carga por temperatura                 |
| $\sigma$            | Esfuerzo   |
| $S_y$               | Esfuerzo a la cedencia                             |
| $\tau$              | Esfuerzo cortante                                  |
| $\varepsilon$       | Excentricidad                                      |
| $N_f$               | Factor de seguridad                                |
| $N_c$               | Factor de seguridad de la cuña                     |
| $F_p$               | Factor de servicio                                 |
| $K_f$               | Factor geométrico de esfuerzos dinámicos a flexión |
| $K_{fs}$            | Factor geométrico de esfuerzos dinámicos a torsión |
| $K_t$               | Factor geométrico de esfuerzos estáticos a flexión |
| $K_{ts}$            | Factor geométrico de esfuerzos estáticos a torsión |
| $\omega$            | Frecuencia de giro                                 |
| $F_{biela}$         | Fuerza biela                                       |

|                |  |
|----------------|--|
| $F_{c12x}$     | Fuerza catalina $Z = 12$ en el eje X     |
| $F_{c12y}$     | Fuerza catalina $Z = 12$ en el eje Y     |
| $F_{c20x}$     | Fuerza catalina $Z = 20$ en el eje X     |
| $F_{c20y}$     | Fuerza catalina $Z = 20$ en el eje Y     |
| $F_{c36x}$     | Fuerza catalina $Z = 36$ en el eje X     |
| $F_{c36y}$     | Fuerza catalina $Z = 36$ en el eje Y     |
| $F_c$          | Fuerza de contacto                       |
| $F_{contacto}$ | Fuerza de contacto de la leva            |
| $F_r$          | Fuerza de resorte                        |
| $F_c$          | Fuerza tangencial de la catalina         |
| $F_{levax}$    | Fuerza tangencial de la leva en el eje X |
| $F_{levay}$    | Fuerza tangencial de la leva en el eje Y |
| $F_t$          | Fuerza tangencial neta                   |
| $F$            | Fuerza (Lb fuerza)                       |
| $V$            | Función de corte                         |
| $I$            | Inercia                                  |
| $L$            | Longitud (pies,pulg)                     |
| $r$            | Longitud manivela                        |
| $m$            | Masa del cuerpo                          |
| $E$            | Modulo de elasticidad                    |
| $\gamma$       | Modulo de Poisson                        |
| $G$            | Modulo de rigidez                        |
| $E$            | Modulo de Young                          |
| $E$            | Modulo de Young                          |
| $\gamma$       | Modulo de Poisson                        |
| $M$            | Momento                                  |
| $Z$            | Número de dientes de engrane o catalina  |
| $\eta$         | Numero de revoluciones del motor         |
| $T$            | Par de torsión                           |
| $W_{biela}$    | Peso de la biela                         |
| $W_{catalina}$ | Peso de la catalina                      |
| $W_{12}$       | Peso de la catalina $Z = 12$             |
| $W_{20}$       | Peso de la catalina $Z = 20$             |
| $W_{leva}$     | Peso de la leva                          |
| $P$            | Potencia                                 |
| $P$            | Potencia máxima del motor                |
| $R$            | Radio (pulg)                             |
| $r$            | Radio (pulg)                             |
| $R_b$          | Radio base                               |
| $\rho$         | Radio de curvatura                       |
| $rm$           | Radio de la muesca                       |

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| R          | Reacción en punto de apoyo         |
| $\xi$      | Relación de amortiguación          |
| r          | Relación de velocidades            |
| Se         | Resistencia a la fatiga            |
| <i>Se</i>  | Resistencia a la fatiga corregida  |
| <i>Sut</i> | Resistencia a la tensión           |
| <i>kt</i>  | Resorte efectivo                   |
| <i>j</i>   | Sobre aceleración                  |
| $\beta$    | Tramo angular recorrido de la leva |
| <i>v</i>   | Velocidad                          |
| N          | Velocidad angular (R.P.M.)         |
| <i>rpm</i> | Velocidad angular del cigüeñal     |



# **CAPITULO 1**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1. ANTECEDENTES**

#### **1.1.1 JABÓN**

El jabón es agente limpiador, que en su mayoría eliminan la grasa y otras suciedades debido a que algunos de sus componentes son agentes activos en superficie o agentes tenso activos. Estos agentes tienen una estructura molecular que actúa como un enlace entre el agua y las partículas de suciedad, soltando las partículas de las fibras subyacentes o de cualquier otra superficie que se limpie.

#### **1.1.2 FABRICACIÓN**

En esencia, la fabricación de jabones consta de dos partes principales:

- 1.- Saponificación del material graso.
- 2.-Homogenizado y terminado.

EL presente proyecto se enfoca en la parte del terminado o acabado final del jabón, partiendo así de una base que previamente ha sido homogenizada, coloreada, y aromatizada.

##### **1.1.2.1- HOMOGENIZADO Y TERMINADO**

El jabón base pasa por un laminado continuo para posteriormente agregarle los aditivos (perfume y color). El jabón ya homogéneo, pasa por un extrusor con vacío para posteriormente ser compactado y tomar la forma y peso deseado, esto se realiza por los métodos de troquelado, estampado y corte simple. La presentación final del producto puede ser variada, así tenemos por ejemplo: formas rectangulares,

circulares, elípticas, cóncavas, convexas, con logotipos, de formas diversas e innumerables, todo con el fin de captar la atención del cliente.

### 1.1.3.- EMPRESA QUÍMICA RIANDI CÍA. LTDA.

La Empresa Química Riandi Cía. Ltda. se dedica a la producción y comercialización de diversos productos químicos de los cuales la última línea de productos es el jabón de tipo cosmético, actualmente la empresa produce jabones estampados de 100gramos (*Figura 1.a*). 75gramos (*Figura 1.b*) y jabón de tocador de 10 gramos(*Figura 1.c*) de corte simple. Los jabones de 100 y 75 gramos poseen una forma regular y agradable a la vista dado la forma en la que fue terminado “estampado”, mientras que el jabón de 10 gramos muestra formas toscas que si bien son funcionales no son estéticas.

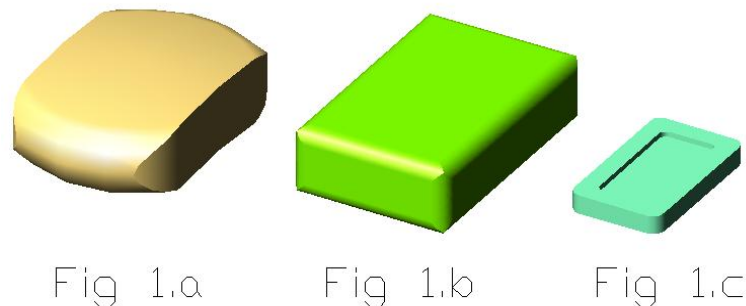


Figura 1.1 Presentación de los jabones de Química RIANDI

## 1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

La Empresa Química Riandi Cía. Ltda. desea producir los jabones de tocador de 10 gramos con formas más refinadas, para lo cual desean agregar a su planta de producción una máquina que permita dicha opción. A fin de solucionar el problema se propone diseñar y construir una máquina estampadora para jabones de 10 gr., utilizando las instalaciones metalmecánicas de la misma empresa, los factores de diseño a tomarse en cuenta, irán de acuerdo a las necesidades de producción de la mencionada empresa. Mediante lo planteado, la empresa puede disponer de una

nueva presentación como es el jabón cosmético de 10 gramos de forma redondeada que se obtiene con estampado y troquelado, los productos serán usados en hoteles, hostales o lugares que presten los mismos servicios de hospedaje.

Como resultado de este trabajo la empresa tendrá la capacidad de producir dos clases diferentes de jabones sin necesidad de incurrir en un gasto excesivo o la remodelación del esquema de la planta de producción.

A fin de ingresar en un nuevo mercado, la empresa tiene la opción de adquirir una máquina estampadora nueva de procedencia hindú cuyo valor, transporte y desaduanización oscila en los \$25.000 (Veinte y cinco mil dólares norteamericanos), sin contar con los problemas y el tiempo que esto ocasiona.

El costo de nuestro proyecto es del 70 al 60 % menor en comparación con la máquina de origen extranjero (*Anexo I*), sumándole a esto el beneficio de ser ejecutado el proyecto con los recursos de la Empresa Química Riandi Cía. Ltda. y del medio local. El proyecto presente se concebirá será auspiciado por la Empresa Química Riandi Cía. Ltda. la cual brindará su apoyo y su colaboración con sus instalaciones. Además el proyecto cuenta con la colaboración de la empresa Chemequip Industrias Cía. Ltda. perteneciente al mismo grupo empresarial.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y construir una máquina que estampe jabones de 10gr., de alimentación continua, y que cumpla con los tolerancias de la empresa. El proyecto involucra el uso de mecanismos, procesos de manufactura y calculo de resistencias, los cuales son temas puramente de Ingeniería Mecánica

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio de la situación actual del proceso y sus sistemas complementarios a se utilizadas en el proyecto
- Seleccionar las alternativas viables para la solución del problema.

- Diseñar una máquina estampadora troqueladora que permita la producción de jabones cosméticos de 10 gramos.
- Simular en computadora el sistema mecánico de estampado
- Construir una máquina estampadora troqueladora que permita la producción de jabones cosméticos de 10 gramos.
- Efectuar pruebas de funcionamiento, puesta a punto y calibración de la máquina.

## **1.4 ALCANCE**

Tomando en cuenta la tecnología necesaria para construir la máquina estampadora de jabones de tipo cosmético 10 gr., es un proyecto realizable debido a que se utilizará procesos de manufactura que dispone las instalaciones metalmecánica propiedad de la Empresa Química Riandi Cía. Ltda.,

Diseñar y construir una máquina que estampe jabones de 10gr., de alimentación continua, y que cumpla con los tolerancias de la empresa (más menos 2 gr.), utilizando materiales nacionales y un diseño ajustado a los requerimientos de la empresa.

La máquina a diseñar y construir de ser una tal que estampe y troquee jabones, que sea de alimentación continua y automática, que produzca jabones de forma definida, que tenga una capacidad de producción mínima de 180 jabones la cual pueda acoplarse al sistema de homogenización y extrusión para ser usado cuando no se utilice el sistema de producción que actualmente se encuentra acoplado

Además como resultados directos se obtendrán:

- Memorias de cálculo.
- Planos
- Lista de materiales/ costo
- Guías de construcción
- Máquina construida

El proyecto concluye cuando satisfactoriamente se efectúen las pruebas piloto de producción aprobadas por la empresa.

El proyecto presente se concebirá será auspiciado por la Empresa Química Riandi Cía. Ltda. la cual brindará su apoyo y su colaboración con sus instalaciones. Además

el proyecto cuenta con la colaboración de la empresa Chemequip Industrias Cía. Ltda. perteneciente al mismo grupo empresarial. A fin de abaratar costos la empresa dispone de varios elementos en inventario de los cuales desearía usar la mayor cantidad posible en la elaboración de este proyecto (*Anexo 2*).

## **CAPITULO 2**

### **ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS IDÓNEA**

#### **2.1. ENSAYO DE DEFORMACION Y DUREZA**

El material en cuestión presenta un comportamiento puramente plástico en el momento de la extrusión, es en ese momento y en ese estado de la materia prima que la maquina se requiere trabaje.

Para motivos de ensayos se utilizo la máquina neumática que actualmente produce los jabones de 75 y 100 gramos, variando la presión de aire en el cilindro principal podemos conocer la presión necesaria para obtener un acabado óptimo.

Producto de este ensayo se determino que con una presión aplicada de 65.42 p.s.i. se obtiene un producto con calidad optima aceptable. El procedimiento del ensayo así como los resultados obtenidos así como el procedimiento seguido se observan en el *Anexo 3*.

#### **2.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

Para nuestro interés el proceso de producción inicia a la salida del extrusor de vacío, aquí nuestra materia prima es una tripa de jabón de sección rectangular (*Figura 2.1. a & 2.1.b*), el diagrama de flujo muestra el proceso que se sigue a partir de este punto.

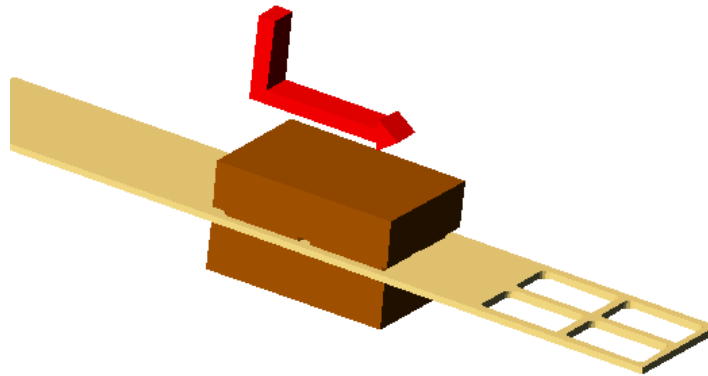


Figura 2.1 a. Alimentación y corte de la barra de jabón.

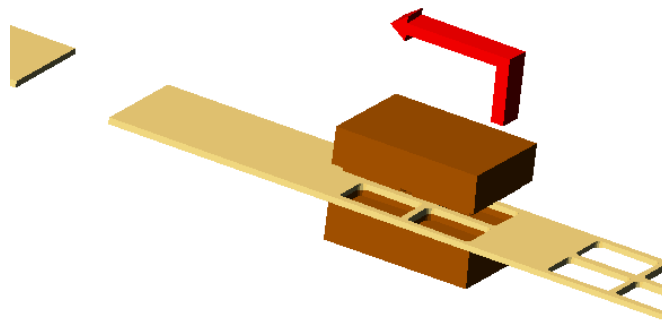


Figura 2.1 b. Retorno y retro alimentación.

## 2.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO

Vea Anexo 12.

## 2.2.2 PARÁMETROS DEL PROCESO

### 2.2.2.1. VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN.

Las necesidades de la empresa requieren una capacidad de producción máxima actual de 6000 jabones por hora, teniendo en cuenta las capacidades de la planta se diseñara la máquina de manera tal que posea una capacidad de producción de 7200 jabones por hora, trabajando a una velocidad de 30 R.P.M. estampando 4 jabones por vez.

#### **2.2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.**

El producto terminado debe tener las siguientes características físicas:

- Debe poseer una forma rectangular bien definida de acuerdo a lo indicado en el *Anexo 4*.
- Las dimensiones se observan en el *Anexo 4*.
- Debe observarse claramente el logotipo estampado.
- Debe presentar un acabado libre de golpes o raspones que dañen su acabado.

### **2.3. CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DE LA MAQUINA.**

#### **2.3.1 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES**

La maquina terminada debe tener las siguientes características:

- Debe ser alimentada manualmente con barras de jabón de aproximadamente 3 m de largo.
- Debe troquelar y estampar el jabón.
- La máquina debe expulsara el material de reproceso así como el jabón terminado en forma suave y delicada evitando dañar al mismo.
- El molde mordaza debe ser tal que evite la adhesión de la materia prima al mismo.

#### **2.3.2. CICLO DE LA MAQUINA**

Las mordaza superior debe realizar un movimiento vertical de descenso de esto producirá el corte y estampado en el jabón además de la sujeción de la barra “*figura 2.1.a y figura 2.2*”. Mientras las mordazas se encuentran cerradas estas se desplazarán al unísono en un movimiento horizontal que hará que el resto de la barra no troquelada se desplace para su posterior procesamiento. La mordaza superior debe realizar un movimiento vertical de ascenso al momento que las mordazas llegan al final de su recorrido horizontal. (*figura 2.1.b y figura 2.2*). Ambas mordazas contarán con sistemas de expulsión que evitaren que el material se pegue al molde y ubicaran el material de manera tal que facilite su remoción. Mientras las mordazas se encuentran abiertas estas se desplazarán al unísono en un movimiento horizontal

regresando a su posición inicial desalojando el material ya estampado y ubicando el resto de material no procesado.

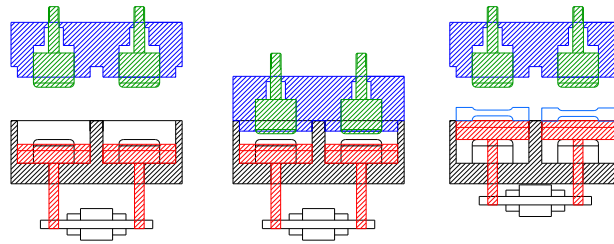


Figura 2.2. Fases del corte y el estampe

## 2.4. ESTUDIO DE LA ALTERNATIVA MÁS IDÓNEA

### 2.4.1. SISTEMAS QUE PODRIA USAR LA MAQUINA

#### 2.4.1.1 SISTEMAS MECÁNICOS

Para los desplazamientos horizontales y verticales se pueden utilizar los siguientes mecanismos:

- Sistema leva seguidor
- Sistema biela manivela
- Mecanismo de cuatro barras
- Levas de cuña
- Piñones y cremalleras
- Cadenas y catalinas
- Sistemas de contra pesos

#### 2.4.1.2 SISTEMAS HIDRAULICOS

Para los desplazamientos horizontales y verticales se pueden utilizar los siguientes actuadores hidráulicos: pistones y motores hidráulicos.

#### 2.4.1.3 SISTEMAS NEUMATICOS

Para los desplazamientos horizontales y verticales se pueden utilizar los siguientes actuadores neumáticos: pistones y motores neumáticos.

#### 2.4.1.1 SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

Para los desplazamientos horizontales y verticales se pueden utilizar solenoides inductivas.



## **2.4.2. SISTEMAS QUE REQUIERE LA MAQUINA**

Se detalla a continuación los sistemas que requiere la máquina para su adecuado funcionamiento según el diseño pensado.

### **2.4.2.1... SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

La máquina esta pensada de manera tal que las mordazas de estampe y corte sean las encargadas de auto alimentarse, para esto se requiere que las mordazas posean un movimiento horizontal oscilante con una amplitud de 118 mm., amplitud que permitirá economizar la mayor cantidad de material al mismo tiempo que evitara el sobre montaje entre un jabón y otro.

### **2.4.2.2. SISTEMA DE ESTAMPADO**

El sistema de estampado debe ser tal que permita el descenso de mordaza superior en una distancia vertical de 30 mm. permitiendo obtener reposos en los movimientos durante el ciclo.

Además no debe interferir con el movimiento horizontal de alimentación de las mordazas.

### **2.4.2.3. SISTEMA DE EXPULSION**

A fin de extraer el producto de una manera rápida, sencilla, y que no dañe al mismo es necesario poseer expulsores tanto en la mordaza superior tanto como en la mordaza inferior, estos deben ser tales que una vez realizado el estampado eviten que el jabón queda adherido a los moldes y al mismo tiempo que lo ubicaran en una posición de fácil extracción.

### **2.4.2.4. SISTEMA DE CORTE**

Como muestran las *figuras 2.1.* el jabón a más de ser estampado debe ser troquelado o cortado de manera tal que sus dimensiones sean las indicadas en el *Anexo 4.*

### **2.4.2.5. SISTEMA DE EXTRACCIÓN**

La materia prima troquelada debe ser desalojada totalmente de manera tal que permita el ingreso de nuevo material para su procesamiento.

#### **2.4.2.6. ESTRUCTURA BASTIDOR**

La estructura soporte o bastidor será diseñada y construida de manera tal permita el alojamiento de los sistemas; cadenas y catalinas, ejes, soportes, moto reductor, etc. en forma rígida. teniendo en cuenta que se necesita una altura aproximada de un metro para la alimentación de la máquina.

### **2.5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS IDÓNEA**

Una de las prioridades del proyecto es reducir costos tanto en la construcción de la máquina como los costos de operación que tendrá la misma.

Los sistemas de tipo neumático e hidráulico se encuentran descartados pues estos necesitan unidades de servicio, bombas hidráulicas, compresores de aire, etc., elementos que significan un gasto significativo.

#### **2.5.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

##### **BIELA MANIVELA.**

Se obtiene el movimiento de alimentación y retorno de manera armónica mediante un acoplado o seguidor.

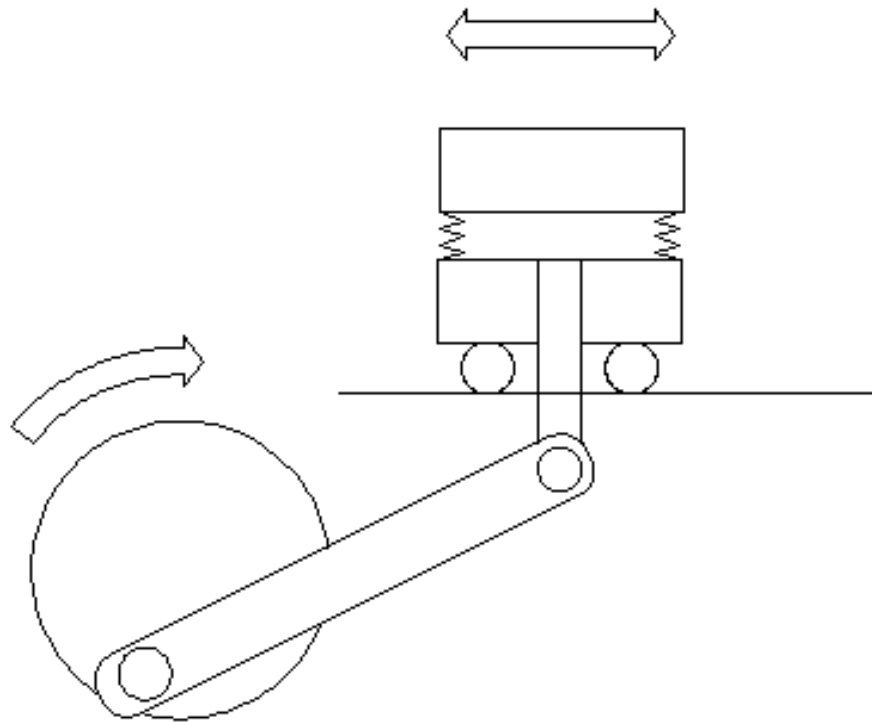


Figura 2.3 Esquema de movimiento de alimentación con biela manivela.

**LEVA.**

Se obtiene el movimiento de alimentación y retorno con gran amplitud en el diseño del movimiento.

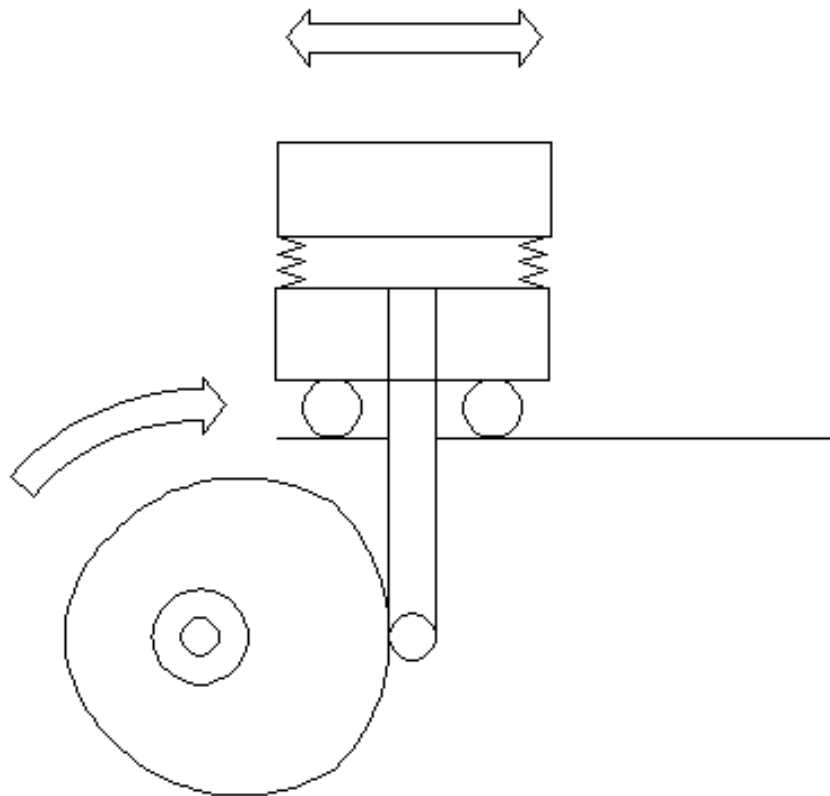


Figura 2.4 Esquema de movimiento de alimentación con leva.

### CADENA SEGUIDOR

Se obtiene el movimiento de alimentación y retorno de lineal mediante un acoplado o seguidor

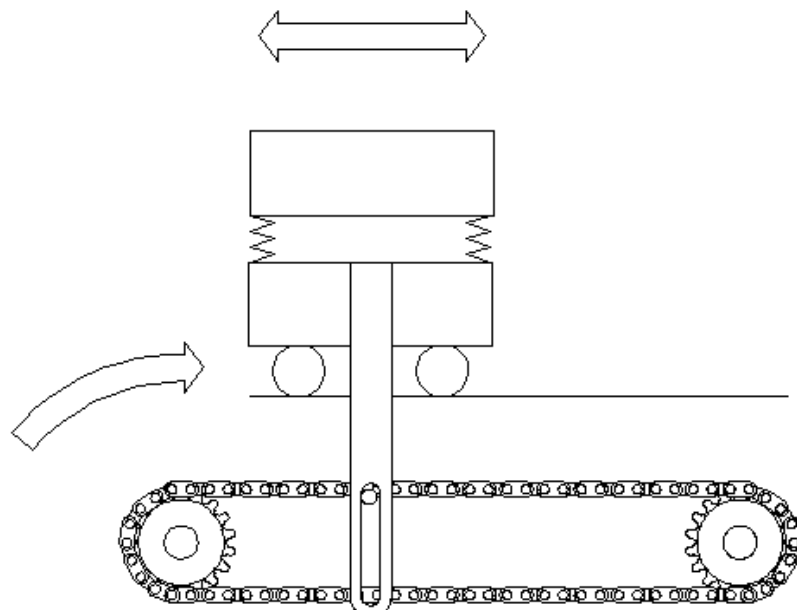


Figura 2.5 Esquema de movimiento de alimentación con cadena.

**Tabla 2.1 Tabla cualitativa sistema de alimentación**

|                                 | <b>BIELA MANIVELA</b> | <b>LEVA</b>                             | <b>CADENA SEGUIDOR</b> |
|---------------------------------|-----------------------|---|------------------------|
| <b>COSTO</b>                    | 5                     | 7                                       | 3                      |
| <b>FACILIDAD CONSTRUCCION</b>   | 6                     | 10<br>(por el desplazamiento necesario) | 3                      |
| <b>PRESICION DEL MOVIMIENTO</b> | 2                     | 1                                       | 8                      |
| <b>DURABILIDAD</b>              | 2                     | 3                                       | 8                      |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>15</b>             | <b>21</b>                               | <b>22</b>              |

**Tabla 2.2. tabla de criterio de valoración.**

|                                      | <b>1</b>                  | <b>3</b>                 | <b>5</b>                | <b>7</b>                 | <b>10</b>          |
|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>COSTO</b>                         | Insignificante            | Muy económico            | Aceptable               | Alto pero aceptable      | Excesivo           |
| <b>FACILIDAD CONSTRUCCION</b>        | Muy fácil                 | Fácil                    | Mediano                 | Con alguna complicación  | Complicado         |
| <b>PRESICION DEL MOVIMIENTO</b>      | Muy preciso               | Aceptable                | Estable                 | Oscilante                | Impreciso          |
| <b>DURABILIDAD Y MANTENIABILIDAD</b> | No requiere mantenimiento | Mantenimien to ocasional | Mantenimiento periódico | Mantenimien to constante | Desgaste constante |

## **2.5.2 SISTEMA DE ESTAMPADO**

### **2.5.2.1.MORDAZAS**

Como se desea obtener un jabón con las dimensiones indicadas en el (**Anexo 4.**) se parte de este punto, alrededor del cual se diseñara el resto de la máquina. El material puede estar en contacto directo con una capa de silicona de, teflón, o poli estireno antiadherente.

Las bases de mordazas pueden ser construidas en bronce fosfórico, acero al carbono, o acero inoxidable.

Se selecciona teflón por su mayor dureza y propiedad antiadherente y el acero inoxidable por su resistencia a la corrosión.

## 2.5.2.2 SISTEMA IMPULSOR

### BIELA MANIVELA

Se obtiene el movimiento impulsor de estampado de manera armónica simple mediante un acoplado o seguidor.

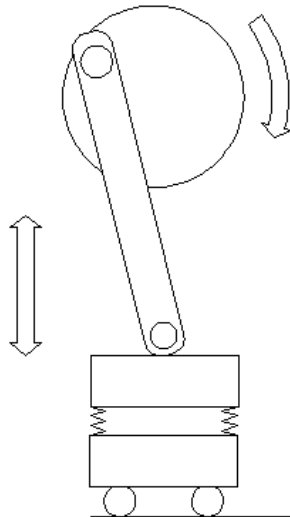


Figura 2.6 Esquema de movimiento de estampe con biela manivela.

### LEVA

Se obtiene el movimiento impulsor de estampado de manera armónica simple mediante un acoplado o seguidor.

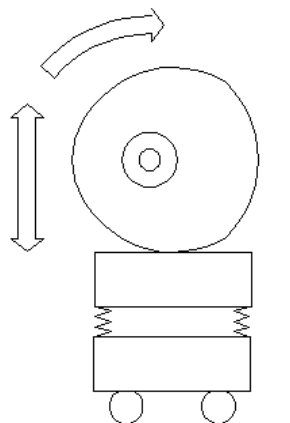


Figura 2.7 Esquema de movimiento de estampe con leva.

### SOLENOIDE O BOBINADO

Se obtiene el movimiento impulsor de estampado de lineal mediante un bobinado acoplado a la mordaza superior.

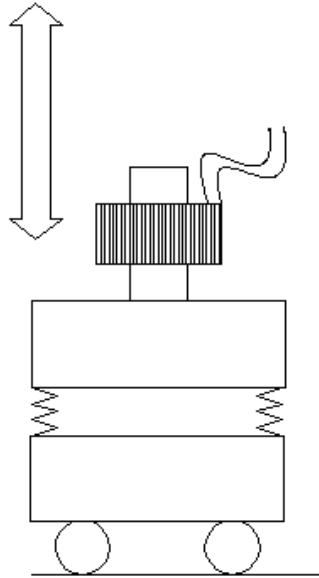


Figura 2.8 Esquema de movimiento de estampe con solenoide.

**Tabla 2.3 Tabla cualitativa Sistema de Estampado**

|                                 | BIELA MANIVELA | LEVA      | SOLENOIDES |
|---------------------------------|----------------|-----------|------------|
| <b>COSTO</b>                    | 5              | 7         | 3          |
| <b>FACILIDAD CONSTRUCCION</b>   | 6              | 6         | 3          |
| <b>PRECISION DEL MOVIMIENTO</b> | 2              | 1         | 8          |
| <b>DURABILIDAD</b>              | 2              | 3         | 8          |
| <b>FUERZA QUE ENTREGA</b>       | 6              | 2         | 8          |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>21</b>      | <b>19</b> | <b>30</b>  |

**Tabla 2.4 Tabla de criterio de valoración.**

|                                     | 1                         | 3                       | 5                       | 7                            | 10                 |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| <b>COSTO</b>                        | Insignificante            | Muy económico           | Aceptable               | Alto pero aceptable          | Excesivo           |
| <b>FACILIDAD CONSTRUCCION</b>       | Muy fácil                 | Fácil                   | Mediano                 | Con alguna complicación      | Complicado         |
| <b>PRECISION DEL MOVIMIENTO</b>     | Muy preciso               | Aceptable               | Estable                 | Oscilante                    | Impreciso          |
| <b>DURABILIDAD Y MANTENIBILIDAD</b> | No requiere mantenimiento | Mantenimiento ocasional | Mantenimiento periódico | Mantenimiento constante      | Desgaste constante |
| <b>FUERZA QUE ENTREGA</b>           | Excesiva                  | Sobre dimensionado      | Justo                   | Se acerca mucho al necesario | Insuficiente       |

### 2.5.3. SISTEMA EXPULSOR

En la parte inferior el expulsor puede ser accionado por:

- Una leva de cuña y retorno con resorte.
- Un micro pistón de doble o simple efecto.

Se selecciona la leva de cuña. En el (*Anexo 6*) se observa el esquema de estos sistemas.

### 2.5.4. SISTEMA DE CORTE

El sistema de estampado realizara esta tarea conjuntamente con la alimentación y el corte. Las mordazas pueden cortar con:

- Borde maquinado y afilado en fresa.
- Fleje de acero quirúrgico.

Se selecciona borde maquinado y afilado en fresa por facilidad de construcción y costos.

### 2.5.5. SISTEMA DE EXTRACCIÓN

La materia prima debe ser la encargada de retirar el jabón estampado el momento de su ingreso a las mordazas a fin de ser troquelado. Su posterior extracción será de tipo manual.

### 2.5.6. ESTRUCTURA BASTIDOR

**Tabla 2.5 Tabla cualitativa de materiales del bastidor.**

|   | TUBO REDONDO | TUBO CUADRADO | PERFILES |
|---|--------------|---------------|----------|
| <b>COSTO</b>                                  | 5            | 5             | 6        |
| <b>FACILIDAD CONSTRUCCION</b>                 | 7            | 6             | 5        |
| <b>FACILIDAD DE SUJECION DE LOS ELEMENTOS</b> | 8            | 3             | 4        |
| <b>PESO</b>                                   | 5            | 6             | 5        |



|              | TUBO REDONDO | TUBO CUADRADO | PERFILES  |
|--------------|--------------|---------------|-----------|
| <b>TOTAL</b> | <b>25</b>    | <b>20</b>     | <b>20</b> |

**Tabla 2.6 tabla de criterio de valoración.**

|   | <b>1</b>       | <b>3</b>      | <b>5</b>  | <b>7</b>                | <b>10</b>  |
|---|----------------|---------------|-----------|-------------------------|------------|
| <b>COSTO</b>                                  | Insignificante | Muy económico | Aceptable | Alto pero aceptable     | Excesivo   |
| <b>FACILIDAD DE CONSTRUCCION</b>              | Muy fácil      | Fácil         | Mediano   | Con alguna complicación | Complicado |
| <b>FACILIDAD DE SUGECION DE LOS ELEMENTOS</b> | Muy fácil      | Fácil         | Mediano   | Con alguna complicación | Complicado |
| <b>PESO</b>                                   | Insignificante | Liviano       | Aceptable | Alto pero aceptable     | Excesivo   |

Se utilizara una combinación entre tubos cuadrados de una pulgada por una pulgada y de 3 mm. de espesor y perfiles varios de acuerdo a los requerimientos del diseño.

### **2.5.7. SUBSISTEMA ELÉCTRICO**

El moto reductor trabajara con una corriente eléctrica de 220 V, el tablero de control contendrá botones de encendido, apagado, para de emergencia, así como un regulador de voltaje.

## **2.6 SUMARIO**

### **2.6.1 SISTEMAS PRINCIPALES**

La alimentación y estampado son realizados por los sistemas Biela manivela y el sistema de leva respectivamente. Los cálculos y análisis descritos nos permiten conocer las dimensiones, materiales, fuerzas ejercidas por estos sistemas involucrados.

#### **2.6.1.1. LEVA**

La acción de estampado que harán las mordazas será realizada por una leva de tipo armónica. La memoria de cálculo 3.2.1 y 3.2.2 muestra el diseño y calculo respectivos.

### **2.6.1.2. BIELA MANIVELA**

La acción de alimentación y expulsión será realizada por un sistema biela manivela regulable con detenimiento. La memoria de cálculo 3.3.1 Y 3.3.2 muestra el cálculo y diseño respectivo.

### **2.6.1.3. SISTEMA DE RESORTES**

A fin de que los sistemas antes mencionados funcionen es necesario el uso de resortes, de compresión en el caso del sistema de leva, y de tracción en el sistema biela manivela. La memoria de calculo 3.4 muestra el calculo respectivo.

## **2.6.2 SISTEMA DE POTENCIA**

Se cuenta con un moto reductor de 0.75 Kw. y una salida de 90 R.P.M, partiendo de este punto se realiza el calculo necesario para obtener un velocidad de 30 R.P.M. “velocidad máxima de trabajo de la maquina”. Teniendo en cuenta la disponibilidad del mercado se usara cadenas No 60 de paso  $\frac{3}{4}$ ”, la memoria de calculo 3.1 muestra el análisis respectivo, mientras que las memorias de calculo 3.5.1., 3.5.2, 3.5.3 muestran el calculo de los ejes.

## **2.7. SINCRONIZACIÓN DE MOVIMIENTOS**

A fin lograr el correcto funcionamiento de la maquina es necesario lograr una sincronización perfecta, evitando los desfases entre los movimientos entre los elementos leva armónica, biela manivela, y leva de cuña, encargados de prensar, cortar y expulsar la materia prima.

La sincronización parte desde el movimiento armónico simple descrito por el sistema biela manivela encargado del sistema de alimentación en una revolución del mismo, a partir de esto se determinaron los desplazamientos requeridos por la leva armónica, cuya velocidad angular será igual a la del conjunto biela manivela, así como la posición y desplazamiento de la leva de cuña a fin de que en conjunto produzcan la serie de movimientos impuestos por el diseño.

La *figura 3* muestra los diagramas de movimientos [ $d$  (mm) vs.  $\theta$ ] de la leva armónica, biela manivela, y leva de cuña, así mismo el (*Anexo 7*) muestra el sistema de mordazas durante los movimientos.

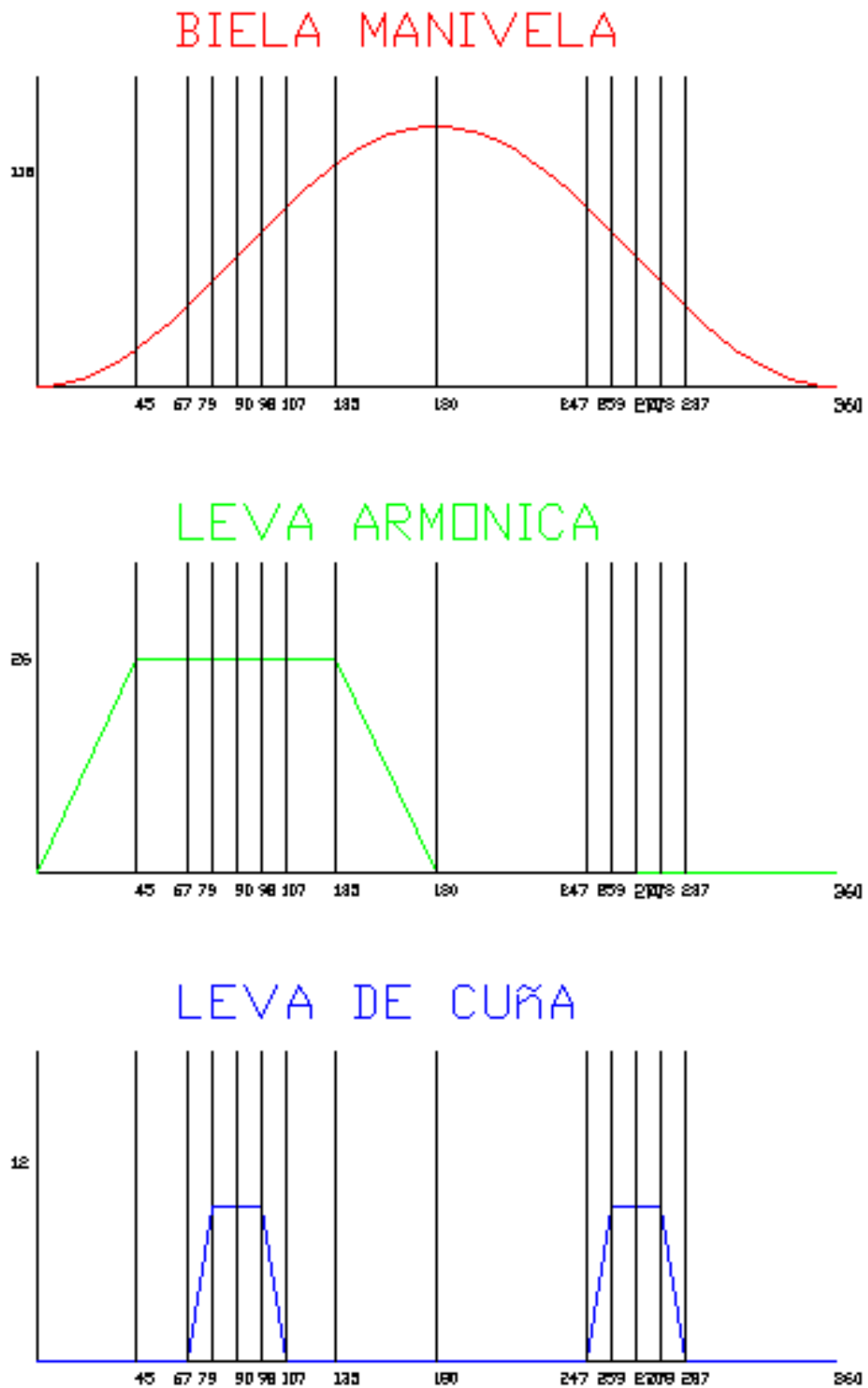


Figura 2.9 Sincronización de los movimientos de la máquina.

## CAPITULO 3

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

#### 3.1. ESTRUCTURA BASTIDOR

La estructura bastidor para la maquina se realizo utilizando perfil L de 50\*50\*2 mm. utilizando soldadura por arco eléctrico SMAW con electrodo E6011, materiales disponibles en CHEMequip industrias. Para su diseño se tomo en cuenta factores de ensamblado, mantenimiento, y construcción. **(Plano TRV-007, ANEXO22)**

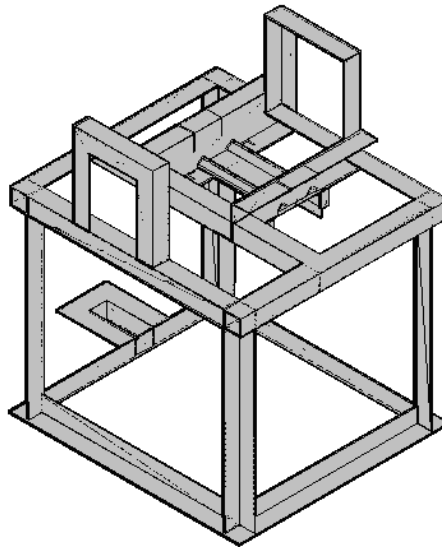


Figura 3.1 Bosquejo de estructura bastidor

##### 3.1.1 DISEÑO TOMANDO EN CUENTA EL ENSAMBLE

Se trazaron en primera instancia bosquejos de un bastidor que permita soportar los elementos motrices y de transmisión de potencia. Los bosquejos fueron modificados a medida que los cálculos arrojaban datos sobre distancias y medidas.

##### 3.1.2 DISEÑO TOMANDO EN CUENTA EL MANTENIMIENTO

Sobre los primeros bosquejos tomando en cuenta puntos de mantenimiento como son graseros y brochas para aceite se realizan agujeros o se liberan espacios para el libre ingreso los aplicadores de grasa y aceite.

### 3.1.3 DISEÑO TOMANDO EN CUENTA LA CONSTRUCCIÓN

El bastidor fue diseñado tal que permite el desmontaje de todos los componentes físicos del equipo, para esto se tomo en cuenta las dimensiones promedio de las herramientas y facilidad del operario para montaje y desmontaje.

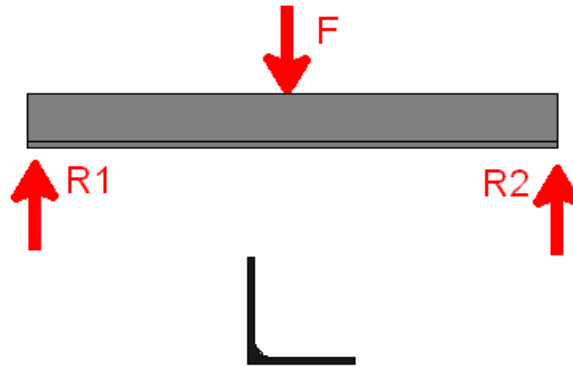


Figura 3.2 Sección soporte

#### DATOS

|                           |     |   |
|---------------------------|-----|---|
| $F_{mx} := 1350.7$        | (N) | Fuerza alternante<br>Maxima   |
| $F_{mn} := 0$             |     | Minima  |
| $l := 0.25$               | (m) | Longitud de viga  |
| $S_{ut} := 550$           | Mpa | Acero estructural ASTM A 36<br>catálogo IPAC  |
| $S_y := 250$              | Mpa | <b>Anexo 31</b>   |
| $S_e := 0.5 \cdot S_{ut}$ | Mpa | Estimación de la resistencia<br>teorica a la fatiga $S_f'$ o del<br>limite de resistencia a la fatiga<br>$S_e'$ |
|                           |     | <b>Anexo 24</b>   |

#### CALCULO

|                          |     |            |
|--------------------------|-----|------------|
| $R1 := \frac{F_{mx}}{2}$ |     | Reacciones |
| $R1 = 675.35$            | (N) |            |
| $R2 := \frac{F_{mx}}{2}$ |     |            |
| $R2 = 675.35$            | (N) |            |

```

----- REGIONES -----
Area:                305.0986
Perimetro:           196.5212
Centroid:            X: 0.0000
                    Y: 0.0000
Momentos de inercia: X: 72568.1104
                    Y: 72568.1104
Productos de inercia: XY: -41676.8622
Radio de giro:      X: 15.4224
                    Y: 15.4224
Principales momentos y direcciones X-Y respecto del centroide
I: 30891.2482 along [0.7071 -0.7071]
J: 114244.9726 along [0.7071 0.7071]

```

*Autocad 2008 Massprop command*

$$M_{mx} := F_{mx} \cdot \frac{1}{2} \quad \text{Momento máximo}$$

$$M_{mx} = 168.838 \quad (\text{Nm})$$

$$M_{mn} := F_{mn} \cdot \frac{1}{2} \quad \text{Momento mínimo}$$

$$M_{mn} = 0 \quad (\text{Nm})$$

$$I := \frac{114244.9726}{1000^4} \quad (\text{m}^4) \quad \text{Momento de Inercia}$$

$$c := 0.0154224 \quad (\text{m}) \quad \text{Radio de giro}$$

$$\sigma_{max} := \frac{M_{mx} \cdot c}{I} \cdot \frac{1}{10^6}$$

$$\sigma_{max} = 22.792 \quad (\text{Mpa})$$

$$\sigma_{min} := \frac{M_{mn} \cdot c}{I}$$

$$\sigma_{min} = 0 \quad (\text{Mpa})$$

$$\sigma_m := \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a := \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\eta_s := \frac{1}{\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_e}}$$

$$\eta_s = 11.491$$

Factor de seguridad en la biela  
aceptable por alto margen

## 3.2 ESTAMPADO

### 3.2.1 LEVA DE ESTAMPADO ANÁLISIS DEL PERFIL

#### 3.2.1.1 INTRODUCCIÓN

Se ha diseñado la leva de acuerdo al siguiente ciclo de temporización

| Tramo            | Descripción  |
|------------------|--|
| $\beta_1 := 45$  | Representa al primer tramo del recorrido en el cual el seguidor de la leva empieza el estampado, moviendo este a su vez a la matriz que es la que realiza la acción de estampar  |
| $\beta_2 := 90$  | Representa al segundo tramo del recorrido en el cual el seguidor de la leva tiene la posición en la cual permanece estampando  |
| $\beta_3 := 45$  | Representa al tercer tramo del recorrido en el cual el seguidor de la leva permite que las mordazas que realizan el estampado se abran, facilitando de esta manera que actúe la leva de cuña para la activación del sistema de expulsión del jabón de la matriz. |
| $\beta_4 := 180$ | Representa al cuarto tramo del recorrido en el cual el seguidor de la leva permanece inmóvil, debido a que en esta parte del ciclo el material se encuentra ingresando a la cámara de estampado  |

#### 3.2.1.2 CALCULOS

##### Datos

$h := 30$  mm Distancia de subida del seguidor

$\theta := 0,5..360$  Rango

##### 3.2.1.2.1 DESPLAZAMIENTO

$$s_1(\theta) := \frac{h}{2} \cdot \left( 1 - \cos \left( \pi \cdot \frac{\theta}{\beta_1} \right) \right) \quad \text{Ecuación de subida del seguidor}$$

$$s_2(\theta) := h$$

Ecuación de detenimiento alto

$$s_3(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1, s_2(\theta), s_1(\theta))$$

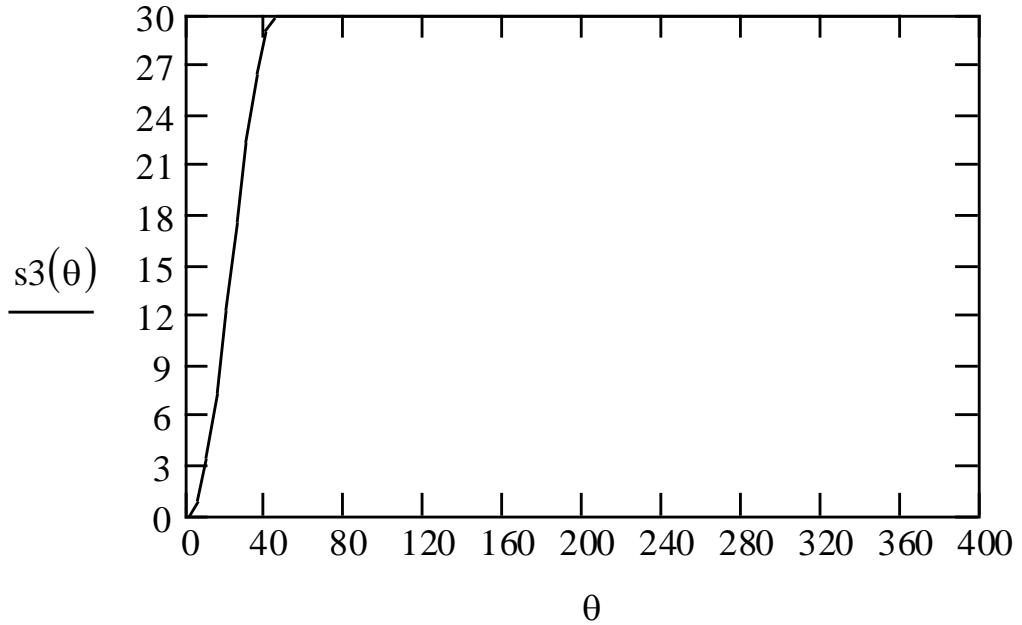


Figura 3.3 Desplazamiento lineal del seguidor vs desplazamiento angular de la leva  
Subida y Detenimiento Alto.

$$s_4(\theta) := \frac{h}{2} \cdot \left[ 1 + \left[ \cos \left[ \pi \cdot \frac{[\theta - (\beta_1 + \beta_2)]}{\beta_3} \right] \right] \right] \quad \text{Ecuación de descenso del seguidor}$$

$$s_5(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1 + \beta_2, s_4(\theta), s_3(\theta))$$

Ecuación de detenimiento o bajo

$$s_6(\theta) := 0$$

$$s(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1 + \beta_2 + \beta_3, s_6(\theta), s_5(\theta))$$

**Ecuación general de movimiento**



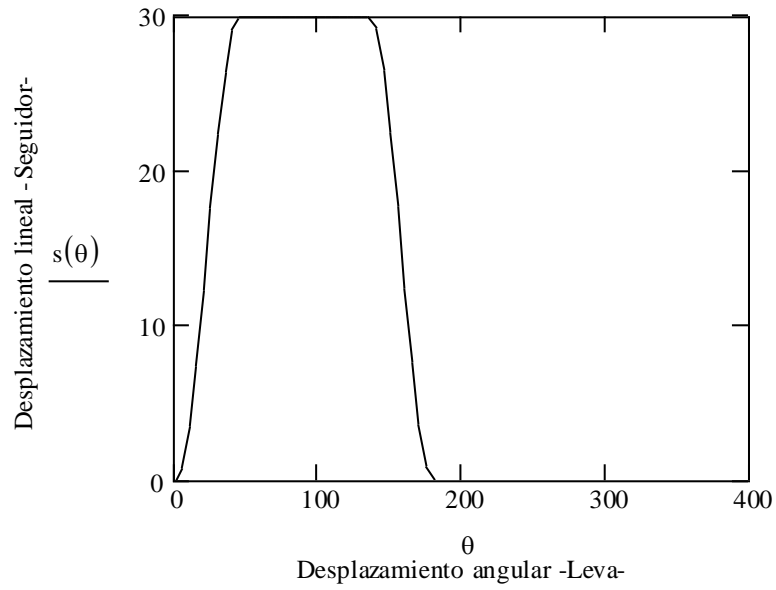


Figura 3.4 Desplazamiento lineal del seguidor vs desplazamiento angular de la leva

### 3.2.1.2.2 VELOCIDAD

$$v1(\theta) := \frac{d}{d\theta} s1(\theta)$$

Cálculo realizado por tramos

$$v2(\theta) := \frac{d}{d\theta} s2(\theta)$$

$$v3(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1, v2(\theta), v1(\theta))$$

$$v4(\theta) := \frac{d}{d\theta} s4(\theta)$$

$$v5(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1 + \beta2, v4(\theta), v3(\theta))$$

$$v6(\theta) := \frac{d}{d\theta} s6(\theta)$$

$$v(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1 + \beta2 + \beta3, v6(\theta), v5(\theta))$$

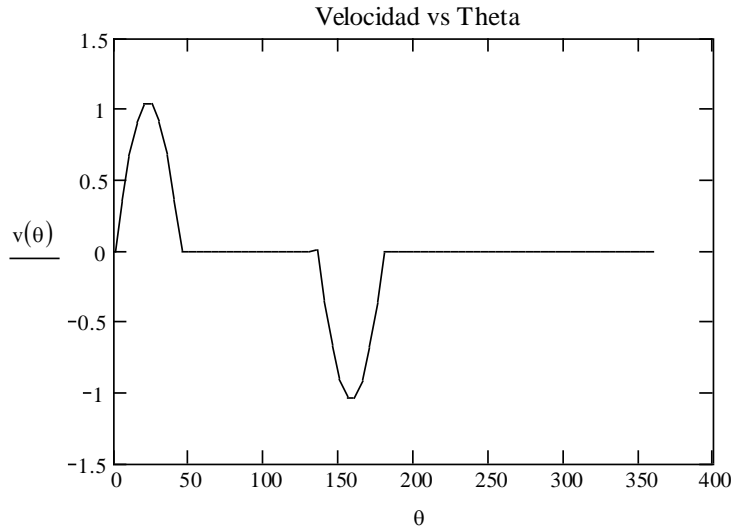


Figura 3.5 Velocidad del seguidor vs Desplazamiento angular de la leva  
 La figura nos indica que la primera derivada del desplazamiento es una función continua en todo el intervalo

### 3.2.1.2.3 ACELERACION

$$a1(\theta) := \frac{d}{d\theta} v1(\theta)$$

$$a2(\theta) := \frac{d}{d\theta} v2(\theta)$$

$$a3(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1, a2(\theta), a1(\theta))$$

$$a4(\theta) := \frac{d}{d\theta} v4(\theta)$$

$$a(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1 + \beta_2 + \beta_3, a6(\theta), a5(\theta))$$

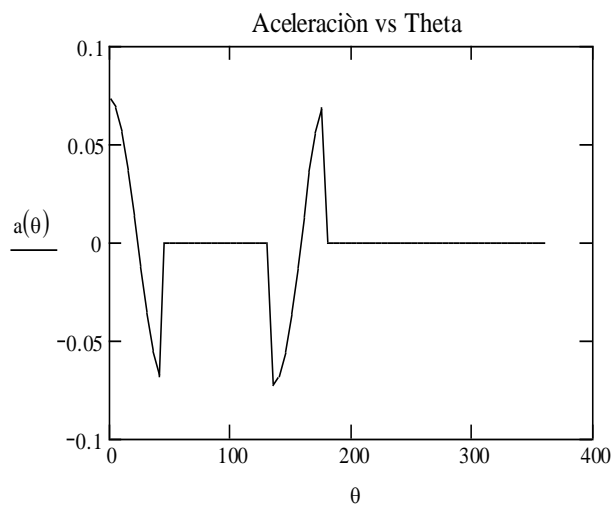


Figura 3.6 Aceleración del seguidor vs Desplazamiento angular de la leva

La no continuidad de esta función y sus dos primeras derivadas indican que existen puntas infinitas o delta de Dirac, con lo cual podrían a existir golpes destructivos, sin embargo debido a la baja velocidad de trabajo y tal como lo indica el diagrama de fuerza, no se produce desprendimientos por parte del seguidor.

### 3.2.1.2.4. SOBREACELERACION

$$j1(\theta) := \frac{d}{d\theta} a1(\theta)$$

$$j2(\theta) := \frac{d}{d\theta} a2(\theta)$$

$$j3(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1, j2(\theta), j1(\theta))$$

$$j4(\theta) := \frac{d}{d\theta} a4(\theta)$$

$$j5(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1 + \beta2, j4(\theta), j3(\theta)) \quad j6(\theta) := \frac{d}{d\theta} a6(\theta)$$

$$j(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1 + \beta2 + \beta3, j6(\theta), j5(\theta))$$

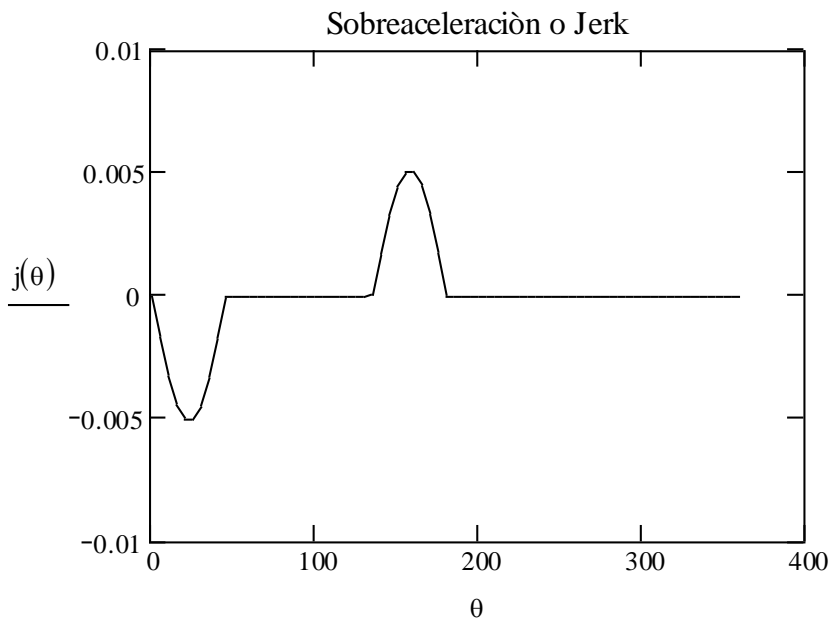


Figura 3.7 Sobreaceleración r vs Desplazamiento angular de la leva

El gráfico presenta en la realidad pequeños saltos infinitos lo cual a podría presentar discontinuidad e impacto, pero debido a su baja velocidad también se observa que el seguidor no se desprende en todo su ciclo.

### 3.2.1.3 PERFIL DE LA LEVA

$$\varepsilon := 0$$

$$R_b := 100 \quad \text{mm} \quad \text{Radio base}$$

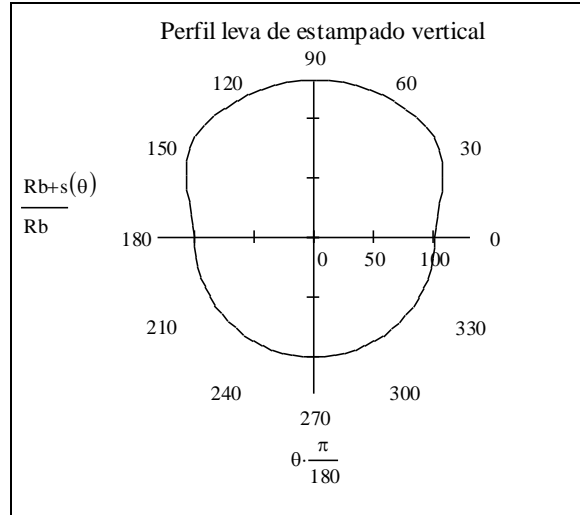


Figura 3.8 Perfil leva de estampado vertical

Radio de curvatura

$$\text{rodillo} := 20 \quad \text{mm}$$

$$R_p := R_b + \text{rodillo}$$

#### 3.2.1.3.1 ANGULO DE PRESIÓN

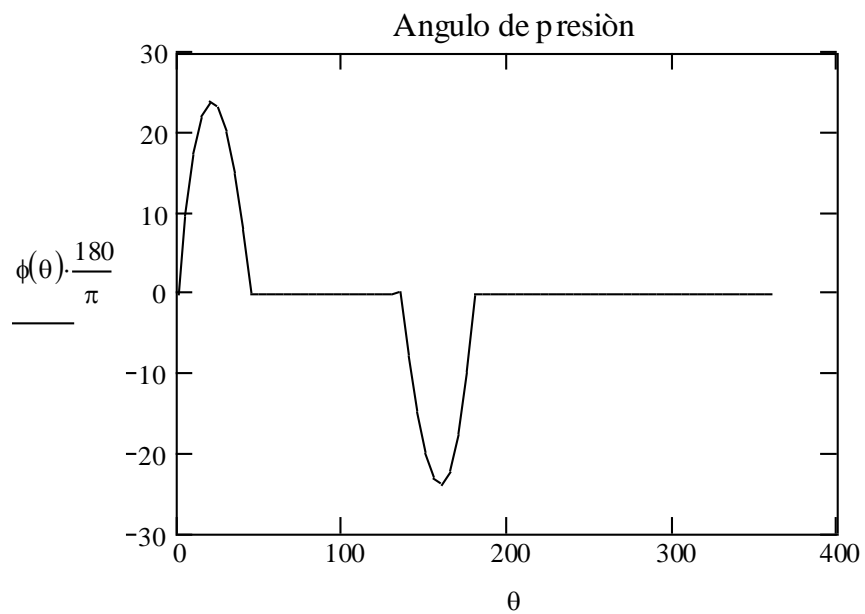


Figura 3.9 Angulo de presión

El ángulo de presión se encuentra en 24 grados, lo cual indica que no existirán cargas excesivas laterales, lo cual impide que exista un deslizamiento del seguidor

### 3.2.1.3.2 RADIO DE CURVATURA

$$\rho(\theta) := \frac{\left[ (R_p + s(\theta))^2 + \left( v(\theta) \cdot \frac{180}{\pi} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{\left[ (R_p + s(\theta))^2 + \left[ 2 \cdot \left( v(\theta) \cdot \frac{180}{\pi} \right)^2 \right] - \left[ \left[ a(\theta) \cdot \left( \frac{180}{\pi} \right)^2 \cdot (R_p + s(\theta)) \right] \right] \right]}$$

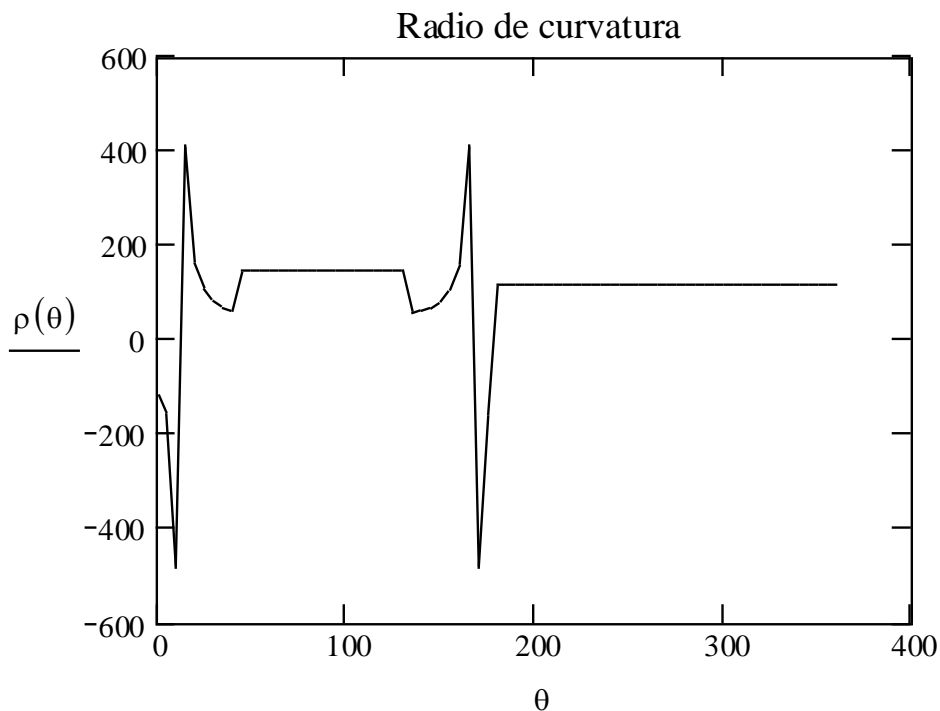


Figura 3.10 Radio de curvatura

### 3.2.1.4 ANÁLISIS DE FUERZAS DINÁMICAS

#### 3.2.1.4.1 DATOS

Masa del sistema en Kg y precarga en N del resorte

Masa := 9.1 Kg

Precarga := 48 N

Frecuencia de giro de la leva en radianes por segundo

$$\omega := 30 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60}$$

### 3.2.1.4.2 CONSTANTE DEL RESORTE Y FRECUENCIA NATURAL

$$K := (2.934 \times 10^4) \text{ N / m}$$

$$K := K \cdot 1.48 \quad \text{Factor de seguridad de diseño}$$

$$\omega N := \sqrt{\frac{K}{M \text{ asa}}}$$

$$\omega N = 69.078 \quad \text{rad / s}$$

### 3.2.1.4.3 RELACIÓN DE AMORTIGUACIÓN, CONSTANTE DE AMORTIGUACIÓN CRÍTICA Y CONSTANTE DE AMORTIGUACIÓN REAL

$$\xi := 0.06$$

$$C_{\text{critico}} := 2 \cdot M \text{ asa} \cdot \omega N$$

$$C := C_{\text{critico}} \cdot \xi$$

$$C = 75.433 \quad \text{Kg / s}$$

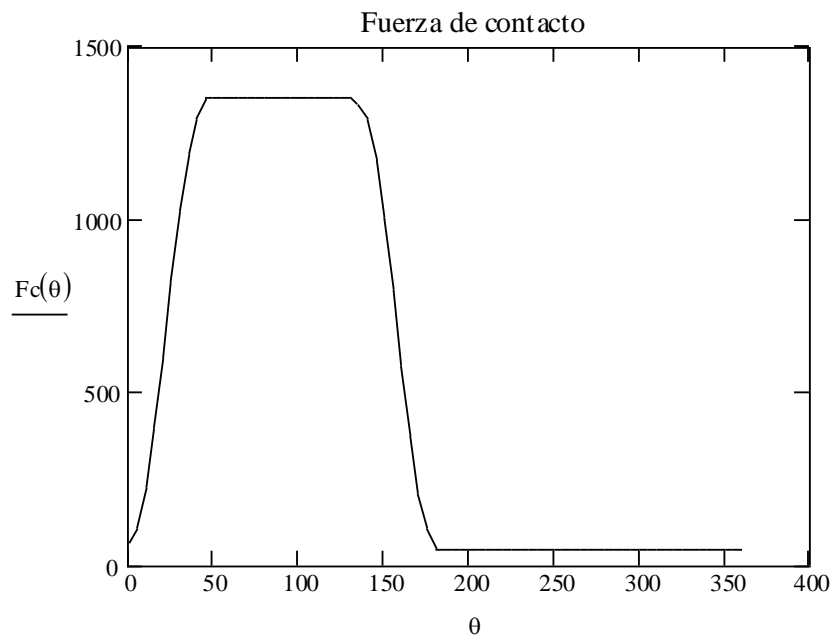


Figura 3.11 Fuerza de contacto

El gráfico nos indica que la Fuerza de contacto ( Fuerza Cineostática) es mayor entre los 45 y 135 grados, y su valor es de 1351 N que representa el momento en el cual se realiza el estampado

### 3.2.1.4.. PAR DE TORSIÓN

$$T(\theta) := F_c(\theta) \cdot \frac{v(\theta) \cdot \frac{180}{\pi}}{\omega \cdot 1000} \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

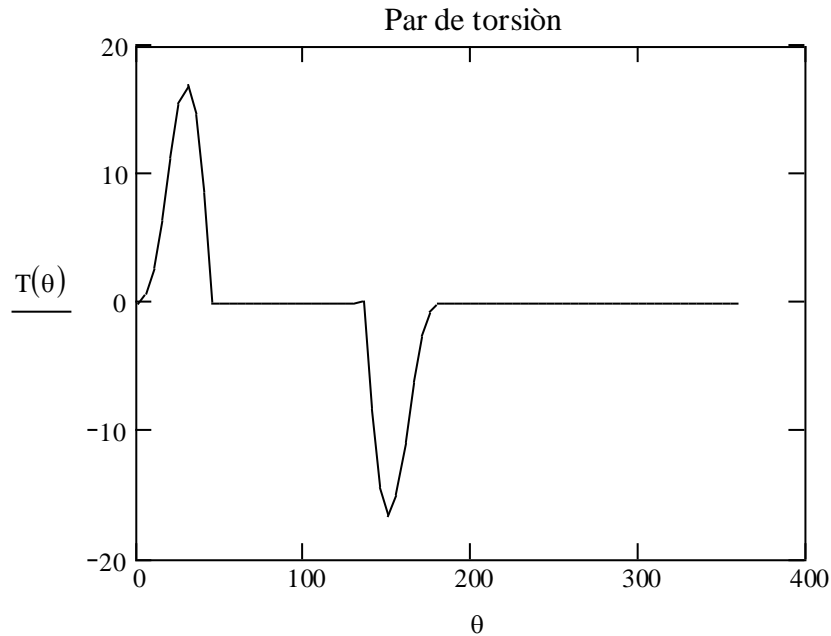


Figura 3.12 Par de torsión

### 3.2.2. ANÁLISIS DE LA LEVA – FUERZAS DE CONTACTO, ESFUERZO DE HERTZ

#### DATOS INICIALES

**Material de la leva:** Acero al carbono

**Material del seguidor:** Acero al carbono

|              |       |   |
|--------------|-------|---|
| R1 := 20     | (mm)  | Radio del seguidor  |
| R2 := 135    | (mm)  | Radio de la leva en Fmax                                  |
| v1 := 0.28   |       | Modulo de Poisson Seguidor                                |
| v2 := 0.28   |       | Modulo de Poisson Leva                                    |
| E1 := 206800 | (MPa) | Modulo de Young Seguidor                                  |
| E2 := 206800 | (MPa) | Modulo de Young Leva                                      |
| Li := 50     | (mm)  | Longitud de contacto-ancho de leva (inicio de interacion) |
| Fm := 1351   | (N)   | Fuerza de contaco maxima                                  |

## CALCULO

$$B := \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \right)$$

Constante de geometria

$$B = 0.029 \quad (\text{mm}^{-1})$$

$$m1 := \frac{1 - \nu1^2}{E1}$$

Constante de material  
Seguidor

$$m1 = 4.456 \times 10^{-6} \quad (\text{MPa}^{-1})$$

$$m2 := \frac{1 - \nu2^2}{E2}$$

Constante de material  
Leva

$$m2 = 4.456 \times 10^{-6}$$

$$a := \sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot \frac{m1 + m2}{B} \cdot \frac{Fm}{Li}}$$

Semiancho de contacto

$$a = 0.073 \quad (\text{mm})$$

$$\text{Area} := 2 \cdot a \cdot Li$$

Area rectangular de la huella

$$\text{Area} = 7.308 \quad (\text{mm}^2)$$

$$P_{\text{prom}} := \frac{Fm}{\text{Area}}$$

(MPa) Presion promedio

$$P_{\text{prom}} = 184.855$$

$$P_{\text{max}} := \frac{2Fm}{\pi a \cdot Li}$$

$$P_{\text{max}} = 235.364$$

(MPa) Presion maxima

$$\mu := 0.33$$

Con  $\mu = 0.33$  los esfuerzos son  
maximos.  $z=0$  y  $x=0.3a$

$$f_{\text{max}} := P_{\text{max}} \cdot \mu$$

$$z := 0$$

$$x := 0.3 \cdot a$$

$$x = 0.022$$

$$f_{\text{max}} = 77.67$$

(MPa) Presion tangencial

$$\sigma_{xn} := -P_{\text{max}} \cdot \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}$$

En este caso  $|x| < a$

$$\sigma_{xn} = -224.523$$

(MPa)

Esfuerzos normales maximos  
en el centro de la superficie

$$\sigma_{zn} := \sigma_{xn}$$



$$\sigma_{xt} := -2 \cdot f_{max} \cdot \left( \frac{x}{a} \right)$$

$$\sigma_{xt} = -46.602$$

$$\sigma_{zt} := 0$$

$$\tau_{xzn} := 0$$

$$\tau_{xzt} := -f_{max} \cdot \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}$$

$$\tau_{xzt} = -74.093 \quad (\text{MPa})$$

Esfuerzos normales y tangenciales

$$\sigma_x := \sigma_{xn} + \sigma_{xt}$$

$$\sigma_z := \sigma_{zn} + \sigma_{zt}$$

$$\tau_{xz} := \tau_{xzn} + \tau_{xzt}$$

Esfuerzos aplicados

$$\sigma_x = -271.125 \quad (\text{MPa})$$

$$\sigma_z = -224.523$$

$$\tau_{xz} = -74.093$$

$$\sigma_y := 0$$

Para rodillos cortos se tiene  $\sigma_y = 0$

### ESFUERZOS PRINCIPALES ( CIRCULO DE MOHR)

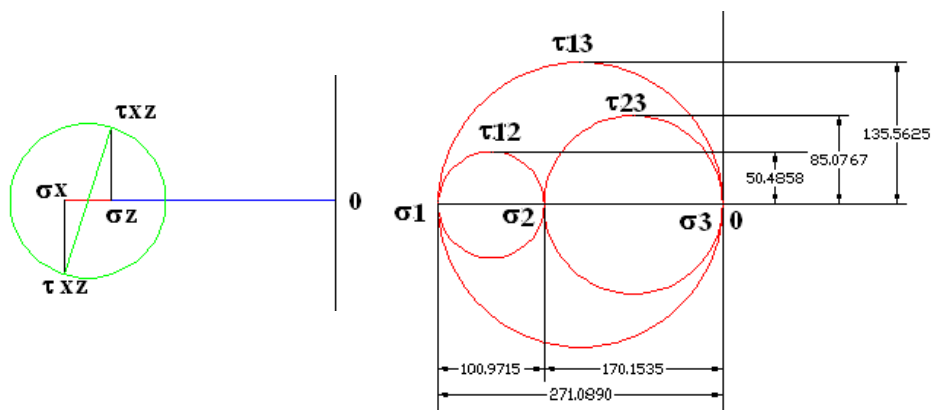


Figura 3.12 Circulo de Mohr

$$\sigma_1 := -271.0890$$

$$\sigma_2 := -170.1535$$

$$\sigma_3 := 0$$

Esfuerzos principales

$$\begin{aligned}\tau_{12} &:= 50.4858 \\ \tau_{23} &:= 85.0767 \\ \tau_{13} &:= 135.5625\end{aligned}$$

Se compara con la resistencia a la fatiga

Material: Acero al carbono 760 AISI 1045 " catalogo de aceros IBCA "

### Anexo 11

$$\text{BHN} := 220$$

$$\text{Se} := 400 \cdot \text{BHN} - 10000 \quad \left( \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \right)$$

$$\text{Se} \cdot \frac{9.81}{2.2 \cdot 25.4^2} = 539.105 \quad (\text{Mpa})$$

ES ACEPTABLE

## 3.2 SISTEMA EXPULSOR

### 3.3.1 MOVIMIENTO DE LA BIELA MANIVELA

#### 3.3.1.1 INTRODUCCIÓN

Los datos que a continuación se delatan provienen del siguiente planeamiento de incógnitas de acuerdo al siguiente esquema.

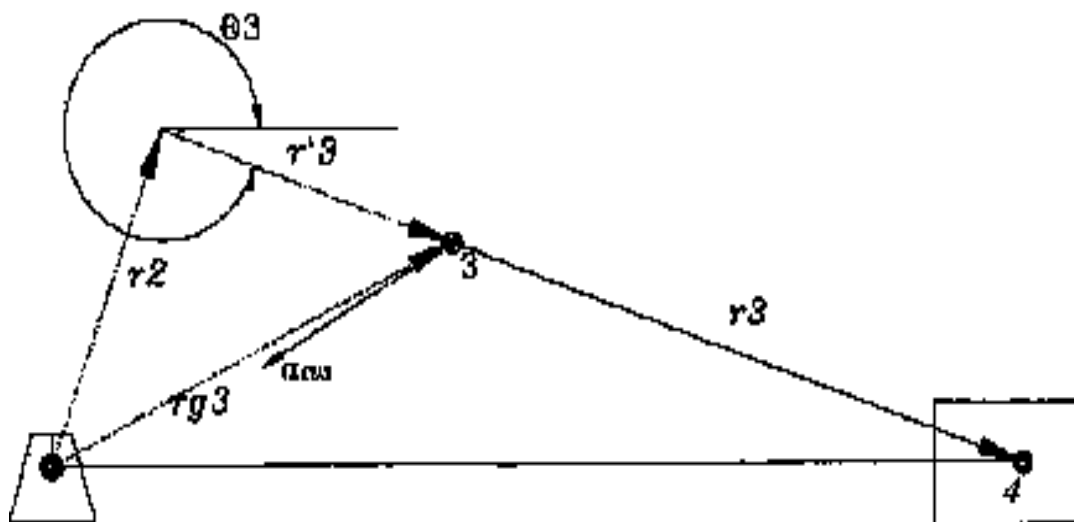


Figura 3.13 Relación de radios comparativos

$r_2 := 66$  Radio del cigueñal [mm]  
 $r_3 := 200$  Radio de la biela [mm]  
 $rpm := 30$  Velocidad angular del cigueñal [rpm]  
 $w_2 := rpm \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60}$  Transformación de unidades  
 $w_2 = 3.142 \text{ rad / seg}$

### RANGO

$\theta_2 := 0, 0.001.. 2\pi$  Angulo de rotacion del cigueñal

### 3.3.12 ANÁLISIS DE POSICIÓN

$$\theta_3(\theta_2) := \text{asin}\left[\left(\frac{-r_2}{r_3}\right) \cdot \sin(\theta_2)\right]$$

$$r_1(\theta_2) := r_3 - \frac{r_2^2}{4 \cdot r_3} + r_2 \cdot \left[ \cos(\theta_2) + \left[ \left(\frac{r_2}{4 \cdot r_3}\right) \cdot \cos(2 \cdot \theta_2) \right] \right]$$

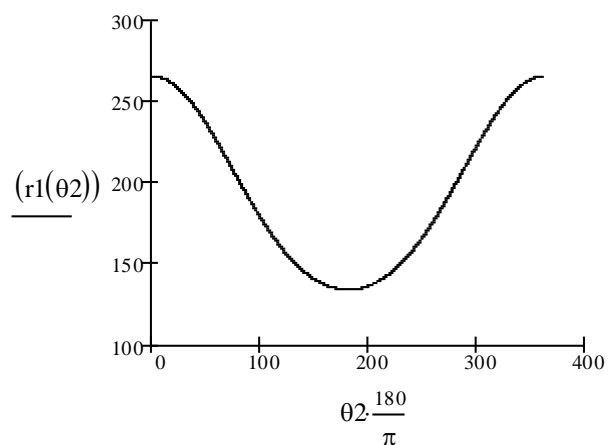


Figura 3.14 Desplazamiento pistón vs. Angulo impulsor

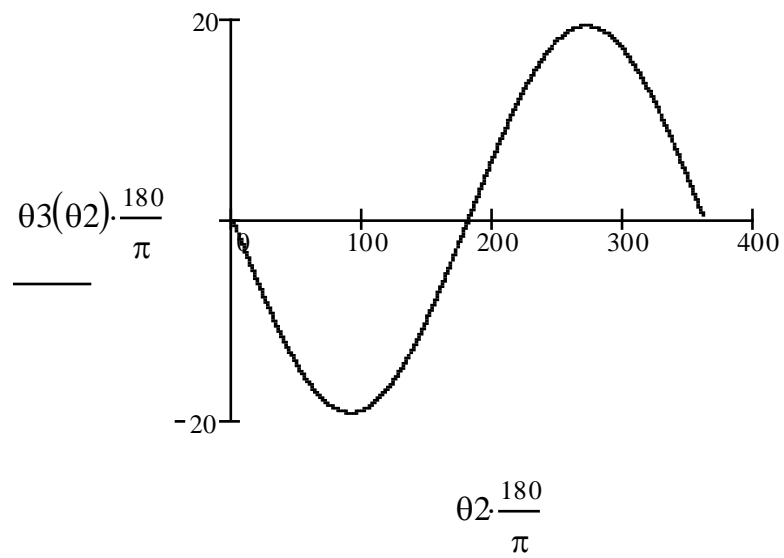


Figura 3.15 Angulo de biela vs Angulo del impulsor

### 3.3.1.3 ANÁLISIS DE VELOCIDAD

$$w_3(\theta_2) := \frac{-r_2 \cdot w_2 \cdot \cos(\theta_2)}{r_3 \cdot \cos(\theta_3(\theta_2))}$$

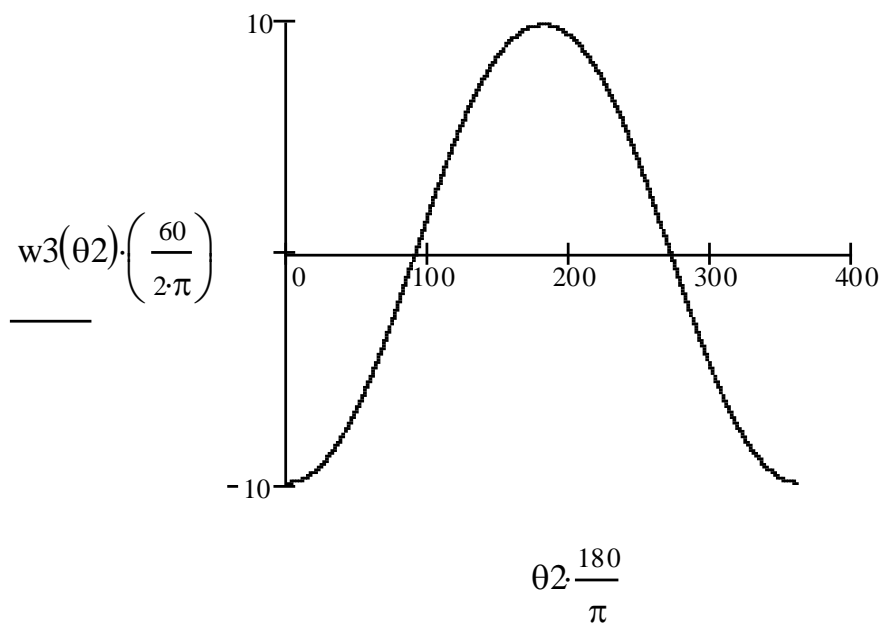


Figura 3.16 Vel. angular biela vs Ang impulsor

### 3.3.1.4 ANÁLISIS DE LA ACELERACIÓN ANGULAR

$$\alpha_3(\theta_2) := \frac{\sin(\theta_3(\theta_2)) \cdot \omega_3(\theta_2) \cdot r_3}{(r_3 \cdot \cos(\theta_3(\theta_2)))^2} \cdot (-r_2 \cdot \cos(\theta_2) \cdot \omega_2)$$

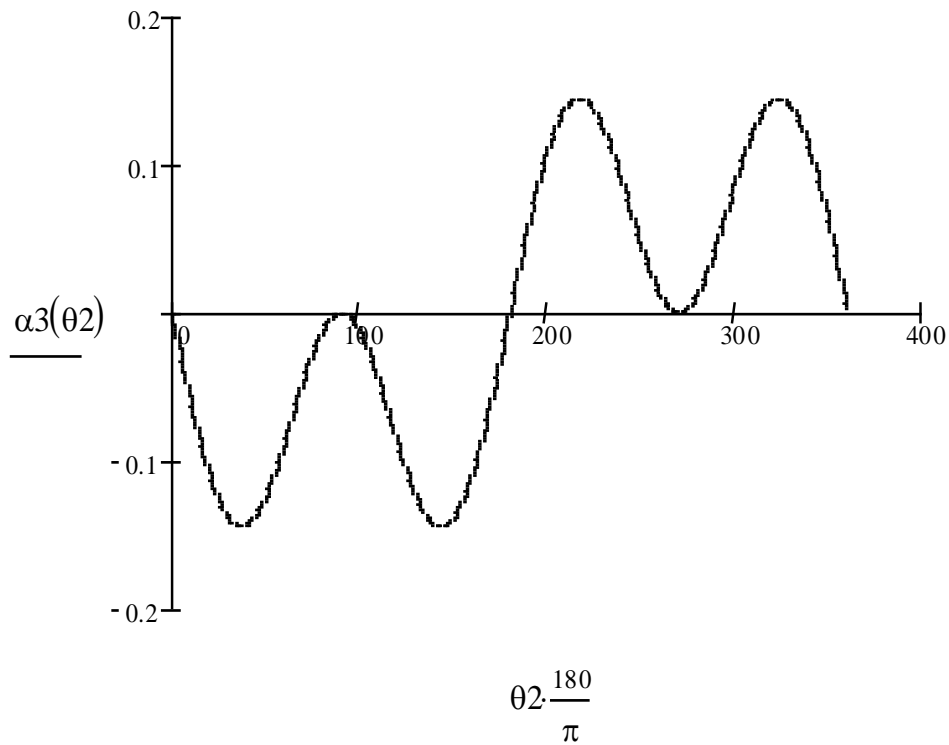


Figura 3.18 Aceleración angular biela vs Ang impulsor

#### 3.3.1.4.1 ANÁLISIS DE LA ACELERACIÓN DEL SEGUIDOR

$$\frac{r_2}{r_3} = 0.33$$

Relación entre radios

$$\text{Seguidor}(\theta_2) := \omega_2 (\tan(\theta_3(\theta_2)) \cdot \sin(\theta_2) + \cos(\theta_2))$$

$$a_p(\theta_2) := r_2 \cdot \omega_2 \cdot \left( \omega_3(\theta_2) \frac{\cos(\theta_2)}{\cos(\theta_3(\theta_2)) \cos(\theta_3(\theta_2))} - \text{Seguidor}(\theta_2) \right)$$

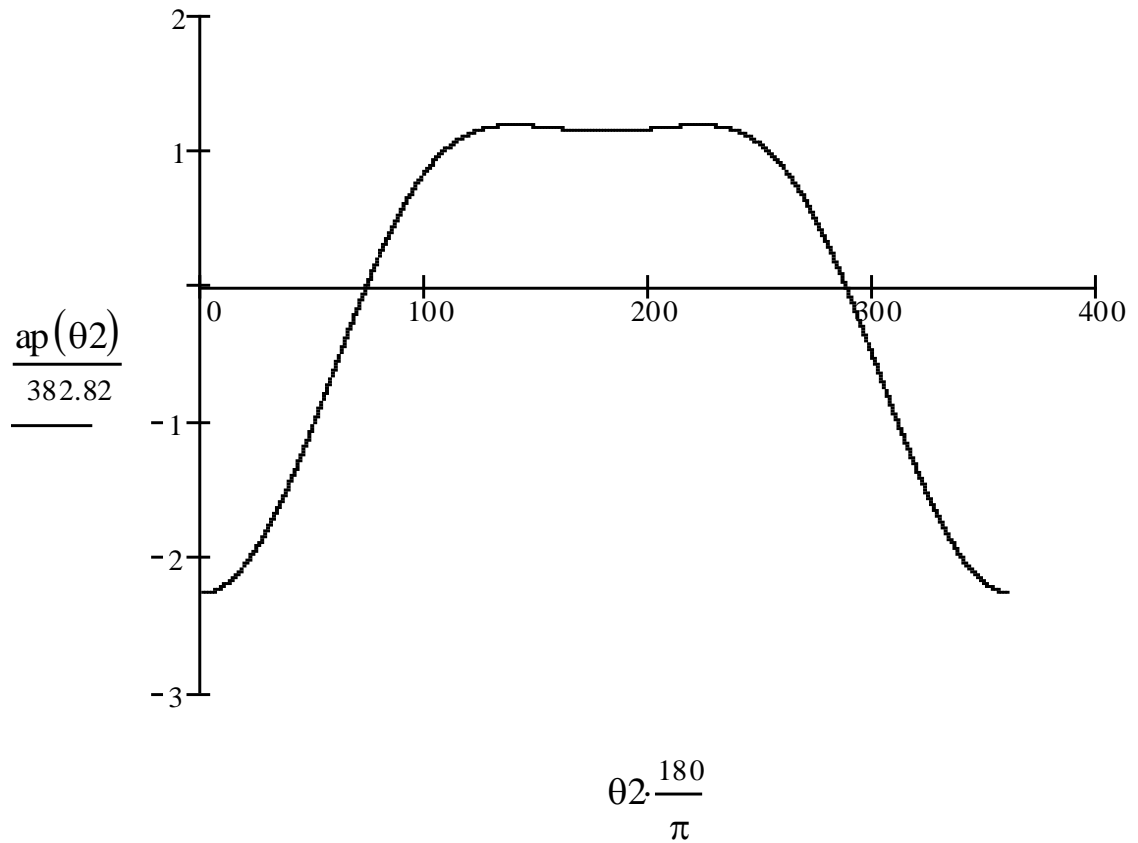


Figura 3.19 Aceleración del seguidor vs Ang impulsor

### 3.3.2 ANALISIS DE BIELA MANIVELA - Analisis de fuerzas dinamicas -

|   |        |                        |
|---|--------|------------------------|
| $\omega_2 := 30$                                    | R.P.M. | Velocidad del impulsor |
| $\omega_2 := \omega_2 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60}$ |        |                        |
| $r_2 := 65.9$                                       | mm     | Longitud manivela      |
| $r_2 := \frac{r_2}{1000}$                           |        |                        |
| $r_3 := 200$  | mm     | Longitud biela         |
| $r_3 := \frac{r_3}{1000}$                           |        |                        |
| $L := 265.9$  | mm     | Carrera                |
| $L := \frac{L}{1000}$                               |        |                        |

## CALCULO DE LA FUERZA ESTÁTICA

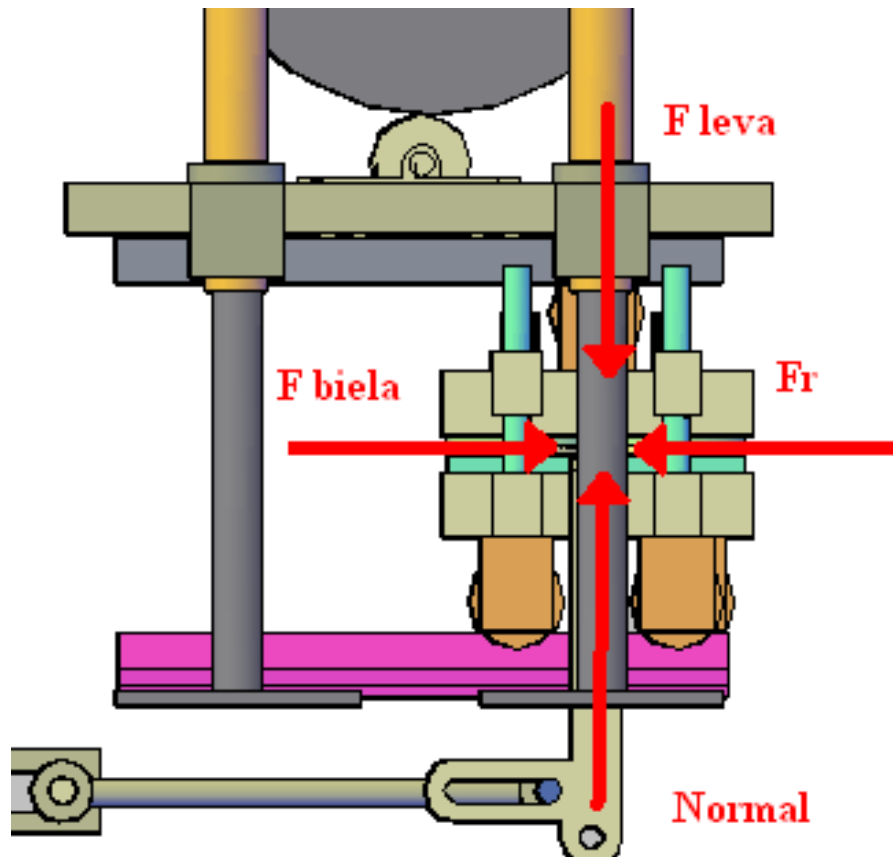


Figura 3.20 Diagrama del cuerpo libre del acoplado

$$\text{Normal} := 1351$$

N

$$\nu := 0.8$$

Coefficiente de rozamiento experimental al acero-acero.

$$\text{Fr} := \nu \cdot \text{Normal}$$

Se supone traba total en los rodamientos.

$$\theta := 0, 0.1 \cdot \frac{\pi}{180} .. 2\pi$$

$$x(\theta) := \text{Fr}$$

$$x(\theta) := \text{if} \left( \theta \leq 180 \cdot \frac{\pi}{180}, x(\theta), 0 \right)$$

$$x'(\theta) := \text{if} \left( \theta \geq 180 \cdot \frac{\pi}{180}, 0, 0 \right)$$

$$\text{Fr}(\theta) := x(\theta) + x'(\theta)$$

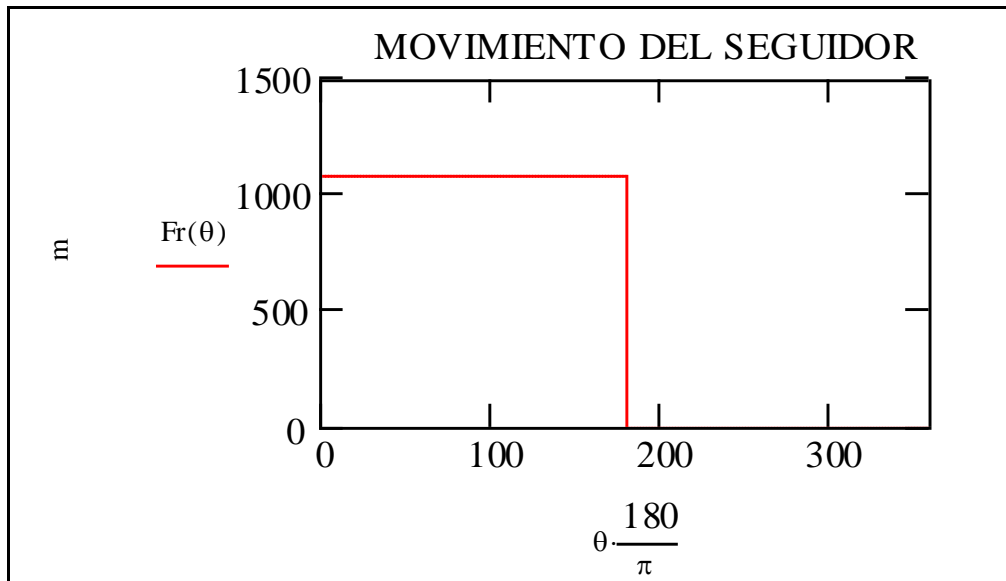
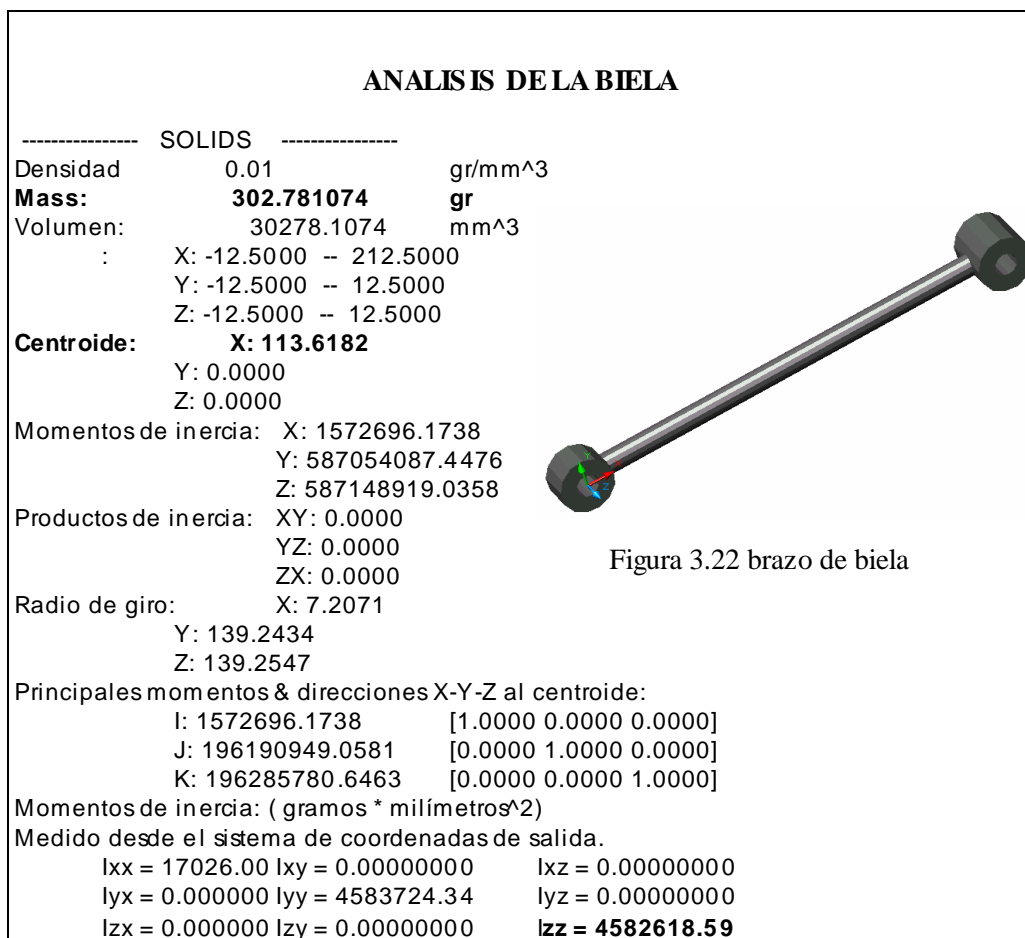


Figura 3.21 Fuerza por rozamiento en el seguidor

$$\theta_3(\theta) := \text{asin}\left(\frac{-r_2}{r_3} \cdot \sin(\theta)\right)$$



Autocad 2008 Massprop command



|                                  |                     |                             |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| $m3 := 0.302781074$              | Kg                  | Masa                        |
| $IG3 := \frac{4582.618}{1000^2}$ | Kg · m <sup>2</sup> | Inercia                     |
| $rCG3 := \frac{113.6182}{1000}$  | m                   | Radio al centro de gravedad |

Modelo dinámico de la biela

Modelo de péndulo doble para balancear el mecanismo

|                                |                |                                |               |
|--------------------------------|----------------|--------------------------------|---------------|
| $l := 200$                     | $la := 113.61$ | $lb := l - la$                 | $lb = 86.39$  |
| $m3a := m3 \cdot \frac{lb}{l}$ | $m3a = 0.131$  | $m3b := m3 \cdot \frac{la}{l}$ | $m3b = 0.172$ |

Inercia calculada

$$IcG3 := m3a \cdot \left( \frac{la}{1000} \right)^2 + m3b \cdot \left( \frac{lb}{1000} \right)^2$$

$$IcG3 = 2.972 \times 10^{-3}$$

### ANALISIS DE LA MANIVELA

|  |    |                   |
|--|----|-------------------|
| $m4 := 0.7$                                    | Kg | Masa del acoplado |
| $mr := -[m3a + 0.5 \cdot (m3b + m4)] \cdot r2$ |    | $mr = -0.037$     |

$\alpha2 := 0$  El motor debe trabajar a velocidad constante

|   |                   |                    |
|---|-------------------|--------------------|
| Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico   |                   |                    |
| <b>Masa = 876.50 gramos</b>   |                   |                    |
| Volumen = 112372.16 milímetros <sup>3</sup>   |                   |                    |
| Área de superficie = 29468.09 milímetros <sup>2</sup>   |                   |                    |
| Centro de masa: ( milímetros )  |                   |                    |
| X = -14.90  |                   |                    |
| Y = -0.00   |                   |                    |
| <b>Z = 16.66</b>  |                   |                    |
| Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos * milímetros <sup>2</sup> ) |                   |                    |
| Medido desde el centro de masa.   |                   |                    |
| $lx = (0.98, 0.00, -0.21)$  | $Px = 328166.54$  |                    |
| $ly = (-0.21, 0.00, -0.98)$   | $Py = 969039.13$  |                    |
| $lz = (0.00, 1.00, 0.00)$   | $Pz = 1042466.75$ |                    |
| Momentos de inercia: ( gramos * milímetros <sup>2</sup> )   |                   |                    |
| (Medido desde el centro de masa y alineado con el sistema de coordenadas resultante)                |                   |                    |
| $Lxx = 355628.57$   | $Lxy = 0.00$      | $Lxz = -129790.21$ |

Autocad 2008 Massprop command

|                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| $lyx = 18.66$      | $lyy = 1480290.84$ | $lyz = -20.86$     |
| $lzx = -347344.85$ | $lzy = -20.86$     | $lzz = 1136148.61$ |

Autocad 2008 Massprop command

$$\begin{aligned}
 m2 &:= 0.8765 && \text{Kg} \\
 r_{CG2} &:= \frac{16.66}{1000} && \text{m} \\
 IG2 &:= \frac{1480.290}{1000^2} && \text{Kg} \cdot \text{m}^2
 \end{aligned}$$

**PARÁMETROS FÍSICOS**

$$\begin{aligned}
 r2 &= 0.066 && \text{m} \\
 r3 &= 0.2 && \text{m} \\
 r_{CG2} &= 0.017 && \text{m} \\
 r_{CG3} &= 0.114 && \text{m}
 \end{aligned}$$

**DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE**

**MANIVELA**

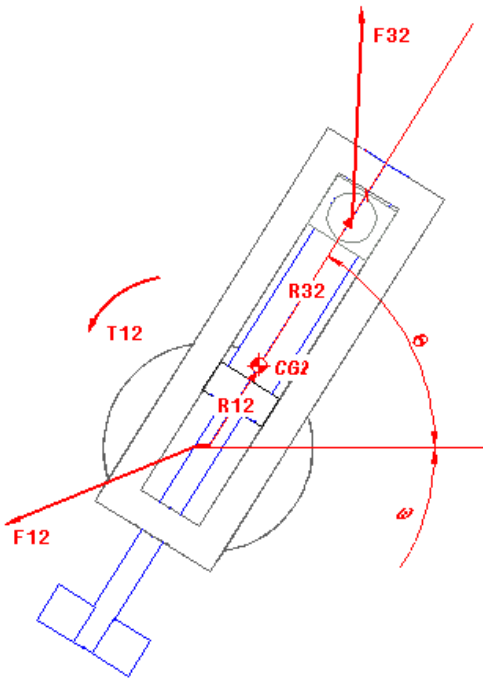


Figura 3.23. Diagrama del cuerpo libre de la manivela

$$a_{CG2x}(\theta) := -r_{CG2} \cdot \omega_2^2 \cdot \cos(\theta)$$

$$a_{CG2y}(\theta) := -r_{CG2} \cdot \omega_2^2 \cdot \sin(\theta)$$

$$R_{32x}(\theta) := (r_2 - r_{CG2}) \cdot \cos(\theta)$$

$$R_{32y}(\theta) := (r_2 - r_{CG2}) \cdot \sin(\theta)$$

$$R_{12x}(\theta) := -r_{CG2} \cdot \cos(\theta)$$

$$R_{12y}(\theta) := -r_{CG2} \cdot \sin(\theta)$$

## BIELA

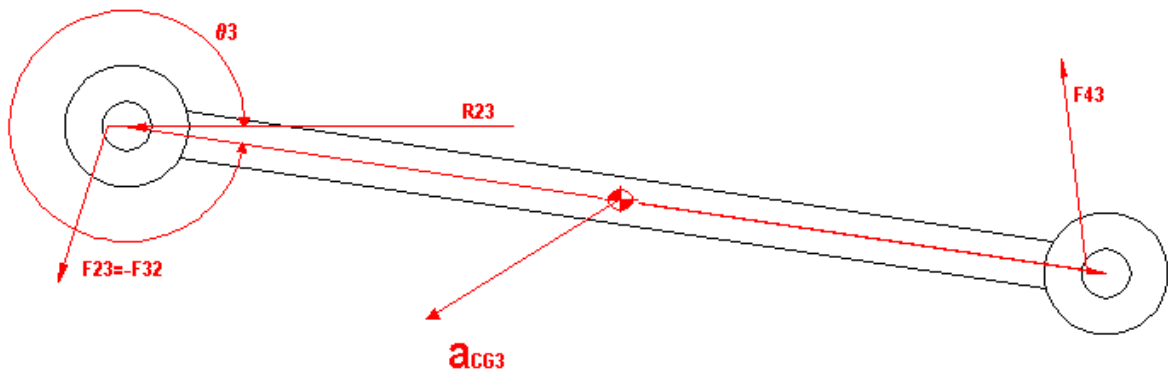


Figura 3.24 Diagrama del cuerpo libre de la Biela

$$R_{23x}(\theta) := -r_{CG3} \cdot \cos(\theta_3(\theta))$$

$$R_{23y}(\theta) := -r_{CG3} \cdot \sin(\theta_3(\theta))$$

$$R_{43x}(\theta) := (r_3 - r_{CG3}) \cdot \cos(\theta_3(\theta))$$

$$R_{43y}(\theta) := (r_3 - r_{CG3}) \cdot \sin(\theta_3(\theta))$$

## DETERMINACION DE $a_{CG3X}$ $a_{CG3Y}$

$$\omega_3(\theta) := \frac{-r_2}{r_3} \cdot \omega_2 \cdot \frac{\cos(\theta)}{\cos(\theta_3(\theta))}$$

$$\alpha_3(\theta) := \frac{r_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \sin(\theta) + r_3 \cdot \omega_3(\theta)^2 \cdot \sin(\theta_3(\theta)) - r_2 \cdot \alpha_2 \cdot \cos(\theta)}{r_3 \cdot \cos(\theta_3(\theta))}$$

$$a_{CG3x}(\theta) := -r_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \cos(\theta) - r_{CG3} \cdot \alpha_3(\theta) \cdot \sin(\theta_3(\theta)) - r_{CG3} \cdot \omega_3(\theta)^2 \cdot \cos(\theta_3(\theta))$$

$$a_{CG3y}(\theta) := -r_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \sin(\theta) + r_{CG3} \cdot \alpha_3(\theta) \cdot \cos(\theta_3(\theta)) - r_{CG3} \cdot \omega_3(\theta)^2 \cdot \sin(\theta_3(\theta))$$

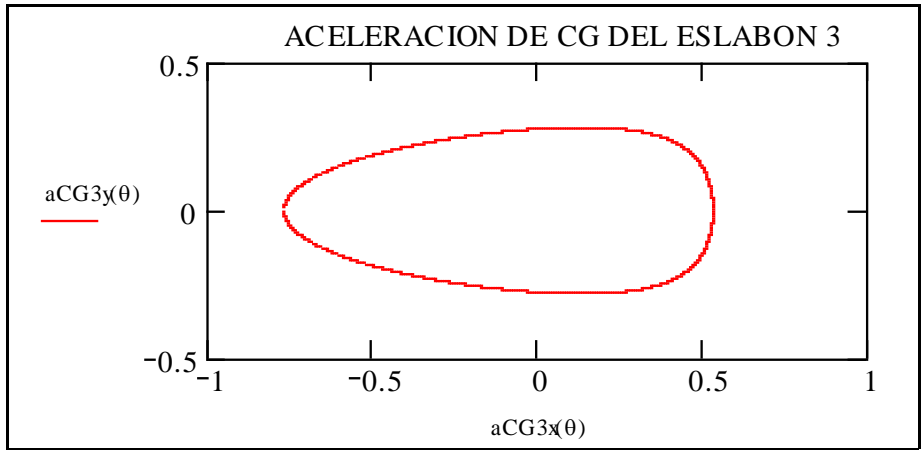


Figura 3.25 Aceleración del centro de gravedad del eslabón 3

**MOLDE ACOPLADO**

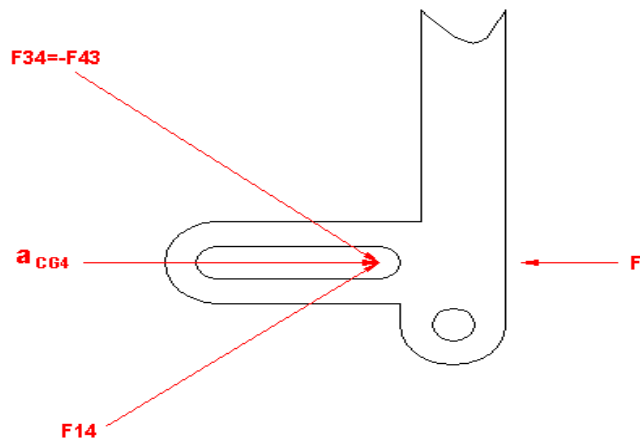


Figura 3.26 Diagrama del cuerpo libre del seguidor acoplado

$$v := 0.1$$

$$v(\theta_2) := \text{if}(\theta_2 \geq \pi, v, -v)$$

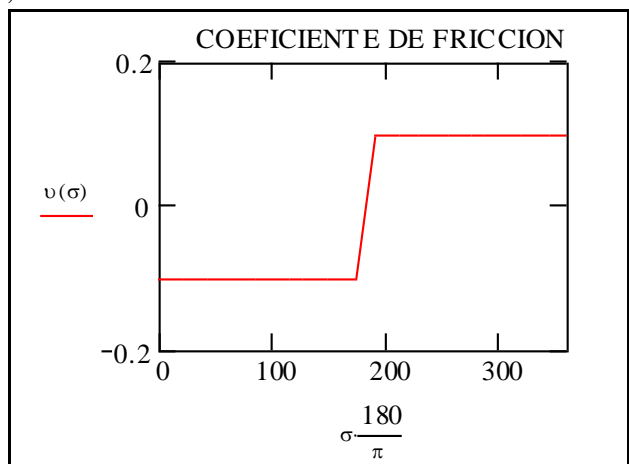


Figura 3.27 Coeficiente de fricción en el ciclo

## ACELERACION DEL MOLDE ACOPLADO

$$a_p(\theta) := -r_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \cos(\theta) - r_3 \cdot \alpha_3(\theta) \cdot \sin(\theta_3(\theta)) - r_3 \cdot \omega_3(\theta)^2 \cdot \cos(\theta_3(\theta)) - r_2 \cdot \alpha_2 \cdot \sin(\theta)$$

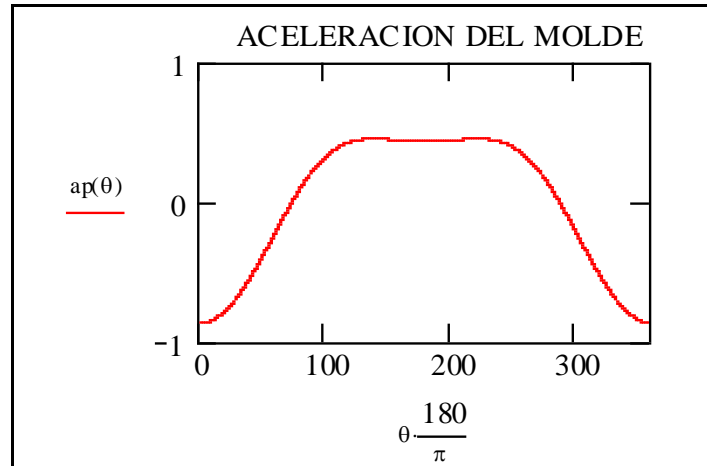


Figura 3.28 Gráfico de aceleración del molde

## SOLUCION DE LAS ECUACIONES VECTORIALES

$$M(\theta) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -R_{12}y(\theta) & R_{12}x(\theta) & -R_{32}y(\theta) & R_{32}x(\theta) & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{23}y(\theta) & -R_{23}x(\theta) & -R_{43}y(\theta) & R_{43}x(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & v(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$C(\theta) := \begin{pmatrix} m_2 \cdot a_{CG2}x(\theta) \\ m_2 \cdot a_{CG2}y(\theta) \\ IG_2 \cdot \alpha_2 \\ m_3 \cdot a_{CG3}x(\theta) \\ m_3 \cdot a_{CG3}y(\theta) \\ IG_3 \cdot \alpha_3(\theta) \\ m_4 \cdot a_p(\theta) + F_f(\theta) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$F(\theta) := M(\theta)^{-1} \cdot C(\theta)$$

## RESULTADOS

$$F12x(\theta) := F(\theta)_0$$

$$F12y(\theta) := F(\theta)_1$$

$$F32x(\theta) := F(\theta)_2$$

$$F32y(\theta) := F(\theta)_3$$

$$F43x(\theta) := F(\theta)_4$$

$$F43y(\theta) := F(\theta)_5$$

$$F14y(\theta) := F(\theta)_6$$

$$T12(\theta) := F(\theta)_7$$

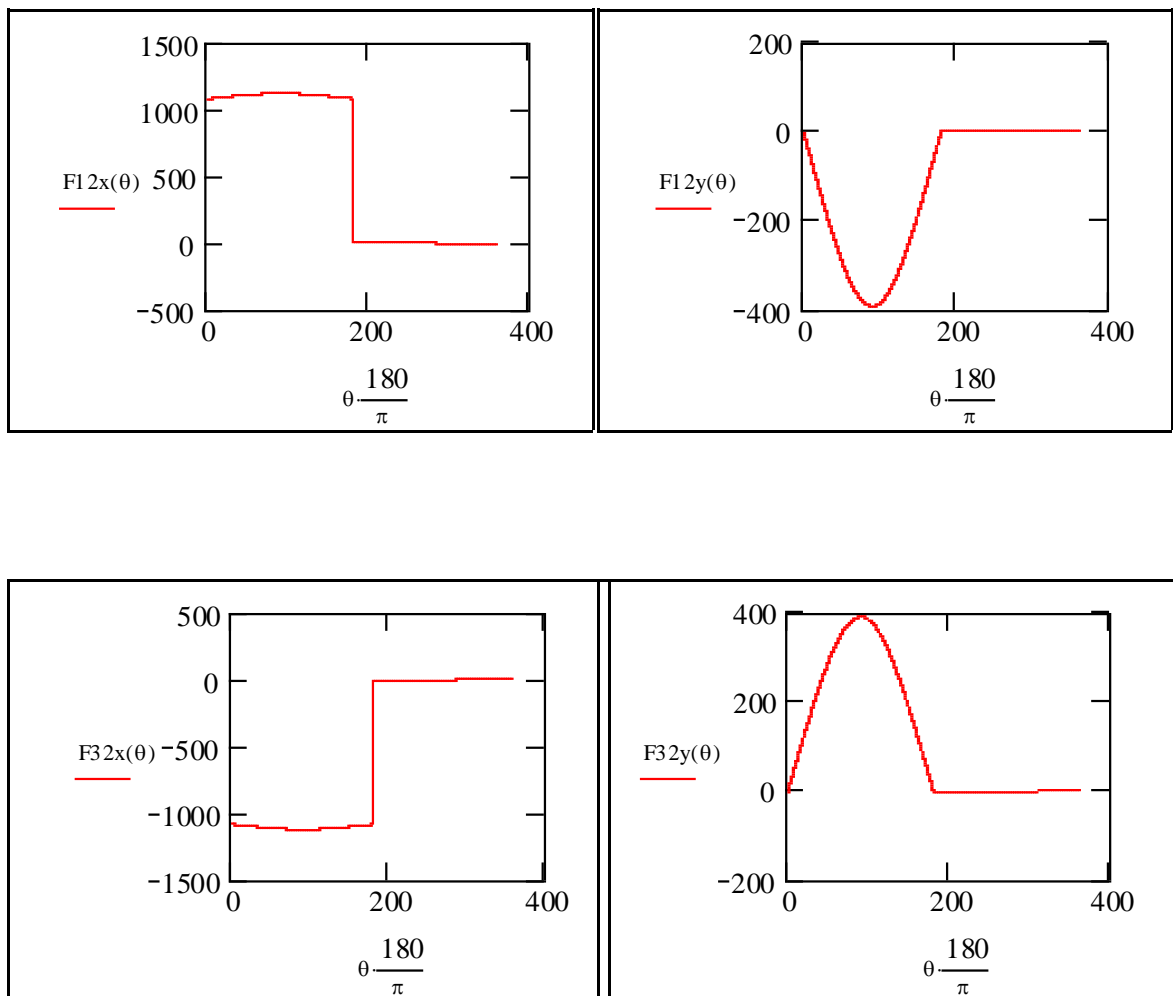


Figura 3.29 Gráficos de las fuerzas en función del ángulo

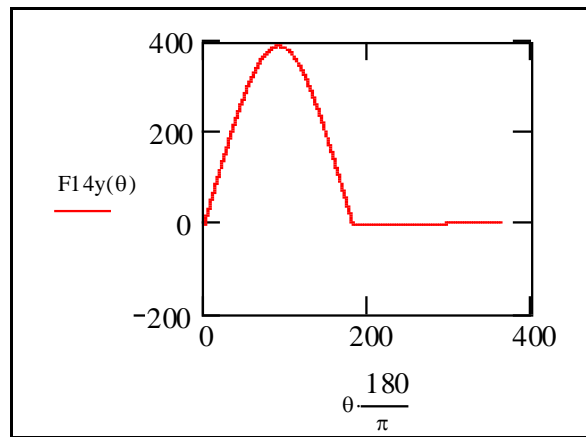
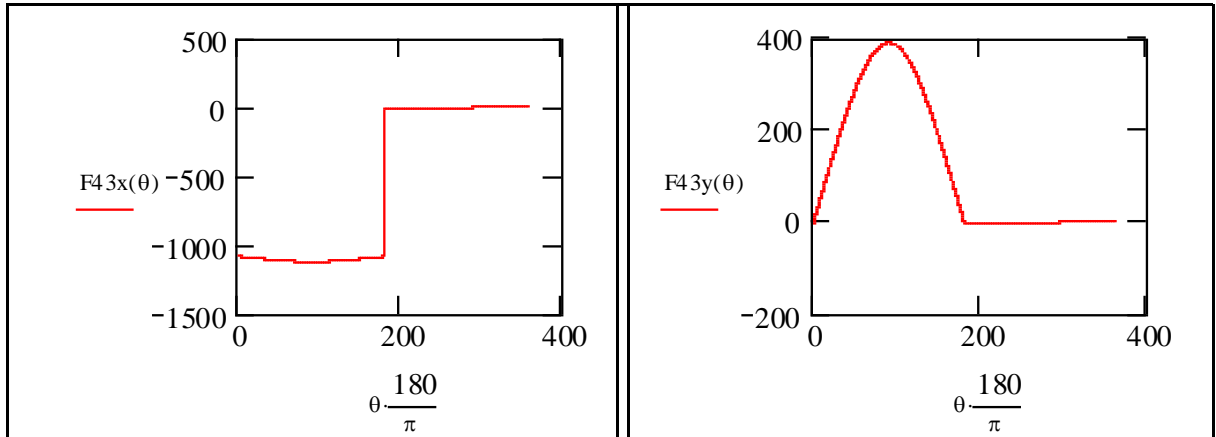


Figura 3.29 Gráficos de las fuerzas en función del ángulo de giro

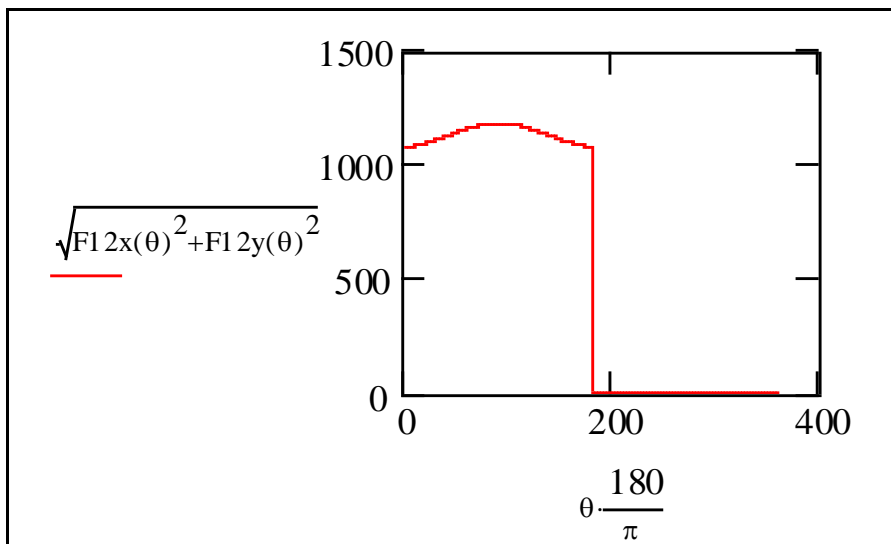


Figura 3.30 Gráficos de los módulos de las fuerzas en función del ángulo de giro

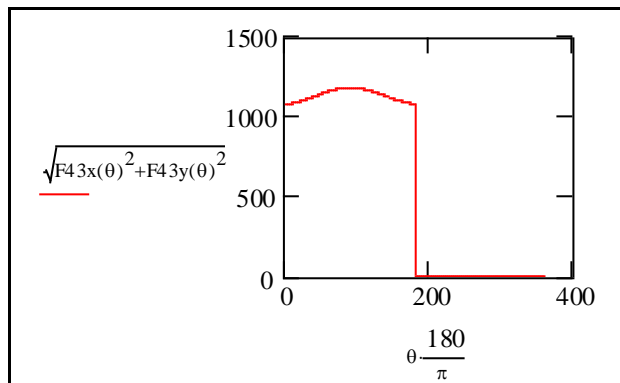
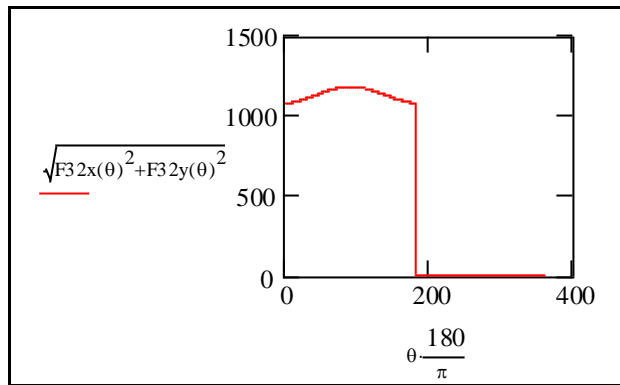


Figura 3.30 Gráficos de los módulos de las fuerzas en función del ángulo de giro

### ANÁLISIS DE TORQUE

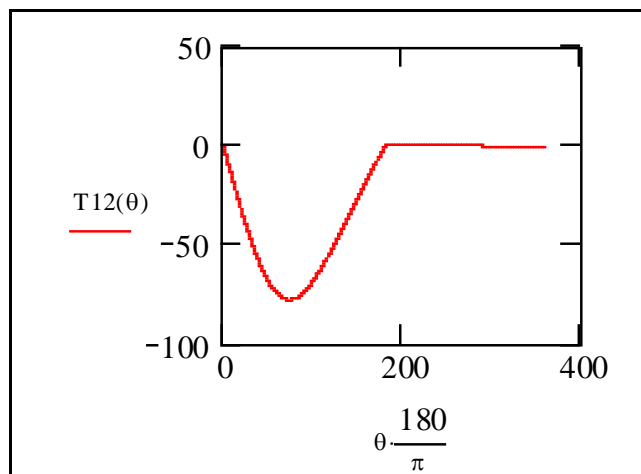


Figura 3.31 Gráfico del torque durante el ciclo

Torque real máximo que presenta el modelo= 77.615 KG.m

$$77.616 \cdot 9.81 = 761.413 \quad \text{Nm}$$



### 3.3.3 ANALISIS BIELA MANIVELA -Calculo de esfuerzos -

#### DATOS BIELA

Cargas máximas alternates obtenidas de los calculos cinematicos

$$F43 := 0 \quad \text{Kg}$$

$$F43 := 1186.4 \quad \text{Kg}$$

$$F32 := 0 \quad \text{Kg}$$

$$F32 := 1186.4 \quad \text{Kg}$$

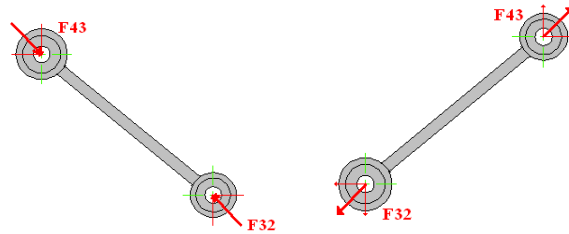


Figura 3.32 Diagrama biela cuerpo libre a fatiga

$$A_b := 2\pi \cdot \left( \frac{10}{1000} \right)^2$$

m<sup>2</sup>

Sección transversal

$$S_{ut} := 586$$

Mpa

Acero inox AISI 304  
catálogo IVAN BOHMAN  
**Anexo 23**

$$S_y := 276$$

Mpa

$$S_e := 0.5 \cdot S_{ut}$$

Mpa

Estimación de la resistencia  
teórica a la fatiga  $S_f'$  o del  
limite de resistencia a la fatiga  
 $S_e'$   
**Anexo 24**

$$\sigma_{\max} := \frac{F43}{A_b} \cdot \frac{9.81}{10^6}$$

$$\sigma_{\max} = 18.523$$

Mpa

Esfuerzos alternates

$$\sigma_{\min} := \frac{0}{A_b} \cdot \frac{9.81}{10^6}$$

$$\sigma_{\min} = 0$$

Mpa

$$\sigma_m := \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_a := \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$\eta_s := \frac{1}{\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_e}}$$

$$\eta_s = 3.836$$

Factor de seguridad en la biela

ACEPTABLE

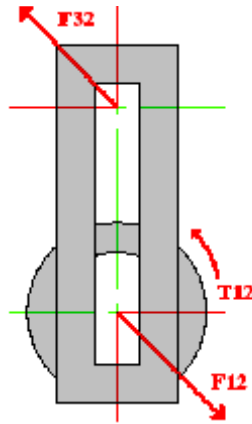


Figura 3.33 Diagrama del cuerpo libre de la manivela

### DATOS

Se obtienen los mayores esfuerzos a 90 y a 180 grados

|                                      | Nm | Torque máximo que presenta el modelo |
|--------------------------------------|----|--------------------------------------|
| $T_q := 761.4$                       |    |                                      |
| $F_{32X_{90}} := -1120.1 \cdot 9.81$ | N  |                                      |
| $F_{32Y_{90}} := 391.16 \cdot 9.81$  | N  |                                      |
| $F_{12X_{90}} := 1120.1 \cdot 9.81$  | N  |                                      |
| $F_{12Y_{90}} := 391.16 \cdot 9.81$  | N  |                                      |
| $F_{32X_{180}} := 0$                 | N  |                                      |
| $F_{32Y_{180}} := 0$                 | N  |                                      |
| $F_{12X_{180}} := 0$                 | N  |                                      |
| $F_{12Y_{180}} := 0$                 | N  |                                      |

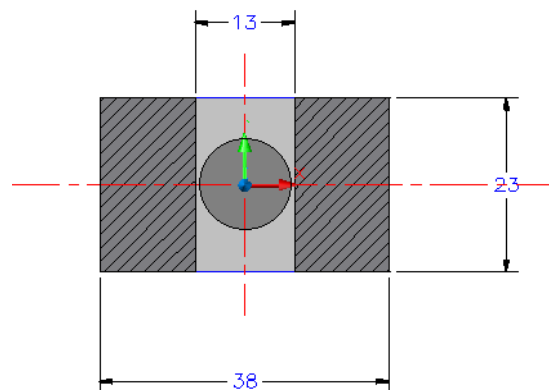


Figura 3.34 Sección transversal de la manivela

| ----- REGIONES -----                                       |   |
|--|---|
| Area:  | 676.54  |
| Perimetro:   | 175.42  |
| Envolvente:  | X: -19.00 -- 19.00<br>Y: -11.50 -- 11.50  |
| Centroide:   | X: 0.00<br>Y: 0.00  |
| Momentos de inercia:                                       | X: 26852.71<br>Y: 102350.21   |
| Productos de inercia:                                      | XY: 0.00  |
| Radio de giro:   | X: 6.30<br>Y: 12.30   |
| Momentos principales & direcciones X-Y sobre el centroide: | I: 26852.71 a lo largo de [1.00 0.00]<br>J: 102350.21 a lo largo de [0.00 1.00] |

Autocad 2008 Massprop command

$$I_x := \frac{26852.71}{1000^4} \quad \text{m}^4 \quad \text{Momento de inercia}$$

$$C := \frac{6.3}{1000} \quad \text{m} \quad \text{Radio de Giro}$$

$$A_r := \frac{676.54}{1000^2} \quad \text{m}^2 \quad \text{Area de la sección}$$

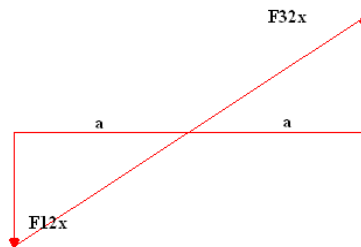


Figura 3.35 Diagrama de momentos de manivela

$$a := \frac{33}{1000} \quad \text{m}$$

$$Q := \frac{I_x}{C} \quad \text{m}^3 \quad \text{Función geométrica de la sección transversal}$$

$$M_{x1} := \frac{F_{12X_{90}} \cdot a}{2} \quad \text{Momentos flectores en los puntos críticos}$$

$$M_{x1} = 181.305 \quad \text{Nm}$$

$$M_{x2} := \frac{F12X_{180} \cdot a}{2}$$

$$M_{x2} = 0$$

Nm

$$\sigma_{x1} := \frac{M_{x1}}{Q} \cdot 10^{-6}$$

Esfuerzos combinados

$$\sigma_{y1} := \frac{F12Y_{90}}{A_r} \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma_{y2} := \frac{F12Y_{180}}{A_r} \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma_{y1} = 5.672$$

Mpa

$$\sigma_{y2} = 0$$

Mpa

$$\tau_{max1} := \frac{Tq}{Q} \cdot 10^{-6}$$

$$\tau_{max1} = 178.634$$

Mpa

$$\sigma_{xm} := \frac{\sigma_{x1} + \sigma_{x2}}{2}$$

$$\sigma_{ym} := \frac{\sigma_{y1} + \sigma_{y2}}{2}$$

$$\sigma_{xa} := \frac{\sigma_{x1} - \sigma_{x2}}{2}$$

$$\sigma_{ya} := \frac{\sigma_{y1} - \sigma_{y2}}{2}$$

$$\sigma_{xm} = 21.268$$

$$\sigma_{ym} = 2.836$$

$$\sigma_{xa} = 21.268$$

$$\sigma_{ya} = 2.836$$

$$\tau_{xym} := \frac{\tau_{max1} + \tau_{max1}}{2}$$

$$\tau_{xya} := \frac{\tau_{max1} - \tau_{max1}}{2}$$

$$\tau_{xym} := \frac{\tau_{maxl} + \tau_{maxl}}{2}$$

$$\tau_{xya} := \frac{\tau_{maxl} - \tau_{maxl}}{2}$$

$$\sigma \cdot a := \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{ya}^2 - \sigma_{xa} \cdot \sigma_{ya} + 3\tau_{xya}^2}$$

$$\sigma \cdot m := \sqrt{\sigma_{xm}^2 + \sigma_{ym}^2 - \sigma_{xm} \cdot \sigma_{ym} + 3\tau_{xym}^2}$$

$$\eta_s := \frac{1}{\frac{\sigma \cdot m}{S_y} + \frac{\sigma \cdot a}{S_e}}$$

$$\eta_s := 1.01$$

Método de Von Miss para esfuerzos multi axiales

Factor de seguridad en la biela  
ACEPTABLE tomando en consideración que la fuerza de calculo posee un factor de seguridad del 70%

### 3.4.4 RESORTES HELICOIDALES

#### 3.3.4.1 ANÁLISIS DE RESORTES HELICOIDALES

##### (Mordaza)

Se usaran 4 resortes iguales como se muestra en el esquema

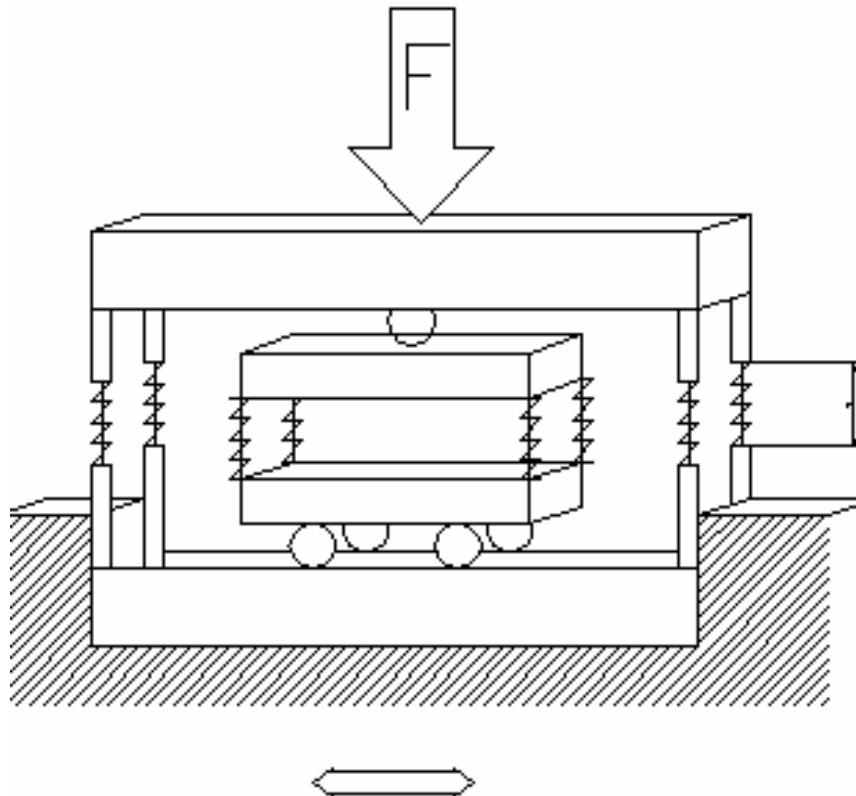


Figura 3.36 Esquema de conjunto mordazas-resortes.

## CARGAS APLICADAS

$$FTM := 1351 \quad \text{N}$$

$$F_{\max} := \frac{FTM \cdot 0.7}{4 \cdot 9.81} \quad \text{kg}$$

Carga maxima de trabajo  
Comparada en el análisis  
dinamico F=1351N

Se le impone el 70% de la Carga

$$F_{\min} := 10 \quad \text{kg}$$

Fuerza mínima precarga 10kg

## Longitud y medidas de los resortes

$$L_a := 183 \quad \text{mm}$$

Longitud ensamblada disponible:  
sin aplicar precarga.

$$y_t := 30 \quad \text{mm}$$

Distancia de trabajo

$$L_m := 10 \quad \text{mm}$$

Longitud minima de trabajo

$$D_i := 22 \quad \text{mm}$$

Diámetro interior del resorte

## Material del resorte

$$G' := 80.8 \cdot 10^9 \quad \text{Pa}$$

Módulo de corte, módulo de  
rigidez Acero AISI 1080  
al carbono **ANEXO 25**

$$d := 3.5 \quad \text{mm}$$

Diámetro del alambre

## CALCULO

$$N_{\text{vida}} := 30 \cdot 60 \cdot 2080 \cdot 5$$

$$N_{\text{vida}} = 1.872 \times 10^7 \quad \text{ciclos}$$

Número de ciclos para 30  
R.P.M, 2080 horas/ turno al  
año para 5 años.

$$F_a := \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2}$$

Fuerza media y alternante

$$F_m := \frac{F_{\max} + F_{\min}}{2}$$

$$F_a = 7.05 \quad \text{Kgf}$$

$$F_m = 17.05 \quad \text{Kgf}$$

|  |     |   |
|--|-----|---|
| $D := D_i + d$   |     | Diametro medio de la espira                                   |
| $D = 25.5$   |     |   |
| $C_1 := \frac{D}{d}$   |     |   |
| $C_1 = 7.286$  |     | Rango optimo $4 < C_1 < 12$<br>OK                             |
| $K_s := 1 + \frac{0.5}{C_1}$   |     |   |
| $K_s = 1.069$  |     | Factor de cortante directo                                    |
| $\tau_i := K_s \cdot \frac{8 \cdot F_{min} \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{9.81 \cdot 1000^2}{10^6}$ |     | Esfuerzo en la deflexión inicial                              |
| $\tau_i = 158.771$   | Mpa |   |
| $\tau_m := K_s \cdot \frac{8 \cdot F_m \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{9.81 \cdot 1000^2}{10^6}$     |     |   |
| $\tau_m = 270.708$   | Mpa |   |
| $K_w := \frac{4 \cdot C_1 - 1}{4 \cdot C_1 - 4} + \frac{0.615}{C_1}$                                     |     | Factor de Wahl  |
| $K_w = 1.204$  |     |   |
| $\tau_a := K_w \cdot \frac{8 \cdot F_a \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{9.81 \cdot 1000^2}{10^6}$     |     | Esfuerzo cortante alternate en la espira                      |
| $\tau_a = 126.089$   | Mpa |   |
| $b := -0.1833$   |     |   |
| $A := 1831.2$  | MPa | Coeficientes para material revenido en aceite <b>ANEXO 26</b> |
| $S_{ut} := A \cdot d^b$  |     |   |
| $S_{ut} = 1.455 \times 10^3$   | MPa | Resistencia máxima a la tensión                               |
| $S_{us} := 0.67 \cdot S_{ut}$  |     |   |
| $S_{us} = 975.176$   | MPa | Resistencia máxima al cortante                                |

$$S_{ys} := 0.60 \cdot S_{ut}$$

$$S_{ys} = 873.292$$

MPa

Límite elástico a la torsión  
Tabla 13-6

$$S_{ew} := 310$$

MPa

Límite de resistencia a la fatiga  
para resortes sin granallar  
**ANEXO 27**

$$S_{es} := 0.707 \frac{S_{ew} \cdot S_{us}}{S_{us} - 0.707 S_{ew}}$$

$$S_{es} = 282.709$$

MPa

$$N_{fs} := \frac{S_{es} \cdot (S_{us} - \tau_i)}{S_{es} \cdot (\tau_m - \tau_i) + S_{us} \cdot \tau_a}$$

$$N_{fs} = 1.493$$

Factor de seguridad  
Es un margen aceptable

$$k := \frac{F_{max} - F_{min}}{y_t} \cdot 9.81$$

$$k = 4.611$$

$\frac{N}{mm}$

Constante del resorte

$$N_a := \frac{d^4 \cdot G'}{8 \cdot D^3 \cdot k} \cdot \frac{1}{1000^2}$$

$$N_a = 19.824$$

Número de espiras activas

$$N_t := N_a + 2$$

$$N_t = 21.824$$

Número de total de espiras 22

#### CALCULO DE MEDIDAS REALES LIMITE

$$L_s := d \cdot N_t$$

$$L_s = 76.384$$

mm

Altura de cierre  
Aceptable pues es menor a la  
disponible igual a 155 mm

$$y_{inicial} = \frac{F_{min}}{k}$$



|  |     |  |
|--|-----|--|
| $y_{inicial} = 2.169$  | mm  | Deflexión inicial de la precarga                                       |
| $y_{golpe} := 0.15 \cdot y_t$  |     |  |
| $y_{golpe} = 4.5$  | mm  | Holgura de golpeo supuesta de 15%                                      |
| $L_f := L_s + y_{golpe} + y_t + y_{inicial}$   |     |  |
| $F_{cierre} := k \cdot y_{cierre}$   |     |  |
| $F_{cierre} = 169.074$   | N   | Fuerza a la deflexión de cierre  |
| $\tau_{cierre} := K_s \cdot \frac{8F_{cierre} \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{1000^2}{10^6}$ |     |  |
| $\tau_{cierre} = 273.639$  | Mpa | Esfuerzo a la altura de cierre   |
| $N_{scierre} := \frac{S_{ys}}{\tau_{cierre}}$  |     |  |
| $N_{scierre} = 3.191$  |     | Factor de seguridad a la altura de cierre.<br>Extremadamente confiable |

Dado que existen guías al interior de cada resorte no es necesario el cálculo de pandeo del resorte

|                                 |    |  |
|---------------------------------|----|--|
| $L_f = 113.053$                 | mm | Longitud libre real  |
| $L_a = 183$                     | mm | Dado que $L_f < L_a$ se toma $L_a$ como la longitud de libre de construcción |
| $\text{paso} := \frac{L_a}{22}$ |    |  |
| $\text{paso} = 8.318$           | mm |  |

## RESUMEN

|                |    |                               |
|----------------|----|-------------------------------|
| $L_a = 183$    | mm | Longitud libre                |
| $N_t = 21.824$ |    | Número de total de espiras 22 |
| $D_i := 22$    | mm | Diámetro interior del resorte |

$d = 3.5$  mm Acero ASII 1080 al carbono  
 $\text{paso} = 8.318$  mm

### 3.3.4.2 ANÁLISIS DE RESORTES HELICOIDALES (Guía)

Se usan 4 resortes iguales como muestra el esquema.

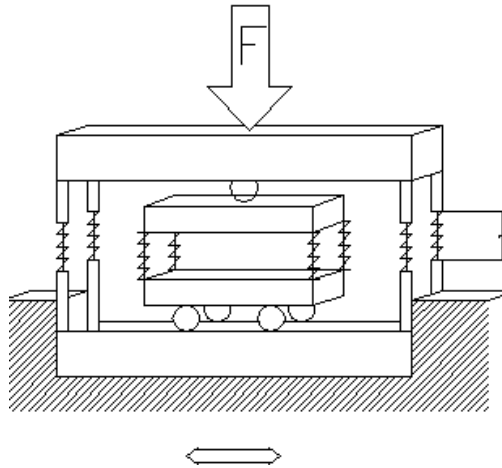


Figura 3.37 Esquema de conjunto mordazas-resortes

#### Cargas aplicadas

$F_p := \frac{15}{4}$  kg Precarga: peso del conjunto mordaza superior

$F_{TM} := 1351$  N

$F_{max} := \frac{F_{TM} \cdot 0.3}{4 \cdot 9.81}$  kg Carga máxima de trabajo Comparada en el analisis dinámico  $F=1351N$

$F_{min} := 2$  kg Fuerza mínima precarga 2 kg de mordaza

#### Longitud y medidas de los resortes

$y_t := 30$  mm Distancia de trabajo

$L_m := 15$  mm Longitud minima de trabajo

$D_i := 11.8$  mm Diámetro interior del resorte

#### Material del resorte

$G' := 74.1 \cdot 10^9$  Pa Módulo de corte, módulo de rigidez Acero inoxidable AISI 304

$d := 1.8$  mm Diámetro del alambre

## CALCULO

$$N_{vida} := 30 \cdot 60 \cdot 2080 \cdot 2$$

$$N_{vida} = 7.488 \times 10^6 \quad \text{ciclos}$$

Número de ciclos para 30 R.P.M, 2080 horas/ turno al año para 2 años.

$$F_a := \frac{F_{max} - F_{min}}{2}$$

Fuerza media y alternante

$$F_m := \frac{F_{max} + F_{min}}{2}$$

$$F_a = 4.164 \quad \text{Kgf}$$

$$F_m = 6.164 \quad \text{Kgf}$$

$$D := D_i + d$$

Diametro medio de la espira

$$D = 13.6$$

$$C_1 := \frac{D}{d}$$

$$C_1 = 7.556$$

Rango optimo  $4 < C_1 < 12$   
OK

$$K_s := 1 + \frac{0.5}{C_1}$$

$$K_s = 1.066$$

Factor de cortante directo

$$\tau_i := K_s \cdot \frac{8 \cdot F_{min} \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{9.81 \cdot 1000^2}{10^6}$$

Esfuerzo en la deflexión inicial

$$\tau_i = 124.219 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_m := K_s \cdot \frac{8 \cdot F_m \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{9.81 \cdot 1000^2}{10^6}$$

Esfuerzo medio

$$\tau_m = 382.868 \quad \text{Mpa}$$

$$K_w := \frac{4 \cdot C_1 - 1}{4 \cdot C_1 - 4} + \frac{0.615}{C_1}$$

Factor de Wahl

$$K_w = 1.196$$

$$\tau_a := K_w \cdot \frac{8 \cdot F_a \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{9.81 \cdot 1000^2}{10^6}$$

Esfuerzo cortante alternate en la espira

|   |                |   |
|---|----------------|---|
| $\tau_a = 290.095$  | Mpa            |   |
| $b := -0.1625$  |                |   |
| $A := 2153.5$   | MPa            | Coefficientes para Alambre de piano. <b>ANEXO 26</b>                              |
| $S_{ut} := A \cdot d^b$   |                |   |
| $S_{ut} = 1.957 \times 10^3$  | MPa            | Resistencia máxima a la tensión   |
| $S_{us} := 0.67 \cdot S_{ut}$   |                |   |
| $S_{us} = 1.311 \times 10^3$  | MPa            | Resistencia máxima al cortante  |
| $S_{ys} := 0.60 \cdot S_{ut}$   |                |   |
| $S_{ys} = 1.174 \times 10^3$  | MPa            | Límite elástico a la torsión<br>Tabla 13-6 <b>ANEXO 28</b>                        |
| $S_{ew} := 465$   | MPa            | Límite de resistencia a la fatiga<br>para resortes granallados<br><b>ANEXO 27</b> |
| $S_{es} := 0.707 \frac{S_{ew} \cdot S_{us}}{S_{us} - 0.707 S_{ew}}$                                     |                |   |
| $S_{es} = 438.743$  | MPa            |   |
| $N_{fs} := \frac{S_{es} \cdot (S_{us} - \tau_i)}{S_{es} \cdot (\tau_m - \tau_i) + S_{us} \cdot \tau_a}$ |                |   |
| $N_{fs} = 1.055$  |                | Factor de seguridad<br>Es un margen aceptable                                     |
| $k := \frac{F_{max} - F_{min}}{y_t} \cdot 9.81$   |                |   |
| $k = 2.724$   | $\frac{N}{mm}$ | Constante del resorte   |
| $N_a := \frac{d^4 \cdot G'}{8 \cdot D^3 \cdot k} \cdot \frac{1}{1000^2}$                                |                |   |

|                  |  |                               |
|------------------|--|-------------------------------|
| $N_a = 14.193$   |  | Número de espiras activas     |
| $N_t := N_a + 2$ |  |                               |
| $N_t = 16.193$   |  | Número de total de espiras 17 |

#### CALCULO DE MEDIDAS REALES LIMITE

|  |     |   |
|--|-----|---|
| $L_s := d \cdot N_t$   |     | Altura de cierre  |
| $L_s = 29.147$   | mm  | Altura de cierre disponible<br>30 mm                                      |
| $y_{inicial} := \frac{F_{min}}{k}$   |     |   |
| $y_{inicial} = 0.734$  | mm  | Deflexión inicial de la precarga  |
| $y_{golpe} := 0.15 \cdot y_t$  |     |   |
| $y_{golpe} = 4.5$  | mm  | Holgura de golpeo supuesta de<br>15%                                      |
| $L_f := L_s + y_{golpe} + y_t + y_{inicial}$   |     |   |
| $L_f = 64.382$   | mm  | Longitud libre real   |
| $y_{cierre} := L_f - L_s$  |     |   |
| $y_{cierre} = 35.234$  | mm  | Deflexión hasta la altura de<br>cierre                                    |
| $F_{cierre} := k \cdot y_{cierre}$   |     |   |
| $F_{cierre} = 95.961$  | N   | Fuerza a la deflexión de cierre   |
| $\tau_{cierre} := K_s \cdot \frac{8F_{cierre} \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{1000^2}{10^6}$ |     |   |
| $\tau_{cierre} = 607.553$  | Mpa | Esfuerzo a la altura de cierre  |
| $N_{scierre} := \frac{S_{ys}}{\tau_{cierre}}$  |     |   |
| $N_{scierre} = 1.933$  |     | Factor de seguridad a la altura<br>de cierre.<br>Extremadamente confiable |

Dado que existen guías al interior de cada resorte no es necesario el cálculo de pandeo del resorte

$L_f = 64.382$  mm Longitud libre real

$$\text{paso} := \frac{L_f}{17}$$

paso = 3.787 mm

## RESUMEN

$L_f = 64.382$  mm Longitud libre

$N_t = 16.193$  Número de total de espiras 17

$D_i = 11.8$  mm Diámetro interior del resorte

$d = 1.8$  mm Acero ASII 1080 al carbono

paso = 3.787 mm

## 3.4 SISTEMA DE POTENCIA

### 3.4.1 CALCULO Y SELECCION DE CADENAS Y CATALINAS

#### 3.4.1.1 CONJUNTO MOTOREDUCTOR - LEVA - BIELA

La velocidad del motoreductor sera exactamente la misma del eje1 ( Eje principal )

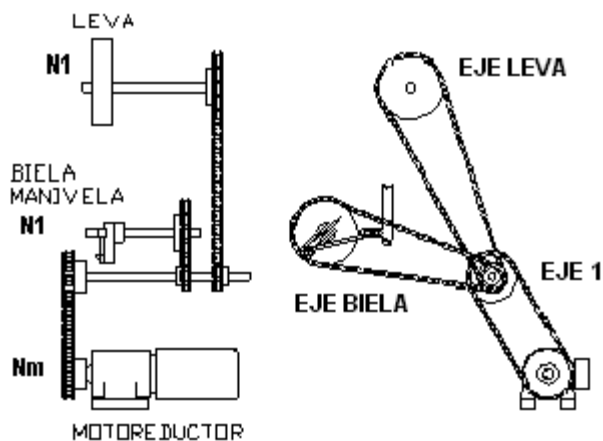


Figura 3.38 Esquema de ejes & cadenas

## DATOS

|   |       |  |
|---|-------|--|
| $N_m := 90$                             | R.P.M | Velocidad de salida del motoreductor.      |
| $N_l := 30$                             | R.P.M | Velocidad deseada en la leva-biela         |
| $r := \frac{N_m}{N_l}$                  |       | Relación de velocidades                    |
| $r = 3$                                 |       |  |
| $Z_1 := 12$                             |       | Número de dientes catalina en motoreductor |
| $Z_2 := Z_1 \cdot r$                    |       |  |
| $Z_2 = 36$                              |       | Número de dientes del conducido            |
| $N_{Real} := N_m \cdot \frac{Z_1}{Z_2}$ |       |  |
| $N_{Real} = 30$                         | R.P.M | Velocidad real en la leva y en la biela    |

A partir de la tabla de capacidad del **anexo 9** se observa que para un piñon de 12 dientes y una velocidad interpolada de 90 la capacidad de transmisión de 1.434 Hp lo que indica que es apta para la aplicación. Entonces seleccionamos la cadena **No 60 paso 3/4" o 19 mm.**

$$\text{paso} := \frac{3}{4} \quad \text{pulg}$$

Tipo de lubricación A

La posición relativa de todos los piñones es considerable aceptable, no se usaran piñones tensores u otros accesorios auxiliares.

### 3.4.1.2 CALCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA

#### MOTOREDUCTOR - EJE 1 (EJE PRINCIPAL)

|                                 |      |   |
|---------------------------------|------|---|
| $Z_{me} := 20$                  |      | Número de dientes de los pinones del eje y motoreductor |
| $Z_{em} := 20$                  |      |   |
| $L_1 := 300$                    | mm   | Distancia entre centros                                 |
| $d_1 := \frac{L_1}{25.4}$       |      |   |
| $d_1 = 11.811$                  | pulg | Distancia entre centros                                 |
| $C' := \frac{d_1}{\text{paso}}$ |      |   |

$$S' := Z_{me+} + Z_{em}$$

$$D' := Z_{me-} - Z_{em}$$

$$D' = 0$$

$$K' := 0$$

$$\text{Long} := 2C' + \frac{S'}{2} + \frac{K'}{C'}$$

$$\text{Long} = 51.496$$

Según el **Anexo 10**  
para un valor D existe  
un K correspondiente

### Número de eslabones = 52

$$\text{Lreal} := 52 \cdot \frac{3}{4}$$

$$\text{Lreal} = 39 \quad \text{pulg}$$

$$\text{Lreal} \cdot 25.4 = 990.6 \quad \text{mm}$$

$$Z_2 = 36$$

Número de dientes mayor

$$Z_1 = 12$$

Número de dientes menor

$$L_2 := 465 \quad \text{mm}$$

Distancia entre centros

$$d_1' := \frac{L_2}{25.4}$$

$$d_1' = 18.307 \quad \text{pulg}$$

Distancia entre centros

$$C'' := \frac{d_1'}{\text{paso}}$$

$$S'' := Z_2 + Z_1$$

$$D'' := Z_2 - Z_1$$

$$D'' = 24$$

$$K'' := 14.59$$

Según el **Anexo 10**  
para un valor D existe  
un K correspondiente

$$\text{Long} := 2C'' + \frac{S''}{2} + \frac{K''}{C''}$$

$$\text{Long} = 73.417 \quad \text{pulg}$$

$$\text{Long} \cdot \frac{25.4}{1000} = 1.865 \quad \text{m}$$

### Número de eslabones = 74

$$\text{Lreal} := 74 \cdot \frac{3}{4}$$

$$\text{Lreal} = 55.5 \quad \text{pulg}$$



$$L_{\text{real}} \cdot \frac{25.4}{1000} = 1.41 \quad \text{m}$$

### EJE 1(EJE PRINCIPAL) - LEVA

$$Z_2 = 36 \quad \text{Número de dientes mayor}$$

$$Z_1 = 12 \quad \text{Número de dientes menor}$$

$$L_3 := 558 \quad \text{mm} \quad \text{Distancia entre centros}$$

$$d_1'' := \frac{L_3}{25.4}$$

$$d_1'' = 21.969 \quad \text{pulg} \quad \text{Distancia entre centros}$$

$$C''' := \frac{d_1''}{\text{paso}}$$

$$S''' := Z_2 + Z_1$$

$$D''' := Z_2 - Z_1$$

$$D''' = 24$$

$$K''' := 14.59$$

$$\text{Long} := 2C''' + \frac{S'''}{2} + \frac{K'''}{C'''}$$

$$\text{Long} = 83.081 \quad \text{pulg}$$

$$\text{Long} \cdot \frac{25.4}{1000} = 2.11 \quad \text{m}$$

**Número de eslabones = 84**

$$L_{\text{real}} := 84 \cdot \frac{3}{4}$$

$$L_{\text{real}} = 63 \quad \text{pulg}$$

$$L_{\text{real}} \cdot \frac{25.4}{1000} = 1.6 \quad \text{m}$$

## 3.4.2 EJE LEVA

### 3.4.2.1 INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de los ejes, se utiliza la siguiente disposición de ejes, en los cuales se ha dividido en tres ejes principales.

Primer eje.- En este eje se encuentra la leva, la cual realizará un conjunto con el seguidor que permitirá efectuar el estampado.

Segundo eje.-En este eje se encuentra la biela , la misma que nos servirá para el desplazamiento del carro

Tercer eje.-Este será el eje el cual transmita la potencia tanto al eje en el cual se encuentra la leva, y además al eje en el cual se encuentra la leva

La disposición en la cual serán diseñadas se detallan a continuación en el siguiente esquema

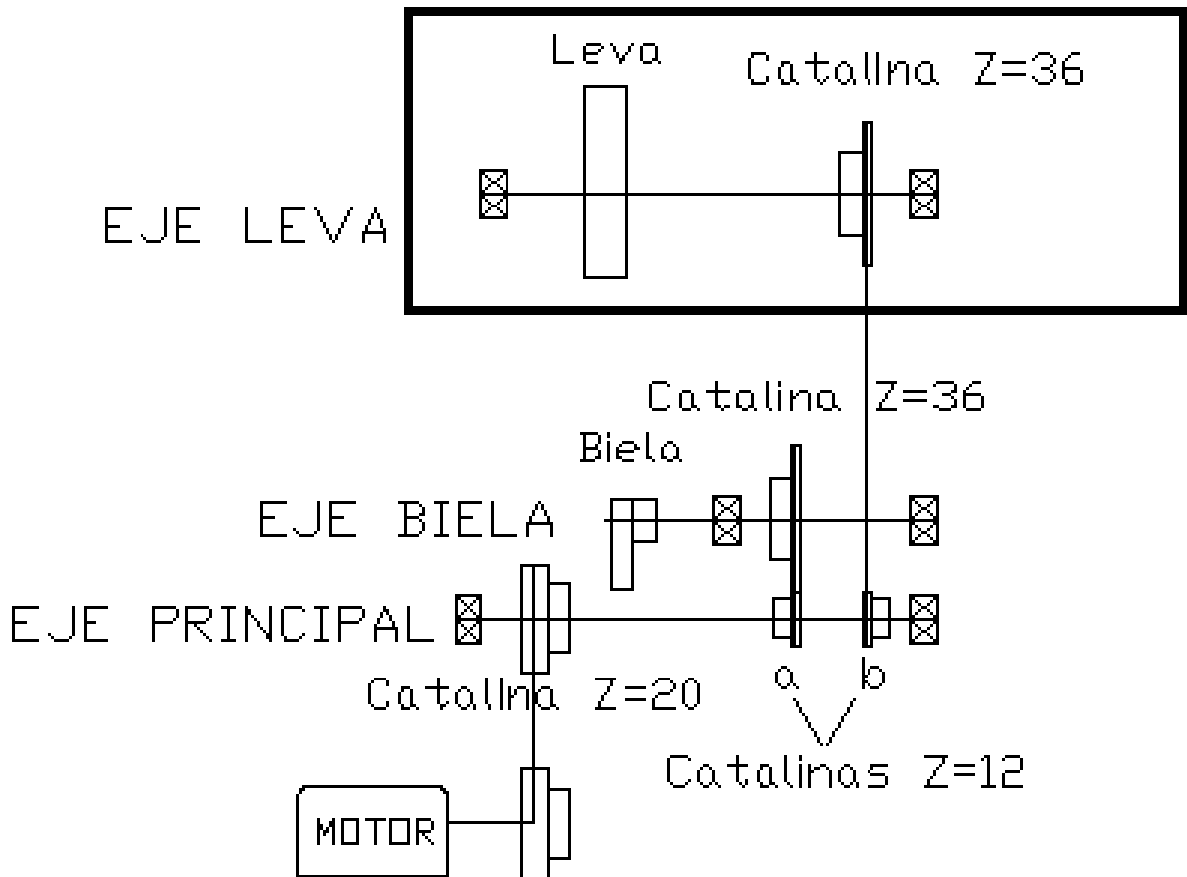


Figura 3.39 Disposición de ejes

### 3.4.2.2 DATOS INICIALES

Moto Reductor

$n_1 := 30$

Número de revoluciones [rpm]

$P_1 := 1$

Potencia máxima del motor [hp]

La disposición y las distancias que serán utilizadas se esquetizan a continuación

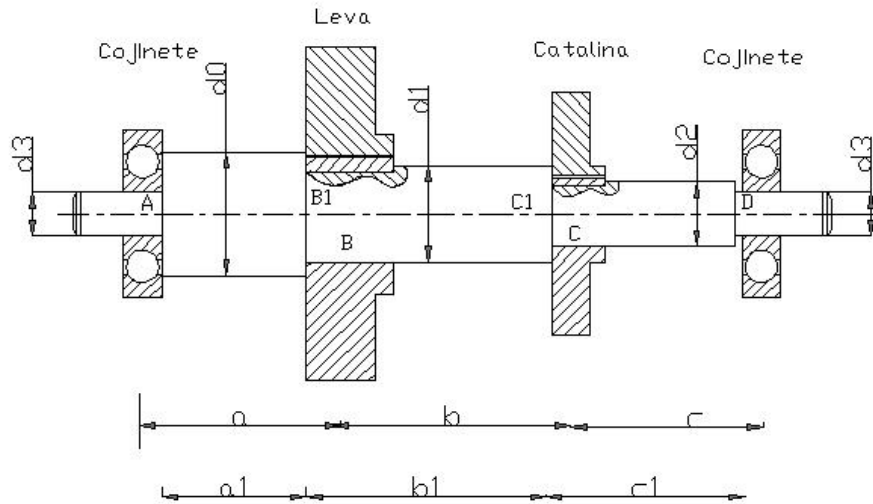


Figura 3.40 Disposición de los elementos del eje leva

|              |    |                                  |
|--------------|----|----------------------------------|
| $b_1 := 325$ | mm | Distancia entre el punto B1 a C1 |
| $c_1 := 40$  | mm | Distancia entre el punto C1 a D  |
| $a := 208$   | mm | Distancia entre el punto A a B   |
| $b := 314$   | mm | Distancia entre el punto B a C   |
| $c := 94$    | mm | Distancia entre el punto C a D   |

### 3.4.2.3 CACULO DE LA ESTÁTICA (Eje leva)

Como primer paso, se calcula el torque que nos ofrece el motoreductor, para determinar las fuerzas que actuan en el eje

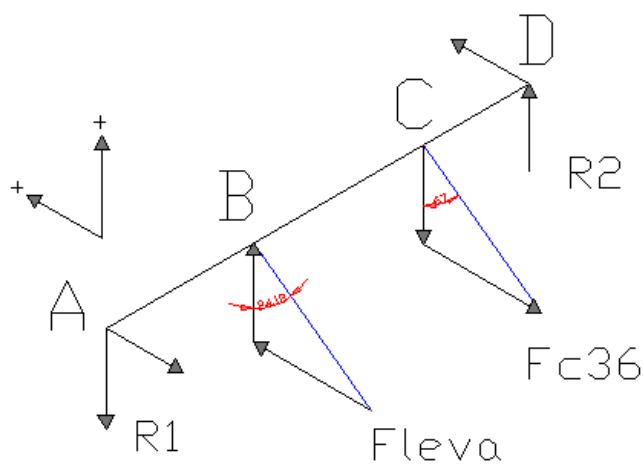


Figura 3.41 Estática del Eje Leva

### 3.4.2.3.1 MOTOREDUCTOR

$\eta_1 := 30 \text{ rpm}$       Número de revoluciones [rpm]

$$\eta := 30 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60}$$

$\eta = 3.142 \text{ rad/seg}$

$$T := \frac{P_1 \cdot 746760}{\eta} \quad \text{Torque (hp*746760 N.mm/seg)}$$

$$T = 2.377 \times 10^5 \text{ N.mm}$$

### 3.4.2.3.2 CATALINA

$r_{36} := 114.5 \text{ mm}$       Radio de la catalina  $Z = 36$       Diametro 9.02 plg

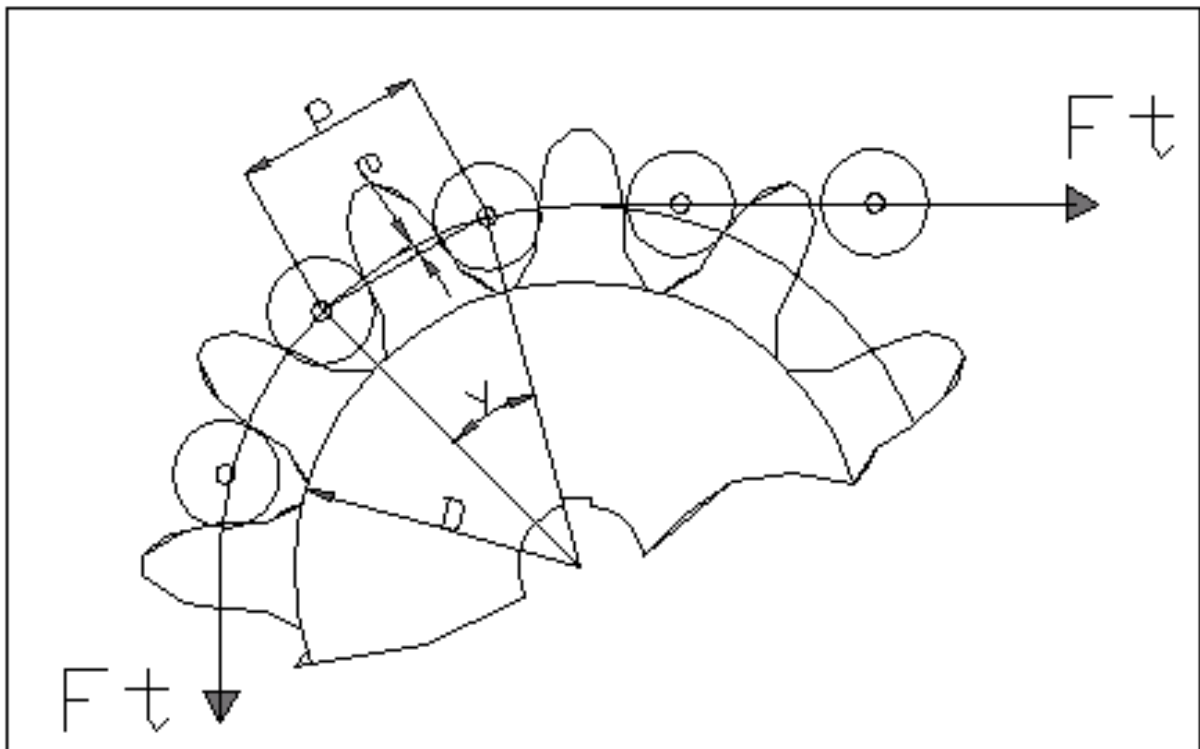


Figura 3.42 Fuerzas tangenciales en la catalina

Las fuerzas tangenciales sobre la catalina se determinan de acuerdo al par de torsión y radios respectivos.

$$F_t := \frac{T}{r_{36}} \quad \text{Fuerza tangencial neta asociada}$$

$$F_t = 2.076 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\psi := 67 \quad \text{Angulo entre el Eje Leva y Eje principal}$$

$$F_{c36x} := F_t \cdot \cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) \quad \text{Fuerza de la catalina Z = 36}$$

$$F_{c36y} := F_t \cdot \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) \quad \text{Fuerza de la catalina Z = 36}$$

### 3.4.2.3.3 Leva

Para determinar las fuerzas que ejerce la leva en el eje, debido a la fuerza de contacto y el angulo de presi3n que es aquel angulo entre la direcci3n de movimiento vertical del seguidor y la direcci3n del eje de transmisi3n ( figura 3.35)

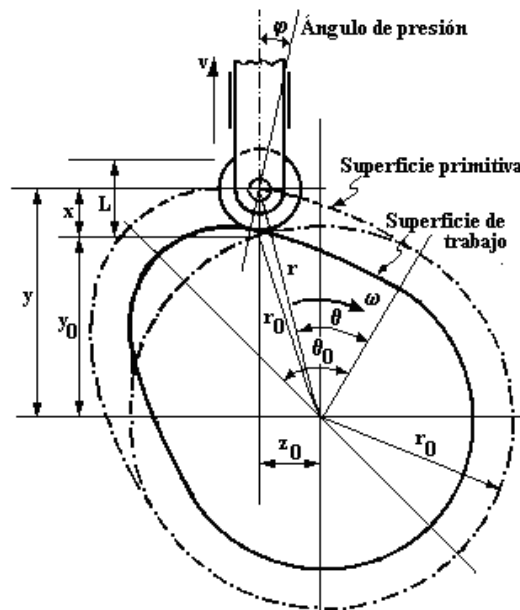


Figura 3.43 Angulo de presi3n del seguidor en la leva

Para determinar el angulo de presi3n se recurre al gr3fico y mediante la ayuda del comando TRACE del programa MATHCAD se determina el mayor angulo de presi3n y obtenemos que :

$$\theta := 160 \quad \text{grados} \quad \text{Angulo de rotaci3n de la leva}$$

$$\phi := 24.18 \quad \text{grados} \quad \text{Angulo de presi3n m3ximo}$$

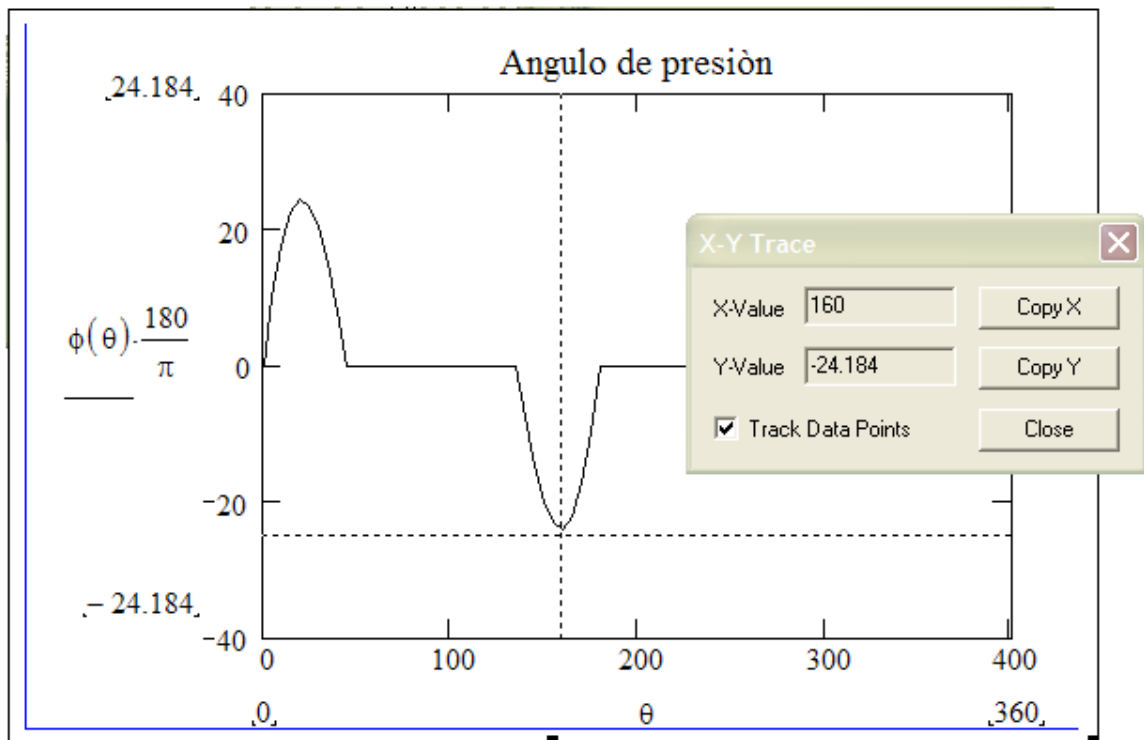


Figura 3.44 Comprobacion del comando TRACE

$F_{\text{contacto}} := 1351 \quad \text{N}$  Fuerza dinàmica de contacto de la leva eje y

$F_{\text{levay}} := F_{\text{contacto}} \cdot \cos\left(\phi \cdot \frac{\pi}{180}\right)$  Fuerza de contacto de la leva Eje Y

$F_{\text{levay}} = 1.232 \times 10^3 \quad \text{N}$

$F_{\text{levax}} := F_{\text{contacto}} \cdot \sin\left(\phi \cdot \frac{\pi}{180}\right)$  Fuerza tangencial de la leva Eje X

$F_{\text{levax}} = 553.376 \quad \text{N}$

#### 3.4.2.4 CALCULO DE REACCIONES ( Eje leva )

Se calcula las fuerzas en y.

- Reacciones en el Punto A R1
- Reacciones en el Punto D R2
- Fuerza de la leva Fleva
- Fuerza de la catalina Z=36 Fc36

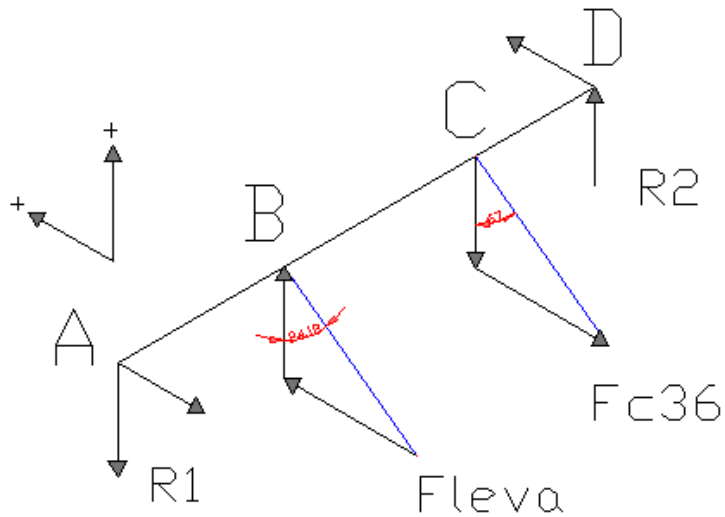


Figura 3.45 Estática del eje leva

$$\Sigma F := 0$$

$$R1 + R2 - Fc36 + Fleva = 0$$

Ecuación A

Ahora se realiza el cálculo de momentos en el punto A

$$\Sigma MA := 0$$

$$- a \cdot Fleva + Fc36 \cdot (a + b) - [R2 \cdot (a + b + c)] = 0$$

Ecuación B

$$a + b = 522 \quad \text{mm}$$

$$a + b + c = 616 \quad \text{mm}$$

## Evaluación de fórmulas

ECUACIÓN B

**EJE X**

De la ecuación B

$$(-a \cdot Fleva) + [Fc36 \cdot (a + b)] - [R2 \cdot (a + b + c)] = 0$$

$$(a + b + c) R2 = -a Fleva + (a + b) Fc36$$

Evaluación en el eje x

$$(a + b + c) R2x = -a Flevax + (a + b) Fc36x$$

Reemplazando valores:

$$R2x := \frac{(-a \cdot Flevax) + [(a + b) \cdot Fc36x]}{a + b + c}$$

$$R2x = 500.52 \quad N \quad \text{Reacciòn apoyo D}$$

### **EJE Y**

De la ecuación B

$$(-a \cdot Fleva) + [Fc36 \cdot (a + b)] - [R2 \cdot (a + b + c)] = 0$$

$$(a + b + c) R2 = -a Fleva + (a + b) Fc36$$

Evaluaciòn en el eje y

$$(a + b + c) R2y = -a Flevay + (a + b) Fc36y$$

Reemplazando valores

$$R2y := \frac{(-a \cdot Flevay) + [(a + b) \cdot Fc36y]}{a + b + c}$$

$$R2y = 1.203 \times 10^3 \quad N \quad \text{Reacciòn apoyo D}$$

### **ECUACIÓN A**

Evaluaciòn de la segunda ecuaciòn en los dos ejes

$$R1 + R2 - Fc36 + Fleva = 0 \quad \text{Ecuaciòn A}$$

$$R1 + R2 = -Fleva + Fc36$$

Evaluaciòn en el eje x

$$R1x + R2x = -Flevax + Fc36x$$

Reemplazando valores

$$R1x := -Flevax + Fc36x - R2x$$



$$R1x = -242.742 \quad \text{N}$$

Reacción apoyo Ax

EJE Y

$$R1 + R2 - Fc36 + Fleva = 0$$

Ecuación A

$$R1 + R2 = -Fleva + Fc36$$

Evaluación en el eje y

$$R1y + R2y = -Flevay + Fc36y$$

Reemplazando valores

$$R1y := -Flevay + Fc36y - R2y$$

$$R1y = -524.702 \quad \text{N}$$

Reacción apoyo Ay

### 3.2.2.5 FUNCIÓN DE CORTE

En la siguiente gráfica se analiza la función de corte

EJE X

PUNTO B

$$R1x = -242.742$$

$$R1x + Flevax = 310.634$$

$$Flevax = 553.376$$

PUNTO C

$$Fc36x = 811.155$$

$$R2x = 500.52$$

$$R1x + Flevax - Fc36x = -500.52$$

PUNTO D

$$R1x + Flevax + R2x - Fc36x = 0$$

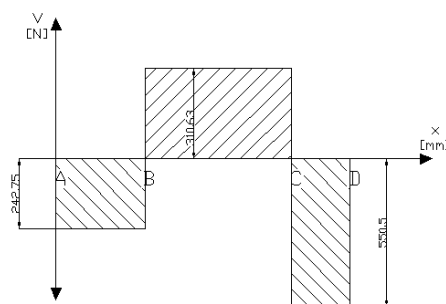


Figura 3.46 Fuerza cortante en X vs Longitud del eje leva

EJE Y

PUNTO B

$$R1y + Flevay = 707.766$$

$$R1y = -524.702$$

$$Flevay = 1.232 \times 10^3$$

PUNTO C

$$Fc36y = 1.911 \times 10^3$$

$$R1y + Flevay - Fc36y = -1.203 \times 10^3$$

$$R2y = 1.203 \times 10^3$$

PUNTO D

$$R1y + Flevay + R2y - Fc36y = 0$$

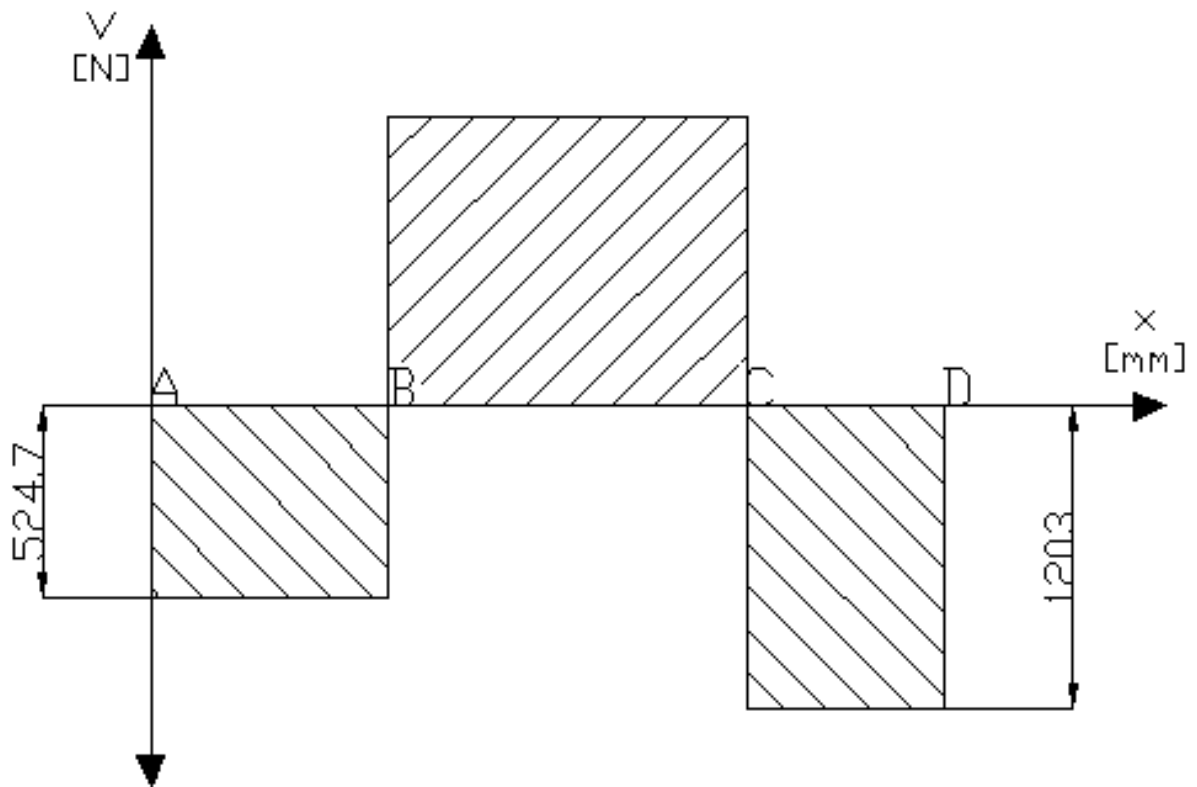


Figura 3.47 Fuerza cortante en Y vs Longitud del eje leva

### MAGNITUD DE FUERZA DE CORTE

PUNTO A

$$\sqrt{(R1x^2 + R1y^2)} = 578.131$$

PUNTO B

$$\sqrt{(R1x + Flevax)^2 + (R1y + Flevay)^2} = 772.933$$

PUNTO C

$$\sqrt{(R1y + Flevay - Fc36y)^2 + (R1x + Flevax + Fc36x)^2} = 1.645 \times 10^3$$

PUNTO D

$$\sqrt{(R1y + Flevay + R2y - Fc36y)^2 + (R1x + Flevax + R2x - Fc36x)^2} = 0$$

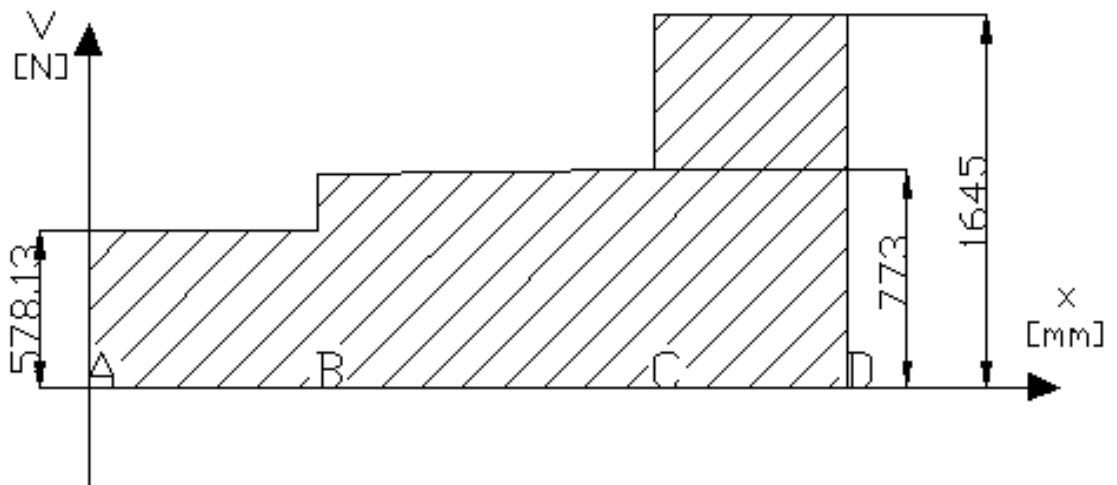


Figura 3.48 Magnitud de corte

### 3.4.2.6 FUNCIÓN DE MOMENTO

**EJE X**

$$MAx := 0 \quad \text{N mm}$$

Momento en el punto A

$$Q1x := a \cdot R1x$$

Función de carga Punto A - B

$$Q1x = -5.049 \times 10^4$$

$$MBx := MAx + Q1x$$

Momento en el punto B

$$MBx = -5.049 \times 10^4 \quad \text{N mm}$$

$$Q2x := b \cdot (R1x + Flevax)$$

Función de carga Punto B - C

$$Q2x = 9.754 \times 10^4$$

$$MCx := MBx + Q2x$$

Momento en el punto C

$$MCx = 4.705 \times 10^4 \text{ N mm}$$

$$Q3x := c \cdot (-R2x)$$

Función de carga Punto C - D

$$Q3x = -4.705 \times 10^4$$

$$MDx := MCx + Q3x$$

Momento en el punto D

$$MDx = -5.821 \times 10^{-11} \text{ N mm}$$

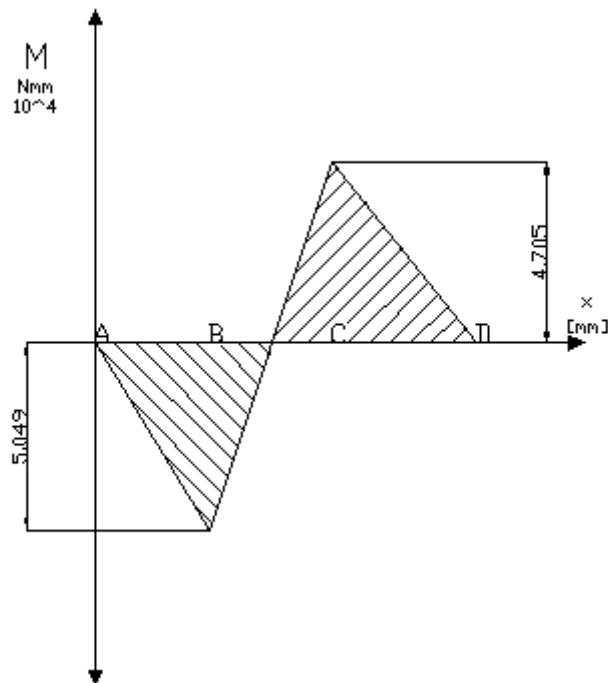


Figura 3.49 Momento xz

### EJE Y

$$MAy := 0 \text{ N mm}$$

Momento en el punto A

$$Q1y := a \cdot R1y$$

Función de carga Punto A - B

$$Q1y = -1.091 \times 10^5$$

$$MBy := MAy + Q1y$$

Momento en el punto B

$$MBy = -1.091 \times 10^5 \text{ N mm}$$

$$Q_{2y} := b \cdot (R_{1y} + F_{levay})$$

$$Q_{2y} = 2.222 \times 10^5$$

Función de carga Punto B - C

$$M_{Cy} := M_{By} + Q_{2y}$$

Momento en el punto C

$$M_{Cy} = 1.131 \times 10^5 \text{ N mm}$$

$$Q_{3y} := c \cdot (-R_{2y})$$

Función de carga Punto C - D

$$Q_{3y} = -1.131 \times 10^5$$

$$M_{Dy} := M_{Cy} + Q_{3y}$$

Momento en el punto D

$$M_{Dy} = -8.731 \times 10^{-11} \text{ N mm}$$

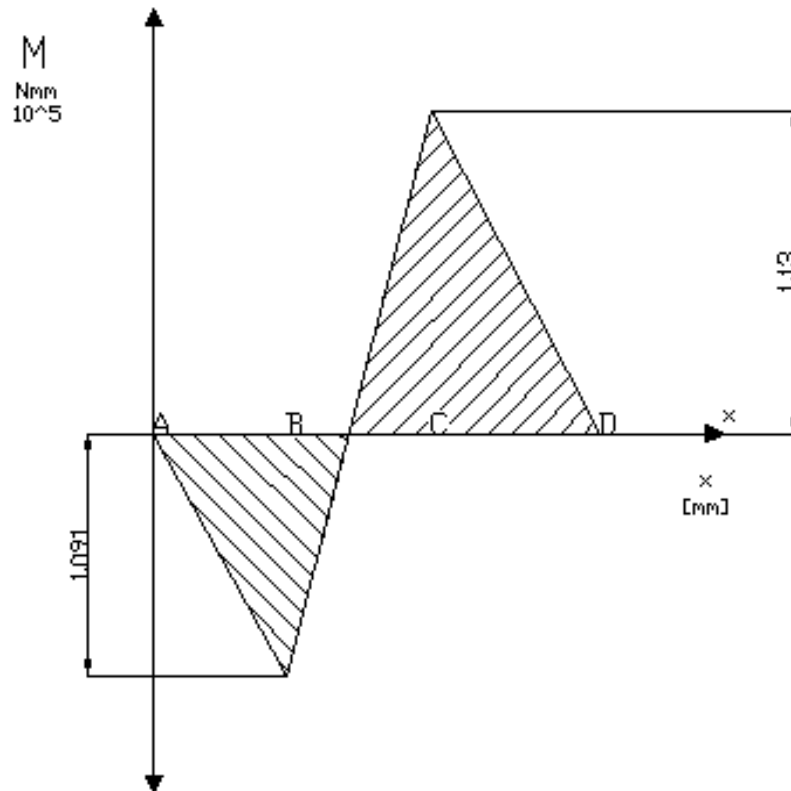


Figura 3.50 Momento y z

### MAGNITUD DE MOMENTO

Se procede a calcular la magnitud de los momentos en sus respectivos puntos

$$M_A := \sqrt{(M_{Ax}^2 + M_{Ay}^2)}$$

Magnitud de Momento A

$$M_A = 0 \text{ N - mm}$$

$$MB := \sqrt{(MBx^2 + MBy^2)}$$

Magnitud de Momento B

$$MB = 1.203 \times 10^5 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$MC := \sqrt{(MCx^2 + MCy^2)}$$

Magnitud de Momento C

$$MC = 1.225 \times 10^5 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$MD := \sqrt{(MDx^2 + MDy^2)}$$

Magnitud de Momento D

$$MD = 1.049 \times 10^{-10} \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

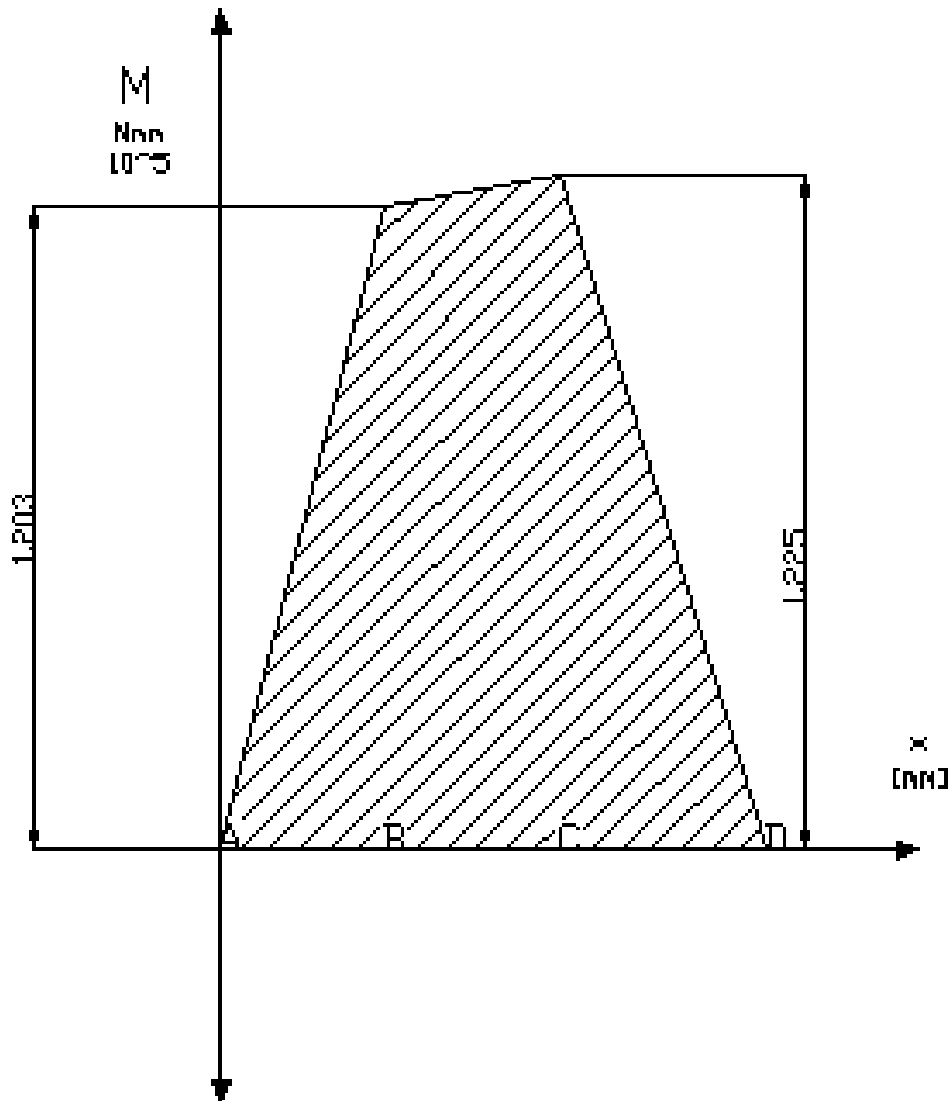


Figura 3.51 Magnitud de Momento

### 3.4.2.7 ANÁLISIS DE DIÁMETROS ( Eje leva )

El material ha ser utilizado es un acero de transmisión SAE 1018, el mismo que se encuentra en el mercado a ser suministrado por IVAN BHOMAN, el mismo que tiene las siguientes características.

#### 3.4.2.7.1 DATOS DEL MATERIAL

|                              |                     |                                   |
|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| $S_y := 483$                 | N / mm <sup>2</sup> | Esfuerzo a la cedencia            |
| $S_{ut} := 566$              | N / mm <sup>2</sup> | Resistencia a la tensión          |
| $S_{e1} := 0.5 \cdot S_{ut}$ |                     | Resistencia a la fatiga corregida |
| $S_{e1} = 283$               | N / mm <sup>2</sup> |                                   |

#### 3.4.2.7.2 EFECTOS DE LA CARGA

|                         |  |
|-------------------------|--|
| $C_{carga}:=1$          | Debido a que la carga es a flexión y torsión |
| $C_{tamaño}:= 0.8$      | Valor asumido – no se conoce los diámetros-  |
| $C_{temperatura}:= 1$   | No es elevada la temperatura de trabajo      |
| $C_{confiabilidad}:= 1$ | Se otorga un 50% de confiabilidad            |
| $C_{superficie}:= 0.78$ | Acabado Maquinado Anexo 13                   |

#### 2.4.2.7.3 SENSIBILIDAD EN LA MUESCA (Eje biela)

|                                |    |  |
|--------------------------------|----|--|
| $r_m := 1.5$                   | mm | Radio de la muesca - supuesto -  |
| $q := 0.75$                    |    | Anexo 14   |
| $K_t := 1.75$                  |    | Factor geométrico de concentración de esfuerzos estático a flexión - Asumido - |
| $K_f := 1 + q \cdot (K_t - 1)$ |    | Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico                       |
| $K_f = 1.563$                  |    |  |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| $K_{ts} := 1.5$                      | Factor geométrico de concentración de esfuerzos torsional - Asumido- |
| $K_{fs} := 1 + q \cdot (K_{ts} - 1)$ | Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico torsional   |
| $K_{fs} = 1.375$                     |  |
| $K_{fsm} := K_{fs}$                  | Componente medio del esfuerzo  |
| $N_f := 1.9$                         | Factor de seguridad - asumido -                                      |

### ANÁLISIS EN EL PUNTO B

Debido a que en el punto B del eje se encuentra la leva, la misma que tiene una cuña para acoplarla a el eje, se recalcula el  $K_t$ , debido al aumento del concentrador de esfuerzos

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| $K_t := 1.75$                  | Concentrador de esfuerzos en el cuñero - Asumido - |
| $K_f := 1 + q \cdot (K_t - 1)$ |  |

$$d_{1A} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot M_B)^2 + [0.75 \cdot (K_{fs} \cdot T)^2]}}{S_e}$$

$$d_{1B} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot M_B)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsm} \cdot T)^2]}}{S_{ut}}$$

$$d_1 := \left[ \frac{32 \cdot N_f}{\pi} \cdot (d_{1A} + d_{1B}) \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$d_1 = 36.556 \quad \text{mm}$$

### ANÁLISIS EN EL PUNTO C

$$d_{2A} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot M_C)^2 + [0.75 \cdot (K_{fs} \cdot T)^2]}}{S_e}$$

$$d_{2B} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot M_C)^2 + (K_{fsm} \cdot T)^2}}{S_{ut}}$$



$$d1 := \left[ \frac{32 \cdot Nf}{\pi} \cdot (d1A + d1B) \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$d1 = 36.556 \quad \text{mm}$$

### ANÁLISIS EN EL PUNTO C

$$d2A := \frac{\sqrt{(Kf \cdot MC)^2 + [0.75 \cdot (Kfs \cdot T)]^2}}{Se}$$

$$d2B := \frac{\sqrt{(Kf \cdot MC)^2 + (Kfsm \cdot T)^2}}{Sut}$$

$$d2 := \left[ 32 \cdot \frac{Nf}{\pi} \cdot (d2A + d2B) \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$d2 = 36.097 \quad \text{mm}$$

#### 3.4.2.7.4 RECALCULO DE DIÁMETROS (Eje biela)

Se recalcula los diámetros debido a que los puntos en los cuales se llevan los rodamientos estos deben estar acorde a los diámetros existentes y disponibles en los catálogos de rodamientos y del mercado. En nuestro caso el manual utilizado fue suministrado por la SKF- Casa del Ruliman Sangolquí. Los puntos en los cuales se realiza el análisis con los puntos B y C, los diámetros respectivos son d2 y d3.

#### VALORES MÍNIMOS DE LOS DIÁMETROS

Los valores obtenidos son :

$$d1 = 36.556 \quad \text{mm}$$

$$d2 = 36.097 \quad \text{mm}$$

Los valores a ser utilizados en la primera interacción son:

|              |    |  |
|--------------|----|--|
| $d3 := 35$   | mm | Diámetro modificado de acuerdo a tabla<br>Corresponde a 35 mm ( Rodamiento ) |
| $d2 := 36.5$ | mm | Diámetro modificado  |
| $d1 := 38$   | mm | Valor que se encuentra en los límites de la leva                             |
| $d0 := 48$   | mm | Valor necesario para formar un hombro  |

### Recálculo de los efectos de la carga en el punto C ( d2(Eje leva)

|   |  |
|---|--|
| $C_{cargaC} := 1$   | Debido a que la carga es a flexión y torsión |
| $C_{tamañoC} := 1.189 \cdot d1^{-0.097}$  |  |
| $C_{tamañoC} = 0.835$   |  |
| $C_{temperaturaC} := 1$   | No es elevada la temperatura de trabajo      |
| $C_{confiabilidadC} := 1$   | Se otorga un 50% de confiabilidad            |
| $C_{superficieC} := 4.51 \cdot S_{ut}^{-0.265}$   | Acabado Maquinado Anexo 13                   |
| $C_{superficieC} = 0.841$   |  |
| $SeC := C_{cargaC} \cdot C_{tamañoC} \cdot C_{temperaturaC} \cdot C_{confiabilidadC} \cdot C_{superficieC} \cdot Se1$ |  |
| $SeC = 198.797 \text{ N/mm}^2$  | Resistencia a la fatiga                      |

### SENSIBILIDAD EN LA MUESCA

|               |    |                    |
|---------------|----|--------------------|
| $r_m := 1.52$ | mm | Radio de la muesca |
| $q_C := 0.75$ |    | Anexo 14           |

### CALCULO DE LOS ESFUERZOS GEOMETRICOS

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| $\frac{d1}{d2} = 1.041$ | Anexo 15 |
|-------------------------|----------|

Los valores de la interacción para la formula  $K_t = A ( r / d )^{-b1}$  son :

$$A := 0.98061$$

$$b1 := -0.19653$$

$$K_{tsC} := A \cdot \left( \frac{r_m}{d_2} \right)^{b1}$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos a flexión

$$K_{tsC} = 1.831$$

$$K_{fsC} := 1 + q_C \cdot (K_{tsC} - 1)$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico

$$K_{fsC} = 1.624$$

$$K_{fsmC} := K_{fsC}$$

Componente medio del esfuerzo

$$A := 0.90337$$

$$b1 := -0.12692$$

$$K_{tC} := A \cdot \left( \frac{r_m}{d_2} \right)^{b1}$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos estático a torsión

$$K_{tC} = 1.352$$

$$K_{fC} := 1 + q_C \cdot (K_{tC} - 1)$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico torsional

$$K_{fC} = 1.264$$

Se realiza el análisis en el mayor momento que se produce en el eje, en nuestro caso el análisis será en el punto B, calculando el factor de seguridad.

## ANÁLISIS EN EL PUNTO B

Debido a que en el punto B del eje se encuentra la leva, la misma que tiene una cuña para acoplarla al eje, se debe recalcular el  $K_t$ , debido al aumento del concentrador de esfuerzos.

$$\frac{r_m}{d_1} = 0.04$$

$$K_{tB} := 1.75$$

## ANEXO 16

$$KfB := 1 + q \cdot (KtB - 1)$$

$$KfB := 1.437$$

$$KtsB := 2.30$$

## ANEXO 16

$$KfsB := 1 + q \cdot (KtsB - 1)$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico

$$KfsB := 1.732$$

$$KfsmB := KfsB$$

Componente medio del esfuerzo

$$NfBa := \frac{\sqrt{(KfB \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (KfsB \cdot T)^2]}}{SeC}$$

$$NfBb := \frac{\sqrt{(KfB \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (KfsmB \cdot T)^2]}}{Sut}$$

$$NfB := \frac{d1^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(NfBa + NfBb)}$$

$$NfB = 2$$

## ANÁLISIS EN EL PUNTO C

Debido a que en el punto C del eje se encuentra la catalina, la misma que tiene una cuña para acoplarla a el eje, se debe recalcar el Kt, debido al aumento del concentrador de esfuerzos

$$\frac{r_m}{d_2} = 0.042$$

## ANEXO 16

$$KtC = 1.352$$

$$KfC := 1 + q \cdot (KtC - 1)$$

$$KfC = 1.264$$

## ANEXO 16

$$KtsC = 1.831$$

$$K_{fsC} := 1 + q \cdot (K_{tsC} - 1)$$

$$K_{fsC} = 1.624$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico

$$K_{fsmC} := K_{fsB}$$

Componente medio del esfuerzo

$$N_{fCa} := \frac{\sqrt{(K_{fC} \cdot MC)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsC} \cdot T)^2]}}{S_eC}$$

$$N_{fCb} := \frac{\sqrt{(K_{fC} \cdot MC)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsmC} \cdot T)^2]}}{S_{ut}}$$

$$N_{fC} := \frac{d^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(N_{fCa} + N_{fCb})}$$

$$N_{fC} = 1.88$$

### 3.4.2.8 CUÑAS

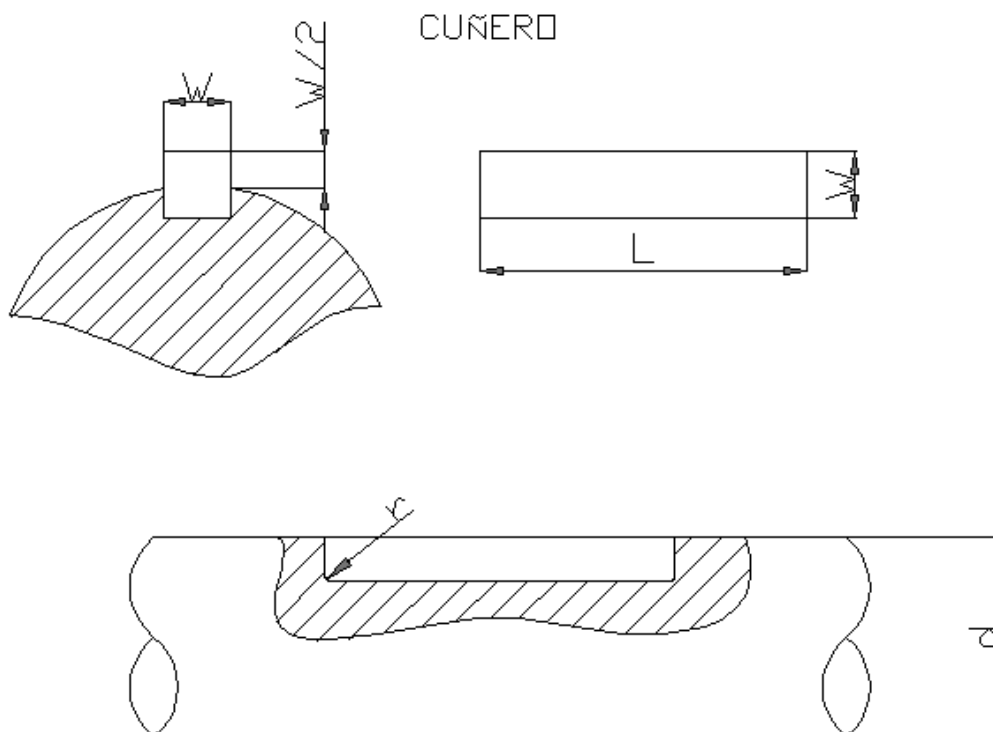


Figura 3.52 Dimensiones de la cuña

### 3.4.2.8.1 DATOS DEL MATERIAL

Material : Acero de bajo carbono SAE 1010

$S_y := 303$  N / mm<sup>2</sup> Esfuerzo a la cedencia

$S_{ut} := 365$  N / mm<sup>2</sup> Resistencia a la tensión

#### PUNTO B

Componentes de la fuerza sobre el punto B

$$F_a := \frac{T}{\left(\frac{d_1}{2}\right)}$$

$F_a = 1.251 \times 10^4$  N

$W := 10$  mm Anexo 17

Mediante la teoría de la energía de la distorsión la resistencia al cortante es

$$S_{sy} := 0.557 \cdot S_y$$

$$S_{sy} = 168.771 \text{ N / mm}^2$$

$N_{cB} := 1.5$  Factor de seguridad - Asumido-

La falla por cortante a lo largo del área cortante  $W \cdot L = \text{Área corte}$

$$L_{B1} := \frac{N_{cB} \cdot F_a}{S_{sy} \cdot W}$$

$$L_{B1} = 11.119 \text{ mm}$$

#### PUNTO C

Componentes medios y alternantes de la fuerza sobre el punto C.

$$F_a := \frac{T}{\left(\frac{d_2}{2}\right)}$$

$$F_a = 1.302 \times 10^4 \quad \text{N}$$

$$W := 9 \quad \text{mm}$$

Anexo 17

$$N_{cC} := 1.5$$

Factor de seguridad - Asumido-

La falla por cortante a lo largo del área cortante  $W \cdot L = \text{Área corte}$

$$LC1 := \frac{F_a \cdot N_{cC}}{S_{sy} \cdot W}$$

$$LC1 = 12.862 \quad \text{mm}$$

Para resistir el aplastamiento se utiliza la mitad del área

$$LC2 := \frac{2 \cdot F_a \cdot N_{cC}}{S_y \cdot W}$$

$$LC2 = 14.329 \quad \text{mm}$$

### 3.4.2.9 COMPARACIÓN DE LOS FACTORES DE SEGURIDAD (Eje leva)

Factores de seguridad en los diámetros

$$N_{fB} = 2$$

$$N_{fC} = 1.88$$

Factores de seguridad en los cuñeros

$$N_{cB} = 1.5$$

$$N_{cC} = 1.5$$

Los factores de seguridad para fallas de cuñas, son inferiores a la de los diámetros, lo que es deseable ya que en caso de sobrecarga las cuñas fallarán, por lo tanto, el diseño es deseable

### 3.4.2.10 CALCULO DE DEFLEXIONES (Eje leva)

$$EI \frac{d^2\delta}{dx^2} = M = R1x - Fleva(x - 5.91) + R2(x - 11.85) - Fc36(x - 18.3)$$

$$EI \frac{d\delta}{dx} = EI\theta = (1/2)R1x^2 - (1/2)Fleva(x - 5.91)^2 + (1/2)R2(x - 11.85)^2 - (1/2)Fc36(x - 18.3)^2 + c1$$

$$EI\delta = (1/6)R1x^3 - (1/6)Fleva(x - 5.91)^3 + (1/6)R2(x - 11.85)^3 - (1/6)Fc36(x - 18.3)^3 + c1x + c2$$

$$x := a + b + c$$

Distancia a la cual se realiza el corte

$$M := -R1 \cdot x + Fleva \cdot (x - a) + [R2 \cdot [x - (a + b)]] - [Fc36 \cdot [x - (a + b + c)]]$$

Evaluamos las condiciones de borde

Condición de Borde CB1

Si

$$x := 0$$

$$EI\delta := 0 \quad \text{En consecuencia} \quad C2 := 0$$

Condición de Borde CB2

Si

$$x := a + b + c$$

$$\theta := 0 \quad \text{Entonces} \quad EI\theta := 0$$

En consecuencia

$$C1 = 1/6Fleva(a + b)^3 - 1/6R1(a + b + c)^3 - 1/6R2c^3$$

Reestableciendo la ecuación de la deflexión

$$\left[ \frac{R1 \cdot x^3}{6} - \left[ \frac{Fleva \cdot (x - a)^3}{6} \right] - \frac{Fc36 \cdot [x - (a + b + c)]^3}{6} \right] + C2 = 0$$

$$x := 0, .1 .. (a + b + c)$$

$$E := 207 \cdot 10^3 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{Módulo de elasticidad}$$

$$l := 651 \quad \text{mm} \quad \text{Longitud total del eje}$$



$$I := \frac{1}{\frac{a}{\frac{\pi d_0^4}{64}} + \frac{b}{\frac{\pi d_1^4}{64}} + \frac{c}{\frac{\pi d_2^4}{64}}}$$

Momento de Inercia

$$I = 1.316 \times 10^5 \quad \text{mm}^4$$

### Càlculo de deflexiones en el Eje X

$$\delta_{1x}(x) := R_{1x} \cdot x^3$$

$$\delta_{2x}(x) := F_{levax} \cdot (x - a)^3$$

$$\delta_{3x}(x) := F_{c36x} \cdot [x - (a + b)]^3$$

$$C_{1x}(x) := \frac{-x}{(a + b + c)} \cdot \left[ F_{levax} \cdot (b + c)^3 - R_{2x} \cdot c^3 + R_{1x} \cdot (a + b + c)^3 \right]$$

$$\delta_{x1}(x) := \text{if}(x \leq a, \delta_{1x}(x) + C_{1x}(x), \delta_{1x}(x) + \delta_{2x}(x) + C_{1x}(x))$$

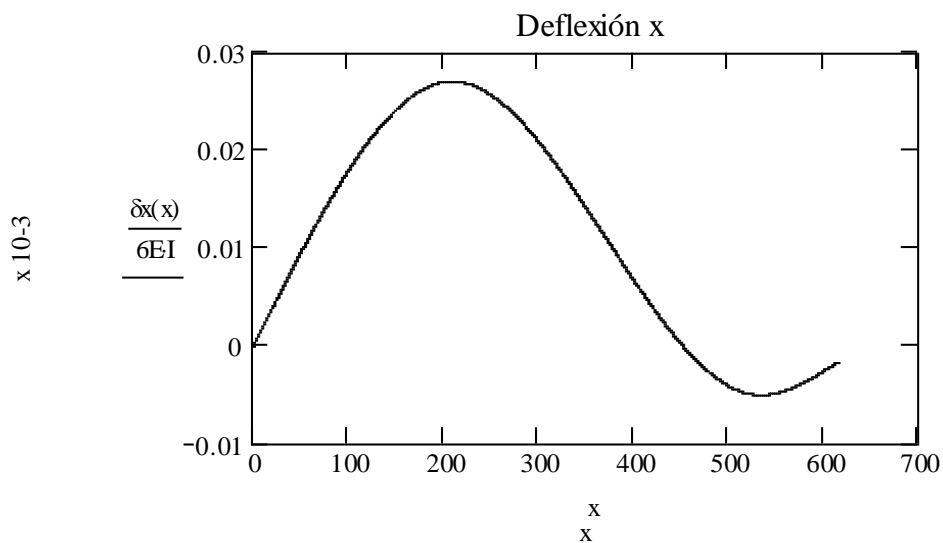


Figura 3.53 Deflexión en Eje X

### Càlculo de deflexiones en el Eje Y

$$\delta_{1y}(x) := R_{1y} \cdot x^3$$

$$\delta_{2y}(x) := F_{levay} \cdot (x - a)^3$$

$$\delta_{3y}(x) := F_{c36y} \cdot [x - (a + b)]^3$$

$$C1y_a := Flevay \cdot (b + c)^3 - Fc36y \cdot c^3 + [R1y \cdot (a + b + c)^3]$$

$$C1y(x) := \frac{-x}{(a + b + c)} \cdot (C1y_a)$$

$$\delta y1(x) := \text{if}(x \leq a, \delta 1y(x) + C1y(x), \delta 1y(x) + \delta 2y(x) + C1y(x))$$

$$\delta y2(x) := \text{if}[x \leq (a + b), \delta y1(x), \delta 1y(x) + \delta 2y(x) - \delta 3y(x) + C1y(x)]$$

$$\delta y(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c), \delta y2(x), 0]$$

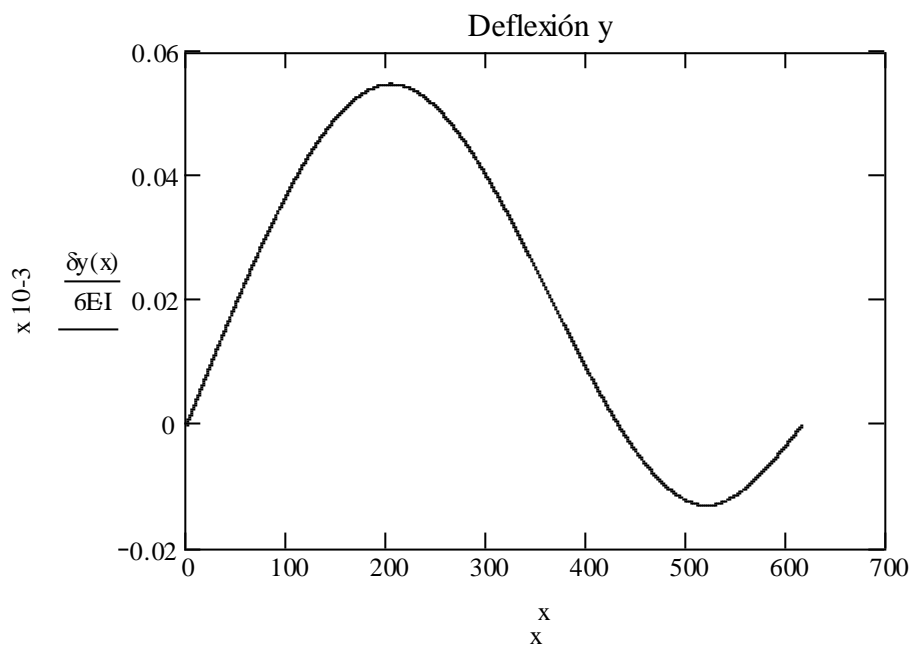


Figura 3.54 Deflexión en Eje Y

### Càlculo de la deflexión de la deflexión(Eje leva)

$$\delta 1(x) := \sqrt{[(\delta 1x(x) + C1x(x))^2 + (\delta 1y(x) + C1y(x))^2]}$$

$$\delta 2(x) := \sqrt{[(\delta 1x(x) + \delta 2x(x) + C1x(x))^2 + (\delta 1y(x) + \delta 2y(x) + C1y(x))^2]}$$

$$\delta 31(x) := \delta 1x(x) + \delta 2x(x) - \delta 3x(x) + C1x(x)$$

$$\delta 32(x) := \delta 1y(x) + \delta 2y(x) - \delta 3y(x) + C1y(x)$$

$$\delta 3(x) := \sqrt{(\delta 31(x))^2 + (\delta 32(x))^2}$$

$$\delta 4(x) := \text{if}(x < a, \delta 1(x), \delta 2(x))$$

$$\delta 5(x) := \text{if}(x < a + b, \delta 4(x), \delta 3(x))$$

$$\delta(x) := \text{if}(x < a + b + c, \delta 5(x), 0)$$

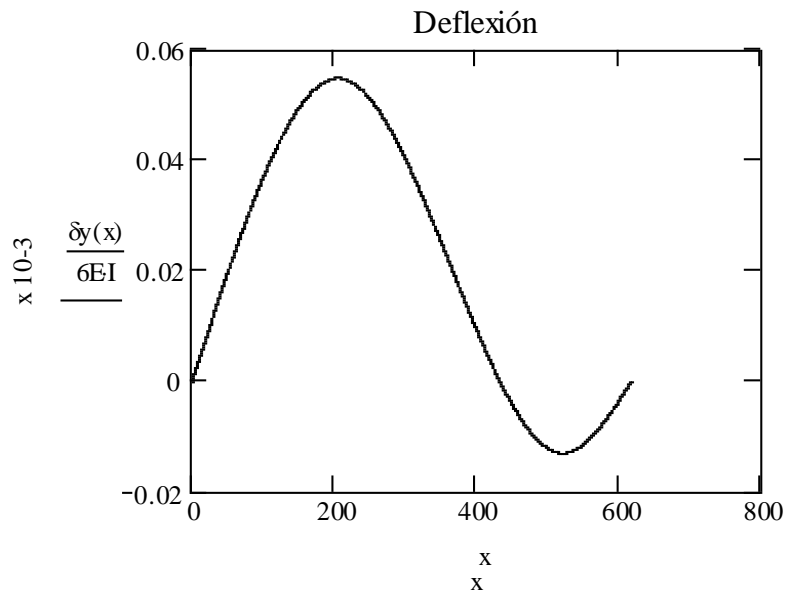


Figura 3.53 Deflexión en Eje X

### 3.4.2.11 FRECUENCIAS CRITICAS

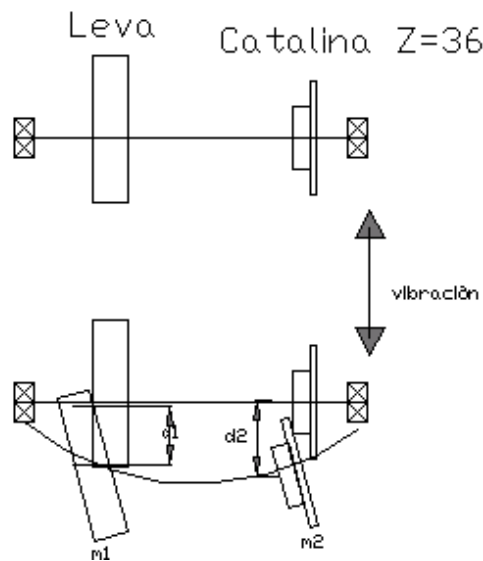


Figura 3.56 Vibración lateral

Las deflexiones en los puntos B y C son

### PUNTO B

Si  $x := a$

$$\delta_B := \frac{1}{E \cdot I} \cdot (\delta_1(x))$$

$$\delta_B = 0.367 \quad \text{mm}$$

### PUNTO C

Si  $x := a + b$

$$\delta_D := \frac{1}{E \cdot I} \cdot (\delta_2(x))$$

$$\delta_D = 0.084 \quad \text{mm}$$

$$\rho := 7.795 \cdot 10^{-6} \quad \text{Kg/mm}^3 \quad \text{Densidad del acero}$$

#### 3.4.2.11.1 ANÁLISIS DE LA LEVA

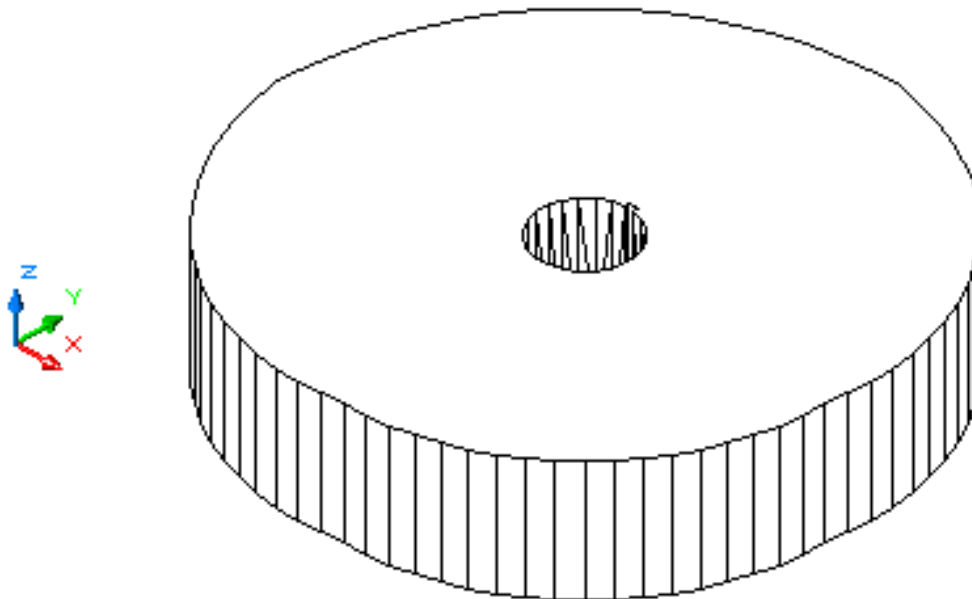


Figura 3.57 Características de la leva

| SOLIDS                                |  |
|---------------------------------------|--|
| Masa                                  | 2044167.7379                                     |
| Volumen'                              | 2044167.7379                                     |
|                                       | Xi -127.8000 -- 103.9630                         |
|                                       | Yi -102.0630 -- 129.7000                         |
|                                       | Zi 0.0000 -- 50.0000                             |
| Centroides                            | Xi -9.9086                                       |
|                                       | Yi 11.8067                                       |
|                                       | Zi 25.0000                                       |
| Momentos de inercia                   | Xi 8995450938.0010                               |
|                                       | Yi 8911286046.8878                               |
|                                       | Zi 14499790755.0723                              |
| Productos de inercia                  | XYi -114375609.7161                              |
|                                       | YZi 603371782.2631                               |
|                                       | ZXi -506371991.1671                              |
| Radio de Giro                         | Xi 66.3366                                       |
|                                       | Yi 66.0255                                       |
| Principales momentos de inercia x y z |  |
|                                       | Ii 7308170495.7676 along [0.7072 0.7070 0.0000]  |
|                                       | Ji 7557705789.6009 along [-0.7070 0.7072 0.0000] |
|                                       | Ki 14014139727.9201 along [0.0000 0.0000 1.0000] |

Figura 3.57 Características de la leva

wleva := 50 mm Ancho de la leva

Volumenleva := 2044167.74 mm<sup>3</sup> Volumen de la leva

Wleva := Volumenleva · ρ Peso de la leva

### 3.2.4.11.2 ANÁLISIS DE LA CATALINA ( Eje leva )

w36 := 38 mm Ancho de la catalina

Wcatalina :=  $\pi \cdot \frac{r36^2}{2} \cdot w36 \cdot \rho$  Peso de la catalina

Wcatalina = 6.1 Kg

### 3.4.2.11.3 FRECUENCIA NATURAL ( Eje leva )

$$\omega_n := \sqrt{9.8 \cdot 1000 \cdot \frac{(\delta_B \cdot W_{leva}) + (\delta_D \cdot W_{catalina})}{(\delta_B^2 \cdot W_{leva}) + (\delta_D^2 \cdot W_{catalina})}}$$

Comparando la frecuencia de balanceo crítica con la frecuencia forzada:

$$\frac{\omega_n}{\eta} = 53.723 \quad \text{Se trata de un margen aceptable}$$

#### 3.4.2.11.4 FRECUENCIA TORSIONAL ( Eje leva )

$$G := 79.3 \cdot 10^3 \quad \text{Modulo de rigidez}$$

$$kt1 := \pi \cdot G \cdot \frac{d1^4}{32 \cdot b} \quad \text{Resorte efectivo Punto B}$$

$$kt1 = 5.17 \times 10^7 \quad \text{N mm}$$

$$kt2 := \pi \cdot G \cdot \frac{d3^4}{32 \cdot c} \quad \text{Resorte efectivo Punto C}$$

$$kt2 = 1.243 \times 10^8 \quad \text{N mm}$$

La contante efectiva del resorte es igual

$$1/ Kefec = 1/kt1 + 1/kt2$$

$$1/ Kefec = (Kt2+Kt1)/Kt1*Kt2$$

$$kefec=kt1*kt2/(kt1+kt2)$$

$$kefec := \frac{kt1 \cdot kt2}{(kt1 + kt2)} \quad \text{Constante efectiva del resorte}$$

$$kefec = 3.651 \times 10^7 \quad \text{N mm}$$

#### 3.4.2.11.5 FRECUENCIA CRITICA A TORSIÓN ( Eje leva)

$$I_{leva} := \frac{\pi \cdot (260)^4 \cdot w_{leva} \cdot \rho}{32 \cdot 9.8 \cdot 1000} \quad \text{Inercia de la leva}$$

$$I_{leva} = 17.842 \quad \text{Kg mm s}^2$$

$$I_{catalina} := \frac{\pi \cdot (r36 \cdot 2)^4 \cdot w36 \cdot \rho}{32 \cdot 9.8 \cdot 1000}$$

$$I_{catalina} = 8.16 \quad \text{Kg.mm.s}^2 \quad \text{Inercia de la catalina}$$

$$\omega_{nt} := \sqrt{\frac{k_{efec}}{9.8} \cdot \frac{I_{leva} + I_{catalina}}{I_{leva} \cdot I_{catalina}}}$$

$$\omega_{nt} = 815.69 \quad \text{rad / seg}$$

Comparando las frecuencias

$$\frac{\omega_{nt}}{\eta} = 259.642 \quad \text{Valor mucho mayor}$$

### 3.4.3 EJE BIELA (SEGUNDO EJE )

#### 3.4.3.1 INTRODUCCIÓN

Para el calculo de los ejes, se utiliza la siguiente disposición de ejes , en los cuales se ha dividido en tres ejes principales.

Primer eje.- En este eje se encuentra la leva, la cual realizará un conjunto con el seguidor que permite el estampado

Segundo eje.-En este eje se encuentra la biela , la misma que nos servirá para el desplazamiento del carro

Tercer eje.-Este será el eje el cual transmita la potencia tanto al eje en el cual se encuentra la leva, y además al eje en el cual se encuentra la leva

La disposición en la cual serán diseñadas se detalla a continuación en el siguiente Esquema.

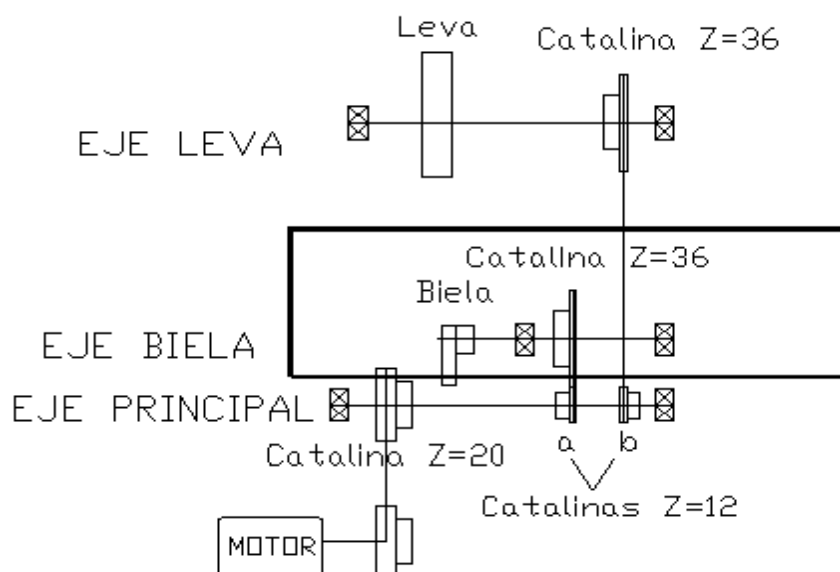


Figura 3.58 Disposición de ejes

### 3.4.3.2 DATOS INICIALES

Moto Reductor

$\eta_1 := 30$

Número de revoluciones [rpm]

$P_1 := 1$

Potencia máxima del motor [hp]

La disposición y las distancias que serán utilizadas se esquematizan a continuación

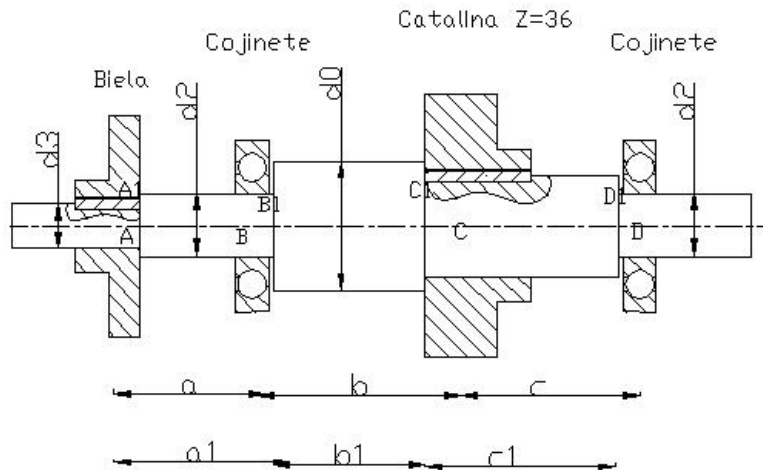


Figura 3.59 Disposición de los elementos del Eje Biela

### DISTANCIAS

|              |    |                                  |
|--------------|----|----------------------------------|
| $a_1 := 136$ | mm | Distancia entre el punto A1 a B1 |
| $a := 110$   | mm | Distancia entre el punto A a B   |
| $b_1 := 52$  | mm | Distancia entre el punto B1 a C1 |
| $b := 96.5$  | mm | Distancia entre el punto B a C   |
| $c_1 := 157$ | mm | Distancia entre el punto C1 a D1 |
| $c := 125$   | mm | Distancia entre el punto C a D   |

### 3.4.3.3 ESTÁTICA DEL EJE BIELA

Como primer paso, se calcula el torque que nos proporciona el motoreductor para determinar las fuerzas que actúan en el eje.



### 3.4.3.3.1 MOTO REDUCTOR

$\eta_1 := 30$  rpm      Número de revoluciones [rpm]

$$\eta := 30 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60}$$

$\eta = 3.142$  rad / seg

$$T := \frac{P_1 \cdot 746760}{\eta} \quad \text{Torque}(\text{hp} \cdot 746760 \text{ N mm/seg})$$

$T = 2.377 \times 10^5$  N mm

### EJE BIELA

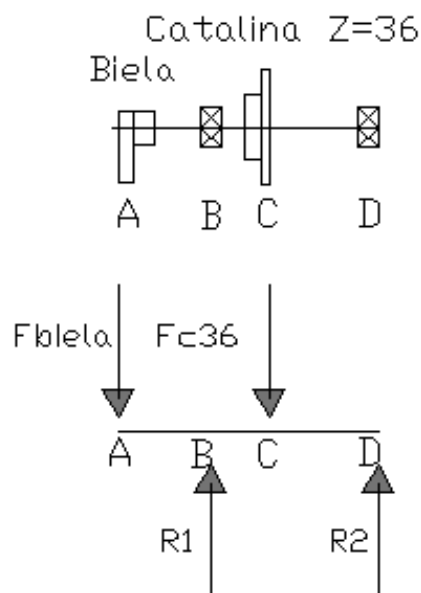


Figura 3.60 Estática del Eje Biela

### 3.4.3.3.2 ANÁLISIS DE LA BIELA

$r_{biela} := 65.9$  mm      Radio de la biela

$$F_{biela} := \frac{T}{r_{biela}} \quad \text{Fuerza neta asociada}$$

$$F_{biela} := \frac{T}{r_{biela}} \quad \text{Fuerza neta asociada}$$

$$F_{biela} = 3.607 \times 10^3 \quad \text{N} \quad \text{Sentido -x}$$

$$F_{bielax} := F_{biela}$$

$$F_{bielay} := 0$$

### 3.4.3.3 ANÁLISIS DE LA CATALINA

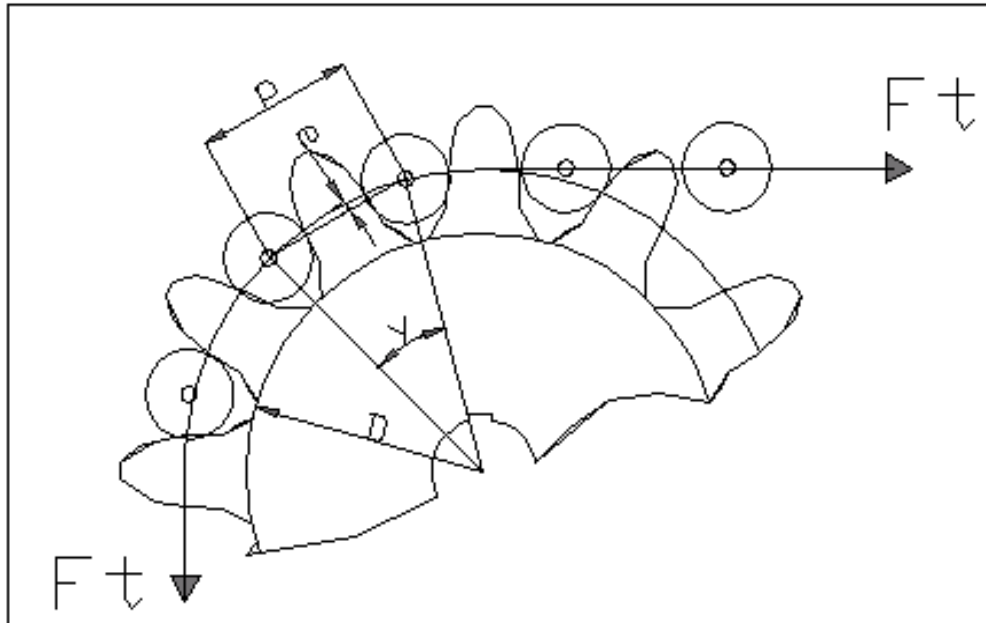


Figura 3.61 Fuerzas tangenciales en la catalina

Las fuerzas tangenciales sobre las catalinas se calcula de acuerdo al par de torsión y los radios respectivos.

$$r_{36} := \frac{9.020 \cdot 25.4}{2} \quad \text{mm} \quad \text{Radio de la catalina } Z = 36$$

$$F_{t36} := \frac{T}{r_{36}} \quad \text{Fuerza neta asociada}$$

$$F_{t36} = 2.075 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$\psi := 15 \quad \text{Angulo entre el Eje biela y Eje Principal}$$

$$F_{c36x} := F_{t36} \cdot \cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) \quad \text{Fuerza de la catalina } Z = 36$$

$$F_{c36y} := F_{t36} \cdot \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$

### 3.4.3.4 CÁLCULO DE REACCIONES (Eje biela)

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Reacción en el Punto B       | R1     |
| Reacción en el punto D       | R2     |
| Fuerza de la catalina Z = 36 | Fc36   |
| Fuerza de la biela           | Fbiela |

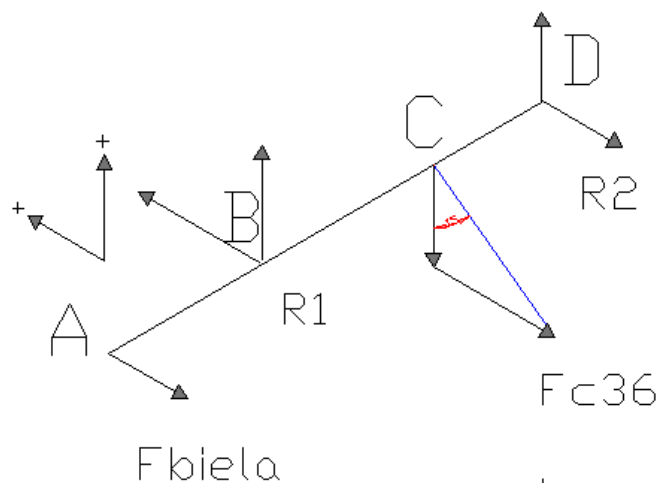


Figura 3.62 Diagrama de cuerpo libre del Eje Biela

$$\Sigma F := 0$$

Ecuación A

$$R1 + R2 - F_{c36} - F_{biela} = 0$$

Ahora se calculan los momentos en el punto D

$$\Sigma M_D := 0$$

Ecuación B

$$[R1 \cdot (b + c)] - (F_{c36} \cdot c) - [F_{biela} \cdot (a + b + c)] = 0$$

$$b + c = 221.5 \quad \text{mm}$$

$$a + b + c = 331.5 \quad \text{mm}$$

### 3.4.3.4.1 EVALUACIÓN DE FORMULAS (Eje biela)

ECUACIÓN B

**EJE X**

De la ecuación B

$$[R1 \cdot (b + c)] - (Fc36 \cdot c) - [Fbiela \cdot (a + b + c)] = 0 \quad \text{Ecuación B}$$

$$R1 \cdot (b + c) = Fc36 \cdot c + Fbiela \cdot (a + b + c)$$

Evaluación en el eje x

$$R1x \cdot (b + c) = Fc36x \cdot c + Fbielax \cdot (a + b + c)$$

Reemplazando valores

$$R1x := \frac{Fc36x \cdot c + Fbielax \cdot (a + b + c)}{b + c}$$

$$R1x = 6.529 \times 10^3 \quad \text{N}$$

ECUACIÓN B

**EJE Y**

De la ecuación B

$$[R1 \cdot (b + c)] - (Fc36 \cdot c) - [Fbiela \cdot (a + b + c)] = 0$$

$$R1 \cdot (b + c) = Fc36 \cdot c + Fbiela \cdot (a + b + c)$$

Evaluación en el eje y

$$R1y \cdot (b + c) = Fc36y \cdot c + Fbielay \cdot (a + b + c)$$

Reemplazando valores

$$R1y := \frac{Fc36y \cdot c + Fbielay \cdot (a + b + c)}{b + c}$$

$$R1y = 303.077 \quad \text{N}$$

ECUACIÓN A

EJE X

De la ecuación A

$$R1 + R2 - Fc36 - Fbiela = 0$$

Aplicando la ecuación en el eje X , tenemos, despejando R

$$R2x = Fc36x + Fbielax - R1x$$

$$R2x := (Fc36x + Fbielax - R1x)$$

$$R2x = -918.076 \quad N$$

Evaluación en el eje y

$$R1x * (b + c) = Fc36x * c + Fbielax * (a + b + c)$$

Reemplazando valores

$$R1y := \frac{Fc36y \cdot c + Fbielay \cdot (a + b + c)}{b + c}$$

$$R1y = 303.077 \quad N$$

ECUACIÓN A

EJE X

De la ecuación A

$$R1 + R2 - Fc36 - Fbiela = 0$$

Evaluando en el eje Y , tenemos, despejando R2y

$$R2y = Fc36y + Fbielay - R1y$$

$$R2y := (Fc36y + Fbielay - R1y)$$

$$R2y = 233.976 \quad N$$

### 3.4.3.5 FUNCIÓN DE CORTE

En la siguiente gráfica representa la función de corte

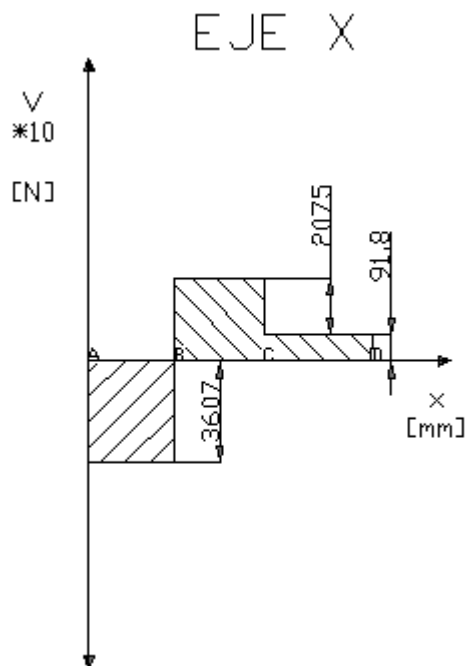


Figura 3.63a Diagrama de Función de Corte Eje X

PUNTO B

$$-F_{bielax} + R_{1x} = 2.922 \times 10^3$$

$$F_{bielax} = 3.607 \times 10^3$$

$$R_{1x} = 6.529 \times 10^3$$

$$F_{c36x} = 2.004 \times 10^3$$

PUNTO C

$$R_{1x} - F_{bielax} - F_{c36x} = 918.076$$

$$R_{2x} = -918.076$$

PUNTO D

$$R_{1x} - F_{bielax} - F_{c36x} - R_{2x} = 1.836 \times 10^3$$

### 3.4.3.6 FUNCIÓN DE MOMENTO

EJE X

$$M_{Ax} := 0 \quad \text{N mm}$$

Momento en el punto A

$$Q_{1x} := a \cdot -F_{bielax}$$

Función de carga Punto A - I

$$Q1x = -3.968 \times 10^5$$

$$MBx := MAx + Q1x \quad \text{Momento en el punto B}$$

$$MBx = -3.968 \times 10^5 \quad \text{N mm}$$

$$Q2x := b \cdot (-Fbielax + R1x) \quad \text{Función de carga Punto B - C}$$

$$Q2x = 2.82 \times 10^5$$

$$MCx := MBx + Q2x \quad \text{Momento en el punto C}$$

$$MCx = -1.148 \times 10^5 \quad \text{N mm}$$

$$a = 110$$

$$a + b = 206.5$$

$$a + b + c = 331.5$$

$$Q3x := c \cdot (R1x - Fbielax - Fc36x) \quad \text{Función de carga Punto C - D}$$

$$Q3x = 1.148 \times 10^5$$

$$MDx := MCx + Q3x \quad \text{Momento en el punto D}$$

$$MDx = 1.455 \times 10^{-11} \quad \text{N mm}$$

La gráfica del Momento en el eje x es la siguiente

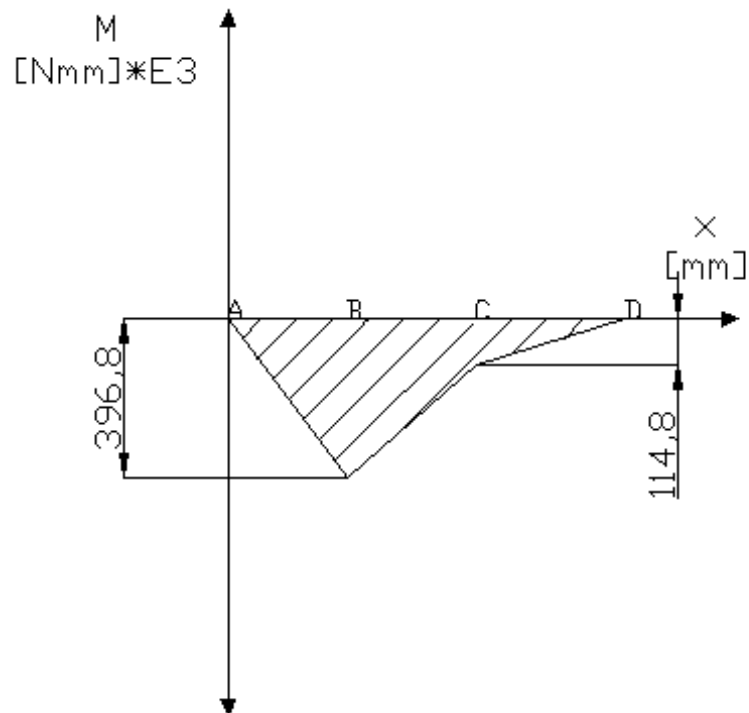


Figura 3.64a Diagrama de Momento xz

La gráfica del Momento en el eje y es la siguiente

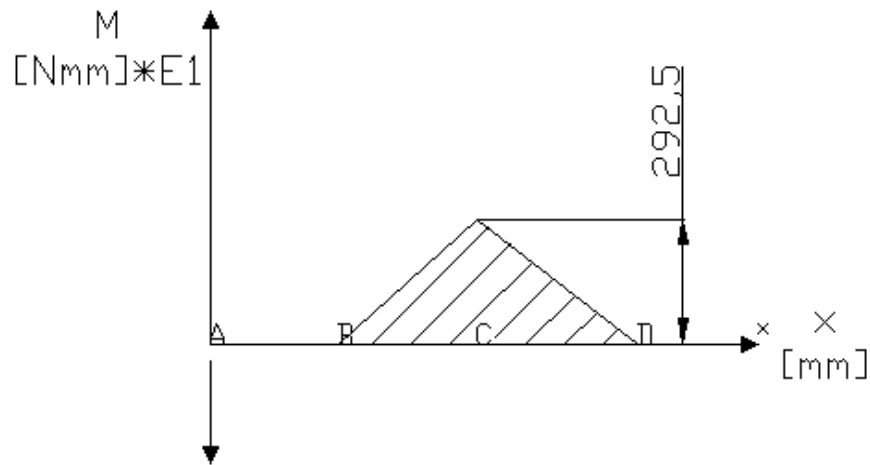


Figura 3.64b Diagrama de Momento Eje yz

**MAGNITUD DE MOMENTO**

$$M_A := \sqrt{(M_{Ax})^2 + (M_{Ay})^2}$$

$$M_A = 0$$

$$M_B := \sqrt{(M_{Bx})^2 + (M_{By})^2}$$

$$M_B = 3.968 \times 10^5 \quad \text{N / mm}^2$$

$$M_C := \sqrt{(M_{Cx})^2 + (M_{Cy})^2}$$

$$M_C = 1.184 \times 10^5 \quad \text{N / mm}^2$$

$$M_D := \sqrt{(M_{Dx})^2 + (M_{Dy})^2}$$

$$M_D = 1.455 \times 10^{-11} \quad \text{N / mm}^2$$

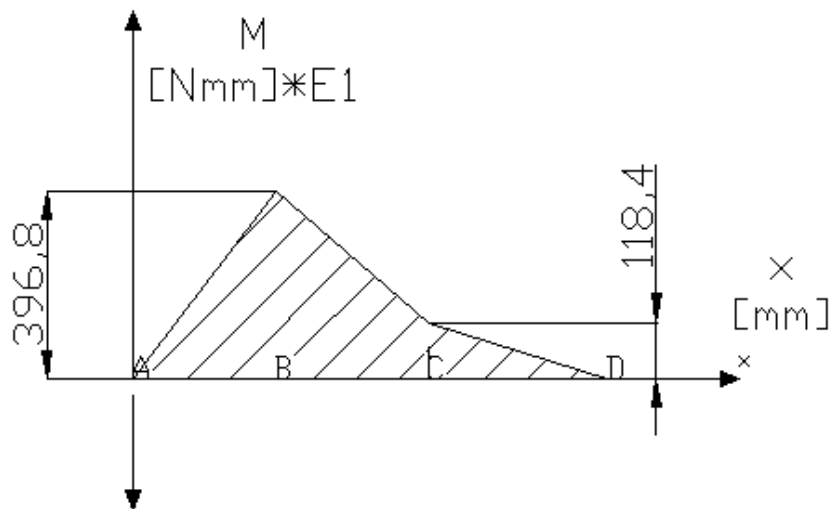


Figura 3.64b Diagrama de Magnitud de Momento



$$S1(x) := 3607.3x$$

$$S2(x) := -2885.6x + 714147$$

$$S3(x) := -947.6x + 313997$$

$$x := 0, .1 .. (a + b + c)$$

$$M1(x) := \text{if}(x \leq a, S1(x), S2(x))$$

$$MX(x) := \text{if}(x \leq a + b, M1(x), S3(x))$$

Localización de la cuña en A1

$$A1 := a1 - a$$

$$A1 = 26$$

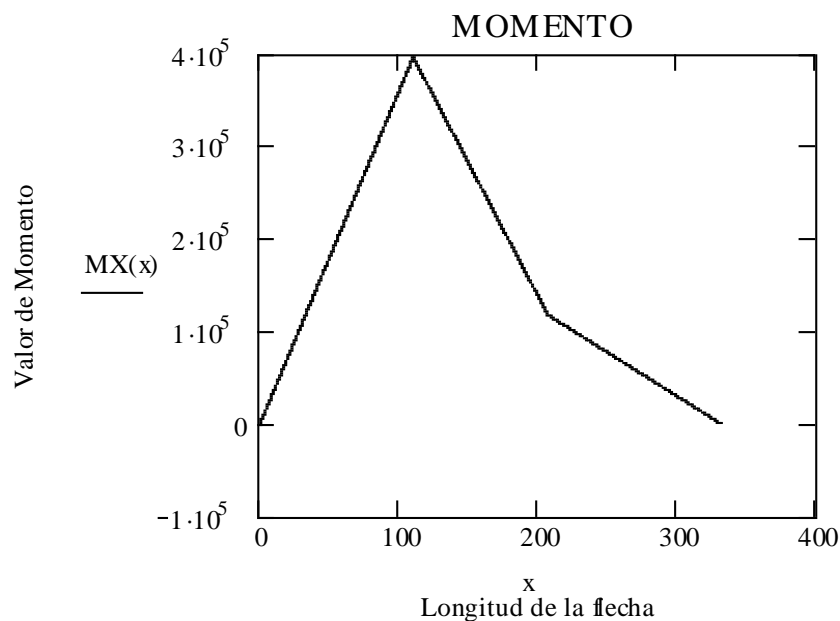


Figura 3.65 Diagrama de momento para punto A1

De acuerdo al comando Trace tenemos

$$MA1x := 9.38 \cdot 10^4 \text{ N pulg}$$

### 3.4.3.7 ANÁLISIS DE LOS DIÁMETROS (Eje biela)

El material a ser utilizado es un acero de transmisión SAE 1018, el mismo que será suministrado por IVAN BHOMAN, el cual posee las siguientes características.

### 3.4.3.7.1 DATOS DEL MATERIAL

|                              |                     |                                   |
|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| $S_y := 483$                 | N / mm <sup>2</sup> | Esfuerzo a la cedencia            |
| $S_{ut} := 566$              | N / mm <sup>2</sup> | Resistencia a la tensión          |
| $S_{e1} := 0.5 \cdot S_{ut}$ |                     | Resistencia a la fatiga corregida |

### 3.4.3.7.2 EFECTOS DE LA CARGA

|   |                     |  |
|---|---------------------|--|
| $C_{carga} := 1$  |                     | Debido a que la carga es a flexión y torsión |
| $C_{tamaño} := 0.8$   |                     | Valor sumido - no se conoce diámetros -      |
| $C_{temperatura} := 1$  |                     | No es elevada la temperatura de trabajo      |
| $C_{confiabilidad} := 1$  |                     | Se otorga un 50% de confiabilidad            |
| $C_{superficie} := 0.75$  |                     | Acabado maquinado Anexo 13                   |
| $S_e := C_{carga} \cdot C_{tamaño} \cdot C_{temperatura} \cdot C_{confiabilidad} \cdot C_{superficie} \cdot S_{e1}$ |                     |  |
| $S_e = 169.8$   | N / mm <sup>2</sup> | Resistencia a la fatiga                      |

### 3.4.3.7.3 SENSIBILIDAD DE MUESCAS (Eje biela)

|                                      |    |  |
|--------------------------------------|----|--|
| $r_m := 1.52$                        | mm | Radio de la muesca - supuesto -  |
| $q := 0.53$                          |    | Anexo 14   |
| $K_t := 2$                           |    | Factor geométrico de concentración de esfuerzos estático a flexión - Asumido - |
| $K_f := 1 + q \cdot (K_t - 1)$       |    | Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico                       |
| $K_f = 1.53$                         |    |  |
| $K_{ts} := 2$                        |    | Factor geométrico de concentración de esfuerzos torsional - Asumido -          |
| $K_{fs} := 1 + q \cdot (K_{ts} - 1)$ |    | Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico torsional             |
| $K_{fs} = 1.53$                      |    |  |
| $K_{fsm} := K_{fs}$                  |    | Componente medio del esfuerzo  |

Se realiza el análisis en el mayor momento que se produce en el eje, en nuestro caso el análisis en el punto B

## ANÁLISIS EN EL PUNTO B

$$N_f := 1.70$$

Factor de seguridad - asumido -

$$d_{2A} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (K_{fs} \cdot T)^2]}}{S_e}$$

$$d_{2B} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsm} \cdot T)^2]}}{S_e}$$

$$d_2 := \left[ \frac{32 \cdot N_f}{\pi} \cdot (d_{2A} + d_{2B}) \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$d_2 = 44.924 \quad \text{mm}$$

## ANÁLISIS EN EL PUNTO C

Debido a que en el punto C del eje se encuentra la catalina  $Z = 36$ , la misma que tiene una cuña para acoplarla a el eje, se debe recalcular el  $K_t$ , debido al aumento del concentrador de esfuerzos

$$K_t := 1.75$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero  
- Asumido -

$$K_f := 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$K_f = 1.397$$

$$d_{1A} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MC)^2 + [0.75 \cdot (K_{fs} \cdot T)^2]}}{S_e}$$

$$d_{1B} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MC)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsm} \cdot T)^2]}}{S_{ut} \cdot 1000}$$

$$d_1 := \left[ \frac{32 \cdot N_f}{\pi} \cdot (d_{1A} + d_{1B}) \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$d_1 = 33.109 \quad \text{mm}$$

### MOMENTO EN LA CUÑA X1 ( d3 )

$$d3A := \frac{\sqrt{(Kf \cdot MA1x)^2 + [0.75 \cdot (Kfs \cdot T)^2]}}{Se}$$

$$d3B := \frac{\sqrt{(Kf \cdot MA1x)^2 + [0.75 \cdot (Kfsm \cdot T)^2]}}{Sut}$$

$$d3 := \left[ \frac{32 \cdot Nf}{\pi} \cdot (d3A + d3B) \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$d3 = 35.629 \text{ mm}$$

### 3.4.3.8 RECALCULO DE LOS DIÁMETROS ( Eje biela )

Se procede a recalcular los diámetros debido a que los puntos en los cuales llevan los rodamientos estos deben estar de acuerdo a los diámetros existentes en los catalogos de rodamientos, y en nuestro caso el manual utilizado es el suministrado por la SKF Casa del Ruliman de Sangolquí.

Los puntos en los cuales se debe realizar el análisis son los puntos B y C y los diámetros respectivos son d2 y d1.

### VALORES MÍNIMOS DE LOS DIÁMETROS

Los valores obtenidos son :

$$d1 = 33.109 \text{ mm}$$

$$d2 = 44.924 \text{ mm}$$

$$d3 = 35.629 \text{ mm}$$

Los valores a ser utilizados en la primera interacción son :

$$d2 := 45 \text{ mm} \quad \text{Diámetro modificado para Rodamiento 45 mm}$$

$$d3 := 38 \text{ mm} \quad \text{Diámetro modificado}$$

$$d1 := 48 \text{ mm} \quad \text{Valor necesario para formar un hombro}$$

$$d0 := 51 \text{ mm} \quad \text{Valor necesario para formar un hombro}$$

### 3.4.3.8.1 RECALCULO DE LOS EFECTOS DE LA CARGA EN EL PUNTO B (d2)

$C_{\text{cargaB}} := 1$  Debido a que la carga es a flexión y torsión

$C_{\text{tamañoB}} := 1.189 \cdot d_2^{-0.097}$

$C_{\text{tamañoB}} = 0.822$

$C_{\text{temperaturaB}} := 1$  No es elevada la temperatura de trabajo

$C_{\text{confiabilidadB}} := 1$  Se otorga un 50% de confiabilidad

$C_{\text{superficieB}} := 4.51 \cdot S_{ut}^{-0.265}$  Anexo 13

$C_{\text{superficieB}} = 0.841$

$S_eB := C_{\text{cargaB}} \cdot C_{\text{tamañoB}} \cdot C_{\text{temperaturaB}} \cdot C_{\text{confiabilidadB}} \cdot C_{\text{superficieB}} \cdot S_e1$

$S_eB = 195.563 \text{ N/mm}^2$  Resistencia a la fatiga

### 3.4.3.8.2 RECALCULO DE LA SENSIBILIDAD DE LA MUESCA EN EL PUNTO B (d2)

$r_m := 1.52 \text{ mm}$  Radio de la muesca

$q_B := 0.75$  ANEXO 14

#### ANÁLISIS EN EL PUNTO B

Debido a que en el punto B del eje se encuentra el rodamiento para acoplarla a el eje, se debe recalculer el  $K_t$ , debido al aumento del concentrador de esfuerzos

$$\frac{r_m}{d_2} = 0.034 \qquad \frac{d_0}{d_2} = 1.133$$

$$A := 0.95120$$

$$b_1 := -0.23757$$

$$K_{tB} := A \cdot \left( \frac{r_m}{d_2} \right)^{b_1}$$

$$K_{tB} = 2.127$$

ANEXO 15

$$K_{fB} := 1 + q \cdot (K_{tB} - 1)$$

$$K_{fB} = 1.597$$

$$A := 0.90337$$

$$b1 := -0.12692$$

$$K_{tsB} := A \cdot \left( \frac{r_m}{d_2} \right)^{b1}$$

## ANEXO 16

$$K_{tsB} = 1.389$$

$$K_{fsB} := 1 + q \cdot (K_{tsB} - 1)$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico

$$K_{fsB} = 1.206$$

$$K_{fsmB} := K_{fsB}$$

Componente medio del esfuerzo

$$N_{fBa} := \frac{\sqrt{(K_{fB} \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsB} \cdot T)^2]}}{S_e}$$

$$N_{fBb} := \frac{\sqrt{(K_{fB} \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsmB} \cdot T)^2]}}{S_{ut}}$$

$$N_{fB} := \frac{d_2^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(N_{fBa} + N_{fBb})}$$

$$N_{fB} = 1.717$$

$$S_eC := C_{cargaC} \cdot C_{tamañoC} \cdot C_{temperaturaC} \cdot C_{confiabilidadC} \cdot C_{superficieC} \cdot S_e1$$

$$S_eC = 194.343 \quad N/mm^2 \quad \text{Resistencia a la fatiga}$$

Debido a que en el punto C del eje se encuentra la catalina, la misma que tiene una cuña para acoplarla al eje, se debe recalcular el  $K_t$ , debido al aumento del concentrador de esfuerzos.

$$\frac{r_m}{d_1} = 0.032$$

$$K_{tC} := 1.85$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero  
**ANEXO 16**

$$K_{fC} := 1 + q \cdot (K_{tC} - 1)$$

$$K_{fC} = 1.451$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero  
**ANEXO 16**

$$K_{tsC} := 2.40$$

$$K_{fsC} := 1 + q \cdot (K_{tsC} - 1)$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámicos

$$K_{fsC} = 1.742$$

$$KfC = 1.742$$

$$KfsmC := KfC$$

Componente medio del esfuerzo

$$NfCa := \frac{\sqrt{(KfC \cdot MC)^2 + [0.75 \cdot (KfC \cdot T)^2]}}{Se}$$

$$NfCb := \frac{\sqrt{(KfC \cdot MC)^2 + [0.75 \cdot (KfsmC \cdot T)^2]}}{Sut}$$

$$NfC := \frac{d1^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(NfCa + NfCb)}$$

$$NfC = 3.567$$

### ANÁLISIS EN EL PUNTO A ( X1 )

$$CcargaX1 := 1$$

Debido a que la carga es a flexión y torsión

$$CtamañoX1 := 1.189 \cdot d3^{-0.097}$$

$$CtamañoX1 = 0.835$$

$$CtempX1 := 1$$

No es elevada la temperatura de trabajo

$$CconfiabilidadX1 := 1$$

Se otorga un 50% de confiabilidad

$$CsuperficieX1 := 4.51 \cdot Sut^{-0.265}$$

Anexo 13

$$CsuperficieX1 = 0.841$$

$$SeX1 := CcargaX1 \cdot CtamañoX1 \cdot CtempX1 \cdot CconfiabilidadX1 \cdot CsuperficieX1 \cdot Se1$$

$$SeX1 = 198.797 \quad N / mm^2$$

Resistencia a la fatiga

Debido a que en el punto X1 del eje se encuentra la catalina, la misma que tiene una cuña para acoplarla al eje, se debe recalcular el Kt, debido al aumento del concentrador de esfuerzos.

$$\frac{rm}{d3} = 0.04$$

$$KtX1 := 1.7$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero  
**ANEXO 16**

$$KfX1 := 1 + q \cdot (KtX1 - 1)$$

$$KfX1 = 1.371$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero  
**ANEXO 16**

$$KtsX1 := 2.30$$

$$KfsX1 := 1 + q \cdot (KtsX1 - 1)$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámicos

$$KfsX1 = 1.689$$

$$KfsmX1 := KfsX1$$

Componente medio del esfuerzo

$$NfX1a := \frac{\sqrt{(KfX1 \cdot MA1x)^2 + [0.75 \cdot (KfsX1 \cdot T)^2]}}{Se}$$

$$NfX1b := \frac{\sqrt{(KfX1 \cdot MA1x)^2 + [0.75 \cdot (KfsmX1 \cdot T)^2]}}{Sut \cdot 1000}$$

$$NfX1 := \frac{d^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(NfX1a + NfX1b)}$$

$$NfX1 = 2.467$$

### 3.4.3.9 CUÑA

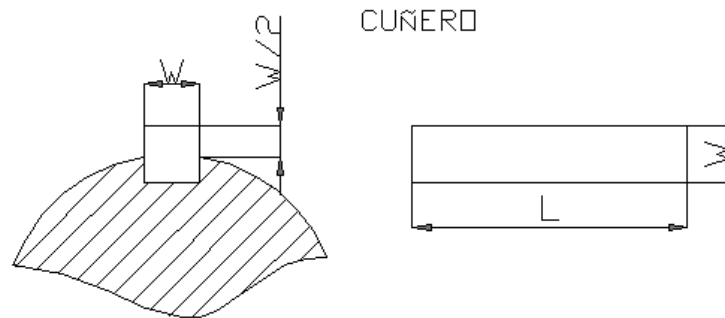


Figura 3.66 Dimensiones de la cuña



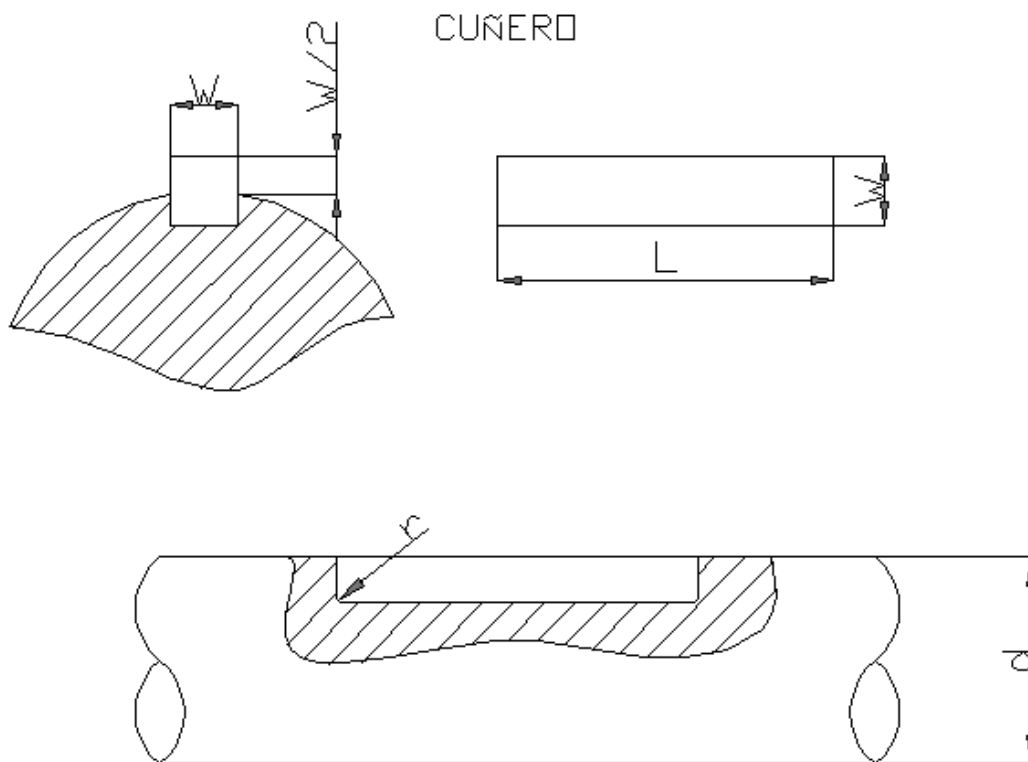


Figura 3.66 Dimensiones de la cuña

Material : Acero de bajo carbono SAE 1010

$S_y := 303 \quad \text{N/mm}^2$  Esfuerzo a la cedencia

$S_{ut} := 365 \quad \text{N/mm}^2$  Resistencia a la tensión

### PUNTO C

Componentes medios y alternantes de la fuerza sobre el punto C

$$F_a := \frac{T}{\left(\frac{d_1}{2}\right)}$$

$$F_a = 9.904 \times 10^3 \text{ N}$$

$$W := 13 \quad \text{mm}$$

**ANEXO 17**

Mediante la teoría de la energía de la distorsión la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} := 0.557 \cdot S_y$$

$$S_{sy} = 168.771 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{cC} := 1.50$$

Factor de seguridad - Asumido -

La falla por cortante a lo largo del área cortante  $W \cdot L = \text{Área corte}$

$$LC1 := \frac{N_{cC} \cdot F_a}{S_{sy} \cdot W}$$

$$LC1 = 6.771$$

mm

Para resistir el aplastamiento se utiliza la mitad del área

$$LC := \frac{2 \cdot N_{cC} \cdot F_a}{S_y \cdot W}$$

$$LC = 7.543$$

mm

### **PUNTO X1**

Componentes medios y alternantes de la fuerza sobre el punto X1

$$F_a := \frac{T}{\left(\frac{d3}{2}\right)}$$

$$F_a = 1.251 \times 10^4 \text{ N}$$

$$W := 10$$

mm

Anexo 17

Mediante la teoría de la energía de la distorsión la resistencia al cortante es

$$N_{cX1} := 1.5$$

Factor de seguridad - Asumido -

La falla por cortante a lo largo del área cortante  $W \cdot L = \text{Área corte}$

$$LX11 := \frac{N_{cX1} \cdot F_a}{S_{sy} \cdot W}$$

$$LX11 = 11.119 \quad \text{mm}$$

Para resistir el aplastamiento se utiliza la mitad del área

$$LX1 := \frac{2 \cdot Fa \cdot NcX1}{S_y \cdot W}$$

$$LX1 = 12.387 \quad \text{mm}$$

### 3.4.3.9.1 COMPARACIÓN DE LOS FACTORES DE SEGURIDAD ( Eje biela )

Factores de seguridad en los diámetros

$$NfX1 = 2.467$$

$$NfC = 3.567$$

Factores de seguridad en los cuñeros

$$NcX1 = 1.5$$

$$NcC = 1.5$$

Los factores de seguridad para fallas de cuñas, son inferiores a la de los diámetros, lo que es deseable ya que en caso de sobrecarga las cuñas fallaran, por lo tanto, el diseño es deseable.

### 3.4.3.10 CALCULO DE LA DEFLEXIONES ( Eje bielo )

#### EJE X

$$EI \frac{d^2 \delta}{dx^2} = M = Fbielax - R1(x-a) + Fc36(x-(a+b))$$

$$EI \frac{d\delta}{dx} = EI\theta = (1/2)Fbielax^2 - (1/2)R1(x-a)^2 + (1/2)Fc36(x-(a+b))^2 + c1$$

$$EI\delta = (1/6)Fbielax^3 - (1/6)R1(x-a)^3 + (1/6)Fc36(x-(a+b))^3 + c1x + c2$$

$$x := a + b + c$$

Distancia a la cual se realiza el corte

Evaluamos las condiciones de borde

Condición de Borde CB1

$$\text{Si } x := 0$$

$$EI\delta := 0 \quad \text{En consecuencia}$$

$$C1a + C2 = -Fbiela \cdot a^3 \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde

$$K1x := -Fbielax \cdot a^3$$

Condición de Borde CB2

$$\text{Si } x := a + b + c$$

$$\delta := 0 \quad \text{Entonces} \quad EI\delta := 0$$

En consecuencia:

$$C1(a + b + c) + C2 = R1(b + c)^3 - Fbiela(a + b + c)^3 - Fc36c^3$$

Ecuación 2

En donde:

$$K2x := \left[ R1x \cdot (b + c)^3 \right] - \left[ Fbielax \cdot (a + b + c)^3 \right] - \left( Fc36x \cdot c^3 \right)$$

Reemplazando la ecuación 1 en la 2 tenemos:

$$C1x := \frac{K2x - K1x}{(b + c)}$$

$$C2x := K1x - (C1x \cdot a)$$

$$E := 207 \cdot 10^3 \quad \text{N / mm}^2 \quad \text{Módulo de elasticidad}$$

$$l := 392 \quad \text{mm} \quad \text{Longitud total del eje}$$

$$I := \frac{l}{\frac{\pi d_2^4}{64} + \frac{\pi d_0^4}{64} + \frac{\pi d_1^4}{64} + \frac{l - (a_1 + b_1 + c_1)}{\frac{\pi d_3^4}{64}}}$$

Momento de Inercia

$$I = 1.745 \times 10^5 \quad \text{mm}^4$$

$$x := 0, .1 .. (392)$$

$$\delta_{1x}(x) := F_{bi} l a x \cdot x^3$$

$$\delta_{2x}(x) := R_{1x} \cdot (x - a)^3$$

$$\delta_{3x}(x) := F_{c3} 6x \cdot [x - (a + b)]^3$$

$$\delta_1(x) := \delta_{1x}(x) + [C_{1x} \cdot (x)] + C_{2x}$$

$$\delta_2(x) := \delta_1(x) - \delta_{2x}(x)$$

$$\delta_3(x) := \delta_2(x) + \delta_{3x}(x)$$

$$\delta_{x1}(x) := \text{if}(x \leq a, \delta_1(x), \delta_2(x))$$

$$\delta_{x2}(x) := \text{if}[x \leq (a + b), \delta_{x1}(x), \delta_3(x)]$$

$$\delta_x(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c), \delta_{x2}(x), 0]$$

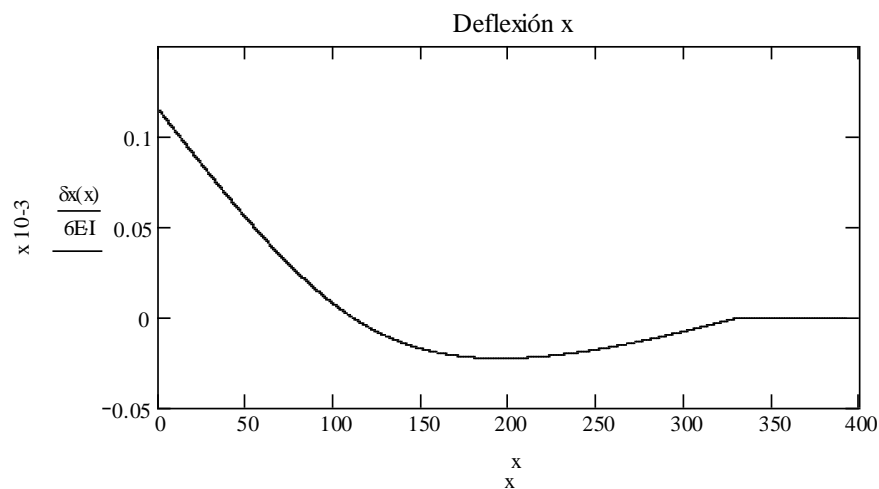


Figura 3.67a Deflexión en el Eje Biela Eje X

## EJE Y

Evaluamos las condiciones de borde:

Condición de Borde CB1

Si  $x := a$

$EI\delta := 0$  En consecuencia

$$C1a + C2 = 0$$

Ecuación 1

Condición de Borde CB2

Si  $x := a + b + c$

$\delta := 0$  Entonces  $EI\delta := 0$

En consecuencia:

$$C1(a + b + c) + C2 = R1(b + c)^3 - Fc36c^3$$

Ecuación 2

En donde:

$$C1y := \frac{[R1y \cdot (b + c)^3] - (Fc36y \cdot c^3)}{b + c}$$

Reemplazando la Ecuación 1 en la 2 tenemos:

$$C2y := -a \cdot C1y$$

$$K1y(x) := C1y \cdot (x) + C2y$$

$$C2y := -a \cdot C1y$$

$$K1y(x) := C1y \cdot (x) + C2y$$

$$x := 0, \dots, (a + b + c)$$

$$\delta 1y(x) := 0$$

$$\delta 2y(x) := R1y \cdot (x - a)^3$$

$$\delta 3y(x) := Fc36y \cdot [x - (a + b)]^3$$

$$\delta y 1(x) := \text{if}(x \leq a, 0, -\delta 2y(x) + K1y(x))$$

$$\delta y 2(x) := \text{if}[x \leq (a + b), \delta y 1(x), (-\delta 2y(x) + K1y(x)) + \delta 3y(x)]$$

$$\delta y(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c), \delta y 2(x), 0]$$

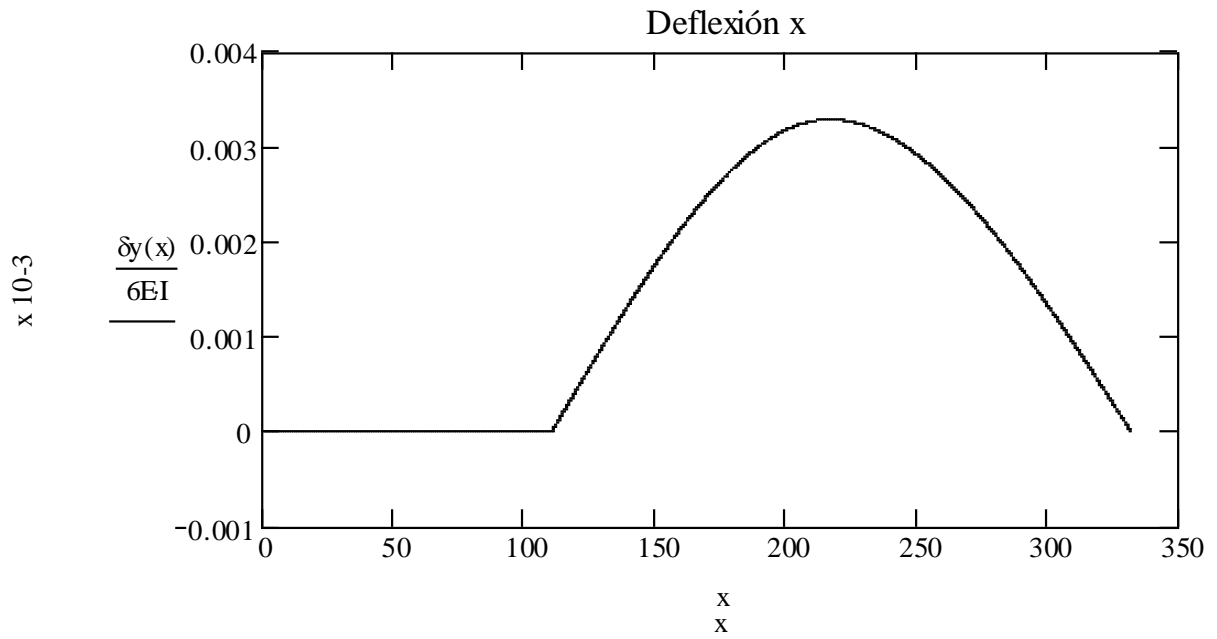


Figura 3.67b Deflexión en el Eje Biela Eje Y

### 3.4.3.11 FRECUENCIAS CRITICAS (Eje biela)

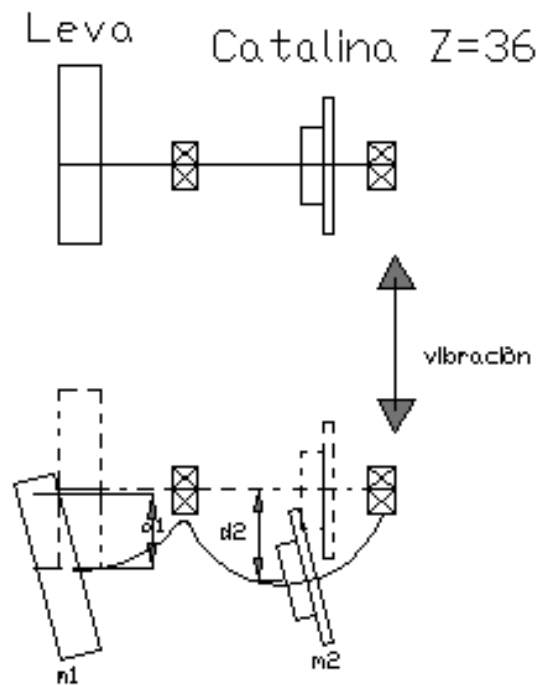


Figura 3.68 Vibraciones del Eje Biela

Las deflexiones en los puntos A y C son:

## PUNTO A

Si  $x := 0$

$$\delta A := \frac{1}{6E \cdot I} (F_{bielax} \cdot x^3 + C2x)$$

$$\delta A = 0.114 \quad \text{mm}$$

## PUNTO C

Si  $x := a + b$

$$\delta C := \frac{-1}{6E \cdot I} \left[ F_{bielax} \cdot x^3 - \left[ R1x \cdot (x - a)^3 \right] + (C1x \cdot x) + C2x \right]$$

$$\delta C = 0.022 \quad \text{mm}$$

$$\rho := 7.795 \cdot 10^{-6} \quad \text{Kg/mm}^3 \quad \text{Densidad del acero}$$

### 3.4.3.11.1 PESO DE CATALINA Z= 36

$$w_{36} := 38.1 \quad \text{mm} \quad \text{Ancho de la catalina}$$

$$W_{catalina} := \pi \cdot \frac{r_{36}^2}{2} \cdot w_{36} \cdot \rho \quad \text{Peso de la catalina}$$

$$W_{catalina} = 6.122 \quad \text{Kg}$$

### 3.4.3.11.2 PESO DE LA MANIVELA

$$W_{manivela} := 0.8765 \quad \text{Kg} \quad \text{Tomado de la Memoria 3.3.2}$$

$$\omega_n := \sqrt{9.8 \cdot 1000 \cdot \frac{\delta A \cdot W_{manivela} + \delta C \cdot W_{catalina}}{(\delta A^2 \cdot W_{manivela}) + (\delta C^2 \cdot W_{catalina})}}$$

$$\omega_n = 400.146 \quad \text{rad/seg}$$

Comparando la frecuencia de balanceo critica con la frecuencia forzada



$$\frac{\omega_n}{\eta} = 127.371$$

Se trata de un margen muy comodo

### 3.4.3.11.3 CALCULO DE LA FRECUENCIA TORSIONAL ( Eje biela )

$$G := 79.3 \cdot 10^3 \quad \text{Modulo de rigidez}$$

$$kt1 := \pi \cdot G \cdot \frac{d3^4}{32 \cdot a1} \quad \text{Resorte efectivo Punto A}$$

$$kt1 = 1.194 \times 10^8 \quad \text{N mm}$$

$$kt2 := \pi \cdot G \cdot \frac{d1^4}{32 \cdot c1} \quad \text{Resorte efectivo Punto B}$$

$$kt2 = 2.632 \times 10^8 \quad \text{N mm}$$

La constante efectiva del resorte es igual.

$$1/ Kefec = 1/kt1 + 1/kt2$$

$$1/ Kefec = (Kt2+Kt1)/Kt1*Kt2$$

$$kefec=kt1*kt2/(kt1+kt2)$$

$$kefec := \frac{kt1 \cdot kt2}{(kt1 + kt2)} \quad \text{Constante efectiva del resorte}$$

$$kefec = 8.212 \times 10^7 \quad \text{N mm}$$

### 3.4.3.11.4 FRECUENCIA CRÍTICA A TORSIÓN

$$I_{manivela} := \frac{\pi \cdot (2 \cdot 65.9)^4 \cdot 30 \cdot \rho}{32 \cdot 9.8 \cdot 1000}$$

$$I_{manivela} := 12.35 \quad \text{Kg.mm. seg}^2 \quad \text{Inercia de la manivela}$$

$$I_{catalina} := \frac{\pi \cdot (2 \cdot r36)^4 \cdot w36 \cdot \rho}{32 \cdot 9.8 \cdot 1000}$$

$I_{catalina} = 8.197 \text{ Kg.mm / seg}^2$  Inercia de la catalina

$$\omega_{nt} := \sqrt{\frac{k_{efec}}{9.8} \cdot \frac{I_{manivela} + I_{catalina}}{I_{manivela} I_{catalina}}}$$

$$\omega_{nt} = 1.304 \times 10^3 \text{ rad / seg}$$

Comparando las frecuencias

$$\frac{\omega_{nt}}{\eta} = 415.124 \quad \text{Valor mucho mayor}$$

Se trata de un margen aceptable.

### 3.4.4 EJE PRINCIPAL ( TERCER EJE )

#### 3.4.4.1 INTRODUCCIÓN

Para el calculo de los ejes, se utiliza la siguiente disposición de ejes, en los cuales se ha dividido en tres ejes principales.

Primer eje.- En este eje se encuentra la leva, la cual realizará un conjunto con el seguidor que permitirá efectuar el estampado.

Segundo eje.-En este eje se encuentra la biela , la misma que nos servirá para el desplazamiento del carro

Tercer eje.-Este será el eje el cual transmita la potencia tanto al eje en el cual se encuentra la leva, y además al eje en el cual se encuentra la leva

La disposición en la cual serán diseñadas se detalla a continuación en el siguiente esquema:

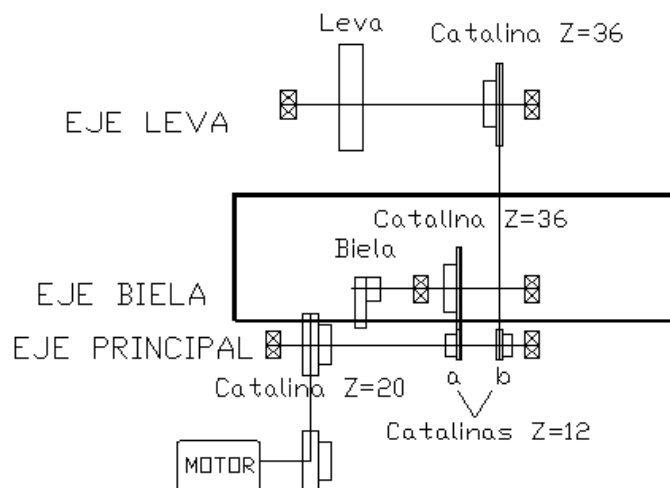


Figura 3.69 Disposición de Eje Principal

### 3.4.4.2 DATOS INICIALES

Moto Reductor

$\eta_1 := 90$

Número de revoluciones [rpm]

$P_1 := 1$

Potencia máxima del motor [hp]

La disposición y las distancias que se utilizada se esquematizan a continuación

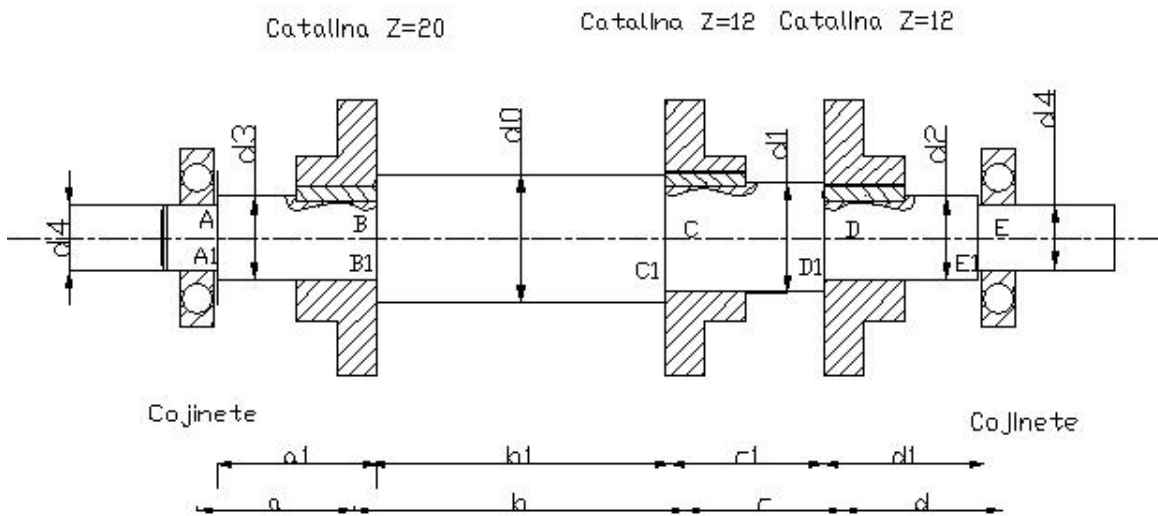


Figura 3.70 Disposición de elementos en Eje Principal

#### DISTANCIAS

|              |    |                                  |
|--------------|----|----------------------------------|
| $a := 88.5$  | mm | Distancia entre el punto A a B   |
| $b := 383$   | mm | Distancia entre el punto B a C   |
| $c := 93$    | mm | Distancia entre el punto C a D   |
| $d := 61.5$  | mm | Distancia entre el punto D a E   |
| $a_1 := 121$ | mm | Distancia entre el punto A1 a B1 |
| $b_1 := 328$ | mm | Distancia entre el punto B1 a C1 |
| $c_1 := 93$  | mm | Distancia entre el punto C1 a D1 |
| $d_1 := 109$ | mm | Distancia entre el punto D1 a E1 |

### 3.4.4.3 ESTÁTICA DEL EJE PRINCIPAL

Como primer paso, se calcula el torque que nos ofrece el motoreductor, para poder determinar las fuerzas que actúan en el eje.

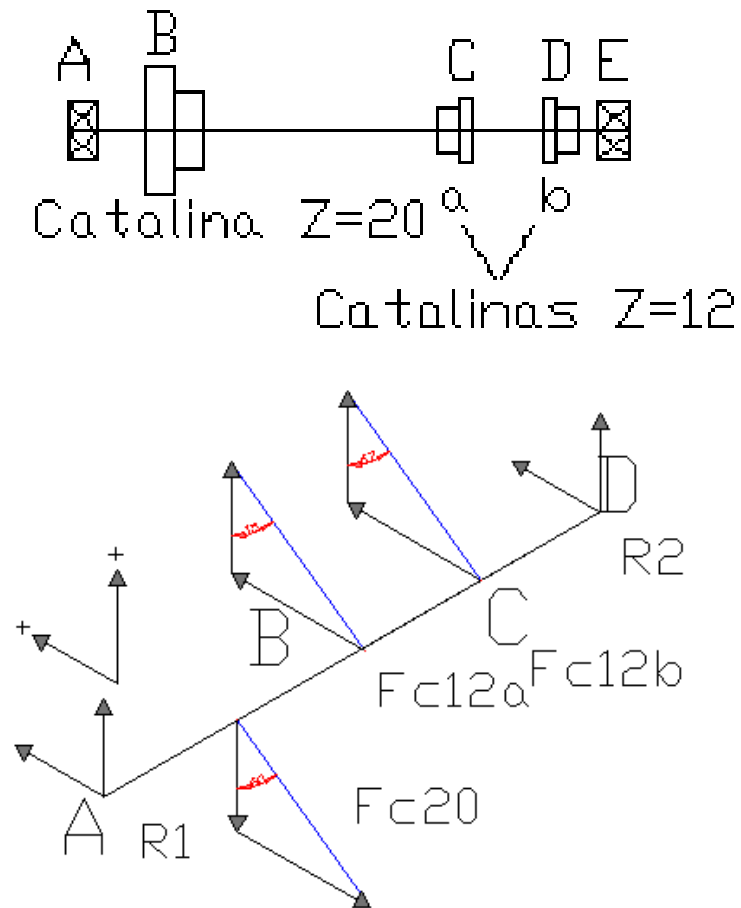


Figura 3.71 Estática del Eje Principal

Moto Reductor

$\eta_1 := 90$  rpm      Número de revoluciones [rpm]

$$\eta := 90 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60}$$

$\eta = 9.425$  rad / seg

$$T := \frac{P_1 \cdot 746760}{\eta} \quad \text{Torque( (hp*746760 N mm/seg))}$$

$$T = 7.923 \times 10^4 \quad \text{N mm}$$

#### 3.4.4.3.1 ANÁLISIS DE LA CATALINA Z=20

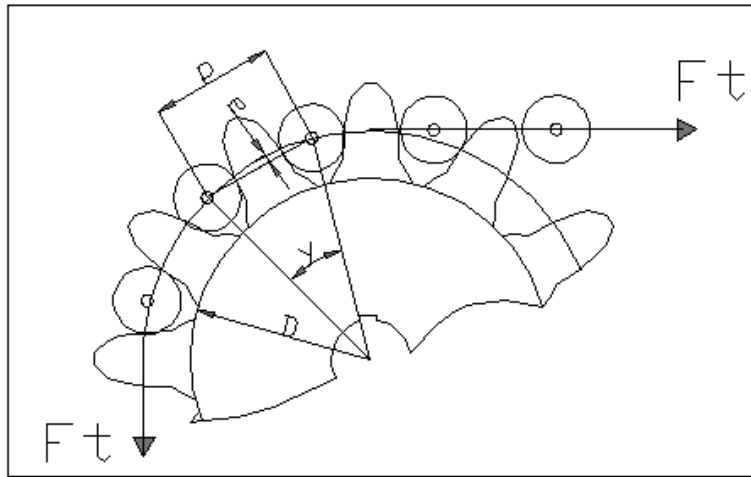


Figura 3.72 Fuerzas tangenciales en la catalina

R20:= 66 mm      Radio de la catalina Z=20

Las fuerzas tangenciales sobre las catalinas se determinan de acuerdo al par de torsión y los radios respectivos.

$$F_{n20} := \frac{T}{r_{20}} \quad \text{Fuerza neta asociada}$$

$$F_{n20} = 1.201 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$\alpha := 60 \quad \text{Angulo entre el Eje Principal - Motor reductor}$$

$$F_{c20x} := F_{n20} \cdot \sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$

$$F_{c20x} = 1.04 \times 10^3 \quad \text{N} \quad \text{Sentido -x}$$

$$F_{c20y} := F_{n20} \cdot \cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$

$$F_{c20y} = 600.255 \quad \text{N}$$

#### 3.4.4.3.2 ANÁLISIS DE LA CATALINA Z=12

$$r_{12} := 41.25 \quad \text{mm} \quad \text{Radio de la catalina Z = 12}$$

$$F_{n12} := \frac{T}{r_{12}} \quad \text{Fuerza neta asociada}$$

$$F_{n12} = 1.921 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$F_{c12} := F_{n12}$$

$$F_{c12} = 1.921 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$\beta := 15 \quad \text{Angulo entre Eje principal-eje Biela}$$

### PRIMERA CATALINA Z = 12

$$F_{c12ax} := F_{c12} \cdot \cos\left(\beta \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$

Fuerza de la catalina Z = 1

$$F_{c12ax} = 1.855 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$F_{c12ay} := F_{c12} \cdot \sin\left(\beta \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$

$$F_{c12ay} = 497.144 \quad \text{N}$$

### SEGUNDA CATALINA Z = 12

$$F_{c12bx} := F_{c12} \cdot \cos\left(\beta \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$

Fuerza de la catalina Z = 1

$$F_{c12bx} = 1.855 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$F_{c12by} := F_{c12} \cdot \sin\left(\beta \cdot \frac{\pi}{180}\right)$$

$$F_{c12by} = 497.144 \quad \text{N}$$

#### 3.4.4.4. CALCULO DE LAS REACCIONES ( E je principal )

Procedemos a calcular las fuerzan en Y:

- Reacción en el Punto A R1
- Reacción en el Punto E R2
- Fuerza de la catalina Z=20 Fc20
- Fuerza de la catalina Z=12 Fc12a
- Fuerza de la catalina Z=12 Fc36b

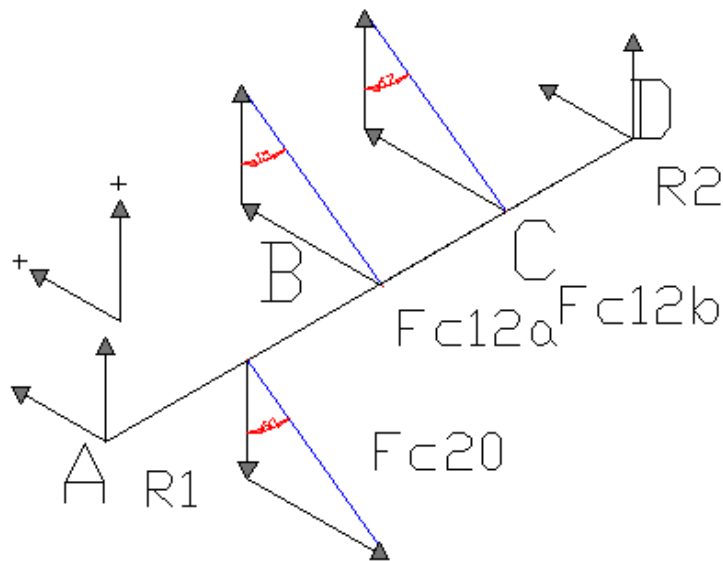


Figura 3.73 Diagrama de cuerpo libre Eje Principal

$$\Sigma F := 0$$

$$R1 + R2 - Fc20 + Fc12a + Fc12b = 0$$

Ecuación A

Cálculos de momentos en el punto A

$$\Sigma MA := 0$$

Ecuación B

$$[-a \cdot Fc20 + Fc12a \cdot (a + b) + [Fc12b \cdot (a + b + c)]] + R2 \cdot (a + b + c + d) = 0$$

$$a + b = 471.5 \text{ mm}$$

$$a + b + c = 564.5 \text{ mm}$$

$$a + b + c + d = 626 \text{ mm}$$

#### 3.4.4.4.1 EVALUACIÓN DE FORMULAS ( Eje principal )

ECUACIÓN B

**EJE X**

De la ecuación B

$$[-a \cdot Fc20 + Fc12a \cdot (a + b) + [Fc12b \cdot (a + b + c)]] + R2 \cdot (a + b + c + d) = 0$$



$$a Fc20 - Fc12a ( a + b ) - F12b ( a + b + c ) = R2 ( a + b + c + d )$$

Procedemos a evaluar en el eje x

$$a Fc20x - Fc12ax ( a + b ) - F12bx ( a + b + c ) = R2 x( a + b + c + d )$$

Reemplazando valores

$$R2x := \frac{[ a \cdot Fc20x - Fc12ax \cdot (a + b) - Fc12bx \cdot (a + b + c) ]}{a + b + c + d}$$

$$R2x = -2.924 \times 10^3 \quad N$$

### ECUACIÓN A

Procedemos a evaluar la segunda ecuación en los dos ejes

#### **EJE X**

$$R1 + R2 - Fc20 + Fc12a + Fc12b = 0 \quad \text{Ecuación A}$$

$$R1 = Fc20 - Fc12a - Fc12b - R2$$

Evaluando en el eje x

$$R1x = Fc20x - Fc12ax - Fc12bx - R2x$$

Reemplazando valores

$$R1x := Fc20x - Fc12ax - Fc12bx - R2x$$

$$R1x = 252.5 \quad N$$

### ECUACIÓN B

#### **EJE Y**

De la ecuación B

$$[-a \cdot Fc20 + Fc12a \cdot (a + b) + [Fc12b \cdot (a + b + c)]] + R2 \cdot (a + b + c + d) = 0$$

$$a Fc20 - Fc12a ( a + b ) - F12b ( a + b + c ) = R2 ( a + b + c + d )$$

Procedemos a evaluar en el eje Y

$$a \cdot F_{c20y} - F_{c12ay} \cdot (a + b) - F_{c12by} \cdot (a + b + c) = R_{2y} \cdot (a + b + c + d)$$

Reemplazando valores:

$$R_{2y} := \frac{[ a \cdot F_{c20y} - F_{c12ay} \cdot (a + b) - F_{c12by} \cdot (a + b + c) ]}{a + b + c + d}$$

$$R_{2y} = -737.889 \quad \text{N}$$

### ECUACIÓN A

Procedemos a evaluar la segunda ecuación en los dos ejes

#### EJE Y

$$R_1 + R_2 - F_{c20} + F_{c12a} + F_{c12b} = 0 \quad \text{Ecuación A}$$

$$R_1 = F_{c20} - F_{c12a} - F_{c12b} - R_2$$

Evaluando en el eje y

$$R_{1y} = F_{c20y} - F_{c12ay} - F_{c12by} - R_{2y}$$

Reemplazando valores

$$R_{1y} := F_{c20y} - F_{c12ay} - F_{c12by} - R_{2y}$$

$$R_{1y} = 343.856 \quad \text{N}$$

### 3.4.4.5 FUNCIÓN DE CORTE ( Eje principal )

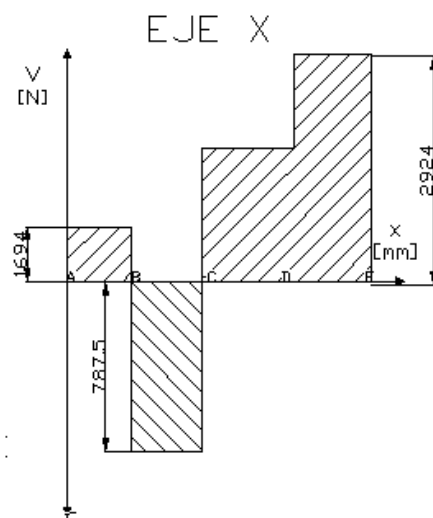


Figura 3.74a Función de corte Eje X

PUNTO B

$$R1x - Fc20x = -787.173$$

$$R1x = 252.5$$

PUNTO C

$$R1x - Fc20x + Fc12ax = 1.068 \times 10^3$$

$$Fc20x = 1.04 \times 10^3$$

$$Fc12ax = 1.855 \times 10^3$$

PUNTO D

$$R1x - Fc20x + Fc12ax + Fc12bx = 2.924 \times 10^3$$

$$Fc12bx = 1.855 \times 10^3$$

$$R2x = -2.924 \times 10^3$$

PUNTO E

$$R1x - Fc20x + Fc12ax + Fc12bx + R2x = 0$$

**EJE Y**

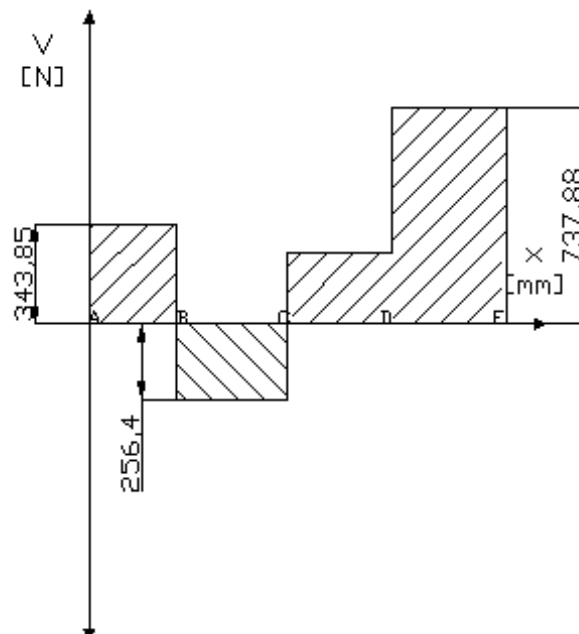


Figura 3.74b Funció de corte Eje Y

PUNTO B

$$R1y - Fc20y = -256.399$$

$$R1y = 343.856$$

PUNTO C

$$R1y - Fc20y + Fc12ay = 240.745$$

$$Fc20y = 600.255$$

$$Fc12ay = 497.144$$

$$Fc12by = 497.144$$

PUNTO D

$$R1y - Fc20y + Fc12ay + Fc12by = 737.889$$

$$R2y = -737.889$$

PUNTO E

$$R1y - Fc20y - Fc12ay - Fc12by + R2y = -1.989 \times 10^3$$

### 3.4.4.6 FUNCIÓN DE MOMENTO (Eje principal)

**EJE X**

$$MAx := 0 \quad \text{N mm}$$

Momento en el punto A

$$Q1x := a \cdot R1x$$

$$Q1x = 2.235 \times 10^4$$

Función de carga Punto A - B

$$MBx := MAx + Q1x$$

Momento en el punto B

$$MBx = 2.235 \times 10^4 \quad \text{N mm}$$

$$Q2x := b \cdot (R1x - Fc20x)$$

Función de carga Punto B - C

$$Q2x = -3.015 \times 10^5$$

$$MCx := MBx + Q2x$$

Momento en el punto C

$$MCx = -2.791 \times 10^5 \quad \text{N mm}$$

$$Q3x := c \cdot [(R1x - Fc20x) + Fc12ax]$$

Función de carga Punto C - D

$$Q3x = 9.934 \times 10^4$$

Momento en el punto D

$$MDx := MCx + Q3x$$

$$MDx = -1.798 \times 10^5 \quad \text{N mm}$$

$$Q_{4x} := d \cdot [(R_{1x} - F_{c20x}) + F_{c12ax}] + F_{c12bx} \quad \text{Función de carga Punto D - E}$$

$$Q_{4x} = 1.798 \times 10^5$$

$$M_{Ex} := M_{Dx} + Q_{4x} \quad \text{Momento en el punto E}$$

$$M_{Ex} = 0 \quad \text{N mm}$$

La gráfica del Momento en el eje x es la siguiente:

$$M_{Ax} = 0$$

$$M_{Bx} = 2.235 \times 10^4$$

$$M_{Cx} = -2.791 \times 10^5$$

$$M_{Dx} = -1.798 \times 10^5$$

$$M_{Ex} = 0$$

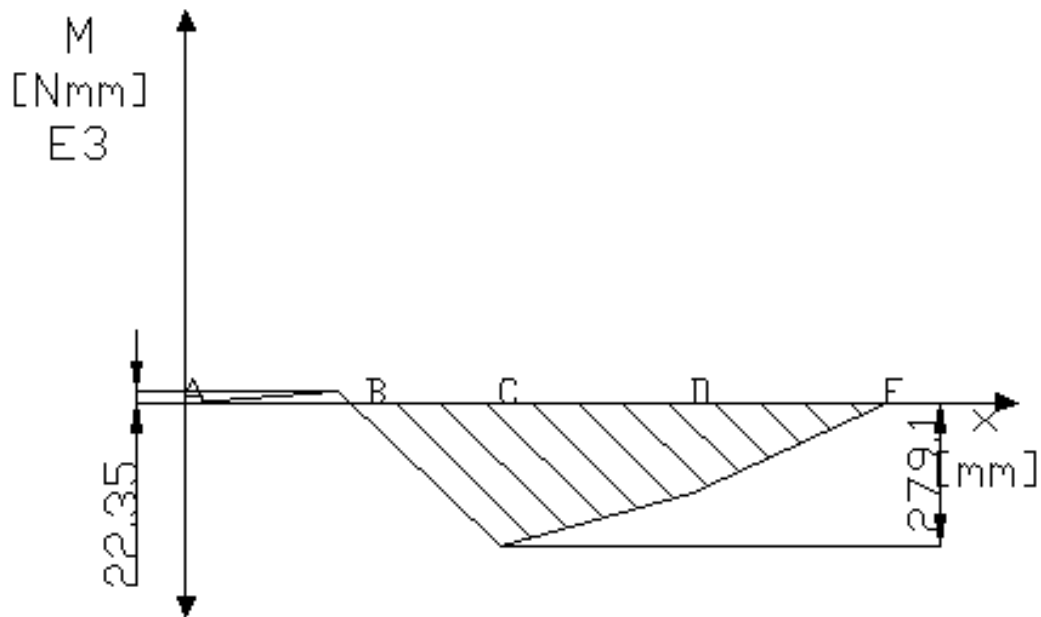


Figura 3.75a Función de Momento Eje X

### EJE X

$$M_{Ay} := 0 \quad \text{N mm}$$

Momento en el punto A

$$Q_{1y} := a \cdot R_{1y}$$

Función de carga Punto A - B

$$Q_{1y} = 3.043 \times 10^4$$

$$M_{By} := M_{Ay} + Q_{1y}$$

Momento en el punto B

$$M_{By} = 3.043 \times 10^4 \quad \text{N mm}$$

$$Q_{2y} := b \cdot (R_{1y} - F_{c20y})$$

Función de carga Punto B - C

$$Q_{2y} = -9.82 \times 10^4$$

$$M_{Cy} := M_{By} + Q_{2y}$$

Momento en el punto C

$$M_{Cy} = -6.777 \times 10^4 \quad \text{N mm}$$

$$Q_{3y} := c \cdot [(R_{1y} - F_{c20y}) + F_{c12ay}]$$

Función de carga Punto C - I

$$Q_{3y} = 2.239 \times 10^4$$

$$M_{Dy} := M_{Cy} + Q_{3y}$$

Momento en el punto D

$$M_{Dy} = -4.538 \times 10^4 \quad \text{N mm}$$

$$Q_{4y} := d \cdot [(R_{1y} - F_{c20y}) + F_{c12ay}] + F_{c12by}$$

Función de carga Punto D - I

$$Q_{4y} = 4.538 \times 10^4$$

$$M_{Ey} := M_{Dy} + Q_{4y}$$

Momento en el punto E

$$M_{Ey} = 7.276 \times 10^{-12} \quad \text{N mm}$$

La gráfica del Momento en el eje Y es la siguiente

$$M_{Ay} = 0$$

$$M_{By} = 3.043 \times 10^4$$

$$M_{Cy} = -6.777 \times 10^4$$

$$M_{Dy} = -4.538 \times 10^4$$

$$M_{Ey} = 7.276 \times 10^{-12}$$

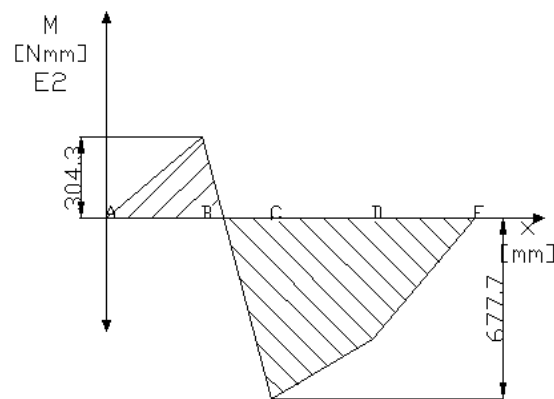


Figura 3.75b Función de Momento Eje Y

## MAGNITUD DE MOMENTO

$$M_A := \sqrt{(M_{Ax}^2) + (M_{Ay}^2)}$$

$$M_A = 0$$

$$M_C := \sqrt{(M_{Cx}^2) + (M_{Cy}^2)}$$

$$M_C = 2.872 \times 10^5 \quad \text{N}$$

$$M_B := \sqrt{(M_{Bx}^2) + (M_{By}^2)}$$

$$M_B = 3.775 \times 10^4 \quad \text{N}$$

$$M_D := \sqrt{(M_{Dx}^2) + (M_{Dy}^2)}$$

$$M_D = 1.854 \times 10^5 \quad \text{N}$$

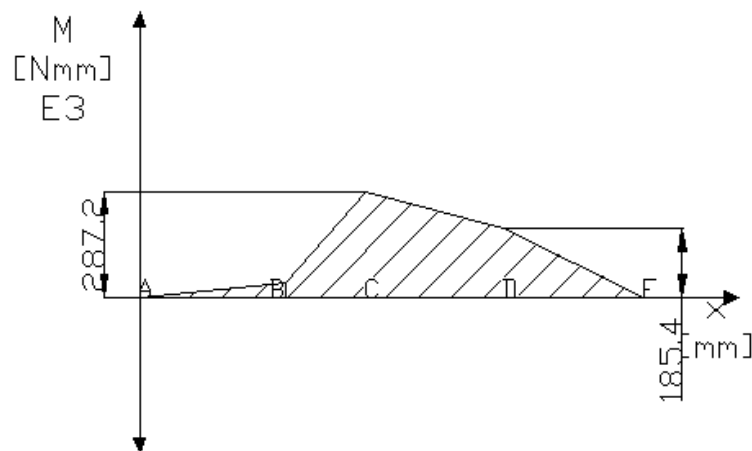


Figura 3.75c Función de momento

### 3.4.4.7 ANÁLISIS DE LOS DIÁMETROS (Eje principal)

El material ha ser utilizado es un acero de transmisión SAE 1018, el mismo que se encuentra en el mercado a ser suministrado por IVAN BOHMAN, el mismo que tiene las siguientes características

#### 3.4.4.7.1 DATOS DEL MATERIAL

$S_y := 483$                       N / mm<sup>2</sup>                      Esfuerzo a la cedencia

$S_{ut} := 566$                       N / mm<sup>2</sup>                      Resistencia a la tensión

$S_{e1} := 0.5 \cdot S_{ut}$                       Resistencia a la fatiga corregida

$S_{e1} = 283$                       N / mm<sup>2</sup>

### 3.4.4.7.2 EFECTOS DE LA CARGA

|                          |  |
|--------------------------|--|
| $C_{carga} := 1$         | Debido a que la carga es a flexión y torsión |
| $C_{tamaño} := 0.8$      | Valor asumido - no se conoce diámetros -     |
| $C_{temperatura} := 1$   | No es elevada la temperatura de trabajo      |
| $C_{confiabilidad} := 1$ | Se otorga un 50% de confiabilidad            |
| $C_{superficie} := 0.75$ | Acabado Maquinado Anexo 13                   |

$$S_e := C_{carga} \cdot C_{tamaño} \cdot C_{temperatura} \cdot C_{confiabilidad} \cdot C_{superficie} \cdot S_e1$$

$$S_e = 169.8 \quad N / mm^2 \quad \text{Resistencia a la fatiga}$$

### 3.4.4.7.3 SENSIBILIDAD EN LA MUESCA ( Eje principal)

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| $r_m := 1.52 \quad mm$ | Radio de la muesca - supuesto - |
| $q := 0.75$            | <b>ANEXO 14</b>                 |

|               |  |
|---------------|--|
| $K_t := 1.75$ | Factor geométrico de concentración de esfuerzos estático a flexión - Asumido - |
|---------------|--|

$$K_f := 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

|               |  |
|---------------|--|
| $K_f = 1.563$ | Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico |
|---------------|--|

|                 |   |
|-----------------|---|
| $K_{ts} := 2.5$ | Factor geométrico de concentración de esfuerzos torsional a torsión - Asumido - |
|-----------------|---|

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| $K_{fs} := 1 + q \cdot (K_{ts} - 1)$ | Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámico torsional |
|--------------------------------------|--|

$$K_{fs} = 2.125$$

|                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| $K_{fsm} := K_{fs}$ | Componente medio del esfuerzo |
|---------------------|-------------------------------|

Se realiza el análisis en el mayor momento que se produce en el eje, en nuestro caso el análisis en el punto C



## ANÁLISIS EN EL PUNTO C ( d1 )

$$N_f := 2$$

Factor de seguridad - asumido -

$$d_{1A} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MC)^2 + \left[ 0.75 \cdot (K_{fs} \cdot T)^2 \right]}}{S_e}$$

$$d_{1B} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MC)^2 + \left[ 0.75 \cdot (K_{fsm} \cdot T)^2 \right]}}{S_{ut}}$$

$$d_1 := \left[ \frac{32 \cdot N_f}{\pi} \cdot (d_{1A} + d_{1B}) \right]^{\left( \frac{1}{3} \right)}$$

$$d_1 = 41.908 \quad \text{mm}$$

## ANÁLISIS EN EL PUNTO D ( d2 )

Debido a que en el punto B del eje se encuentra la catalina Z=12 (catalina b), la misma que tiene una cuña para acoplarla al eje, se debe recalcular el Kt, debido al aumento del concentrador de esfuerzos.

$$K_t := 1.75$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero  
- Asumido -

$$K_f := 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$K_f = 1.563$$

$$d_{2A} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MD)^2 + \left[ 0.75 \cdot (K_{fs} \cdot T)^2 \right]}}{S_e}$$

$$d_{2B} := \frac{\sqrt{(K_f \cdot MD)^2 + \left[ 0.75 \cdot (K_{fsm} \cdot T)^2 \right]}}{S_{ut}}$$

$$d_2 := \left[ \frac{32 \cdot N_f}{\pi} \cdot (d_{2A} + d_{2B}) \right]^{\left( \frac{1}{3} \right)}$$

$$d_2 = 36.985 \quad \text{mm}$$

## ANÁLISIS EN EL PUNTO B

$$d3A := \frac{\sqrt{(Kf \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (Kfs \cdot T)^2]}}{Se}$$

$$d3B := \frac{\sqrt{(Kf \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (Kfsm \cdot T)^2]}}{Sut}$$

$$d3 := \left[ \frac{32 \cdot Nf}{\pi} \cdot (d3A + d3B) \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$d3 = 29.057 \quad \text{mm}$$

### 3.4.4.8 RECALCULO DE DIÁMETROS (Eje principal )

Se procede a recalcular los diámetros debido a que los puntos en los cuales se lleva rodamientos estos deben estar de acuerdo a los diámetros existentes en los catálogos de rodamientos, y para este caso en particular el manual utilizado es el suministrado por la SKF Casa del Ruliman Sangolquí.

Los puntos en los cuales se debe realizar el análisis son los puntos B y C y los diámetros respectivos son d2 y d3.

## VALORES MÍNIMOS DE LOS DIÁMETROS

Los valores obtenidos son :

$$d1 = 41.908 \quad \text{mm}$$

$$d2 = 36.985 \quad \text{mm}$$

$$d3 = 29.057 \quad \text{mm}$$

Los valores a ser utilizados en la primera interacción son :

$$d2 := 40 \quad \text{mm} \quad \text{Diámetro modificado}$$

$$d3 := 40 \quad \text{mm} \quad \text{Diámetro modificado}$$

$$d1 := 44.5 \quad \text{mm} \quad \text{Valor necesario p ara formar un hombro}$$

$$d0 := 51 \quad \text{mm} \quad \text{Valor necesario p ara formar un hombro}$$

### 3.4.4.9 RECALCULO DE LOS EFECTOS DE LA CARGA EN EL PUNTO C (d1)

$C_{cargaC} := 1$  Debido a que la carga es a flexión y a torsión

$$C_{tamañoC} := 1.189 \cdot d1^{-0.097}$$

$$C_{tamañoC} = 0.823$$

$C_{temperaturaC} := 1$  No es elevada la temperatura de trabajo

$C_{confiabilidadC} := 1$  Se otorga un 50% de confiabilidad

$$C_{superficieC} := 4.51 \cdot S_{ut}^{-0.265}$$

**ANEXO 13** Acabado Maquinado

$$C_{superficieC} = 0.841$$

$$S_eC := C_{cargaC} \cdot C_{tamañoC} \cdot C_{temperaturaC} \cdot C_{confiabilidadC} \cdot C_{superficieC} \cdot S_e1$$

$$S_eC = 195.775 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistencia a la fatiga}$$

### 3.4.4.10 RECALCULO DE LA SENSIBILIDAD DE LAS MUESCAS C (d1)

$r_m := 1.52 \text{ mm}$  Radio de la muesca

**ANEXO 14**

$$q_C := 0.75$$

### ANÁLISIS EN EL PUNTO C

Debido a que en el punto B del eje se encuentra la catalina, la misma que tiene una cuña para acoplarla al eje, se debe recalculer el  $K_t$ , debido al aumento del concentrador de esfuerzos.

$$\frac{r_m}{d1} = 0.034$$

$K_{tC} := 1.90$  Concentrador de esfuerzos en el cuñero a flexión **ANEXO 16**

$$K_{fC} := 1 + q \cdot (K_{tC} - 1)$$

$K_{fC} = 1.675$  Concentrador de esfuerzos en el cuñero a flexión **ANEXO 16**

$$K_{tsC} := 2.4$$

$K_{fsC} := 1 + q \cdot (K_{tsC} - 1)$  Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámicos

$$K_{fsC} = 2.05$$

$$K_{fsmC} := K_{fsC}$$

Componente medio del esfuerzo

$$N_{fCa} := \frac{\sqrt{(K_{fC} \cdot MC)^2 + \left[ 0.75 \cdot (K_{fsC} \cdot T)^2 \right]}}{S_e}$$

$$N_{fCb} := \frac{\sqrt{(K_{fC} \cdot MC)^2 + \left[ 0.75 \cdot (K_{fsmC} \cdot T)^2 \right]}}{S_{ut}}$$

$$N_{fC} := \frac{d_1^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(N_{fCa} + N_{fCb})}$$

$$N_{fC} = 2.254$$

#### ANÁLISIS EN EL PUNTO D ( d2 )

$$C_{cargaD} := 1$$

Debido a que la carga es a flexión y a torsión

$$C_{tamañoD} := 1.189 \cdot d_2^{-0.097}$$

$$C_{tamañoD} = 0.831$$

$$C_{temperaturaD} := 1$$

No es elevada la temperatura de trabajo

$$C_{confiabilidadD} := 1$$

Se otorga un 50% de confiabilidad

$$C_{superficieD} := 4.51 \cdot S_{ut}^{-0.265}$$

**ANEXO 13** Acabado Maquinado

$$C_{superficieD} = 0.841$$

$$S_eD := C_{cargaD} \cdot C_{tamañoD} \cdot C_{temperaturaD} \cdot C_{confiabilidadD} \cdot C_{superficieD} \cdot S_e1$$

$$S_eD = 197.81 \quad N / mm^2$$

Resistencia a la fatiga

Debido a que en el punto D del eje se encuentra la catalina, la misma que posee una cuña para acoplarla al eje, se debe recalculer el  $K_t$ , debido al aumento del concentrador de esfuerzos

$$\frac{r_m}{d_2} = 0.038$$

$$K_{tD} := 1.6$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero a flexión **ANEXO 16**

$$KfD := 1 + q \cdot (KtD - 1)$$

$$KfD = 1.45$$

$$KtsD := 2.30$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero a flexión **ANEXO 16**

$$KfsD := 1 + q \cdot (KtsD - 1)$$

$$KfsD = 1.975$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámicos

$$KfsmD := KfsD$$

$$NfDa := \frac{\sqrt{(KfD \cdot MD)^2 + [0.75 \cdot (KfsD \cdot T)^2]}}{Se}$$

$$NfDb := \frac{\sqrt{(KfD \cdot MD)^2 + [0.75 \cdot (KfsmD \cdot T)^2]}}{Sut}$$

$$NfD := \frac{d2^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(NfDa + NfDb)}$$

$$NfD = 2.726$$

### ANÁLISIS EN EL PUNTO B (d3)

$$CcargaB := 1$$

Debido a que la carga es a flexión y a torsión

$$CtamañoB := 1.189 \cdot d3^{-0.097}$$

$$CtamañoB = 0.831$$

$$CtemperaturaB := 1$$

No es elevada la temperatura de trabajo

$$CconfiabilidadB := 1$$

Se otorga un 50% de confiabilidad

$$CsuperficieB := 4.51 \cdot Sut^{-0.265}$$

**ANEXO 13** Acabado Maquinado

$$CsuperficieB = 0.841$$

$$SeB := CcargaB \cdot CtamañoB \cdot CtemperaturaB \cdot CconfiabilidadB \cdot CsuperficieB \cdot Se1$$

$$SeB = 197.81$$

$$N / mm^2$$

Resistencia a la fatiga

Debido a que en el punto D del eje se encuentra la catalina, la misma que tiene una cuña para acoplarla al eje, se debe recalculer el Kt, debido al aumento del concentrador de esfuerzos.

$$\frac{m}{d^3} = 0.038$$

$$K_{tB} := 1.6$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero a flexión **ANEXO 16**

$$K_{fB} := 1 + q \cdot (K_{tB} - 1)$$

$$K_{fB} = 1.45$$

Concentrador de esfuerzos en el cuñero a flexión **ANEXO 16**

$$K_{tsB} := 2.30$$

$$K_{fsB} := 1 + q \cdot (K_{tsB} - 1)$$

Factor geométrico de concentración de esfuerzos dinámicos

$$K_{fsB} = 1.975$$

$$K_{fsmB} := K_{fsB}$$

Componente medio del esfuerzo

$$N_{fBa} := \frac{\sqrt{(K_{fB} \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsB} \cdot T)^2]}}{S_e}$$

$$N_{fBb} := \frac{\sqrt{(K_{fB} \cdot MB)^2 + [0.75 \cdot (K_{fsmB} \cdot T)^2]}}{S_{ut}}$$

$$N_{fB} := \frac{d^3 \cdot \frac{\pi}{32}}{(N_{fBa} + N_{fBb})}$$

$$N_{fB} = 5.615$$

### 3.4.4.11 CUÑA

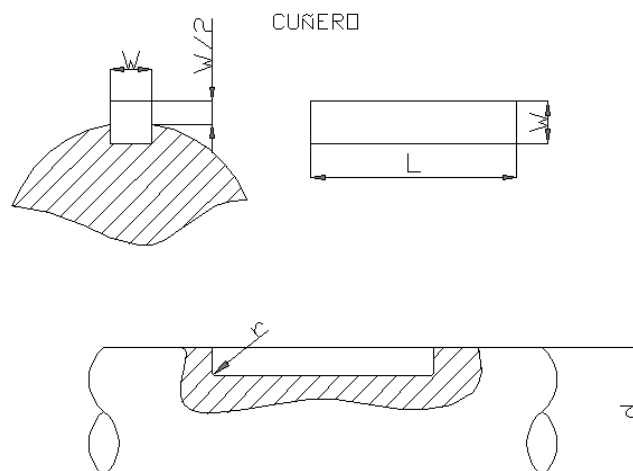


Figura 3.76 Dimensiones de la cuña

Material : Acero de bajo carbono SAE 1010

$S_y := 303$             N / mm<sup>2</sup>            Esfuerzo a la cedencia  
 $S_{ut} := 365$             N / mm<sup>2</sup>            Resistencia a la tensión

### PUNTO C

Componentes medios y alternantes de la fuerza sobre el punto C

$$F_a := \frac{T}{\left(\frac{d_1}{2}\right)}$$

$$F_a = 3.561 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$W := 10$             mm            Ancho de la cuña **ANEXO 17**

Mediante la teoría de la energía de la distorsión, la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} := 0.557 \cdot S_y$$

N / mm<sup>2</sup>

$$S_{sy} = 168.771$$

$N_cC := 1.50$             Factor de seguridad - Asumido -

La falla por cortante a lo largo del área cortante  $W \cdot L = \text{Área corte}$

$$LC1 := \frac{F_a \cdot N_cC}{S_{sy} \cdot W}$$

$$LC1 = 3.165 \quad \text{mm}$$

Para resistir el aplastamiento se utiliza la mitad del área

$$LC := \frac{2 \cdot F_a \cdot N_cC}{S_y \cdot W}$$

$$LC1 = 3.165 \quad \text{mm}$$

Para resistir el aplastamiento se utiliza la mitad del área

$$LC := \frac{2 \cdot F_a \cdot N_cC}{S_y \cdot W}$$

$$LC = 3.526 \quad \text{mm}$$

## PUNTO D

Componentes medios y alternantes de la fuerza sobre el punto D

$$F_a := \frac{T}{\left(\frac{d_2}{2}\right)}$$

$$F_a = 3.962 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$W := 10 \quad \text{mm} \quad \text{Ancho de la cuña ANEXO 17}$$

$$N_{cD} := 1.5 \quad \text{Factor de seguridad - Asumido -}$$

La falla por cortante a lo largo del área cortante  $W \cdot L = \text{Area Corte}$

$$LD_1 := \frac{F_a \cdot N_{cD}}{S_{sy} \cdot W}$$

$$LD_1 = 3.521 \quad \text{mm}$$

Para resistir el aplastamiento se utiliza la mitad del área.

$$LD := \frac{2 \cdot F_a \cdot N_{cD}}{S_y \cdot W}$$

$$LD = 3.922 \quad \text{mm}$$

## PUNTO B

Componentes medios y alterantes de la fuerza sobre el punto B

$$F_a := \frac{T}{\left(\frac{d_3}{2}\right)}$$

$$F_a = 3.962 \times 10^3 \quad \text{N}$$

$$W := 10 \quad \text{mm} \quad \text{Ancho de la cuña ANEXO 17}$$

$$N_{cB} := 1.80 \quad \text{Factor de seguridad - Asumido -}$$

La falla por cortante a lo largo del área cortante  $W \cdot L = \text{Area corte}$



$$LB1 := \frac{Fa \cdot NcB}{Ssy \cdot W}$$

$$LB1 = 4.225 \quad \text{mm}$$

Para resistir el ap lastamiento se utiliza la mitad del area

$$LB := \frac{2 \cdot Fa \cdot NcB}{Sy \cdot W}$$

$$LB = 4.707 \quad \text{mm}$$

### 3.4.4.11.1 COMPARACIÓN DE LOS FACTORES DE SEGURIDAD ( Eje principal )

Factores de seguridad en los diámetros

$$NfB = 5.615$$

$$NfD = 2.726$$

$$NfC = 2.254$$

Factores de seguridad en los cuñeros

$$NcB = 1.8$$

$$NcD = 1.5$$

$$NcC = 1.5$$

Los factores de seguridad para fallas de cuñas, son inferiores a la de los diámetros, lo que es deseable ya que en caso de sobrecarga las cuñas fallarán, por lo tanto, el diseño es deseable.

### 3.4.4.12 CALCULO DE DEFLEXIONES ( Eje principal )

$$EI \frac{d^2 \delta}{dx^2} = M = R1x - Fc20(x - a) + Fc12a(x - (a + b)) + Fc12b(x - (a + b + c))$$

$$EI \frac{d\delta}{dx} = EI\theta = (1/2)R1x^2 - (1/2)Fc20(x - a)^2 + (1/2)Fc12a(x - (a + b))^2 + (1/2)Fc12b(x - (a + b + c))^2 + c1$$



Reestableciendo la ecuación de la deflexión tenemos:

$$x := 0, \dots, (a + b + c + d)$$

### DEFLEXION EN X

$$\delta_{1x}(x) := R_1 x \cdot x^3$$

$$\delta_{3x}(x) := Fc_1 2ax \cdot [x - (a + b)]^3$$

$$\delta_{2x}(x) := Fc_2 20x \cdot (x - a)^3$$

$$\delta_{4x}(x) := Fc_1 2bx \cdot [x - (a + b + c)]^3$$

$$\delta_1(x) := \delta_{1x}(x) + [C_1 \cdot (x)]$$

$$\delta_2(x) := \delta_1(x) - \delta_{2x}(x)$$

$$\delta_3(x) := \delta_2(x) + \delta_{3x}(x)$$

$$\delta_4(x) := \delta_3(x) + \delta_{4x}(x)$$

$$\delta_{x1}(x) := \text{if}(x \leq a, \delta_1(x), \delta_2(x))$$

$$\delta_{x2}(x) := \text{if}[x \leq (a + b), \delta_{x1}(x), \delta_3(x)]$$

$$\delta_{x3}(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c), \delta_{x2}(x), \delta_4(x)]$$

$$\delta_x(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c + d), \delta_{x3}(x), 0]$$

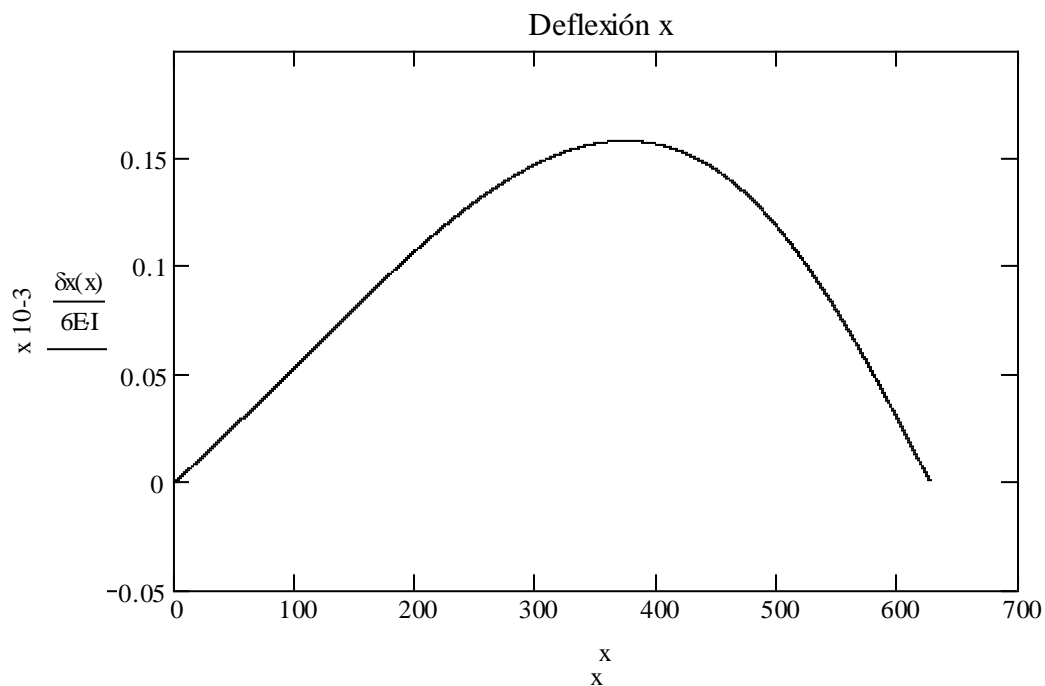


Figura 3.77a Deflexión en el Eje X

## DEFLEXION EN Y

$$\delta 1y(x) := R1y \cdot x^3$$

$$\delta 3y(x) := Fc12ay \cdot [x - (a + b)]^3$$

$$\delta 2y(x) := Fc20y \cdot (x - a)^3$$

$$\delta 4y(x) := Fc12by \cdot [x - (a + b + c)]^3$$

$$\delta 1(x) := \delta 1x(x) + [C1 \cdot (x)]$$

$$\delta y1(x) := \text{if}[x \leq a, \delta 1(x), \delta 2(x)]$$

$$\delta 2(x) := \delta 1(x) - \delta 2x(x)$$

$$\delta y2(x) := \text{if}[x \leq (a + b), \delta y1(x), \delta 3(x)]$$

$$\delta 3(x) := \delta 2(x) + \delta 3x(x)$$

$$\delta y3(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c), \delta y2(x), \delta 4(x)]$$

$$\delta 4(x) := \delta 3(x) + \delta 4x(x)$$

$$\delta y(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c + d), \delta y3(x), 0]$$

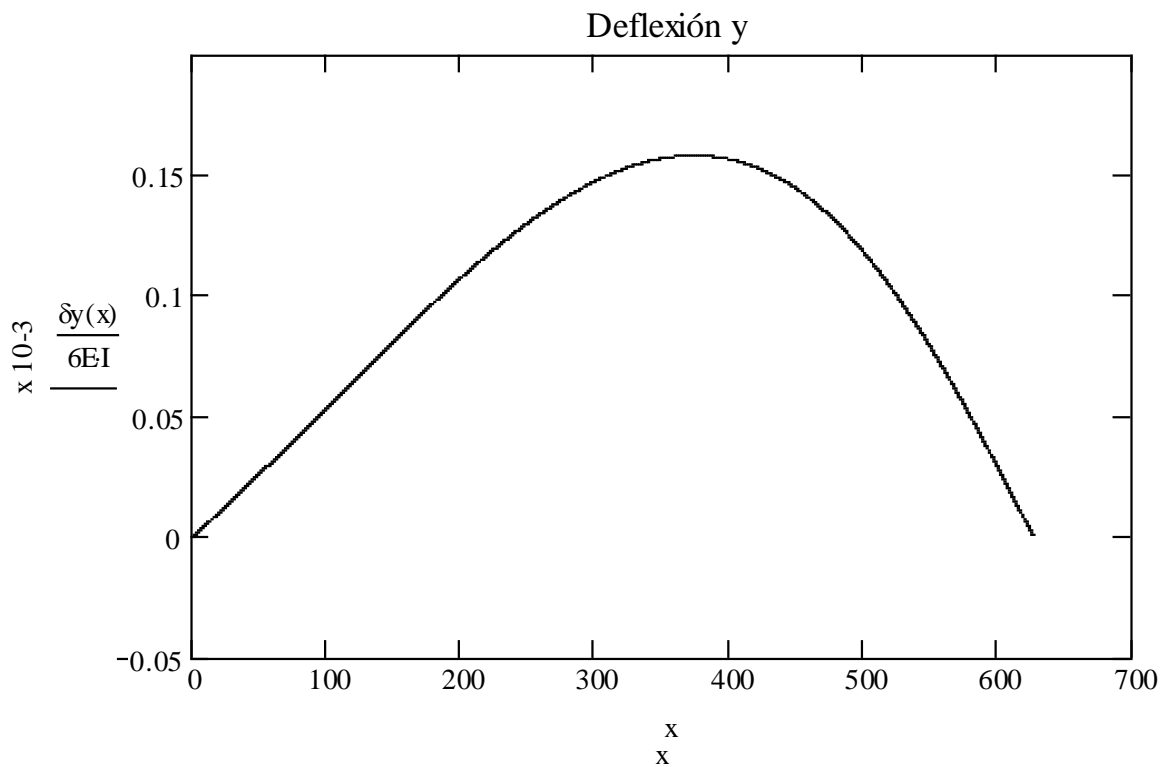


Figura 3.77b Deflexión en el Eje Y

## MAGNITUD DE LA DEFLEXION

$$\delta(x) := \text{if}[x \leq (a + b + c + d), \sqrt{(\delta x(x))^2 + (\delta y(x))^2}, 0]$$

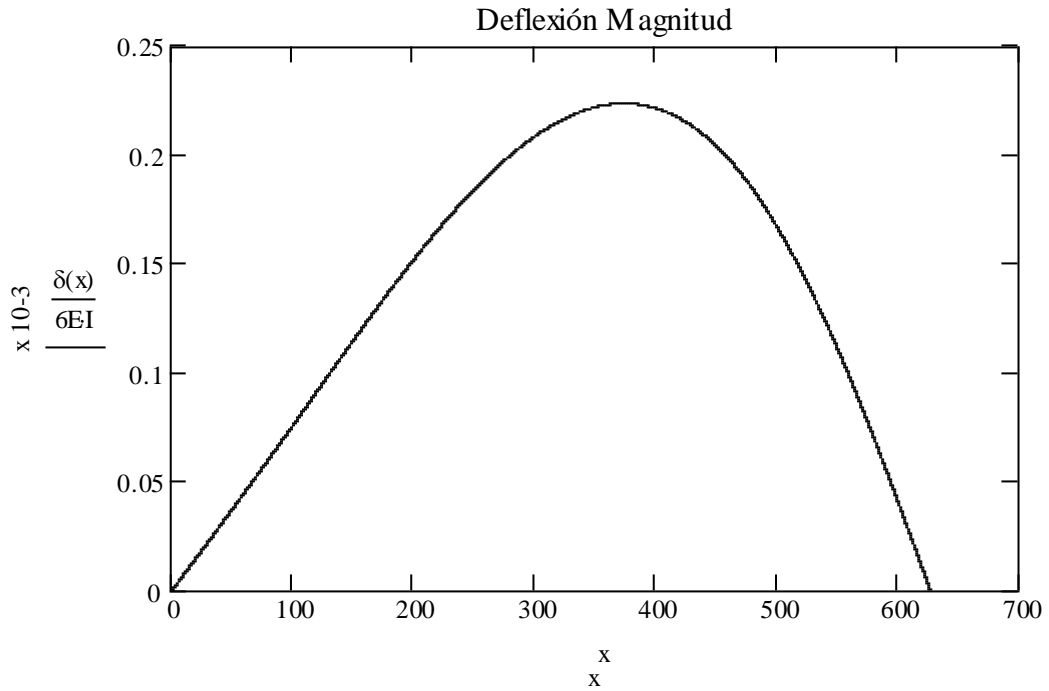


Figura 3.77c Deflexión Magnitud

**3.4.4.13 FRECUENCIAS CRITICAS (Eje principal)**

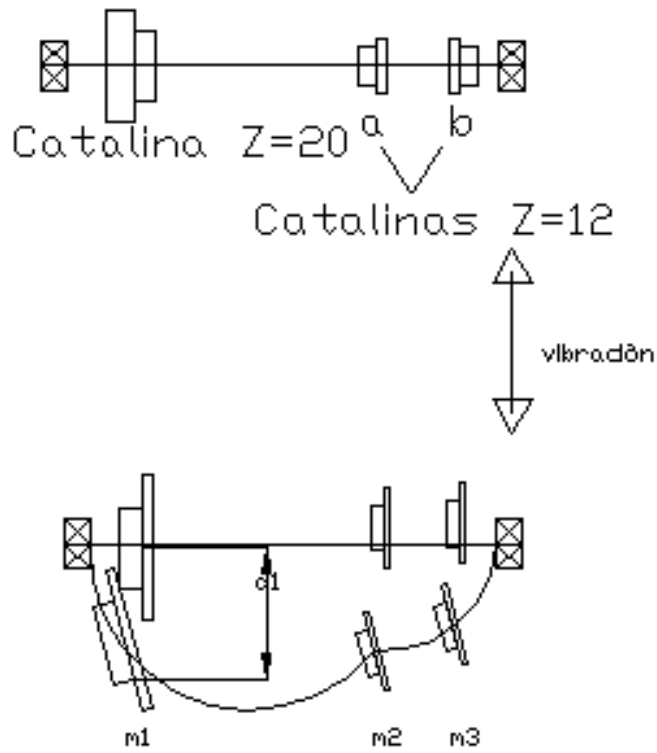


Figura 3.78 frecuencias criticas Eje Principal

La deflexiones en los puntos B, C, y F son:

## PUNTO B

Si  $x := a$

$$\delta_B := \frac{1}{6 \cdot E \cdot I} \cdot \delta(x)$$

$$|\delta_B| = 0.067 \quad \text{mm}$$

## PESO DE LA CATALINA DE Z = 12

$w_{12} := 33.35 \quad \text{mm}$  Ancho de la catalina

$$W_{12} := \pi \cdot \frac{r_{12}^2}{2} \cdot w_{12} \cdot \rho \quad \text{Peso de la catalina}$$

$$W_{12} = 0.695 \quad \text{Kg}$$

### 3.4.4.13.1 FRECUENCIA NATURAL

$$\omega_n := \sqrt{9.8 \cdot 1000 \cdot \frac{(\delta_B \cdot W_{20}) + (\delta_C \cdot W_{12}) + (\delta_D \cdot W_{12})}{(\delta_B^2 \cdot W_{20}) + (\delta_C^2 \cdot W_{12}) + (\delta_D^2 \cdot W_{12})}}$$

$$\omega_n = 284.896 \quad \text{rad / seg}$$

Comparando la frecuencia de balanceo crítica con la frecuencia forzada

$$\frac{\omega_n}{\eta} = 30.228 \quad \text{Se trata de un margen muy comodo}$$

### 3.4.4.13.2 CALCULO DE LA FRECUENCIA TORSIONAL

$G := 79.3 \cdot 10^3$  Modulo de rigidez

$$k_{t1} := \pi \cdot G \cdot \frac{d_3^4}{32 \cdot a_1} \quad \text{Resorte efectivo Punto B}$$

$$k_{t1} = 1.647 \times 10^8 \quad \text{Nmm}$$

$$k_{t2} := \pi \cdot G \cdot \frac{d_1^4}{32 \cdot c_1} \quad \text{Resorte efectivo Punto C}$$

$$k_{t2} = 3.283 \times 10^8 \quad \text{Nmm}$$

$$kt_3 := \pi \cdot G \cdot \frac{d^4}{32 \cdot d_1} \quad \text{Resorte efectivo Punto D}$$

$$kt_3 = 4.479 \times 10^8 \quad \text{Nmm}$$

La constante efectiva del resorte es igual

$$1/K_{efec} = 1/kt_1 + 1/kt_2 + 1/kt_3$$

$$1/K_{efec} = (kt_2 \cdot kt_3 + kt_1 \cdot kt_3 + kt_1 \cdot kt_2) / kt_1 \cdot kt_2 \cdot kt_3$$

$$k_{efec} := \frac{kt_1 \cdot kt_2 \cdot kt_3}{(kt_2 \cdot kt_3) + (kt_1 \cdot kt_3) + (kt_1 \cdot kt_2)}$$

$$k_{efec} = 8.81 \times 10^7 \quad \text{Nmm} \quad \text{Constante efectiva del resorte}$$

### 3.4.4.13.3 FRECUENCIA CRITICA A TORSIÓN

$$I_{20} := \frac{\pi \cdot (2 \cdot r_{20})^4 \cdot w_{20} \cdot \rho}{32 \cdot 9.8 \cdot 1000} \quad \text{Inercia de la catalina z = 20}$$

$$I_{20} := 12.35 \quad \text{kg.mm} \cdot \text{seg}^2$$

$$I_{12} := \frac{\pi \cdot (2 \cdot r_{12})^4 \cdot w_{12} \cdot \rho}{32 \cdot 9.8 \cdot 1000} \quad \text{Inercia de la catalina z = 1}$$

$$I_{12} := 10.85 \quad \text{Kg.mm} \cdot \text{seg}^2$$

$$\omega_{nt} := \sqrt{\frac{k_{efec}}{9.8} \cdot \frac{I_{12} + I_{20} + I_{12}}{I_{12} \cdot I_{20} \cdot I_{12}}}$$

$$\omega_{nt} = 458.86 \quad \text{rad / seg}$$

Comparando las frecuencias

$$\frac{\omega_{nt}}{\eta} = 48.687 \quad \text{Valor mucho mayor}$$

Se trata de un margen aceptable

### **3.5 SUBSISTEMA ELÉCTRICO**

El sistema de distribución y control eléctrico se lo realizó en conjunto con el Tecnólogo Pablo Melo técnico electricista de CHEMequip industrias cia. Ltda.. por decisión ejecutiva.

Para su elaboración se utilizo los siguientes componentes disponibles en la empresa:

- 1 Regulador de frecuencia SIEMENS XA5721
- 2 porta fusibles Legrand 10 \* 38 32A 400V ~
- 1 Breaker Merlin Gerin K32A 400V~
- 1 Contactor SIEMENS Sirius BYU 220V
- 2 Relés Telemecanic RXN 41611
- 1 Potenciómetro 0-100 omios
- 1 Pulsante Camsco rojo
- 1 Pulsante Camsco verde
- 1 Pulsante de paro Camsco.

El diagrama eléctrico de conexión se detalla en el plano TRV- 026.

### **3.6 DISEÑO Y SIMULACIÓN EN COMPUTADORA DE LOS SISTEMAS MECANICOS DE ESTAMPADO**

Para la simulación de los sistemas mecánicos se utilizo el paquete computacional "BLENDER 3D", programa de simulación y animación virtual.

#### **3.6.1 IMPORTACION DEL MODELO.**

El modelo tridimensional solidó creado en AUTO-CAD 2008 Mechanical fue exportado como archivo DWG cad 2000 para posteriormente ser importado con el programa en cuestión utilizando los "plug in" o links adecuados.

Para pieza del conjunto se le adjudico la densidad equivalente a la del material que será construido, así mismo se disminuyo el coeficiente de rozamiento para los elementos que tendrán lubricación.



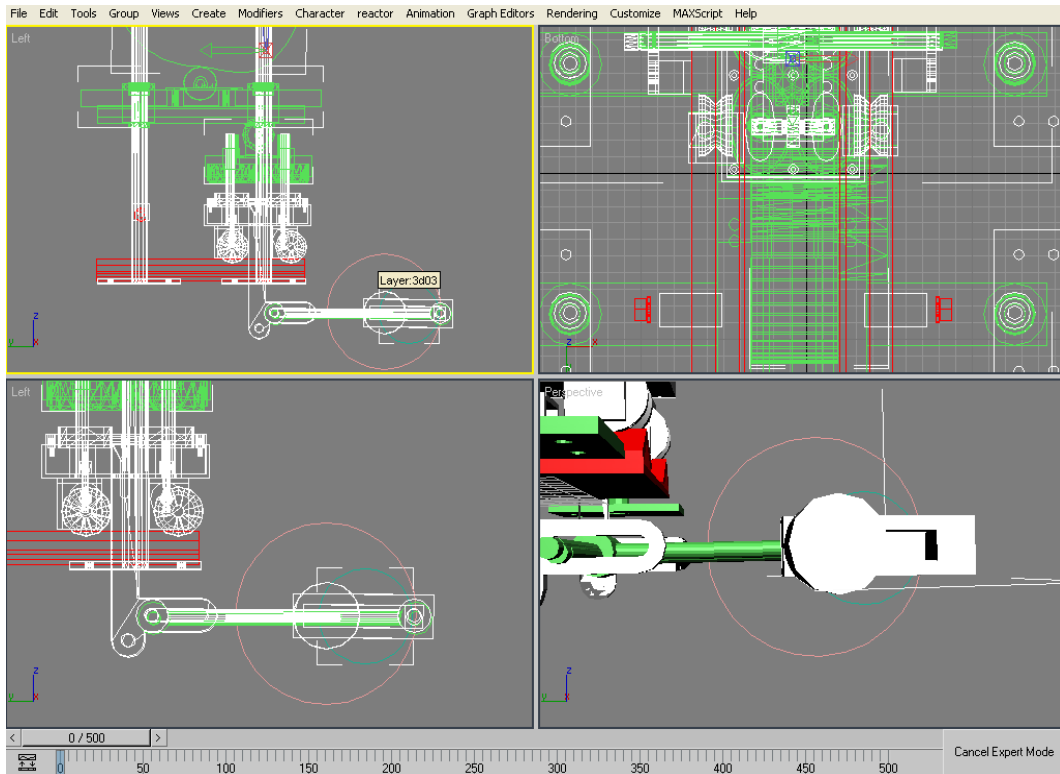


Figura 3.78 Inserción de objetos 3d

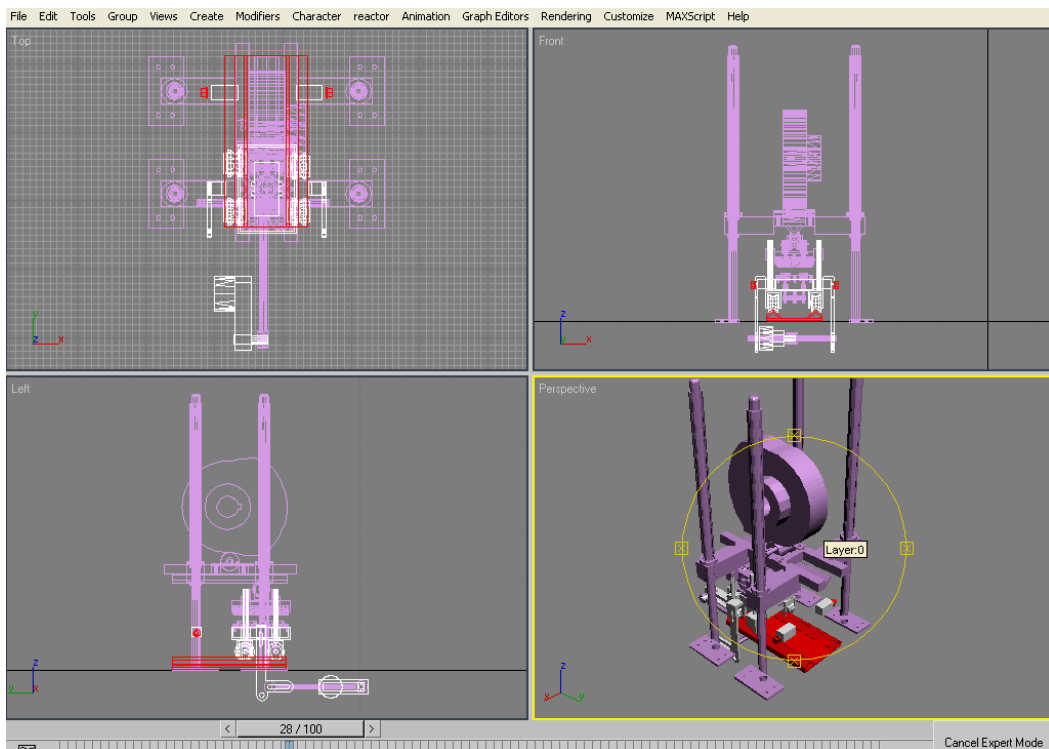


Figura 3.79 Selección de eslabonamientos y anclas

Se asignaron los eslabonamientos y grados de libertad así como las velocidades de los elementos motores ( biela manivela y leva ).

Comprobado una vez que los elementos se encuentran en las posiciones respectivas, con los enclavamientos y eslabonamientos correspondientes se procedió a compilar mediante el comando RENDER.

El resultado es un archivo de video el cual muestra el comportamiento que se espera del conjunto dado los datos aportados al programa.

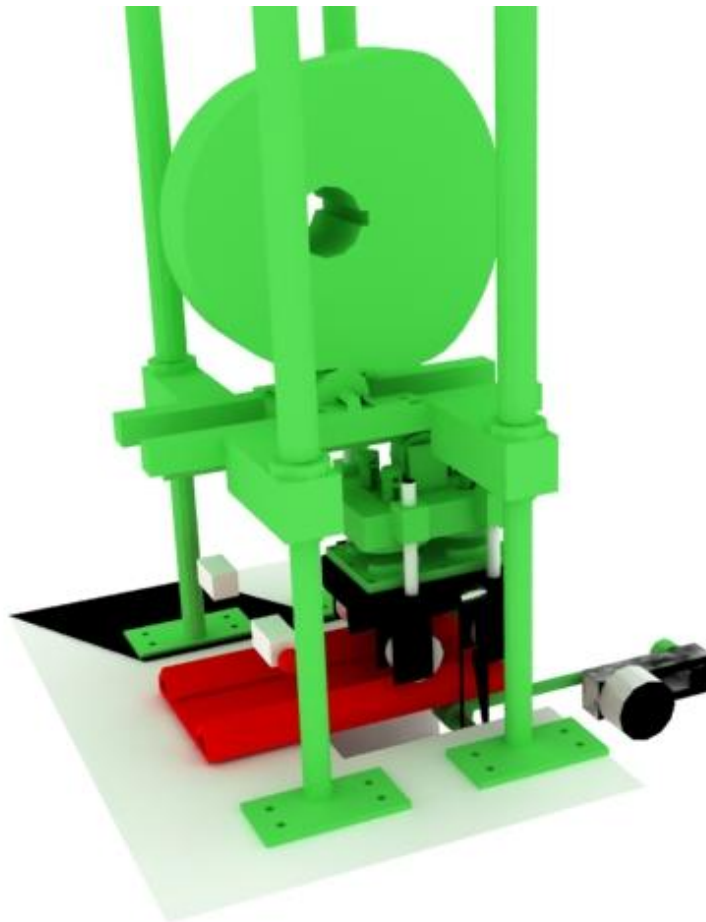


Figura 3.80 Render del modelo 3d

## CAPITULO 4. CONSTRUCCIÓN

### 4.1 LISTA DE MATERIALES

**Tabla 4.1 Lista de materiales**

| ITEM | MATERIAL  | CANTIDAD |
|------|---|----------|
| 1    | Motoreductor1<br>HP 90 R.P.M.                               | 1        |
| 2    | Eje transmisión SAE 1018<br>D= 2pulg L=110 cm (18.5 Kg )    | 2        |
| 3    | Eje transmisión SAE 1018 D= 48<br>mm L=70 cm ( 12 Kg )      | 1        |
| 4    | Perfil L 50*50*2  | 2        |
| 5    | Perfil L 25*25*2  | 1        |
| 6    | Chumaceras D=35 UCP   | 2        |
| 7    | Chumaceras D=40 UCP   | 2        |
| 8    | Chumaceras D=45 UCP   | 2        |
| 9    | Catalinas Z=12 N°=60  | 2        |
| 10   | Catalinas Z=20 N°=60  | 2        |
| 11   | Catalinas Z=36 N°=60  | 2        |
| 12   | Tocho Bronce Fosforito<br>D=150 mm e=30 (0.80 Kg)           | 2        |
| 13   | Eje de acero inoxidable<br>A 304 D=10 mm<br>L=6mm ( 33 Kg ) | 1        |
| 14   | Barra cuadrara SAE 1010<br>L=1m ( 3 Kg)                     | 1        |
| 15   | Eje acero 1045<br>D= 11 pulg. e= 2 pulg                     | 1        |
| 16   | Pernos, rodela y tuercas<br>¼ inox                          | 6        |
| 17   | Pernos, rodela y tuercas<br>5/16 inox.                      | 6        |

| ITEM | MATERIAL                           | CANTIDAD |
|------|------------------------------------|----------|
| 18   | Rodachines 1 pulgada               | 5        |
| 19   | Eje de bronce D=1/2 pulgada        | 1        |
| 20   | ½ Plancha Ao inox e=6mm            | 1        |
| 21   | 2 Plancha Ao inox<br>e=0.7mm       | 2        |
| 22   | Plancha de teflón-silicon<br>e=3mm | 1        |
| 23   | Interruptores                      | 1        |
| 24   | Cable sólido 10 AWG                | 20 m     |

**Tabla 4.1 Lista de materiales (continuación)**

## 4.2. DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO

**Tabla 4.2 Lista de componentes**

| COMPONENTE          | DESCRIPCION  | PLANO DE DETALLE - HOJA DE PROCESOS                                       |  |
|---------------------|--|---|--|
| BASTIDOR            | Realizado con perfiles L 50*50*2 y 25*25*2 según planos.   | TRV-007<br>TRV-010  |  |
| SISTEMA DE MORDAZAS | Incluye guía superior, guía inferior, acopladores, mordaza superior, mordaza inferior, expulsos superiores, expulsos inferiores, soporte de mordaza inferior, soporte de mordaza superior, rodillo del seguidor, y ejes guías. | TRV-008<br>TRV-009<br>TRV-011<br>TRV-012<br>TRV-013<br>TRV-014<br>TRV-015 | TRP-001<br>TRP-002<br>TRP-003<br>TRP-004<br>TRP-005<br>TRP-006 |

| COMPONENTE     | DESCRIPCIÓN  | PLANO DE<br>DETALLE - HOJA<br>DE PROCESOS |                    |
|----------------|--|---|--------------------|
|                |  |   |                    |
| SISTEMA MOTRIZ | Cadenas y catalinas, ejes de transmisión maquinados, rodamientos y chumaceras. | TRV-002<br><br>TRV-003<br><br>TRV-004     | Memoria<br><br>3.1 |
| BIELA MANIVELA | Biela, manivela, rodamientos y acoples.  | TRV-005                                   |                    |
| LEVA           | Leva vertical y leva de cuña   | TRV-006                                   |                    |
| MOTOREDUCTOR   | 1 hp 90 R.P.M.   |   |                    |

**Tabla 4.2 Lista de componentes (continuación)**

### 4.3. REQUERIMIENTOS Y FACILIDADES

#### 4.3.1 Materiales disponibles

Materiales previamente adquiridos y disponibles para la utilización del proyecto.

**Tabla 4.3 Lista de materiales disponibles**

| <b>ITEM</b> | <b>MATERIAL</b>                        | <b>CANTIDAD</b> |
|-------------|--|-----------------|
| 1           | Motoreductor 1<br>HP 90 R.P.M.         | 1               |
| 2           | Pernos, rodela y tuercas<br>¼ inox     | 6               |
| 3           | Pernos, rodela y tuercas<br>5/16 inox. | 6               |
| 4           | Plancha de teflón-silicon<br>e=3mm     | 1               |
| 5           | Interruptores                          | 1               |
| 6           | Cable sólido 10 AWG                    | 20 m            |

**4.3.2 INSTALACIONES DISPONIBLES**

Taller metal mecánico CHEMequip industrias cia. Ltda., Inés Gangotena lote 11 y Chillanes vía Amaguaña.

**Tabla 4.4 Lista de equipos disponibles**

| <b>ITEM</b> | <b>MAQUINARIA</b>  | <b>CANTIDAD</b> |
|-------------|--|-----------------|
| 1           | Torno  | 3               |
| 2           | Fresadora  | 1               |
| 3           | Soldadora SMAW   | 3               |
| 4           | Soldadora TIG  | 1               |
| 5           | Soldadora MIG  | 1               |
| 6           | Equipos varios:<br>Amadoras<br>Taladros<br>Micro taladros<br>Pulidoras<br>Lijadoras<br>Compresores<br>Herramientas de taller | -               |

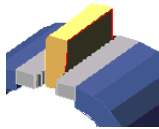
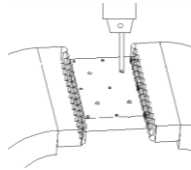
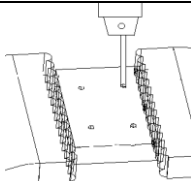
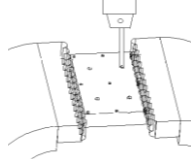
**Tabla 4.5 Personal Disponible**

| <b>ITEM</b> | <b>MATERIAL</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|-------------|-----------------|-----------------|
| 1           | Tornero         | 3               |
| 2           | Soldador        | 3               |
| 3           | Fresador        | 1               |
| 4           | Ayudantes       | 4               |

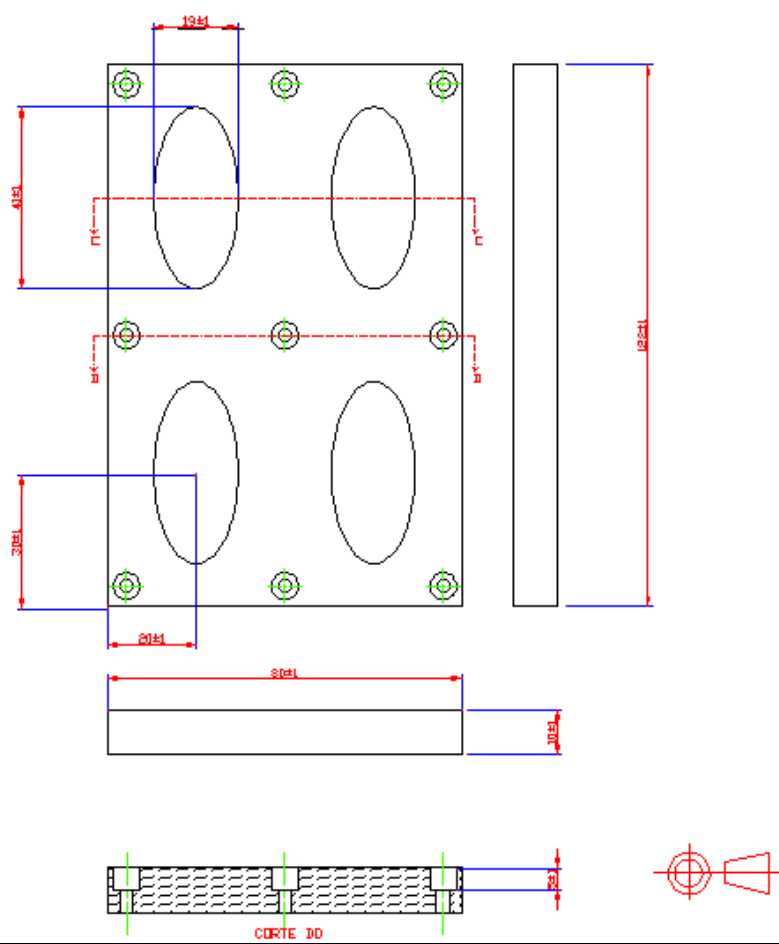
#### 4.4 HOJAS DE PROCESOS( CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO )

| 4.4.1         |   | Hoja de proceso                 |   |                    |                   | Cant: 1            |           |           |            |             |        |      |             |    |
|---------------|---|---------------------------------|---|--------------------|-------------------|--------------------|-----------|-----------|------------|-------------|--------|------|-------------|----|
|               |   |                                 |   |                    |                   | TRP-001            |           |           |            |             |        |      |             |    |
|               |   |                                 |   |                    |                   | Mordaza Inferior 1 |           |           |            |             |        |      |             |    |
| Escala<br>1:4 | Material<br>Plancha de acero inoxidable | Dimensiones en bruto<br>e=20 mm | Medidas sin tolerancias<br>DIN 7168         | Grado de precision | Medidas nominales |                    |           |           |            |             |        |      |             |    |
|               |   |                                 |   |                    | 1 a 5             | 5 a 30             | 30 a 100  | 100 a 300 | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |        |      |             |    |
|               |   |                                 |   |                    | ±0,1              | ±0,2               | ±0,3      | ±0,5      | ±0,8       | ±1,2        |        |      |             |    |
|               |   |                                 |   |                    |                   |                    |           |           |            |             |        |      |             |    |
| Fase          | Subfase                                 | Op.                             | Designacion                                 | Croquis            | Util              | Cont               | N.º pasad | V m/min   | n r.p.m.   | A mm/m      | a mm/r | P mm | Tiempo mim. |    |
| plasma        | 1                                       | 11                              | Trazar el rectángulo de corte.              |                    | plasm             |                    | 1         |           |            |             |        |      | 2           |    |
|               |   | 12                              | Cortar con plasma                           |                    |                   |                    |           |           |            |             |        |      |             |    |
| Fresa         | 1                                       | 11                              | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |                    | Ent.              |                    |           |           |            |             |        |      | 12          |    |
|               |   | 12                              | Refrentar cara 1.                           |                    | Frs.              | Pr                 | 6         | 60        | 272        |             | 2      |      |             |    |
|               |   | 21                              | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |                    | Ent.              |                    |           |           |            |             |        |      |             | 12 |
|               |   | 22                              | Refrentar cara 2.                           |                    | 80                | Pr                 | 6         | 60        | 272        |             | 2      |      |             |    |
|               |   | 31                              | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |                    | Ent.              |                    |           |           |            |             |        |      | 12          |    |

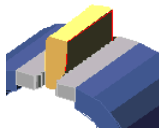
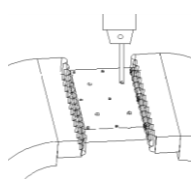
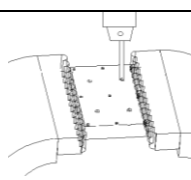
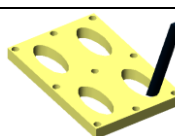


| Fase             | Subfase | Op.               | Designacion                                      | Croquis  | Util     | Cont       | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo mim. |    |
|------------------|---------|-------------------|--|--|----------|------------|-----------|---------|----------|--------|--------|------|-------------|----|
|                  | 3       | 32                | Refrentar cara 3.                                |   | 80       | Pr Calib.  | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 12          |    |
|                  | 4       | 41                | Fijar pieza perpendicularmente en tenalla.       |  | Ent.     |            |           |         |          |        |        |      |             | 12 |
|                  | 42      | Refrentar cara 2. | 80   |  | Pr Calib | 6          | 60        | 272     |          |        | 2      |      |             |    |
| Fresa            | 1       | 11                | Ubicar horizontalmente en la máquina.            |   | Ent.     |            |           |         |          |        |        |      | 2           |    |
|                  |         | 12                | Fresar 6 agujeros d=3mm                          |  | 80       | Pr Calib.  | 1/ag.     | 60      | 272      |        |        | 2    | 10          |    |
|                  |         | 13                | Fresar 4 agujeros d=5mm                          |  | 80       | Pr. Calib. | 2         | 60      | 272      |        |        | 2    | 10          |    |
|                  | 2       | 21                | Ubicar horizontalmente cara abajo en la máquina. |   | 80       | Pr Calib.  | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 5           |    |
|                  |         | 22                | Fresar 4 agujeros d=10mm                         |  | 80       | Pr Calib.  | 1         | 60      | 272      |        |        | 2    | 10          |    |
| Manual           | 1       | 11                | Pasar machuelo XX en agujeros de 3 mm.           |  |          | Calib      |           |         |          |        |        |      | 5           |    |
| Tiempo acumulado |         |                   |  |  |          |            |           |         |          |        |        | 104  |             |    |

|                          |  |  |  |                           |                          |                           |                  |                   |                    |                     |  |
|--------------------------|--|--|--|---------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--|
| <b>4.4.2</b>             |  | <b>Hoja de proceso</b>                     |  |                           |                          | <b>Cant: 1</b>            |                  |                   |                    |                     |  |
|                          |  |  |  |                           |                          | <b>TRP-002</b>            |                  |                   |                    |                     |  |
|                          |  |  |  |                           |                          | <b>Mordaza Inferior 2</b> |                  |                   |                    |                     |  |
| <b>Escala</b><br><br>1:4 | <b>Material</b><br><br>Plancha de teflón | <b>Dimensiones en bruto</b><br><br>e=10 mm | <b>Medidas sin tolerancias</b><br><br>DIN 7168 | <b>Grado de precision</b> | <b>Medidas nominales</b> |                           |                  |                   |                    |                     |  |
|                          |  |  |  |                           | 1 a 5<br>±0,1            | 5 a 30<br>±0,2            | 30 a 100<br>±0,3 | 100 a 300<br>±0,5 | 300 a 1800<br>±0,8 | 1800 a 2000<br>±1,2 |  |



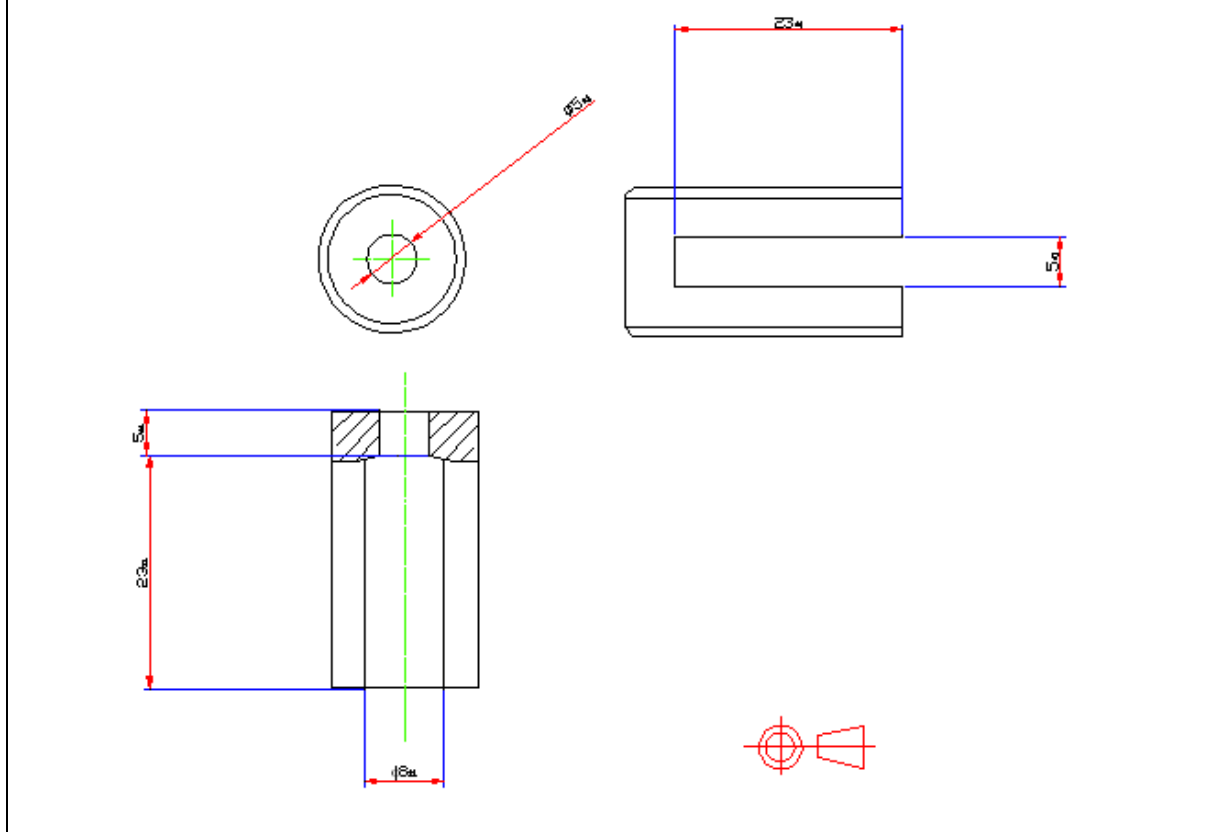
| Fase   | Subfase | Op.   | Designacion                                 | Croquis | Util  | Cont | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo mim. |
|--------|---------|---|---|---------|-------|------|-----------|---------|----------|--------|--------|------|-------------|
| plasma | 1       | 11  | Trazar el rectángulo de corte.              |         | plasm |      |           |         |          |        |        |      |             |
|        |         | 12  | Cortar con caladora                         |         |       |      | 1         |         |          |        |        |      |             |
| fresa  | 1       | 11  | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |         | Ent.  |      |           |         |          |        |        |      | 12          |
|        |         | 12  | Refrentar cara 1.                           |         | Frs.  | Pr   | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    |             |
|        |         | 21  | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |         | Ent.  |      |           |         |          |        |        |      |             |
|        |         | 22  | Refrentar cara 2.                           |         | 80    | Pr   | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    |             |
|        | 31      | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. | Ent.  |         |       |      |           |         |          |        |        |      | 12          |

| Fase             | Subfase | Op.               | Designacion                                      | Croquis  | Util      | Cont       | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo min. |  |
|------------------|---------|-------------------|--|--|-----------|------------|-----------|---------|----------|--------|--------|------|-------------|--|
|                  | 3       | 32                | Refrentar cara 3.                                |   | 80        | Pr Calib.  | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 12          |  |
|                  | 4       | 41                | Fijar pieza perpendicularmente en tenalla.       |  | Ent.      |            |           |         |          |        |        |      | 12          |  |
|                  | 42      | Refrentar cara 2. | 80   |  | Pr Calib. | 6          | 60        | 272     |          |        | 2      |      |             |  |
| Fresado          | 1       | 11                | Ubicar horizontalmente en la máquina.            |   | Ent.      |            |           |         |          |        |        |      | 2           |  |
|                  |         | 12                | Fresar 9 agujeros d=3mm                          |  | 80        | Pr Calib.  | 1/ag.     | 60      | 272      |        |        | 2    | 10          |  |
|                  |         | 13                | Trazar óvalos                                    |  |           | Pr. Calib. |           |         |          |        |        |      |             |  |
|                  |         | 14                | Fresar 4 óvalos                                  |  | 80        |            | 20        | 60      | 272      |        |        | 2    | 65          |  |
|                  | 2       | 21                | Ubicar horizontalmente cara abajo en la máquina. |   | 80        | Pr Calib.  | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 5           |  |
|                  |         | 22                | Fresar 9 agujeros d=10mm                         |  | 80        | Pr Calib.  | 1         | 60      | 272      |        |        | 2    | 10          |  |
| Manual           | 1       | 11                | Limar los agujeros de los ovalos                 |  |           | Calib      |           |         |          |        |        |      | 30          |  |
| Tiempo acumulado |         |                   |  |  |           |            |           |         |          |        |        | 184  |             |  |

| 4.4.3            |                             | Hoja de proceso      |                         |  |                   |        | Cant: 4             |           |            |             |        |      |             |   |
|------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|--|-------------------|--------|---------------------|-----------|------------|-------------|--------|------|-------------|---|
|                  |                             |                      |                         |  |                   |        | TRP-003             |           |            |             |        |      |             |   |
|                  |                             |                      |                         |  |                   |        | Expulsor Inferior 1 |           |            |             |        |      |             |   |
| Escala           | Material                    | Dimensiones en bruto | Medidas sin tolerancias | Grado de precisión                                 | Medidas nominales |        |                     |           |            |             |        |      |             |   |
|                  |                             |                      |                         |  | 1 a 5             | 5 a 30 | 30 a 100            | 100 a 300 | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |        |      |             |   |
| 1:2              | Eje de acero inoxidable 304 | d= 5/8"              | DIN 7168                |  | ±0,1              | ±0,2   | ±0,3                | ±0,5      | ±0,8       | ±1,2        |        |      |             |   |
|                  |                             |                      |                         |  |                   |        |                     |           |            |             |        |      |             |   |
| Fase             | Subfase                     | Op.                  | Designacion             | Croquis  | Util              | Cont   | N.º pasad           | V m/min   | n r.p.m.   | A mm/m      | a mm/r | P mm | Tiempo Seg. |   |
| Manual           | 1                           | 11                   | Cortar 4 ejes de 60mm   |  | Sierra            | Calib  |                     |           |            |             |        |      | 2           |   |
|                  |                             | 11                   | 12                      | Fijar eje en plato de 3 garras.                    |                   | Plato  |                     |           |            |             |        |      |             | 2 |
|                  |                             |                      | 13                      | Refrentar cara 1 y cara 2                          |                   | 80     | Pr.                 | 1         | 60         | 272         |        |      | 1,5         | 1 |
|                  |                             |                      | 14                      | Cilindrar D=5 mm L= 55 mm<br>Cilindrar Cunas D=2mm |                   | 80     | Cuchilla ¼ HSS      | 5         | 60         | 272         | 80     |      |             |   |
|                  |                             | 2                    | 21                      | Limar canales y bordes en ejes                     |                   | 80     | Pr                  | 1         | 60         | 272         |        |      | 1,5         | 2 |
| Tiempo acumulado |                             |                      |                         |  |                   |        |                     |           |            |             |        | 12   |             |   |

| 4.4.4            |                   | Hoja de proceso       |  |                    |                   |        | Cant: 4             |           |            |             |        |      |             |
|------------------|-------------------|-----------------------|--|--------------------|-------------------|--------|---------------------|-----------|------------|-------------|--------|------|-------------|
|                  |                   |                       |  |                    |                   |        | TRP-004             |           |            |             |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    |                   |        | Expulsor Inferior 2 |           |            |             |        |      |             |
| Escala           | Material          | Dimensiones en bruto  | Medidas sin tolerancias                    | Grado de precisión | Medidas nominales |        |                     |           |            |             |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    | 1 a 5             | 5 a 30 | 30 a 100            | 100 a 300 | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    | ±0,1              | ±0,2   | ±0,3                | ±0,5      | ±0,8       | ±1,2        |        |      |             |
| 1:2              | Plancha de teflon | $e_p = 10\text{mm}$ . | DIN 7168                                   |                    |                   |        |                     |           |            |             |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    |                   |        |                     |           |            |             |        |      |             |
| Fase             | Subfase           | Op.                   | Designacion                                | Croquis            | Util              | Cont   | N.º pasad           | V m/min   | n r.p.m.   | A mm/m      | a mm/r | P mm | Tiempo Seg. |
| Calaadora        | 1                 | 11                    | Trazar óvalos de corte.                    |                    | Ese Calad         |        |                     |           |            |             |        |      | 1           |
|                  |                   | 12                    | Cortar por los bordes con sobre medida 1mm |                    | 300               | 1      |                     |           |            |             |        |      | 2           |
| Fresadora        | 1                 | 11                    | Fijar pieza horizontalmente en etenalla.   |                    | Ent.              |        |                     |           |            |             |        |      | 1           |
|                  |                   | 12                    | Marcar centro del ovalo                    |                    | Frs.              | Pr     | 2                   | 60        | 272        |             |        | 2    | 8           |
|                  |                   | 21                    | Perforar agujero de 15 mm de diametro.     |                    | Ent.              | Pr     | 2                   | 60        | 272        |             |        | 2    | 8           |
| Manual           | 1                 | 11                    | Redondear bordes.                          |                    | lima              |        |                     |           |            |             |        | 5    |             |
| Tiempo acumulado |                   |                       |  |                    |                   |        |                     |           |            |             |        | 12   |             |

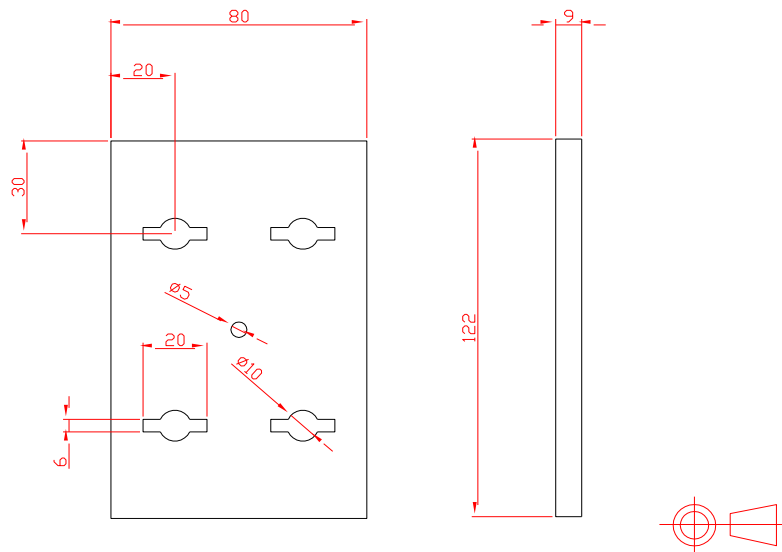
|                          |  |   |  |                           |                          |                                |          |           |            |             |  |
|--------------------------|--|---|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------|-----------|------------|-------------|--|
| <b>4.4.5</b>             |  | <b>Hoja de proceso</b>                    |  |                           |                          | <b>Cant: 4</b>                 |          |           |            |             |  |
|                          |  |   |  |                           |                          | <b>TRP-025</b>                 |          |           |            |             |  |
|                          |  |   |  |                           |                          | <b>Guia Mordaza superior 1</b> |          |           |            |             |  |
| <b>Escala</b><br><br>1:4 | <b>Material</b><br><br>Eje roscado<br>Rosca gruesa | <b>Dimensiones en bruto</b><br><br>D=5/8" | <b>Medidas sin tolerancias</b><br><br>DIN 7168 | <b>Grado de precision</b> | <b>Medidas nominales</b> |                                |          |           |            |             |  |
|                          |  |   |  |                           | 1 a 5                    | 5 a 30                         | 30 a 100 | 100 a 300 | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |  |
|                          |  |   |  |                           | ±0,1                     | ±0,2                           | ±0,3     | ±0,5      | ±0,8       | ±1,2        |  |



| Fase    | Subfase | Op. | Designacion                                     | Croquis | Util   | Cont | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo min. |
|---------|---------|-----|---|---------|--------|------|-----------|---------|----------|--------|--------|------|-------------|
| Mantual | 1       | 11  | Medir y senalar pedazos de 30mm de largo        |         | Sierra |      |           |         |          |        |        |      |             |
|         |         | 12  | Cortar pedazo de 30 mm de largo                 |         |        | 1    |           |         |          |        |        |      | 3           |
| Torno   | 1       | 11  | Fijar eje en plato de 3 garras.                 |         | Ent.   |      |           |         |          |        |        |      | 1           |
|         |         | 12  | Refrentar cara 1.                               |         | Frs.   | Pr   | 6         | 60      | 272      |        |        | 1    | 1           |
|         | 1       | 21  | Perforar agujero de 8mm.                        |         | 80     | Pr   | 1         | 60      | 272      |        |        |      | 2           |
|         |         | 22  | Perforar agujero de 5mm.                        |         | 80     | Pr   | 1         | 60      | 272      |        |        | 2    | 4           |
|         |         | 31  | Fijar eje en plato de 3 garras, extremo opuesto |         | Ent.   |      |           |         |          |        |        | 1    |             |
|         |         | 32  | Refrentar cara                                  |         | Frs.   | Pr   | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 1           |

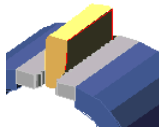
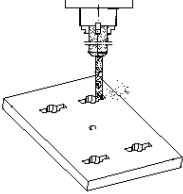
| Fase             | Subfase | Op. | Designacion   | Croquis | Util | Cont      | N. <sup>o</sup> pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo mim. |  |
|------------------|---------|-----|---|---------|------|-----------|-----------------------|---------|----------|--------|--------|------|-------------|--|
| Fresal           | 1       | 11  | Fijar pieza horizontalmente en etenalla.              |         | Ent. |           |                       |         |          |        |        |      |             |  |
|                  |         | 12  | Fresar canal de 5mm                                   |         | 80   | Pr Calib. | 12                    | 60      | 272      |        |        | 1    | 18          |  |
|                  | 2       | 11  | Fijar pieza horizontalmente en etenalla, lado opuesto |         | Ent. |           |                       |         |          |        |        |      |             |  |
|                  |         | 12  | Fresar canal de 5mm                                   |         | 80   | Pr Calib  | 12                    | 60      | 272      |        |        | 1    | 18          |  |
| Tiempo acumulado |         |     |   |         |      |           |                       |         |          |        |        | 49   |             |  |

|                          |  |  |  |                           |                          |                           |          |           |            |             |  |
|--------------------------|--|--|--|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------|-----------|------------|-------------|--|
| <b>4.4.6</b>             |  | <b>Hoja de proceso</b>                   |  |                           |                          | <b>Cant: 1</b>            |          |           |            |             |  |
|                          |  |  |  |                           |                          | <b>TRP-006</b>            |          |           |            |             |  |
|                          |  |  |  |                           |                          | <b>Mordaza Superior 2</b> |          |           |            |             |  |
| <b>Escala</b><br><br>1:4 | <b>Material</b><br><br>Plancha de teflon | <b>Dimensiones en bruto</b><br><br>e=9mm | <b>Medidas sin tolerancias</b><br><br>DIN 7168 | <b>Grado de precision</b> | <b>Medidas nominales</b> |                           |          |           |            |             |  |
|                          |  |  |  |                           | 1 a 5                    | 5 a 30                    | 30 a 100 | 100 a 300 | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |  |
|                          |  |  |  |                           | ±0,1                     | ±0,2                      | ±0,3     | ±0,5      | ±0,8       | ±1,2        |  |



| Fase   | Subfase | Op. | Designacion                                 | Croquis | Util  | Cont | N.º pasad | V n/min | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo min. |
|--------|---------|-----|---|---------|---|------|-----------|---------|----------|--------|--------|------|-------------|
| plasma | 1       | 11  | Trazar el rectángulo de corte.              |         | plasm                                       |      | 1         |         |          |        |        |      | 2           |
|        |         | 12  | Cortar con caladora                         |         |   |      |           |         |          |        |        |      |             |
| Fresa  | 1       | 11  | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |         | Ent.  |      |           |         |          |        |        |      | 1           |
|        |         | 12  | Refrentar cara 1.                           |         | Frs.  | Pr   | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 8           |
|        |         | 2   | 21  |         | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. | Ent. |           |         |          |        |        |      |             |
|        |         | 22  | Refrentar cara 2.                           |         | 80  | Pr   | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 8           |
|        | 3       | 31  | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |         | Ent.  |      |           |         |          |        |        |      | 1           |



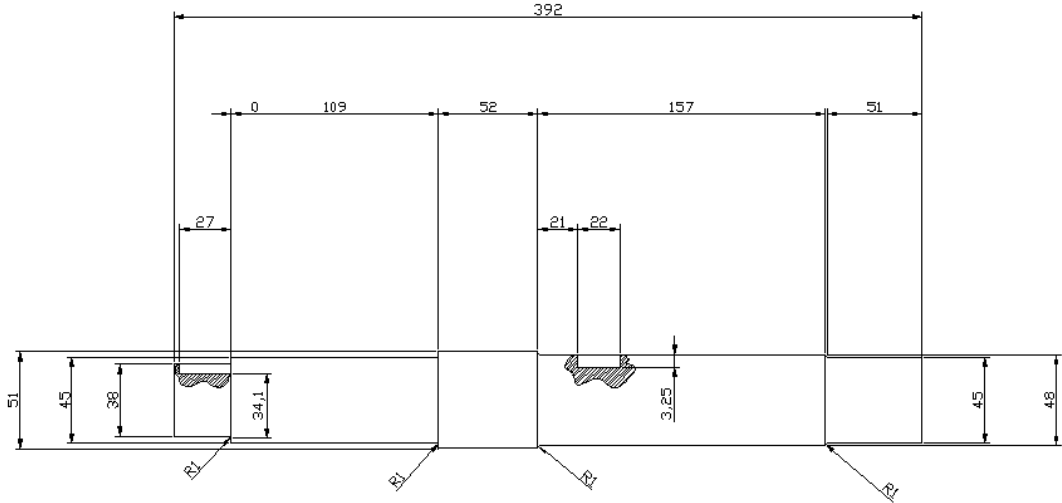
| Fase             | Subfase | Op. | Designacion                                 | Croquis   | Util | Cont       | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo mim. |   |
|------------------|---------|-----|---|---|------|------------|-----------|---------|----------|--------|--------|------|-------------|---|
|                  | 3       | 32  | Refrentar cara 3.                           |  | 80   | Pr Calib.  | 6         | 60      | 272      |        |        | 2    | 8           |   |
|                  | 4       | 41  | Fijar pieza perpendicularmente en etenalla. |   | Ent. |            |           |         |          |        |        |      |             | 1 |
|                  |         | 42  | Refrentar cara 2.                           |   | 80   | Pr Calib   | 6         | 60      | 272      |        |        |      | 2           | 8 |
| Fresa 2          | 1       | 11  | Ubicar horizontalmente en la máquina.       |  | Ent. |            |           |         |          |        |        |      | 1           |   |
|                  |         | 12  | Fresar 4 agujeros d=10                      |   | 80   | Pr Calib.  | 1/ag.     | 60      | 272      |        |        | 2    | 10          |   |
|                  |         | 13  | Fresar canales de 6m                        |   | 80   | Pr. Calib. | 5         | 60      | 272      |        |        | 2    | 40          |   |
| Tiempo acumulado |         |     |   |   |      |            |           |         |          |        |        | 89   |             |   |

| 4.4.7            |                  | Hoja de proceso      |   |                    |                   |      |           | Cant: 4            |          |        |        |      |             |   |
|------------------|------------------|----------------------|---|--------------------|-------------------|------|-----------|--------------------|----------|--------|--------|------|-------------|---|
|                  |                  |                      |   |                    |                   |      |           | TRP-007            |          |        |        |      |             |   |
|                  |                  |                      |   |                    |                   |      |           | Mordaza Superior 3 |          |        |        |      |             |   |
| Escala           | Material         | Dimensiones en bruto | Medidas sin tolerancias                           | Grado de precision | Medidas nominales |      |           |                    |          |        |        |      |             |   |
|                  |                  |                      |   |                    | 1                 | 5    | 30        | 100                | 300      | 1800   |        |      |             |   |
|                  |                  |                      |   |                    | a                 | a    | a         | a                  | a        | a      |        |      |             |   |
| 1:4              | Pletina cuchilla | e=2 mm<br>a=19 mm    | DIN 7168  |                    | ±0,1              | ±0,2 | ±0,3      | ±0,5               | ±0,8     | ±1,2   |        |      |             |   |
|                  |                  |                      |   |                    |                   |      |           |                    |          |        |        |      |             |   |
| Fase             | Subfase          | Op.                  | Designacion                                       | Croquis            | Util              | Cont | N.º pasad | V m/min            | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo mim. |   |
| plasma           | 1                | 11                   | Ubicar horizontalmente un mesa de corte           |                    | plasm             |      | 1         |                    |          |        |        |      | 2           |   |
|                  |                  | 12                   | Cortar con sobre medida de 5 mm pedazos de 158mm. |                    |                   |      |           |                    |          |        |        |      | 2           |   |
| Manual           | 1                | 11                   | Ubicar pletina en molde de acero preparado.       |                    | Ent.              |      |           |                    |          |        |        |      | 2           |   |
|                  |                  | 12                   | Dar forma mediante golpes consecutivos.           |                    |                   |      |           |                    |          |        |        |      | 10          |   |
| Sueldata         | 1                | 11                   | Presionar hasta cerrar los extremos.              |                    | Ent.              |      |           |                    |          |        |        |      | 2           |   |
|                  |                  | 12                   | Soldar la apertura de anillo                      |                    |                   |      |           |                    |          |        |        |      | 80          | 5 |
| Manual           | 1                | 11                   | Limar cordón de suelda por ambos lados.           |                    |                   |      |           |                    |          |        |        |      | 8           |   |
|                  |                  | 12                   | Extraer molde                                     |                    |                   |      |           |                    |          |        |        |      | 1           |   |
| Tiempo acumulado |                  |                      |   |                    |                   |      |           |                    |          |        |        |      | 30          |   |

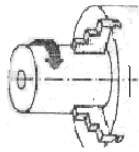
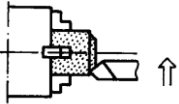
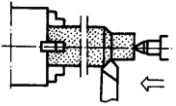

| 4.4.8            |                             | Hoja de proceso      |                                 |                    |                   |                |           | Cant: 4             |          |        |        |      |             |
|------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|----------|--------|--------|------|-------------|
|                  |                             |                      |                                 |                    |                   |                |           | TRP-008             |          |        |        |      |             |
|                  |                             |                      |                                 |                    |                   |                |           | Expulsor Superior 1 |          |        |        |      |             |
| Escala           | Material                    | Dimensiones en bruto | Medidas sin tolerancias         | Grado de precisión | Medidas nominales |                |           |                     |          |        |        |      |             |
|                  |                             |                      |                                 |                    | 1                 | 5              | 30        | 100                 | 300      | 1800   |        |      |             |
|                  |                             |                      |                                 |                    | a                 | a              | a         | a                   | a        | a      |        |      |             |
| 1:2              | Eje de acero inoxidable 304 | d= 5/8"              | DIN 7168                        |                    | ±0,1              | ±0,2           | ±0,3      | ±0,5                | ±0,8     | ±1,2   |        |      |             |
|                  |                             |                      |                                 |                    |                   |                |           |                     |          |        |        |      |             |
| Fase             | Subfase                     | Op.                  | Designacion                     | Croquis            | Util              | Cont           | N.º pasad | V m/min             | n r.p.m. | A mm/m | a mm/r | P mm | Tiempo Seg. |
| M                | 1                           | 11                   | Cortar 4 ejes de 60mm           |                    | Sierra            | Calib          |           |                     |          |        |        |      | 2           |
| T                | 1                           | 11                   | Fijar eje en plato de 3 garras. |                    | Plato             |                |           |                     |          |        |        |      | 2           |
|                  |                             | 12                   | Refrentar cara 1 y cara 2       |                    | 80                | Pr.            | 1         | 60                  | 272      |        |        | 1,5  | 1           |
|                  |                             | 13                   | Cilindrar D=5 mm L = 54mm       |                    | 80                | Cuchilla ¼ HSS | 5         | 60                  | 272      | 80     |        |      | 5           |
|                  |                             | 14                   | Cilindrar Cunas D=2mm           |                    |                   |                |           |                     |          |        |        |      |             |
|                  | 2                           | 21                   | Limar canales y bordes en ejes  |                    | 80                | Pr             | 1         | 60                  | 272      |        |        | 1,5  | 2           |
| M                | 1                           | 11                   | Realizar agujero de sujeción    |                    | Tald. 80          |                | 1         |                     |          |        |        |      | 2           |
| Tiempo acumulado |                             |                      |                                 |                    |                   |                |           |                     |          |        |        |      | 14          |

| 4.4.9            |                   | Hoja de proceso       |  |                    |                   |        |           | Cant: 4             |            |             |        |      |             |
|------------------|-------------------|-----------------------|--|--------------------|-------------------|--------|-----------|---------------------|------------|-------------|--------|------|-------------|
|                  |                   |                       |  |                    |                   |        |           | TRP-009             |            |             |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    |                   |        |           | Expulsor Superior 2 |            |             |        |      |             |
| Escala           | Material          | Dimensiones en bruto  | Medidas sin tolerancias                    | Grado de precisión | Medidas nominales |        |           |                     |            |             |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    | 1 a 5             | 5 a 30 | 30 a 100  | 100 a 300           | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    | ±0,1              | ±0,2   | ±0,3      | ±0,5                | ±0,8       | ±1,2        |        |      |             |
| 1:2              | Plancha de teflon | $e_p = 10\text{mm}$ . | DIN 7168                                   |                    |                   |        |           |                     |            |             |        |      |             |
|                  |                   |                       |  |                    |                   |        |           |                     |            |             |        |      |             |
| Fase             | Subfase           | Op.                   | Designacion                                | Croquis            | Util              | Cont   | N.º pasad | V m/min             | n r.p.m.   | A mm/m      | a mm/r | P mm | Tiempo Seg. |
| C                | 1                 | 11                    | Trazar óvalos de corte.                    |                    | Esc Calad         |        |           |                     |            |             |        |      | 1           |
|                  |                   | 12                    | Cortar por los bordes con sobre medida 1mm |                    | 300               |        | 1         |                     |            |             |        |      |             |
| F                | 1                 | 11                    | Fijar pieza horizontalmente en etenalla.   |                    | Ent.              |        |           |                     |            |             |        |      | 1           |
|                  |                   | 12                    | Marcar centro del ovalo                    |                    | Frs.              | Pr     | 2         | 60                  | 272        |             |        | 2    | 8           |
|                  |                   | 21                    | Perforar agujero de 20 mm de diámetro.     |                    | Ent.              | Pr     | 2         | 60                  | 272        |             |        | 2    | 8           |
|                  |                   | 22                    | Perforar agujero de 5 mm de diámetro.      |                    | 80                | Pr     | 2         | 60                  | 272        |             |        | 2    | 8           |
| M                | 1                 | 11                    | Redondear bordes.                          |                    | lima              |        |           |                     |            |             |        |      | 5           |
| Tiempo acumulado |                   |                       |  |                    |                   |        |           |                     |            |             |        | 20   |             |

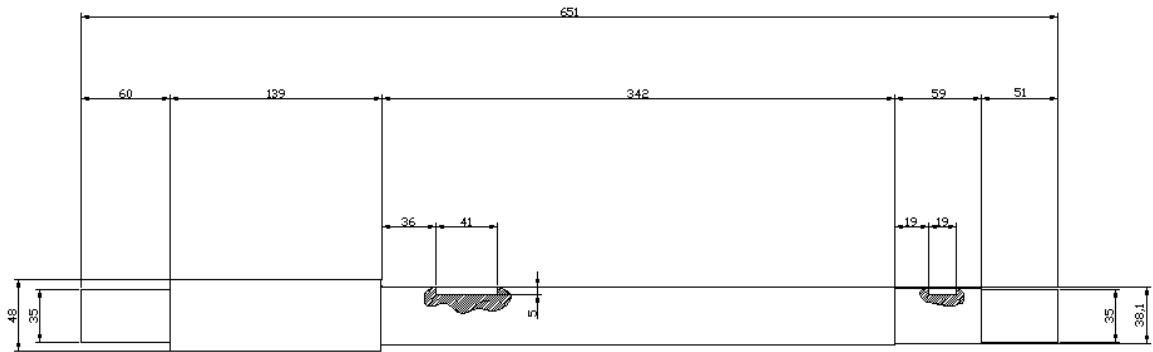
|                          |   |  |  |                           |                          |                  |          |           |            |             |  |
|--------------------------|---|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------|----------|-----------|------------|-------------|--|
| <b>4.4.10</b>            |   | <b>Hoja de proceso</b>                                     |  |                           |                          | <b>Cant: 1</b>   |          |           |            |             |  |
|                          |   |  |  |                           |                          | <b>TRP-010</b>   |          |           |            |             |  |
|                          |   |  |  |                           |                          | <b>Eje biela</b> |          |           |            |             |  |
| <b>Escala</b><br><br>1:4 | <b>Material</b><br><br>Eje de transmisión<br>SAE 1018 | <b>Dimensiones en bruto</b><br><br>d= 50.8 mm<br>l=1100 mm | <b>Medidas sin tolerancias</b><br><br>DIN 7168 | <b>Grado de precisión</b> | <b>Medidas nominales</b> |                  |          |           |            |             |  |
|                          |   |  |  |                           | 1 a 5                    | 5 a 30           | 30 a 100 | 100 a 300 | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |  |
|                          |   |  |  |                           | ±0,1                     | ±0,2             | ±0,3     | ±0,5      | ±0,8       | ±1,2        |  |



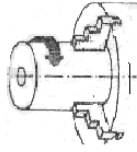
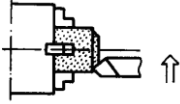
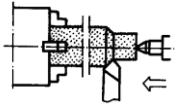

| Fase | Subfase | Op. | Designación  | Croquis | Útil                     | Cont   | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m   | P mm | Tiempo min. |
|------|---------|-----|--|---------|--------------------------|--------|-----------|---------|----------|----------|------|-------------|
|      |         |     |  |         |                          |        |           |         |          |          |      |             |
| 1    | 1       | 11  | Fijar pieza en plato de 3 garras.                          |         | Plato<br>80              |        | -         | -       | -        | -        | -    | 2           |
|      |         | 12  | Refrentar cara 1   |         | Cuchilla ¼ HSS<br>Calib. | 1      | 60        | 272     |          | 1.5      | 2    |             |
|      | 2       | 21  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D1 = 48 mm L = 208 mm |         | Cuchilla ¼ HSS<br>Calib. | 3      |           | 540     | 0.25     | 1.5-0.25 | 3    |             |
|      |         | 22  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D2=45 mm L = 109 mm   |         | Cuchilla ¼ HSS<br>Calib. | 2      |           | 540     | 0.25     | 1.5-0.25 | 1    |             |
|      | 3       | 31  | Verificar medidas  |         |                          | Calib. |           |         |          |          |      |             |

| Fase                   | Subfase | Op. | Designación   | Croquis   | Útil  | Cont              | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | P mm     | Tiempo min. |
|------------------------|---------|-----|---|---|---|-------------------|-----------|---------|----------|--------|----------|-------------|
| Torno                  | 1       | 11  | Fijar pieza en plato de 3 garras.                                       |  | Plato<br>80   |                   | -         | -       | -        | -      | -        | 2           |
|                        |         | 12  | Refrentar cara 2  |  | Cuchilla ¼ HSS  | Calib.            | 1         | 60      | 272      |        | 1.5      | 2           |
|                        | 2       | 21  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D2 = 45 mm L = 136 mm              |  | Cuchilla ¼ HSS  | Calib.            | 4         |         | 540      | 0.25   | 1.5-0.25 | 2           |
|                        |         | 22  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D3 = 38 mm L = 29 mm               |   | Cuchilla ¼ HSS  | Calib.            | 5         |         | 540      | 0.25   | 1.5-0.25 | 0.8         |
|                        | 3       | 31  | Verificar medidas   |   |   | Calib             |           |         |          |        |          |             |
| Fresadora              | 1       | 11  | Colocación de la pieza en el divisor ubicado en la base de la fresadora |   | Fresadora<br>Divisor<br>Apoyo   | Nivel<br>Escuadra | -         | -       | -        | -      | -        | 8           |
|                        |         | 2   | 21  | Perforar en sección A 3.25 x 27 mm  | Fresa   |                   | 2         | -       | 272      | -      | 2        | 1.5         |
|                        |         |     | 22  | Perforar en sección C 3.25 x 22 mm  |  | Fresa             |           | 2       | -        | 272    | -        | 2           |
|                        | 3       | 31  | Verificar medidas   |   |   | Calib.            |           |         |          |        |          |             |
| Mantual                | 1       | 11  | Redondear bordes, con chaflan de 3mm de radio                           |   | Lima Red.   |                   |           |         |          |        |          | 10          |
| Tiempo total utilizado |         |     |   |   |   |                   |           |         |          |        |          | 33.6        |

|                          |   |   |  |                           |                          |                 |                  |                   |                    |                     |  |
|--------------------------|---|---|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--|
| <b>4.4.11</b>            |   | <b>Hoja de proceso</b>                                  |  |                           |                          | <b>Cant: 1</b>  |                  |                   |                    |                     |  |
|                          |   |   |  |                           |                          | <b>TRP-011</b>  |                  |                   |                    |                     |  |
|                          |   |   |  |                           |                          | <b>Eje leva</b> |                  |                   |                    |                     |  |
| <b>Escala</b><br><br>1:4 | <b>Material</b><br><br>Eje de transmisión<br>SAE 1018 | <b>Dimensiones en bruto</b><br><br>d= 48 mm<br>l=700 mm | <b>Medidas sin tolerancias</b><br><br>DIN 7168 | <b>Grado de precisión</b> | <b>Medidas nominales</b> |                 |                  |                   |                    |                     |  |
|                          |   |   |  |                           | 1 a 5<br>±0,1            | 5 a 30<br>±0,2  | 30 a 100<br>±0,3 | 100 a 300<br>±0,5 | 300 a 1800<br>±0,8 | 1800 a 2000<br>±1,2 |  |

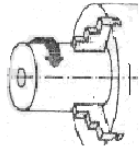
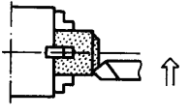
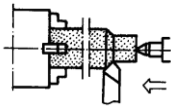



| Fase  | Subfase | Op. | Designación  | Croquis | Útil           | Cont   | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | P mm     | Tiempo min. |
|-------|---------|-----|--|---------|----------------|--------|-----------|---------|----------|--------|----------|-------------|
| Torno | 1       | 11  | Fijar pieza en plato de 3 garras.                          |         | Plato<br>80    |        | -         | -       | -        | -      | -        | 2           |
|       |         | 12  | Refrentar cara 1   |         | Cuchilla ¼ HSS | Calib. | 1         | 60      | 272      |        | 1.5      | 2           |
|       | 2       | 21  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D1 = 38 mm L = 452 mm |         | Cuchilla ¼ HSS | Calib. | 7         |         | 540      | 0.25   | 1.5-0.25 | 14          |
|       |         | 22  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D2=36.5 mm L = 110 mm |         | Cuchilla ¼ HSS | Calib. | 2         |         | 540      | 0.25   | 1.5-0.25 | 1           |
|       |         | 23  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D3=35 mm L = 51 mm    |         | Cuchilla ¼ HSS | Calib. | 2         |         | 540      | 0.25   | 1.5-0.25 | 1           |
|       | 3       | 31  | Verificar medidas  |         |                | Calib. |           |         |          |        |          |             |

| F                               | S  | Op.               | Designación   | Croquis  | Útil                          | Cont                  | N.º<br>pasad | V<br>m/min | n<br>r.p.m. | A<br>mm/<br>m | P<br>mm      | Tiempo<br>min. |
|---------------------------------|----|-------------------|---|--|-------------------------------|-----------------------|--------------|------------|-------------|---------------|--------------|----------------|
| T<br>o<br>r<br>n<br>o<br><br>2  | 1  | 11                | Fijar pieza en plato de 3 garras.                                       |   | Plato<br><br>80               |                       | -            | -          | -           | -             | -            | 2              |
|                                 |    | 12                | Refrentar cara 2  |   | Cuchilla ¼<br>HSS             | Calib.                | 1            | 60         | 272         |               | 1.5          | 2              |
|                                 | 2  | 21                | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D3 = 35 mm L = 60 mm               |   | Cuchilla ¼<br>HSS             | Calib.                | 9            |            | 540         | 0.25          | 1.5-<br>0.25 | 4.5            |
|                                 | 3  | 31                | Verificar medidas   |  |                               | Calib.                |              |            |             |               |              |                |
| F<br>r<br>e<br>s<br>a<br><br>1  | 1  | 11                | Colocación de la pieza en el divisor ubicado en la base de la fresadora |  | Fresadora<br>Divisor<br>Apoyo | Nivel<br>Escu<br>adra | -            | -          | -           | -             | -            | 8              |
|                                 | 2  | 21                | Perforar en sección B 5 x 41 mm   |  | Fresa                         |                       | 3            | -          | 272         | -             | 2            | 5.2            |
|                                 |    | 22                | Perforar en sección C 5 x 19 mm   |  | Fresa                         |                       | 3            | -          | 272         | -             | 2            | 2.5            |
| 3                               | 31 | Verificar medidas |   |  | Calib.                        |                       |              |            |             |               |              |                |
| M<br>a<br>n<br>u<br>a<br>l<br>1 | 1  | 11                | Redondear bordes, con chaflan de 3mm de radio                           |  |                               | Lima<br>Red.          |              |            |             |               |              | 10             |
| Tiempo total utilizado          |    |                   |   |  |                               |                       |              |            |             |               |              | 54.2           |



| 4.4.12 |                                | Hoja de proceso         |                                   |  |                   | Cant: 1        |           |           |            |             |      |             |     |
|--------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|-------------------|----------------|-----------|-----------|------------|-------------|------|-------------|-----|
|        |                                |                         |                                   |  |                   | TRP-012        |           |           |            |             |      |             |     |
|        |                                |                         |                                   |  |                   | Eje principal  |           |           |            |             |      |             |     |
| Escala | Material                       | Dimensiones en bruto    | Medidas sin tolerancias           | Grado de precisión   | Medidas nominales |                |           |           |            |             |      |             |     |
|        |                                |                         |                                   |  | 1 a 5             | 5 a 30         | 30 a 100  | 100 a 300 | 300 a 1800 | 1800 a 2000 |      |             |     |
| 1:4    | Eje de transmisión<br>SAE 1018 | d= 50.8 mm<br>l=1100 mm | DIN 7168                          |  | ±0,1              | ±0,2           | ±0,3      | ±0,5      | ±0,8       | ±1,2        |      |             |     |
|        |                                |                         |                                   |  |                   |                |           |           |            |             |      |             |     |
| Fase   | Sufla                          | Op.                     | Designación                       | Croquis  | Útil              | Cont           | N.º pasad | V m/min   | n r.p.m.   | A mm/m      | P mm | Tiempo min. |     |
| Torno  | 1                              | 11                      | Fijar pieza en plato de 3 garras. |  | Plato<br>80       |                | -         | -         | -          | -           | -    | 2           |     |
|        |                                | 12                      | Refrentar cara 1                  |  | Cuchilla ¼ HSS    | Calib.         | 1         | 60        | 272        |             | 1.5  | 2           |     |
|        |                                | 2                       | 21                                | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D1 = 44.5 mm L = 202 mm |                   | Cuchilla ¼ HSS | Calib.    | 5         |            | 540         | 0.25 | 1.5-0.25    | 5   |
|        |                                |                         | 22                                | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D2=38 mm L = 109 mm     |                   | Cuchilla ¼ HSS | Calib.    | 5         |            | 540         | 0.25 | 1.5-0.25    | 2.5 |
|        |                                |                         | 23                                | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D4=35 mm L = 48.9 mm    |                   | Cuchilla ¼ HSS | Calib.    | 3         |            | 540         | 0.25 | 1.5-0.25    | 1.5 |
|        |                                | 3                       | 31                                | Verificar medidas  |                   |                | Calib.    |           |            |             |      |             |     |

| F a l s e              | S u b f a | Op. | Designación   | Croquis   | Útil                    | Cont           | N.º pasad | V m/min | n r.p.m. | A mm/m | P mm     | Tiempo min. |
|------------------------|-----------|-----|---|---|-------------------------|----------------|-----------|---------|----------|--------|----------|-------------|
| T o r n o              | 1         | 11  | Fijar pieza en plato de 3 garras.                                       |    | Plato 80                |                | -         | -       | -        | -      | -        | 2           |
|                        |           | 12  | Refrentar cara 2  |    | Cuchilla ¼ HSS          | Calib.         | 1         | 60      | 272      |        | 1.5      | 2           |
|                        | 2         | 21  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D3 = 38 mm L = 121 mm              |    | Cuchilla ¼ HSS          | Calib.         | 9         |         | 540      | 0.25   | 1.5-0.25 | 4.5         |
|                        |           | 22  | Sujeto con el contrapunto, cilindrar D4 = 35 mm L = 40.5 mm             |   | Cuchilla ¼ HSS          | Calib.         | 3         |         | 540      | 0.25   | 1.5-0.25 | 1.5         |
|                        | 3         | 31  | Verificar medidas   |   |                         | Calib.         |           |         |          |        |          |             |
| F r e s a              | 1         | 11  | Colocación de la pieza en el divisor ubicado en la base de la fresadora |   | Fresadora Divisor Apoyo | Nivel Escuadra | -         | -       | -        | -      | -        | 8           |
|                        |           | 21  | Perforar en sección B 5 x 16 mm   |  | Fresa                   |                | 3         | -       | 272      | -      | 2        | 1.8         |
|                        |           |     | Perforar en sección C 5 x 20 mm   |   | Fresa                   |                | 3         | -       | 272      | -      | 2        | 2.5         |
|                        |           |     | Perforar en sección D 5 x 20 mm   |   | Fresa                   |                | 3         | -       | 272      | -      | 2        | 2.5         |
|                        | 3         | 31  | Verificar medidas   |   |                         | Calib.         |           |         |          |        |          |             |
| M a n u a l            | 1         | 11  | Redondear bordes, con chaffán de 3mm de radio                           |   |                         | Lima Red.      |           |         |          |        | 10       |             |
| Tiempo total utilizado |           |     |   |   |                         |                |           |         |          |        |          | 47.8        |

## **CAPITULO 5**

### **ARRANQUE Y PUESTA A PUNTO**

#### **5.1. PRUEBAS**

Con la máquina terminada se realiza las primeras pruebas de funcionamiento, para esto se prescindirá de los paneles que cubren las partes motrices a fin de observar el funcionamiento de todos los componentes. Cada una de las pruebas debe contar con el aval del gerente de producción de la empresa.

##### **5.1.1 PRUEBAS MANUALES**

El proceso de pruebas consiste en observar el correcto funcionamiento de los mecanismos. El proceso de pruebas como los registros se muestra en el Anexo 18.

##### **5.1.2 PRUEBAS AUTOMATICAS**

El proceso de pruebas consiste en observar el correcto funcionamiento de los mecanismos ahora acoplado el moto reductor. El proceso de pruebas como los registros se muestra en el Anexo 19.

##### **5.1.3 PRUEBAS CON MATERIA PRIMA**

Una vez que se ha comprobado el correcto funcionamiento de la máquina sola es el momento de comprobarla con la materia prima. En estas pruebas se ve posibles fallas en el diseño, imprevistos, o problemas causados por las propiedades de la materia prima.

El proceso de pruebas como los registros se muestra en el Anexo 20.

#### **5.2 PUESTA A PUNTO Y CALIBRACION**

Una vez realizadas las pruebas y los correctivos correspondientes a los defectos o fallas encontradas, llega el momento de calibrar la maquina para su perfecto funcionamiento, esto se realiza ajustando resortes de los expulsos, regulando la longitud ajustable del brazo de biela, o calibrando la elevación de la leva de cuña inferior.

Este tipo de calibración o ajuste fino se modificara a la par que cambie las propiedades de la materia prima, diferente para cada tipo de jabón, y se la realizara mediante el proceso de prueba y error.

El proceso de pruebas así como los parámetros de control se muestra en el Anexo 21.

### **5.3 ANALISIS DE RESULTADOS**

Luego de las pruebas y puesta punto los resultados muestran resultados satisfactorios aceptables para el trabajo en la empresa. Todas las pruebas, correcciones, modificaciones y resultados finales cuentan con el aval de La Dra. Maria Eugenia Estupiñán gerente de producción del área de jabonaría de Química RIANDI Cia. Ltda. al momento de realización de las pruebas.

## **CAPITULO 6**

### **ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO**

Para efectuar una selección correcta acerca de un proyecto, hay que contar con una información de los diferentes tipos de costos y sus patrones de comportamiento es vital para una toma de decisiones sea efectiva. De esta forma se podrá determinar la rentabilidad del proyecto y el tiempo de recuperación de la inversión, mediante los indicadores de desempeño económico.

#### **6.1 ANALISIS ECONOMICO**

Para determinar el costo total del proyecto, es necesario considerar todos aquellos costos que incurrieron a lo largo del proyecto.

Los elementos de costo de un producto o sus componentes son:

- Costos directos
- Costos indirectos , y se obtiene el Costo total ( costos directos + costos indirectos )

##### **6.1.1 COSTOS DIRECTOS**

Son aquellos costos en los cuales se pueden asociar a la fabricación de la maquina estampadora y se los puede dividir en

- Costos de materiales
- Costo de uso maquina-herramientas
- Costo de mano de obra.

##### **6.1.1.1 COSTOS DE MATERIALES**

Son los principales recursos que se usan en la producción, estos se transforman en bienes terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos de producción. El costo de materiales puede dividirse en materiales directos e indirectos de la siguiente manera.

### 6.1.1.1 MATERIALES DIRECTOS

Son todos los que pueden identificarse en la fabricación de la maquina estampadora

| ITEM | MATERIAL  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|------|---|----------|----------------|-------------|
| 1    | Motoreductor1<br>HP 90 R.P.M.                               | 1        | 215.40         | 215.40      |
| 2    | Eje transmisión SAE 1018<br>D= 2pulg L=110 cm (18.5 Kg )    | 2        | 36.08          | 72.16       |
| 3    | Eje transmisión SAE 1018 D= 48<br>mm L=70 cm ( 12 Kg )      | 1        | 23.40          | 23.40       |
| 4    | Perfil L 50*50*2  | 2        | 12.14          | 24.28       |
| 5    | Perfil L 25*25*2  | 1        | 5.17           | 5.17        |
| 6    | Chumaceras D=35 UCP   | 2        | 11.32          | 22.64       |
| 7    | Chumaceras D=40 UCP   | 2        | 12.75          | 38.25       |
| 8    | Chumaceras D=45 UCP   | 2        | 20.55          | 41.10       |
| 9    | Catalinas Z=12 N°=60  | 2        | 15.12          | 30.24       |
| 10   | Catalinas Z=20 N°=60  | 2        | 16.98          | 33.96       |
| 11   | Catalinas Z=36 N°=60  | 2        | 38.00          | 76.00       |
| 12   | Tocho Bronce Fosforito<br>D=150 mm e=30 (0.80 Kg)           | 2        | 21.00          | 16.80       |
| 13   | Eje de acero inoxidable<br>A 304 D=10 mm<br>L=6mm ( 33 Kg ) | 1        | 110.55         | 110.55      |
| 14   | Barra cuadrara SAE 1010<br>L=1m ( 3 Kg)                     | 1        | 9.78           | 9.78        |
| 15   | Eje acero 1045<br>D= 11 pulg. e= 2 pulg                     | 1        | 95.12          | 95.12       |
| 16   | Pernos, rodela y tuercas<br>¼ inox                          | 6        | 0.19           | 1.14        |
| 17   | Pernos, rodela y tuercas<br>5/16 inox.                      | 6        | 0.21           | 1.26        |
| 18   | Rodachines 1 pulgada  | 5        | 3.15           | 15.75       |

| <b>ITEM</b>  | <b>MATERIAL</b>                    | <b>CANTIDAD</b> | <b>COSTO<br/>UNITARIO</b> | <b>COSTO<br/>TOTAL</b> |
|--------------|------------------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| 19           | Eje de bronce D=1/2 pulgada        | 1               | 9.78                      | 9.78                   |
| 20           | ½ Plancha Ao inox e=6mm            | 1               | 298.60                    | 298.60                 |
| 21           | 2 Plancha Ao inox<br>e=0.7mm       | 2               | 40.55                     | 81.11                  |
| 22           | Plancha de teflón-silicon<br>e=3mm | 1               | 32.15                     | 32.15                  |
| 23           | Interruptores                      | 1               | 5.63                      | 5.63                   |
| 24           | Cable sólido 10 AWG                | 20 m            | 0.45                      | 9                      |
| <b>TOTAL</b> |                                    |                 |                           | <b>1292.53</b>         |

**Tabla 6.1 Costos Materiales directos**

#### 6.1.1.1.2 MATERIALES INDIRECTOS

Son aquellos involucrados en la elaboración de producto, pero no son materiales directos,

| <b>ITEM</b>  | <b>MATERIAL</b>         | <b>CANTIDAD</b> | <b>COSTO<br/>UNITARIO</b> | <b>COSTO<br/>TOTAL</b> |
|--------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| 1            | Electrodo AGA 6011      | 2 Kg.           | 2.95                      | 5.90                   |
| 2            | Disco Corte             | 3               | 3.20                      | 9.60                   |
| 3            | Disco Desbaste          | 3               | 3.75                      | 11.25                  |
| 4            | Sierra de corte         | 2               | 2.50                      | 5.00                   |
| 5            | Broca cobalto ¼ pulg.   | 6               | 4.20                      | 25.20                  |
| 6            | Broca cobalto ½ pulg.   | 3               | 6.70                      | 20.10                  |
| 7            | Lija Fandelli 240       | 10              | 0.35                      | 3.50                   |
| 8            | Pintura Duracolor Verde | 2 GAL           | 13.25                     | 26.50                  |
| <b>TOTAL</b> |                         |                 |                           | <b>107.05</b>          |

**Tabla 6.2 Costos materiales indirectos**

### 6.1.1.2 COSTO USO MAQUINA-HERRAMIENTA

Son los costos por el uso de la maquinaria que se utilizó, en este rubro se incluye el uso de torno, fresa y soldadora, es decir las herramientas que se manejó para la construcción de la máquina estampadora.

| ITEM         | ACTIVIDAD   | HORAS<br>MÀQUINA | COSTO<br>UNITARIO | COSTO<br>TOTAL |
|--------------|---|------------------|-------------------|----------------|
| 1            | Soldadura<br>Talleres Industrias Químicas Riandi  | 48               | 1.50              | 72.00          |
| 2            | Fresado<br>Talleres Industrias Chemequip          | 4                | 4.50              | 18.00          |
| 3            | Torneado<br>Talleres Industrias Químicas Riandi   | 8                | 4.50              | 36.00          |
| 4            | Cerrajería<br>Talleres Industrias Químicas Riandi | 20               | 1.50              | 30.00          |
| <b>TOTAL</b> |   |                  |                   | <b>156.00</b>  |

**Tabla 6.3 Costo uso Maquina Herramienta**

### 6.1.1.3 COSTO MANO DE OBRA

Es el esfuerzo físico o mental empleados en la fabricación de la máquina estampadora.

| ITEM         | ACTIVIDAD                  | HORAS<br>HOMBRE | COSTO<br>UNITARIO | COSTO<br>TOTAL |
|--------------|----------------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| 1            | Diseño – Ingeniería -      | 70              | 8.25              | 577.50         |
| 2            | Dibujo – Ingeniería -      | 40              | 5.50              | 220.00         |
| 3            | Soldador, Armador, Cortado | 180             | 3.30              | 594.00         |
| 4            | Tornero                    | 100             | 4.50              | 450            |
| 5            | Fresador                   | 50              | 4.50              | 225            |
| 6            | Ayudante de taller         | 200             | 1.90              | 380            |
| <b>TOTAL</b> |                            |                 |                   | <b>2446.50</b> |

**Tabla 6.4 Costos Mano de Obra**



### 6.1.2 COSTOS INDIRECTOS

Son los costos indirectos de fabricación que no pueden identificarse directamente con la máquina estampadora.

| <b>ITEM</b>  | <b>ACTIVIDAD</b>                    | <b>UNIDAD</b> | <b>COSTO UNITARIO</b> | <b>COSTO TOTAL</b> |
|--------------|-------------------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 1            | Servicios básicos –<br>Ingeniería - | 110 Horas     | 2.35                  | 258.50             |
| 2            | Transporte                          | 31 Km.        | 2.50                  | 77.50              |
| 3            | Combustible                         | 20 GAL        | 1.98                  | 39.60              |
| 4            | Alimentación                        | 20            | 1.50                  | 30                 |
| 5            | Colaboradores                       | 100 HH        | 1.90                  | 190                |
| 6            | Imprevistos                         | 1             | 200                   | 200                |
| <b>TOTAL</b> |                                     |               |                       | <b>795.60</b>      |

**Tabla 6.5 Costos Indirectos**

### 6.1.3 COSTOS TOTAL

Es la suma de todos los costos incluidos en la fabricación de la máquina estampadora

|                          |                              |                |
|--------------------------|------------------------------|----------------|
| <b>COSTOS MATERIALES</b> | Costos materiales directos   | 1292.53        |
|                          | Costos materiales indirectos | 107.05         |
| <b>TOTAL</b>             |                              | <b>1399.58</b> |

**Tabla 6.6 Total Costos Materiales**

|                        |                                |                |
|------------------------|--------------------------------|----------------|
| <b>COSTOS DIRECTOS</b> | Costos Materiales              | 1399.58        |
|                        | Costos Uso máquina Herramienta | 156.00         |
|                        | Costos Mano de obra            | 2446.50        |
| <b>TOTAL</b>           |                                | <b>4002.08</b> |

**Tabla 6.7 Total Costos Directos**

|                           |                   |                |
|---------------------------|-------------------|----------------|
| <b>COSTO TOTAL</b>        | Costos directos   | 4002.08        |
|                           | Costos indirectos | 795.60         |
| <b>TOTAL</b>              |                   | <b>4797.68</b> |
| <b>TOTAL DESEMBOLSADO</b> |                   | <b>3870.50</b> |

**Tabla 6.8 Costo Total**

## 6.2 ANALISIS FINANCIERO

Para determinar la vida útil de la cual dispondrá nuestra máquina, nos basamos en la producción que la misma debe abastecer a Industria Químicas RIANDI, la que en el primer y segundo año tienen estimado realizar una producción de 200 Cajas de producto terminado ( jabones cosméticos de 10 gramos ), en la que cada caja contiene 1000 jabones.

| <b>AÑO</b>   | <b>CANTIDAD<br/>CAJAS</b> | <b>PRECIO <sup>1</sup><br/>USD</b> | <b>INGRESO<br/>ANUAL</b> |
|--------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1            | 12000                     | 21.00                              | 252000                   |
| 2            | 12000                     | 21.98                              | 263760                   |
| 3            | 16000                     | 23.00                              | 368000                   |
| 4            | 20000                     | 24.07                              | 481400                   |
| 5            | 24000                     | 25.19                              | 604560                   |
| <b>TOTAL</b> |                           |                                    | <b>1969720</b>           |

**Tabla 6.9 Producción mensual**

<sup>1</sup> El incremento de precio está basado en el aumento inflacionario del país del 4.65%

Parar determinar los egresos del proyecto, debemos considerar que nuestra máquina estampadora es un proyecto complementario al que ya posee Industria Químicas RIANDI, motivo por el cual se debe considerar que la materia prima y la mezcla y homogenización realizada en el reactor, son alrededor del 70% del producto.

En cuanto a los gastos directos se consideró un rubro por mano de obra directa, la cual se incrementa por disposición gubernamental en un 4.65%. de acuerdo a la inflación de nuestro país. En lo que tiene que ver a los gastos indirectos se ven inmersos los

servicios básicos, en los cuales consta principalmente la electricidad, son alrededor de 100 USD mensuales, o lo que sería 1200 USD anuales. Además como gastos indirectos se consideraron, costo de mano de obra de 160 USD que corresponde al salario de un operador en el sector industrial; costos de mantenimiento alrededor de 30 USD mensuales, considerando el aceite lubricante y repuestos; el rubro de imprevistos por 35 USD, ya que sería el combustible que se usaría en la planta generadora que posee la empresa patrocinante.

| <b>AÑOS</b>                  | <b>1</b>          | <b>2</b>          | <b>3</b>          | <b>4</b>          | <b>5</b>          |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Costos directos</b>       |                   |                   |                   |                   |                   |
| Materia Prima Directa        | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00              |
| Mano de obra directa         | 1.920,00          | 2.009,28          | 2.102,71          | 2.200,49          | 2.302,81          |
| <b>Costos indirectos</b>     |                   |                   |                   |                   |                   |
| Materia Prima Indirecta      | 163.800,00        | 171.444,00        | 239.200,00        | 312.910,00        | 392.964,00        |
| Mano de obra indirecta       | 36.400,00         | 38.092,60         | 39.863,91         | 41.717,58         | 43.657,44         |
| Mantenimiento                | 360,00            | 360,00            | 360,00            | 360,00            | 360,00            |
| Transporte y movilización    | 600,00            | 600,00            | 600,00            | 600,00            | 600,00            |
| Imprevistos                  | 420,00            | 420,00            | 420,00            | 420,00            | 420,00            |
| Seguridad e Higiene personal | 720,00            | 720,00            | 720,00            | 720,00            | 720,00            |
| Servicios básicos            | 1.200,00          | 1.200,00          | 1.200,00          | 1.200,00          | 1.200,00          |
| Seguro                       | 48,00             | 48,00             | 48,00             | 48,00             | 48,00             |
| <b>TOTAL GASTOS</b>          | <b>205.468,00</b> | <b>214.893,88</b> | <b>284.514,62</b> | <b>360.176,07</b> | <b>442.272,26</b> |

**Tabla 6.10 Egresos del proyecto<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> Se considera materia prima 0.00 debido a que es un proyecto complementario

Para el análisis económico se utilizan índices de desempeño dentro de los cuales tenemos:

### **6.2.1 VALOR ACTUAL NETO ( VAN )**

Determinar el Valor actual neto (VAN), significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente términos formales de evaluación económica, cuando

se trasladan cantidades del presente al futuro, es decir la cantidad de dinero necesaria invertir el día de hoy a una tasa determinada<sup>3</sup>, durante un periodo de tiempo determinado

| <b>AÑOS</b>  | <b>INGRESO<br/>TOTAL</b> | <b>EGRESO<br/>TOTAL</b> | <b>FLUJO</b>      |
|--------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1            | 252000                   | 205.468,00              | 46.532,00         |
| 2            | 263760                   | 214.893,88              | 48.866,12         |
| 3            | 368000                   | 284.514,62              | 83.485,38         |
| 4            | 481400                   | 360.176,07              | 121.223,93        |
| 5            | 604560                   | 442.272,26              | 162.287,74        |
| <b>TOTAL</b> |                          |                         | <b>462.395,18</b> |

**Tabla 6.11 Flujo total**

La consideración que el Valor actual neto (VAN), es traer a tiempo presente una inversión, ésta no debe ser cero o ninguna cantidad negativa, lo que significaría que no es un proyecto rentable

<sup>3</sup> Se considerará la tasa pasiva (4.65%) y el riesgo país (7.5 %)

| <b>AÑOS</b> | <b>FLUJO</b> | <b>VAN</b>     |                   |                |                |                |                |
|-------------|--------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|             |              | <b>i = 10%</b> | <b>i = 12,15%</b> | <b>i = 15%</b> | <b>i = 20%</b> | <b>i = 30%</b> | <b>i = 40%</b> |
| <b>1</b>    | 1861,28      | -3105,6        | <b>-3138,0</b>    | -3179,2        | -3246,6        | -3365,9        | -3468,2        |
| <b>2</b>    | 1954,64      | -1405,3        | <b>-1500,7</b>    | -1620,0        | -1811,4        | -2137,5        | -2404,2        |
| <b>3</b>    | 3339,42      | 3507,0         | <b>3202,4</b>     | 2827,0         | 2236,7         | 1267,1         | 508,4          |
| <b>4</b>    | 4848,96      | 10572,9        | <b>9883,9</b>     | 9046,0         | 7755,0         | 5706,3         | 4169,2         |
| <b>5</b>    | 6491,51      | 19810,2        | <b>18516,1</b>    | 16962,9        | 14615,9        | 11012,8        | 8413,6         |

**Tabla 6.12 Calculo del VAN**

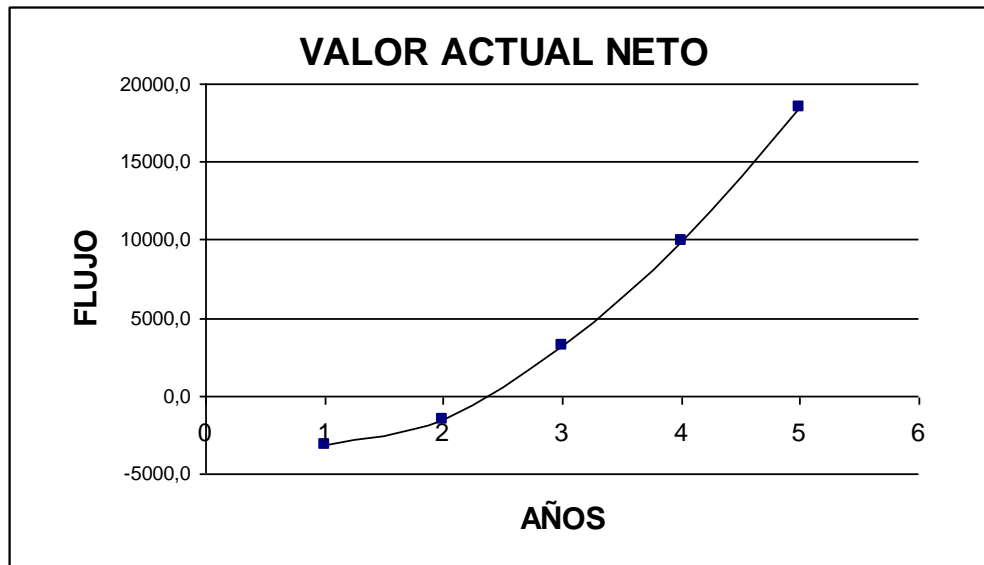


Figura 6.1 Flujo vs. VAN

El proyecto es confiable debido a que es positivo en casi todos los casos, lo cual indica que es un proyecto viable, debido a la utilidad que esta representaría en caso de ser construida .

Con estos datos se procede al siguiente paso que es el cálculo del TIR (Tasa interna de retorno).

### 6.2.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Es la tasa de descuento que equipará el valor presente de las entradas de efectivo con la inversión inicial del proyecto. El cálculo del TIR no es tarea fácil por lo que es mejor hacerlo con un paquete informativo financiero o una calculadora financiera

|            |                          |
|------------|--------------------------|
| -4797,68   | <b>Inversión inicial</b> |
| -3138,046  | <b>VAN 1er año</b>       |
| -1500,73   | <b>VAN 2do año</b>       |
| 3202,4031  | <b>VAN 3er año</b>       |
| 9883,89    | <b>VAN 4to año</b>       |
| 18516,065  | <b>VAN 5to año</b>       |
| <b>37%</b> | <b>TIR<sup>4</sup></b>   |

Tabla 6.12 Calculo del VAN

### 6.2.3 CALCULO DE LA DEPRECIACIÓN DE LA MÁQUINA ESTAMPADORA

|                                       |         |      |
|---------------------------------------|---------|------|
| <b>VALOR DE LA MÁQUINA</b>            | 4797,68 | USD  |
| <b>VIDA ÚTIL (n)</b>                  | 5       | años |
| <b>VALOR DE SALVAMENTO<br/>(2/n)%</b> | 20      | %    |

**Tabla 6.13 Depreciación Simple**

| <b>AÑOS</b>                   | <b>VALOR</b> | <b>DEPRECIACIÓN</b> | <b>VALOR FINAL</b> |
|-------------------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| 1                             | 4797,68      | 959,54              | 3838,14            |
| 2                             | 3838,14      | 767,63              | 3070,52            |
| <b>AÑOS</b>                   | <b>VALOR</b> | <b>DEPRECIACIÓN</b> | <b>VALOR FINAL</b> |
| 3                             | 3070,52      | 614,10              | 2456,41            |
| 4                             | 2456,41      | 491,28              | 1965,13            |
| 5                             | 1965,13      | 393,03              | 1572,10            |
| <b>VALOR FINAL APROXIMADO</b> |              |                     | <b>1572,10</b>     |

**Tabla 6.13 Depreciación Simple**

La depreciación compuesta con la formula

<sup>4</sup> Formula obtenido del paquete informático EXCEL de Microsoft

$$Depreciación = \frac{(Valor\_de : máquina) - (Valor\_final\_aproximado)}{n}$$

$$Depreciación = \frac{4797.68 - 1572.10}{5}$$

$$Depreciación = 645.11$$

| <b>AÑOS</b>                   | <b>VALOR</b> | <b>DEPRECIACIÓN</b> | <b>VALOR FINAL</b> |
|-------------------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| 1                             | 4797,68      | 645,11              | 4152,57            |
| 2                             | 4152,57      | 645,11              | 3507,46            |
| 3                             | 3507,46      | 645,11              | 2862,35            |
| 4                             | 2862,35      | 645,11              | 2217,24            |
| 5                             | 2217,24      | 645,11              | 1572,13            |
| <b>VALOR FINAL APROXIMADO</b> |              |                     | <b>1572,13</b>     |

**Tabla 6.14 Depreciación compuesta**

# **CAPITULO 7**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

#### **7.1.1. CONCLUSION GENERAL**

- Se diseñó y construyó una máquina que estampa jabones de 10 gr. Ovalados, de alimentación continua manual.
- En el proceso se involucró el uso de los conocimientos adquiridos referentes al uso de mecanismos, proceso de manufactura y cálculo de resistencia en los materiales.

#### **7.1.2. CONCLUSIONES ESPECIFICAS**

- Se realizó un análisis de las situaciones y equipos de la empresa relacionados al proyecto.
- Se realizó un diseño de un sistema mecánico que permite troquelar y estampar jabones de 10 y 12 gramos.
- Se construyó una máquina que troquela y estampa jabones de 10 y 12 gramos.
- Se entregó manuales de usuarios y de funcionamiento así como el respaldo teórico que respalda el diseño.
- Las pruebas realizadas contaron con el aval de los directivos de la empresa.
- La máquina estampadora alcanzo una producción experimental de 720 jabones en una hora.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda para un mejor funcionamiento y duración seguir los parámetros de limpieza y mantenimiento indicados en el manual de usuario.
  
- Se recomienda a nuestra empresa patrocinante realizar proyectos complementarios al nuestro como puede:
  - Una máquina empacadora.
  - Una máquina alimentadora de materia reprocesada.

- Un sistema de alimentación automático.
- Un sistema de control eléctrico independiente y único para la máquina proyecto.

## **BIBLIOGRAFIA**

- DIBUJO DE INGENIERIA y Tecnología Grafica. Tomo I
- DIBUJO DE INGENIERIA y Tecnología Grafica. Tomo II
- DIBUJO DE INGENIERIA y Tecnología Grafica. Tomo III
- DIBUJO DE INGENIERIA y Tecnología Grafica. Tomo VI
- CATALOGO DE ACEROS IBCA 2006
- CATALOGO DE TRANSMISION DE POTENCIA INTERMEC 2007 On line.
- DISEÑO DE MAQUINAS, Robert L. Norton, Prentice hall, Mexico 1999.
- TEORIA DE MAQUINAS Y MECANISMOS ASISTIDA CON COMPUTADORA, Ing. Fernando Olmedo, Editorial Politécnica , Sta Clara – valle de los chillos. 2003
- MAQUINAS PRONTUARIO, Nicolás Larburu Arrizabalaga, PARANINFO s.a., 1990
- SOLUCIONES PRACTICAS PARA EL INGENIERO MECANICO. J. Edgard Pope, McGraw-Hill, Mexico,200