

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA  
INDEPENDIENTE PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO

TEMA:

ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO MANUAL DE TOSTADO DEL  
HABA Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE OBTENCIÓN DEL PRODUCTO  
TERMINADO, PARA LA EMPRESA GRANOFA CÍA. LTDA.

AUTOR:

Alex Omar Heredia Tipán

TUTOR:

Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda

Ambato-Ecuador

2012

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

### **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el Tema; ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO MANUAL DE TOSTADO DEL HABA Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE OBTENCIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO, PARA LA EMPRESA GRANOFA CÍA. LTDA. Realizado por el Sr. Alex Omar Heredia Tipán, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Noviembre 2012

.....  
Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda

TUTOR

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Alex Omar Heredia Tipán, expreso que el tema, objetivos, conclusiones, recomendaciones, análisis de los resultados y la propuesta, con excepción de conceptos y definiciones en la presente investigación, previo la obtención del Título de Ingeniero Mecánico son absolutamente originales, auténticos y personales.

.....  
Alex Omar Heredia Tipán

C.I. 0502463805

AUTOR

## **DEDICATORIA**

A la virgen y a Dios por mantenerme con salud y permitirme culminar con una etapa de mi vida tan anhelada, con mucho cariño a mis padres por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos y por saber guiarme con sus consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas e instituciones que de una u otra forma pusieron su granito de arena para la culminación de este proyecto, a mis padres por saber apoyarme a pesar de los momentos malos que a veces han pasado conmigo, a mi tutor Ing. Mg. Santiago Cabrera por la ayuda excepcional y paciencia en la realización de mi tesis, a mi enamorada Fernanda Moreano por su apoyo incondicional y que siempre me acompaño en todo momento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| Capítulo I.....                                      | 1  |
| 1. El problema.....                                  | 1  |
| 1.1 Tema .....                                       | 1  |
| 1.2 Planteamiento del problema .....                 | 1  |
| 1.2.1 Contextualización .....                        | 1  |
| 1.2.2 Análisis crítico .....                         | 2  |
| 1.2.3 Prognosis .....                                | 2  |
| 1.2.4 Formulación del problema.....                  | 3  |
| 1.2.5 Preguntas directrices.....                     | 3  |
| 1.2.6 Delimitación del objeto de investigación ..... | 3  |
| 1.3 Justificación .....                              | 4  |
| 1.4 Objetivos.....                                   | 4  |
| 1.4.1 General.....                                   | 4  |
| 1.4.2 Específicos .....                              | 4  |
| Capítulo II .....                                    | 5  |
| 2. Marco teórico.....                                | 5  |
| 2.1 Antecedentes investigativos.....                 | 5  |
| 2.2 Fundamentación filosófica.....                   | 6  |
| 2.2.1 Tostado de granos .....                        | 6  |
| 2.2.2 Preparación de harinas .....                   | 6  |
| 2.2.3 Variedades de haba .....                       | 7  |
| 2.2.4 Características del haba .....                 | 8  |
| 2.2.5 Sistemas de calentamiento para tueste.....     | 9  |
| 2.2.6 Proceso de tostado manual.....                 | 14 |
| 2.3 Fundamentación legal .....                       | 16 |

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| 2.4               | Categorías fundamentales .....   | 17 |
| 2.5               | Hipótesis .....  | 18 |
| 2.6               | Señalamiento de variables .....  | 18 |
| Capítulo III..... |  | 19 |
| 3.                | Metodología.....   | 19 |
| 3.1               | Modalidad básica de la investigación .....   | 19 |
| 3.1.1             | Selección del método de calentamiento a ejecutarse .....   | 19 |
| 3.2               | Nivel o tipo de investigación .....  | 22 |
| 3.3               | Población y muestra.....   | 23 |
| 3.3.1             | Población .....  | 23 |
| 3.3.2             | Muestra .....  | 23 |
| 3.4               | Operacionalización de variables .....  | 24 |
| 3.5               | Plan de recolección de la información.....   | 26 |
| 3.6               | Plan de procesamiento de la información.....   | 28 |
| Capítulo IV.....  |  | 29 |
| 4.                | Análisis e interpretación de resultados .....  | 29 |
| 4.1               | Análisis de los resultados.....  | 29 |
| 4.1.2             | Efecto de la presión de servicio de GLP y la masa sobre la temperatura en el proceso de tostado mecánico. .... | 29 |
| 4.1.3             | Análisis de tiempo - temperatura para diversas etapas del tostado manual.....                                  | 31 |
| 4.2               | Interpretación de datos.....   | 33 |
| 4.2.1             | Comparación entre los procesos de tostado manual y mecánico.....   | 33 |
| 4.3               | Verificación de hipótesis .....  | 35 |
| Capítulo V .....  |  | 37 |
| 5.                | Conclusiones y recomendaciones .....   | 37 |
| 5.1               | Conclusiones.....  | 37 |
| 5.2               | Recomendaciones .....  | 38 |

|   |    |
|---|----|
| Capítulo VI.....  | 39 |
| 6. Propuesta.....   | 39 |
| 6.1 Datos informativos.....   | 39 |
| 6.2 Antecedentes de la propuesta.....   | 39 |
| 6.2.1 Parámetros de diseño .....  | 39 |
| 6.3 Justificación .....   | 40 |
| 6.3.1 Seguridad y calidad.....  | 40 |
| 6.4 Objetivos.....  | 41 |
| 6.5 Análisis de factibilidad .....  | 41 |
| 6.5.1 Determinación del van.....  | 46 |
| 6.6 Fundamentación.....   | 47 |
| 6.6.1 Detalle del proceso de tueste .....   | 48 |
| 6.7 Metodología.....  | 49 |
| 6.7.1 Dimensionamiento de la cámara de tueste.....  | 49 |
| 6.7.2 Determinación del esfuerzo realizado en la cámara de tueste .....                     | 51 |
| 6.7.3 Cálculo del coeficiente de convección interno en la cámara de tueste.....             | 52 |
| 6.7.4 Cálculo de la temperatura en la superficie del haba durante el proceso de tueste..... | 55 |
| 6.7.5 Determinación del calor en el interior de la cámara de tueste .....                   | 58 |
| 6.7.6 Cálculo de la temperatura en la cámara de combustión ( $T_{cb}$ ).....                | 60 |
| 6.7.7 Determinación del coeficiente de convección en la cámara de combustión ....           | 61 |
| 6.7.8 Pérdidas de calor en la cámara de tueste .....  | 62 |
| 6.7.9 Perdidas de calor a través de las planchas soporte .....                              | 64 |
| 6.7.10 Diseño de la chimenea.....   | 67 |
| 6.7.11 Determinación de la energía que ingresa al sistema para el proceso de tueste.....    | 69 |
| 6.7.12 Cálculo de la dilatación en los componentes de la cámara de tueste .....             | 70 |



|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 6.7.13 | Diseño del sistema motriz de la cámara de tueste .....                       | 71  |
| 6.8    | Administración .....   | 110 |
| 6.9    | Previsión de la evaluación .....   | 111 |
| 6.9.1  | Arranque para operación diaria .....   | 111 |
| 6.9.2  | Programa de auto-mantenimiento para maquinas nuevas .....                    | 112 |
|        | Bibliografía .....   | 114 |
|        | Anexo A I.....   | 116 |
|        | Zonas de cultivo de habas en el ecuador.....                                 | 116 |
|        | Anexo A II.....  | 118 |
|        | Formato de recolección de datos.....   | 118 |
|        | Anexo A III .....  | 125 |
|        | Propiedades termo físicas de la materia.....                                 | 125 |
|        | Anexo A IV.....  | 126 |
|        | Selección del quemador .....   | 126 |
|        | Anexo V .....  | 128 |
|        | Selección de motor reductor.....   | 128 |
|        | Anexo VI.....  | 130 |
|        | Selección de cadena y chumacera.....   | 130 |
|        | Especificaciones de rodamientos y chumaceras de piso SKF.....                | 132 |
|        | .....  | 133 |
|        | Anexo VII.....   | 134 |
|        | Propiedades mecánicas del metal depositado y de perfiles estructurales ..... | 134 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 Propiedades físicas materiales a almacenar en silos según Guerrin .....         | 8  |
| Tabla 2.2 Composición del haba por 100 gramos.....  | 9  |
| Tabla 3.1 Alternativas para ser seleccionadas.....  | 20 |
| Tabla 3.2 Criterios de evaluación.....  | 21 |
| Tabla 3.3 Normalización de la tabla de criterios.....                                     | 21 |
| Tabla 3.4 Calificación de cada una de las alternativas según los criterios .....          | 21 |
| Tabla 3.5. Normalización de la tabla de calificaciones de cada método.....                | 22 |
| Tabla 3.6. Resultado de la selección del método .....                                     | 22 |
| Tabla 3.7 Equipos e instrumentos utilizados .....   | 26 |
| Tabla 4.1 Características de los ensayos 1 y 2 .....                                      | 29 |
| Tabla 4.2 Características de los ensayos 3 - 4.....                                       | 30 |
| Tabla 4.3 Toma de tiempos durante el tostado manual.....                                  | 32 |
| Tabla 4.4 Valores de diferencias de tiempo y pérdida del producto .....                   | 36 |
| Tabla 6.1 Información general de la propuesta .....                                       | 39 |
| Tabla 6.2 Costos de materiales y de construcción .....                                    | 44 |
| Tabla 6.3 Producción obtenida por el tostado manual .....                                 | 45 |
| Tabla 6.4 Producción obtenida por el tostado mecánico.....                                | 45 |
| Tabla 6.5 Estado de resultados.....   | 45 |
| Tabla 6.6. Condiciones iniciales para el diseño .....                                     | 48 |
| Tabla 6.7. Determinación del diámetro y longitud de la cámara de tueste. ....             | 50 |
| Tabla 6.8 Propiedades del material AISI 304 .....   | 51 |
| Tabla 6.9. Determinación del espesor del cilindro.....                                    | 52 |
| Tabla 6.10 Características del haba a tostar .....  | 53 |
| Tabla 6.11 Propiedades del fluido a las condiciones de tostado .....                      | 53 |
| Tabla 6.12 Tipo de convección y fluido.....   | 64 |
| Tabla 6.13 Características técnicas del quemador seleccionado.....                        | 70 |
| Tabla 6.14 Propiedades del motor reductor .....   | 80 |
| Tabla 6.15 Capacidad o potencia nominal de cadenas de rodillo simple (Ver Anexo VI) ..... | 81 |
| Tabla 6.16 Especificaciones de selección de cadena y catalina.....                        | 83 |
| Tabla 6.17 Parámetros para la selección del factor de superficie .....                    | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 6.18 Factores para determinar confiabilidad..... | 92  |
| Tabla 6.19 Programa de auto-mantenimiento .....        | 113 |

### **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

|   |    |
|---|----|
| Grafica 4.1 Comparación de resultados entre ensayo 1 - 2.....               | 30 |
| Grafica 4.2 Comparación de resultados entre ensayos 3 – 4.....              | 31 |
| Grafica 4.3 Comparación en tiempos del tostado manual vs el mecánico.....   | 33 |
| Grafica 4.4 Incremento de temperatura durante las etapas de tueste .....    | 34 |
| Grafica 4.5 Tiempos de producción total del tostado manual y mecánico ..... | 35 |
| Grafica 6.1 Estados de flujo de efectivo .....                              | 46 |

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Fig. 2.1 Horno de calentamiento directo .....                         | 10 |
| Fig. 2.2 Horno de calentamiento indirecto.....                        | 11 |
| Fig. 2.3 Funcionamiento de lecho fluidizado.....                      | 13 |
| Fig. 2.4 Tostado manual.....  | 15 |
| Fig. 2.5 Enfriado y deshumidificado.....                              | 15 |
| Fig. 2.6 Secado.....  | 16 |
| Fig. 2.7 Descascarillado .....  | 16 |
| Fig. 4.1 Haba sin tostar y tostada .....                              | 29 |
| Fig. 4.2 Diferencia entre haba tostada a mano y en el prototipo.....  | 34 |
| Fig. 6.1 Diagrama del proceso de tueste mecánico.....                 | 42 |
| Fig. 6.2 Diagrama del proceso de tueste manual .....                  | 43 |
| Fig. 6.3 Cilindro sometido a presión interna y externa .....          | 51 |
| Fig. 6.4 Magnitudes de cada lado del haba .....                       | 55 |
| Fig. 6.5 Distribución de temperaturas en la tostadora industrial..... | 63 |
| Fig. 6.6 Resistencias térmicas a través de la plancha frontal .....   | 65 |
| Fig. 6.7 Resistencias térmicas a través de la plancha posterior ..... | 67 |
| Fig. 6.8 Ejes soportes de la cámara de tueste .....                   | 73 |
| Fig. 6.9 Cámara de tueste cargada con el haba .....                   | 75 |

|  |     |
|--|-----|
| Fig. 6.10 Esquema de instalación y protección del motor .....      | 78  |
| Fig. 6.11 Distribución de esfuerzos eje motriz .....               | 84  |
| Fig. 6.12 Diagrama de corte y momento flector .....                | 87  |
| Fig. 6.13 Sección del eje en los puntos A y B .....                | 88  |
| Fig. 6.14 Disposición de diámetros.....                            | 95  |
| Fig. 6.15 Diagrama para establecer el valor de $V_1$ .....         | 100 |
| Fig. 6.16 Diagrama para establecer el valor de $V$ .....           | 100 |
| Fig. 6.17 Factor Kappa – cálculo de vida nominal ajustado .....    | 101 |
| Fig. 6.18 Junta soldada eje soporte y manzana del eje motriz ..... | 103 |
| Fig. 6.19 Nomenclatura para cordón de soldadura .....              | 103 |
| Fig. 6.20 Chaveta rectangular .....                                | 104 |
| Fig. 6.21 Ubicación de los pernos en la plancha.....               | 107 |

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

$V_{cámara}$  : Volumen de la cámara de tueste ( $m^3$ )

$P_h$  : Presión interior ejercida sobre la cámara de tueste ( $\frac{Kg}{m^2}$ )

$\sigma_t$  : Esfuerzo tangencial o circunferencial ( $\frac{Kg}{cm^2}$ )

$\sigma_l$  : Esfuerzo longitudinal ( $\frac{Kg}{cm^2}$ )

$Re_D$  : Número de Reynolds (adimensional)

$N_{uD}$  Número de Nuseldt (adimensional)

$h_{ic}$  : Coeficiente de convección interno en la cámara de tueste ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ )

$dp$  : Diámetro de la partícula (mm)

$S_p$  : Superficie de la partícula  $m^2$

$V_p$  : Volumen de la partícula ( $m^3$ )

$\alpha_s$  : Superficie específica de la partícula ( $m^{-1}$ )

$B_i$  : Número de Biot (adimensional)

$k$  : Conductividad térmica ( $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ )

$\alpha$  : Difusividad térmica ( $\frac{m^2}{s}$ )

$F_o$  : Número de Fourier (adimensional)

$\rho$  : Densidad ( $\frac{Kg}{m^3}$ )

$c_p$  : Calor específico a presión constante ( $\frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ K}$ )

$T_{sup h}$  : Temperatura superficial del haba ( $^\circ C$ )

$T_\infty$  : Temperatura de tueste ( $^\circ C$ )

$T_i$ : Temperatura inicial o ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ )

$m_a$ : Masa del aire ( $\text{Kg}$ )

$R$ : Constante de los gases ( $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{K}}$ )

$q_1$ : Calor interno en la cámara de tueste ( $\frac{\text{Kcal}}{\text{s}}$ )

$T_{cb}$ : Temperatura en la cámara de combustión ( $^{\circ}\text{C}$ )

$m_{H_2O}$ : Masa del agua a extraer ( $\text{Kg de agua}$ )

$M_h$ : Masa inicial del haba a tostar ( $\text{Kg}$ )

$w_i$ : Humedad inicial del haba ( $\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg haba}}$ )

$w_f$ : Humedad final del haba ( $\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg haba}}$ )

$Pr$ : Número de prandt (adimensional)

$\beta$ : Coeficiente de expansión (adimensional)

$Ra_D$  Número de Rayleght (adimensional)

$Nu_D$ : Número de Nuselt (adimensional)

$h_{cb}$ : Coeficiente de convección en la cámara de combustión ( $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ )

$q_2$ : Calor perdido hacia los alrededores ( $\frac{\text{Kcal}}{\text{s}}$ )

$q_{x1}$ : Perdidas de calor en plancha frontal ( $\frac{\text{Kcal}}{\text{s}}$ )

$q_{x2}$ : Perdidas de calor en la plancha posterior ( $\frac{\text{Kcal}}{\text{s}}$ )

$\dot{m}$ : Flujo másico ( $\frac{\text{Kg}}{\text{s}}$ )

$q_{ch}$ : Perdida de calor por la chimenea ( $\frac{\text{Kcal}}{\text{s}}$ )

$h_{aire}$ : Entalpía del aire  $\left(\frac{KJ}{Kg}\right)$

$V_s$ : Velocidad de salida de los gases  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$H$ : Altura de la chimenea (m)

$E_e$ : Energía que entra al sistema  $\left(\frac{Kcal}{s}\right)$

$I_{eje}$ : Inercia del eje motriz  $\left(\frac{Kg}{m^2}\right)$

$I_{cil}$ : Inercia del cilindro de tueste  $\left(\frac{Kg}{m^2}\right)$

$I_{vol}$ : Inercia de los ejes soportes o volantes  $\left(\frac{Kg}{m^2}\right)$

$I_{haba}$ : Inercia producida por la masa del haba en la cámara de tueste  $\left(\frac{Kg}{m^2}\right)$

$D_{ext}$ : Diámetro exterior de la cámara de tueste (cm)

$D_{int}$ : Diámetro interior de la cámara de tueste (cm)

$I_{horq}$ : Inercia de la horquilla  $\left(\frac{Kg}{m^2}\right)$

$I_{barr}$ : Inercia de las barra  $\left(\frac{Kg}{m^2}\right)$

$M_T$ : Momento de torsión ( $N * m$ )

$M_o$ : Momento opuesto al movimiento ( $N * m$ )

$\alpha$ : Aceleración angular  $\left(\frac{rad}{s^2}\right)$

$P_{mot}$ : Potencia del motor (hp)

$\dot{P}$ : Potencia de diseño (hp)

$F_M$ : Fuerza motriz (N)

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo consiste en el estudio del proceso de tostado de forma manual del haba seca y su incidencia en el tiempo total de producto terminado en la industria harinera.

El proyecto tiene como objetivo general analizar el proceso de tostado del haba en la Provincia de Tungurahua, para la empresa GRANOFA. Los parámetros a estudiar para este proceso están basados en la cantidad de calor aportado para realizar el tueste, así como también en el contenido de humedad y su efecto sobre el tiempo total de tueste. La investigación que comprende este trabajo es de campo y de observación directa dentro de la misma se realizaron ensayos de prueba con la variación de la masa, temperatura y con el aporte calorífico del GLP como combustible. En el capítulo 1 se detalla el problema de investigación también se encuentran los objetivos, mientras que en el capítulo 2 se establecen los fundamentos teóricos donde se encuentran los diferentes tipos de hornos, en los capítulos 3,4 están la modalidad básica de la información y el análisis e interpretación de resultados necesarios para el diseño de una tostadora industrial de haba. Se estableció los parámetros físicos como son la temperatura de  $92^{\circ}\text{C}$ , velocidad de la cámara de tueste 47rpm y el tiempo total del proceso que es de 41 min.

Las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado están en el capítulo 5, en el capítulo 6 se muestran la fundamentación y cálculos realizados que permiten el dimensionamiento de la tostadora industrial de haba y la selección de sus complementos como son el quemador, motor reductor y el diseño de los elementos mecánicos. Finalmente se diseñó una tostadora con una capacidad de 2 quintales, un quemador con una potencia calorífica de 4.6 Kg/h, un motoreductor de 3hp y una velocidad de la cámara de tueste de 47rpm.



## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA**

“Estudio y mejoramiento del proceso manual de tostado del haba y su incidencia en el tiempo de obtención del producto terminado, para la empresa GRANOFA Cía. Ltda.”

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

Como resultado de la metodología de capacitación por concursos y la permanente asistencia técnica y la implementación con equipos el Ministerio de Agricultura, a través de Agro Rural, los productores de habas de la provincia fronteriza de Yunguyo, transforman estas legumbres en productos alimenticios de buena palatabilidad bajo las exigencias de las normas técnicas internacionales.

El proceso de transformación y mejoramiento de la técnica en la elaboración de habas tostadas, harina de haba tostada, ha merecido un largo proceso hasta encontrar el punto de la fórmula, que la hace apta y extraordinariamente favorable para nutrición de la niñez en la región del altiplano puneño y contribuirá a disminuir los puntos porcentuales de la desnutrición infantil del Perú.

En el Ecuador siendo un productor de haba no se la ha tomado gran importancia a la industrialización de la misma, ya sea por falta de capacitación de los agricultores y productores de harina o por el apoyo del gobierno central, existiendo diferentes aplicaciones de las habas: harina, con la cual se pueden hacer galletas con un alto contenido nutricional y para café, siendo explotado en otros países andinos

En la provincia de Tungurahua existe un gran centro de acopio que es el mercado mayorista en donde se encuentra gran variedad de legumbres entre ellas las habas, se las encuentran en verdes y secas, se las ocupa por los pequeños artesanos para realizar el proceso de tueste manual utilizando en unos casos como material combustible leña para luego obtener la harina.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

A nivel nacional el consumo de habas ha permitido que la industria alimenticia desarrolle diferentes métodos para su producción y procesamiento, el uso de una tostadora industrial de calentamiento indirecto para realizar el tueste del haba permite mejorar el tiempo de proceso de tueste.

Dentro de un mercado competitivo la coloración que debe tener el grano al final del tostado tiene que ver con la consistencia y el aroma del producto, el proceso de tueste rudimentario se lo obtiene con un rendimiento bajo

La limitada idea de diseño y construcción de equipos en el país ha provocado que la industria local busque abastecerse fuera del país.

Mejorar el proceso de tostado del haba representa optimizar la producción y la calidad del producto final obtenido, disminuyendo el tiempo empleado para su preparación.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

El tueste del haba de forma manual genera varias desventajas, tostado uniforme, tiempo elevado de tueste, existencia de riesgo de accidentes como quemaduras, deterioro de las vías respiratorias de la persona encargada de tostar debido a la inhalación de los gases de combustión, por eso en la actualidad es necesario emplear una tostadora equipada con una cámara de tueste giratoria de calentamiento indirecto que ayude a optimizar el proceso, mejorando de esta manera el tiempo de tueste para aprovechar y explotar de mejor manera la producción de haba para el consumo humano, y así obtener una mayor demanda en el mercado.

#### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué método será necesario aplicar para mejorar el proceso de tostado manual del haba y obtener el producto terminado en un menor tiempo?

#### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES**

¿Qué parámetros son necesarios analizar, para mejorar el proceso de tostado manual del haba?

¿Qué criterios deben evaluarse para obtener un producto terminado en un menor tiempo?

¿El diseño de un sistema de calentamiento indirecto reemplazará el proceso de tostado manual y permitirá obtener el producto en menor tiempo?

#### **1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

- **Delimitación del contenido**

El estudio del proceso de tostado está delimitada a las Áreas de:

Seguridad industrial

Ingeniería de Materiales

Diseño de elementos mecánicos

Resistencia de materiales

Transferencia de calor

- **Delimitación espacial**

Se realizará el estudio en la Provincia de Tungurahua, para la empresa GRANOFA Cía. Ltda.

- **Delimitación temporal**

El estudio del proceso de tostado manual del haba se realizará en el período de Julio del año 2011 a Noviembre del año 2012.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El proceso de tueste de habas se realiza en gran parte de forma manual, dando así cabida a accidentes y bajo rendimiento en la producción, por tal motivo la industria harinera necesita mejorar su tecnología y optar por sistemas completos que permitan disminuir el tiempo de procesamiento.

Razón por la cual el presente proyecto permite diseñar una tostadora que se ajuste a las necesidades de la industria harinera, implementando su uso para mejorar el proceso de tueste de habas, que actualmente tiene una creciente demanda, siendo indispensable aumentar su producción.

La ejecución de este proyecto permite a las empresas del centro del país que se adquieran una tostadora; pues su costo será competitivo en el mercado con respecto a otros ya existentes; así podrán obtener beneficios tales como: desarrollar el proceso de tostado de haba de forma segura, evitar posibles accidentes que puede ocasionar su ejecución de forma manual, aumentar la producción disminuyendo el tiempo de proceso.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 GENERAL**

Analizar el proceso de tostado manual del haba en la Provincia de Tungurahua, para la empresa GRANOFA que permita el diseño de una tostadora industrial.

#### **1.4.2 ESPECÍFICOS**

- Establecer parámetros físicos para el proceso del tostado del haba
- Analizar el proceso mecánico requerido para el tostado del haba
- Determinar el tiempo para el tostado del haba en forma manual y semiautomática

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Eduardo Javier Toapanta Franco (graduado en el 2009), optimizó el secado del maíz mediante el diseño de un prototipo con la implementación de un ventilador de flujo radial que permite disminuir el tiempo de secado.

Luis Enrique López Coello (graduado en el 2010); mejoró el proceso de tostado del maní mediante el diseño y construcción de un horno rotativo permitiendo obtener un producto de calidad en un menor tiempo, para el diseño se tomó en cuenta ciertos parámetros como:

- Temperatura ambiente
- Humedad presente en el grano
- Presión del combustible

Para la presente investigación se tiene la necesidad de mejorar el tiempo de producción del proceso de tostado de haba, el cual actualmente en la empresa se realiza de la siguiente manera.

Se tuesta 3 quintales en 1 hora, pero el contenido de agua que posee el haba se demora en evaporarse un medio día completo, para que el siguiente recién pueda ingresar a la máquina trilladora para pelar el haba y posteriormente ser molida.

Durante todo este proceso se establece el tiempo total es de 1 día y medio, ya que el periodo de secado es muy extenso.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

### **2.2.1 Tostado de granos**

El tostado desactiva los inhibidores de tripsina en *Cicerarietinum* debido a que este tratamiento térmico cambia la configuración de las proteínas de estos anti nutrientes afectando su actividad. Se ha observado la reducción de L-Dopa en *Mucunapruriens* (16-34%) debido posiblemente a la oxidación parcial o racemización de este compuesto.

Varios métodos de procesamiento tecnológico han sido utilizados para eliminar o inactivar las sustancias tóxicas de las leguminosas y para alterar la estructura del almidón, con la finalidad de mejorar el acceso de los gránulos al ataque enzimático y mejorar así la utilización de los nutrientes, pero ninguno ha sido completamente efectivo cuando niveles altos (20-30%) de canavalia tratada han sido incorporados a la dieta.

El tostado permite superar los problemas de toxicidad de los granos, pero, al parecer, también afecta la disponibilidad de algunas fracciones nutritivas. Ensayos preliminares han evidenciado una disminución significativa del contenido de energía metabolizable de los granos a medida que la temperatura de tostado aumentó, en un rango comprendido entre 120 y 240°C, a través de una cámara térmica con la ayuda de un tornillo sin fin acoplado a un motor de varios ciclos de revoluciones, controlado manualmente por un selector de revoluciones (reóstato). Este mismo dispositivo también permite controlar con precisión el tiempo de tostado de las harinas. Las condiciones de tostado fueron 180 y 200 °C por 2 minutos.

### **2.2.2 Preparación de harinas**

Después de la limpieza se tiene que realizar un proceso de reacondicionamiento de los granos como son:

- a) Un tostado de granos sobre un comal hasta lograr una textura crujiente y uniforme
- b) Molienda empleando un molino Cyclotee con malla de 1mm.

En el caso del haba se retira manualmente la testa o cubierta del grano en forma previa al tostado.

En prácticamente todos los procesos industriales, el calor es un componente fundamental. Aplicando este calor bajo un medio controlado es el requisito principal para la elaboración de miles de productos, desde metales a minerales, de fertilizantes a productos alimentarios o desde productos químicos al procesamiento de desechos.

En Ecuador, las habas tienen gran acogida y aceptación y se las consume cocinadas tiernas, secas, enconfitadas o tostadas por ser un producto sano, que contiene vitaminas, proteínas, minerales, carbohidratos, etc.; este particular y la costumbre, hacen que las habas estén presentes en la dieta de nuestro país.

En Cotacachi cantón de Ibarra provincia de Imbabura donde se realiza la producción del café de habas, no existe una empresa que se dedique a la comercialización y distribución del café de haba.

Ancestralmente las familias cotacacheñas tenían como costumbre la elaboración del café de haba en sus hogares en una forma rudimentaria. Esta tradición ha ido desapareciendo con el tiempo, por la aparición de nuevos productos que no benefician a la salud de las personas.

### **2.2.3 Variedades de haba**

En el Ecuador, tenemos tres zonas que producen habas, a lo largo del callejón interandino, las que se cultivan de acuerdo a las preferencias del mercado y a la costumbre de sus usos (**Fuente:** Fagroecuador.com)

La zona Norte: Carchi e Imbabura

La zona Central: Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua.

La zona Sur: Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja (**Ver anexo AI**)

## 2.2.4 Características del haba

Una de las características más importantes del haba, es su alta resistencia a las altas temperaturas. Se ha observado en Colombia, que soporta temperaturas de 1.9 grados centígrados durante casi una hora, sin afectar su producción y calidad.

Se la consume en verde cocido y como "mute", o también frita y tostada.

La semilla seca, se la puede guardar varios años sin que se pierda su viabilidad. Las habas debido a su rusticidad, precocidad y gran resistencia a bajas temperaturas, constituyen el cultivo ideal para nuestros páramos andinos.

**Tabla 2.1** Propiedades físicas materiales a almacenar en silos según Guerrin

| Materiales almacenados | Densidad Kg/m <sup>3</sup> | Angulo de talud natural          | Angulo de rozamiento con la pared de |                 |                 |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                        |                            |                                  | Hormigón                             | Metal ISO       | Chapa pulida    |
| Arena seca             | 1500-1800                  | 30 <sup>0</sup> -45 <sup>0</sup> | 30 <sup>0</sup> -40 <sup>0</sup>     | -               | 27              |
| Piedra                 | 1700-1900                  | 30 <sup>0</sup> -40 <sup>0</sup> | 30 <sup>0</sup> -35 <sup>0</sup>     | -               | -               |
| Arroz                  | 580-620                    | 24 <sup>0</sup> -26 <sup>0</sup> | 28 <sup>0</sup> -31 <sup>0</sup>     | -               | 22 <sup>0</sup> |
| Trigo                  | 740-850                    | 24 <sup>0</sup> -26 <sup>0</sup> | 22 <sup>0</sup> -25 <sup>0</sup>     | 15 <sup>0</sup> | 20 <sup>0</sup> |
| Cebada                 | 520-700                    | 25 <sup>0</sup> -28 <sup>0</sup> | 22 <sup>0</sup> -25 <sup>0</sup>     | 15 <sup>0</sup> | 18 <sup>0</sup> |
| Avena                  | 490-550                    | 28 <sup>0</sup>                  | 22 <sup>0</sup> -25 <sup>0</sup>     | -               | 20 <sup>0</sup> |
| Maíz                   | 780-820                    | 26 <sup>0</sup> -29 <sup>0</sup> | 18 <sup>0</sup> -23 <sup>0</sup>     | 13 <sup>0</sup> | 17 <sup>0</sup> |
| Habas                  | 750                        | 30 <sup>0</sup>                  | -                                    | -               | -               |
| Mata                   | 530-600                    | 21 <sup>0</sup> -23 <sup>0</sup> | 18 <sup>0</sup> -24 <sup>0</sup>     | 14 <sup>0</sup> | 18 <sup>0</sup> |
| Soja                   | 750                        | 30 <sup>0</sup>                  | 15 <sup>0</sup>                      | 13              | -               |
| Guisante               | 800-880                    | 24 <sup>0</sup> -26 <sup>0</sup> | 20 <sup>0</sup> -24 <sup>0</sup>     | -               | 15 <sup>0</sup> |
| Lino                   | 600-680                    | 23 <sup>0</sup> -26 <sup>0</sup> | 22 <sup>0</sup>                      | -               | 17 <sup>0</sup> |
| Colza                  | 600-700                    | 27 <sup>0</sup>                  | -                                    | -               | -               |

**Fuente:** Escrito por, Juan Ravenet Catalán



**Tabla 2.2** Composición del haba por 100 gramos

| Principios Inmediatos | Tiernas | Secas |
|-----------------------|---------|-------|
| Agua                  | 73,5    | 14    |
| Celulosa              | 3       | 8     |
| Hidratos de carbono   | 16      | 51    |
| Grasas                | 0,8     | 3     |
| Proteínas             | 6       | 20    |
| Cenizas               | 0,7     | 4     |
| Minerales             |         |       |
| Sodio                 | 56 mg   |       |
| Potasio               | 1,397   |       |
| Calcio                | 88      |       |
| Fósforo               | 146     |       |
| Magnesio              | 193     |       |
| Azufre                | 96      |       |
| Cloro                 | 51      |       |
| Hierro                | 5,8     |       |
| Cobre                 | 1,2     |       |
| Yodo                  | 1,6     |       |

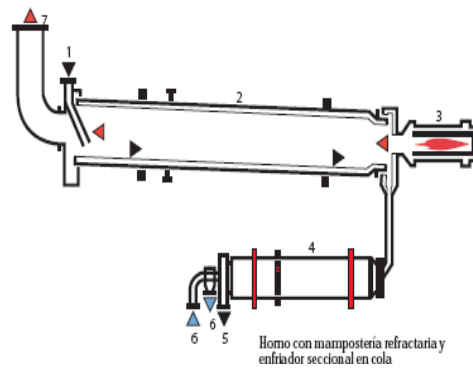
**Fuente:** <http://www.vivirnatural.com/alim/habas.htm>

### 2.2.5 Sistemas de calentamiento para tueste

#### Hornos rotativos de calentamiento directo

El empleo de hornos rotativos industriales se encuentra en expansión permanente. Ello es debido en parte al constante desarrollo de nuevos procesos y productos, pero también en el perfeccionamiento al cual han sido sometido dichos aparatos, tanto en lo que respecta al aumento de caudales e incremento de seguridad para la planta como también en un mayor rigor de exactitud en el gobierno del proceso, gracias al empleo de la moderna técnica de control y regulación. Por regla general, el horno separa y evapora parcial- o totalmente el agua de formación de hidratos y productos cristalinos, pero también, en caso del tratamiento térmico, se modifica la composición química o la estructura molecular.

Ejemplo: Horno con mampostería refractaria y enfriador seccional en cola.



**Fig. 2.1** Horno de calentamiento directo

**Fuente:** Ingetecsa

- 1 - Alimentación
- 2 - Horno rotativo
- 3 - Combustión
- 4 - Enfriador seccional
- 5 - Salida de producto
- 6 - Entrada/salida de agua
- 7 - Vahos de deshecho

### **Ventajas**

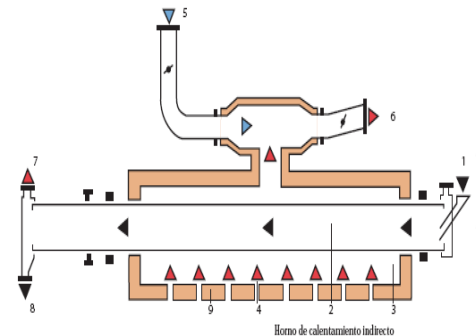
- ❖ Facilidad de construcción.
- ❖ Bajo costo debido a la menor cantidad de materiales que requiere
- ❖ Facilidad de mantenimiento
- ❖ Facilidad de montaje
- ❖ Simplicidad tecnológica

## Desventajas

- ❖ El grano está en contacto directo con los gases de combustión por lo cual se deterioran sus propiedades.
- ❖ Falta de homogeneidad en el tueste, ya que el interior unos granos pueden encontrarse crudos mientras otros quedan quemados.

## Hornos rotativos de calentamiento indirecto

El secado, la calcinación parcial de impurezas orgánicas, la regeneración térmica y otros procesos térmicos no permiten a menudo su realización en el propio seno de los humos de combustión, sobre todo si se trata de productos de granulometría muy fina. Para estos casos se ha desarrollado con total éxito un tipo de horno de calentamiento indirecto: En el interior de un túnel de calentamiento, revestido de mampostería refractaria rueda el tambor, que está bañado en su exterior totalmente por los humos proveniente de los equipos de combustión. Para poder alcanzar el perfil de temperaturas deseado y necesario para el proceso, se utilizarán varias unidades pequeñas de quemadores. La termo-transferencia desde los humos al producto se realizará por contacto a través de la virola. Mediante el empleo de chapas refractarias de elevada calidad son posibles cotas de temperaturas de proceso de 800 °C y más.



**Fig. 2.2** Horno de calentamiento indirecto

**Fuente:** Ingetecsa

- 1 - Alimentación
- 2 - Horno rotativo

3- Túnel de calentamiento

4 - Quemador

5 - Aire de enfriamiento

6 - Gases de deshecho

7 - Salida de vahos

8 - Salida de producto

9 - Mampostería refractaria

El sistema permite establecer perfiles de calentamiento y calcinación bastante precisos en el tiempo. El interior del horno puede inertizarse. Existen diversos sistemas de recuperación de calor residual para optimizar la eficiencia energética. Sistema robusto y fiable, Alta flexibilidad operativa.

### **Ventajas**

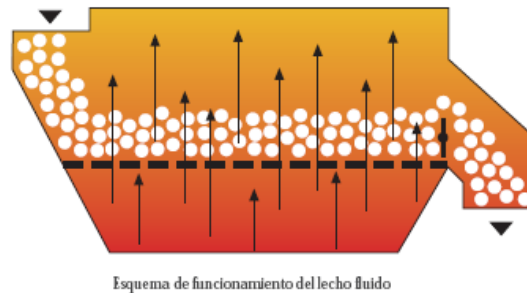
- ❖ El grano no se encuentra en contacto directo con los gases de combustión por lo cual, se logra las propiedades deseadas.
- ❖ Mayor capacidad de la máquina.
- ❖ Facilidad de regulación de la cantidad de calor aportado por medio de los quemadores.
- ❖ Larga vida útil de la máquina.
- ❖ Facilidad de operación.
- ❖ Facilidad de control de tueste.

### **Desventajas**

- ❖ Baja eficiencia térmica
- ❖ Mayor consumo de combustible.

## Horno de lecho fluidizado

La capacidad de operar con alta temperatura permite aplicaciones diversas para secar, tostar, inflar y enfriar. Las cintas transportadoras se configuran según el producto en particular e incluyen bandejas vibratorias y cintas metálicas abisagradas sin perforar para productos con características de manipulación especiales.



**Fig. 2.3** Funcionamiento de lecho fluidizado

**Fuente:** Ingetecsa

La fluidización del producto se genera por impulsos de aire producidos secuencialmente a lo largo del sistema desde una válvula rotativa. El contacto optimizado aire-producto acelera la transferencia de calor significativamente. También contamos con distintos medios de generación de calor con diseños de recirculación de aire y sin recirculación de aire. El resultado es una excelente consistencia del producto y el control riguroso de la expansión, el color y la textura.

**Aplicaciones:** Se emplea para tostar cereal listo para comer (RTE, según su sigla en inglés), expansión de bocadoillos, nueces, granos y semillas, migas de pan, tabaco, catalizadores, productos derivados de la madera, productos farmacéuticos, polímeros, alimento para acuicultura, alimento para mascotas.

Este tipo de tostador consiste básicamente en:

1. Alimentación del producto
2. Salida del producto
3. Descarga de polvo

4. Filtro de aire primario
5. Ventilador impulsor
6. Aerocalentador
7. Lecho fluidizado
8. Captación de polvo
9. Ventilador exhalador

### **Ventajas**

- ❖ Mayor grado de uniformidad en el tueste
- ❖ Alta eficiencia térmica
- ❖ Menor uso de espacio físico
- ❖ Menor contaminación ambiental

### **Desventajas**

- ❖ Dificultad de alcanzar la velocidad de fluidización necesaria para que el grano pueda ser fluidizado por el gas.
- ❖ No existe un modelo físico-matemático exacto del comportamiento de un lecho fluidizado.
- ❖ Dificultad de mantenimiento por tener mayor número de equipos.
- ❖ Alto costo de construcción.
- ❖ Tecnológicamente más compleja. ( [www.ingetecsa.com](http://www.ingetecsa.com))

### **2.2.6 Proceso de tostado manual**

El proceso de tostado manual se utiliza un tiesto de 1m de diámetro y la combustión de leña seca, este método de tostado se encuentra conformado por un hogar donde se realiza la combustión rodeada de mampostería hecha de ladrillo.

En este método el operario se encuentra ubicado a un lado del tiesto con riesgo de quemarse y posteriormente enfermarse debido a los gases de combustión inhalados, la utilización de sus extremidades superiores totalmente expuestas al calor para proporcionar el movimiento continuo del haba para evitar que se quemen, Fig.5

Durante el proceso se colocan en el tiesto cantidades de 6 libras hasta llegar al total de un quintal equivalente a 100 lb, para luego ser almacenado en sacos donde se procede a enfriar y deshumidificar, este último procedimiento puede llegar a tardar hasta 3h, si no se realiza este paso la función de trillado y posteriormente descascarado no se puede ejecutar. Ya que en el momento de deshumidificarse las habas se encuentran en un punto de cocción y su estructura es blanda y no permite extraer su cascara de una forma fácil.



**Fig. 2.4** Tostado manual

**Fuente:** Alex Heredia



**Fig. 2.5** Enfriado y deshumidificado



**Fig. 2.6** Secado



**Fig. 2.7** Descascarillado

**Fuente:** Alex Heredia

### **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

NTE INEN 1233:95 1R Granos y cereales. Muestreo \* 4

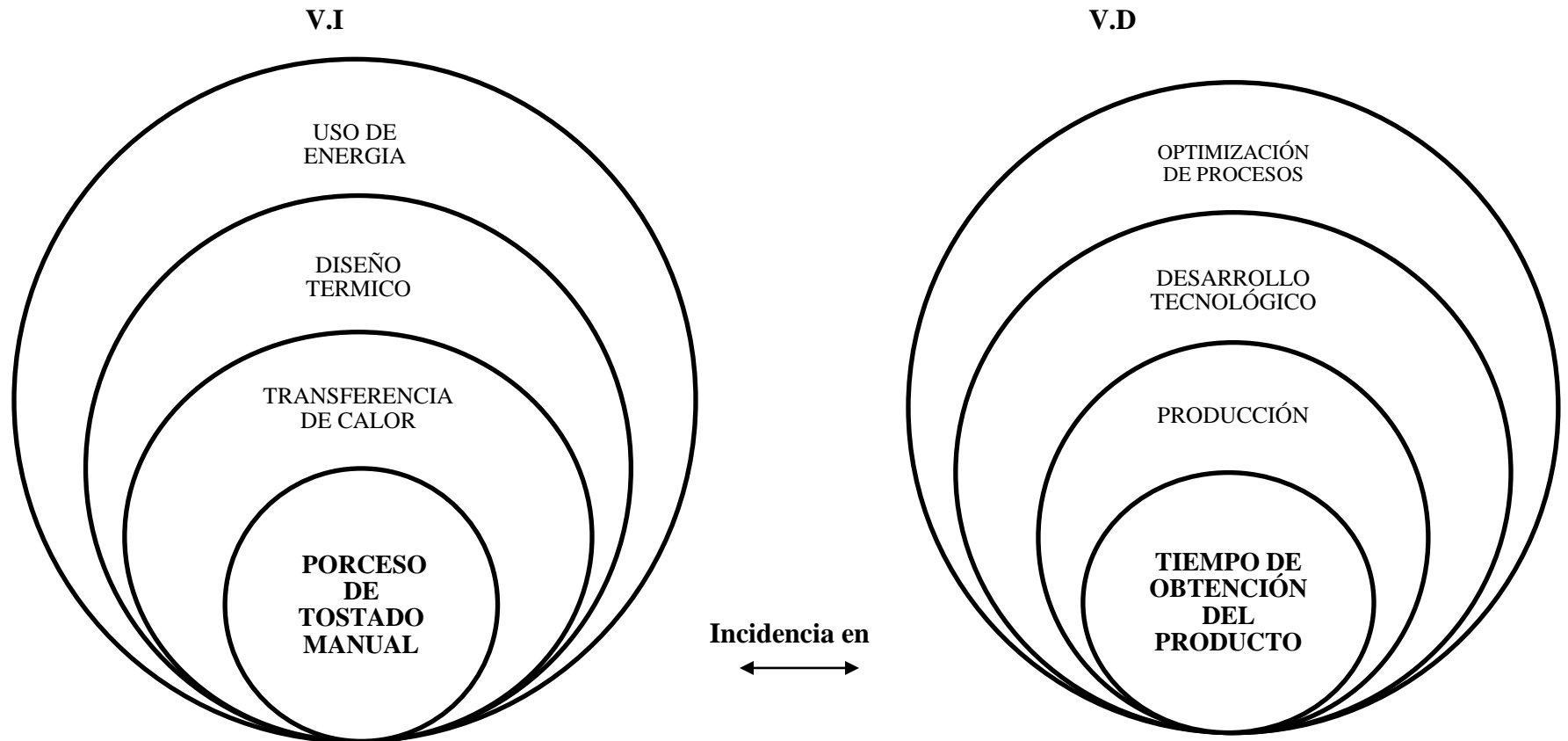
NTE INEN 1234:86 Granos y cereales. Arroz pilado. Requisitos

NTE INEN 1513:87 Granos y cereales. Determinación del contenido de humedad.  
(Método de rutina) \* 4

NTE INEN 1236:87 Granos y cereales. Método de ensayo. Arroz, soya, maíz \*4



## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



## **2.5 HIPÓTESIS**

¿Permitirá el estudio del proceso de tostado manual del haba, determinar el método más adecuado, para mejorar el mismo y obtener un producto final en menor tiempo?

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **Variable dependiente**

Proceso de tostado manual del haba

### **Variable independiente**

Tiempo de obtención del producto final.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

Este proyecto presenta datos cuantitativos ya que se utilizan variables continuas para lo cual fue necesaria la medición de parámetros que permitieron establecer el tiempo y calidad del producto terminado.

**De Campo**, la información que presenta la investigación de campo es importante, teniendo como resultados las condiciones de producción de la empresa GRANOFA, la técnica a utilizarse es la observación directa de campo, mediante la cual se obtendrán los datos principales para el diseño.

**Documental Bibliográfica**, en la investigación se tiene como finalidad ampliar y profundizar las teorías y enfoques acerca del tema del proyecto basándose en los documentos y publicaciones existentes al respecto, las mismas que permitan hacer un vínculo entre los antecedentes históricos y lo actual.

##### **3.1.1 Selección del método de calentamiento a ejecutarse**

De los métodos anteriormente mencionados se realiza un análisis para determinar cuál de estos es el más conveniente que mejorara el proceso de tueste del haba y el tiempo de obtención del producto para el diseño de una tostadora industrial, permitiendo remplazar al tueste manual.

Dentro de estos métodos se encuentran los siguientes:

- Método de calentamiento directo.
- Método de calentamiento indirecto.

- Método de lecho fluidizado.

### **Criterios para la selección del método**

Para determinar cuál de las alternativas anteriormente propuestas es la mejor se toman en cuenta varios criterios en base a los objetivos de este estudio y a las especificaciones de la empresa.

Los criterios a considerar para el diseño son los siguientes:

- Costo
- Factibilidad
- Mantenimiento
- Manipulación
- Calidad de tostado
- Seguridad

A continuación se evalúan los criterios antes mencionados y se le da una puntuación a cada alternativa o método. Aquella que obtenga la puntuación más alta será la seleccionada.

**Tabla 3.1** Alternativas para ser seleccionadas

| <b>MÉTODOS</b>          |
|-------------------------|
| Calentamiento directo   |
| Calentamiento indirecto |
| De lecho fluidizado     |

**Fuente:** Alex Heredia

**Tabla 3.2** Criterios de evaluación

| <b>FACTOR</b>      | <b>PONDERACIÓN</b> |
|--------------------|--------------------|
| Costo              | 15%                |
| Factibilidad       | 25%                |
| Mantenimiento      | 20%                |
| Manipulación       | 10%                |
| Calidad de tostado | 15%                |
| Seguridad          | 15%                |
| <b>TOTAL</b>       | <b>100%</b>        |

**Fuente:** Alex Heredia

**Tabla 3.3** Normalización de la tabla de criterios

| <b>FACTOR</b>      | <b>PONDERACIÓN</b> |
|--------------------|--------------------|
| Costo              | 0,15               |
| Factibilidad       | 0,25               |
| Mantenimiento      | 0,20               |
| Manipulación       | 0,10               |
| Calidad de tostado | 0,15               |
| Seguridad          | 0,15               |
| <b>TOTAL</b>       | <b>1,00</b>        |

**Fuente:** Alex Heredia

Escala de calificación 1=malo 10=bueno

**Tabla 3.4** Calificación de cada una de las alternativas según los criterios

| <b>Criterios</b><br><b>Métodos</b> | Costo | Factibilidad | Mantenimiento | Manipulación | Calidad<br>de<br>tostado | Seguridad |
|------------------------------------|-------|--------------|---------------|--------------|--------------------------|-----------|
| Calentamiento<br>directo           | 8     | 9            | 7             | 7            | 5                        | 6         |
| Calentamiento<br>indirecto         | 9     | 7            | 8             | 7            | 6                        | 7         |
| De lecho<br>fluidizado             | 6     | 4            | 5             | 6            | 9                        | 8         |
| <b>TOTAL</b>                       | 23    | 18           | 20            | 20           | 20                       | 21        |

**Fuente:** Alex Heredia

**Tabla 3.5.** Normalización de la tabla de calificaciones de cada método

| <b>Criterios</b><br><b>Métodos</b> | Costo | Factibilidad | Mantenimiento | Manipulación | Calidad<br>de<br>tostado | Seguridad |
|------------------------------------|-------|--------------|---------------|--------------|--------------------------|-----------|
| Calentamiento directo              | 0,35  | 0,5          | 0,35          | 0,35         | 0,25                     | 0,29      |
| Calentamiento indirecto            | 0,39  | 0,38         | 0,4           | 0,35         | 0,3                      | 0,33      |
| De lecho fluidizado                | 0,26  | 0,22         | 0,25          | 0,3          | 0,45                     | 0,38      |
| <b>TOTAL</b>                       | 1     | 1            | 1             | 1            | 1                        | 1         |

**Fuente:** Alex Heredia

**Tabla 3.6.** Resultado de la selección del método

| MÉTODOS                        | RESULTADO   |
|--------------------------------|-------------|
| Calentamiento directo          | 0,35        |
| <b>Calentamiento indirecto</b> | <b>0,36</b> |
| De lecho fluidizado            | 0,31        |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>1</b>    |

**Fuente:** Alex Heredia

Por tanto por sus características de costo y facilidad de mantenimiento de la tabla 3.6 se selecciona el tipo de calentamiento indirecto para realizar la operación de tueste del haba.

### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **Investigación de laboratorio**

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Energía de la carrera de Ing. Mecánica de la F.I.C.M., donde se recolectaron datos mediante un prototipo de tostador con un sistema de calentamiento indirecto para la determinación de tiempo de proceso y calidad del producto.

### **Investigación bibliográfica**

La investigación se la realizo basándose en información obtenida de libros y de internet necesarios para una correcta investigación tales como:

- Resistencia de Materiales
- Termodinámica - Yunus A. Cengel
- Fundamentos de Transferencia de Calor – Frank P. Incropera
- Diseño en Ingeniería Mecánica- Shigley

### **Investigación experimental**

Se realizaron ensayos, pruebas y análisis en un prototipo para la obtención de datos que permiten conocer el comportamiento en cuanto a consumo de combustible y producción en un determinado tiempo.

## **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1 Población**

Para esta investigación se consideró como población a la variedad de haba que existe en el mercado mayorista de Ambato en las que se encuentran el haba peruana y el haba nacional.

### **3.3.2 Muestra**

De la población existente se seleccionó el haba de producción nacional ya que su cultivo se lo realiza en toda la zona central del país, y de esta la empresa requiere de 30 quintales de haba seca, que es el total que puede recibir, luego de una pre clasificación y limpieza la cantidad actual que procesa es de 10 quintales por semana.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### V.I. Proceso de tostado manual del haba

| Conceptualización   | Dimensiones           | Indicadores   | Ítems   | Técnicas e instrumentos  |
|---|-----------------------|---|---|--|
| <p>Acción que se realiza en un tiesto al cual se lo calienta mediante la combustión proporcionada por leña o gas, con movimiento del grano otorgado por el trabajador</p> | <p>Tostado manual</p> | <p>Movimiento del haba durante el proceso de tueste</p> <p>Temperatura de tostado</p> | <p>¿Colmo influye el movimiento manual en la calidad y tiempo de tostado del haba?</p> <p>¿Cómo se seleccionara el método más actual y tecnológicamente moderno para tostar granos?</p> | <p>Observación directa</p> <p>Investigación bibliográfica y tecnológica.</p> |



**V.D.:** Tiempo de obtención del producto tostado

| Conceptualización   | Dimensiones               | Indicadores  | Ítems   | Técnicas e instrumentos   |
|---|---------------------------|--|---|---|
| <p>Se refiere al tiempo que toma en tostar un lote de haba dependiendo del contenido de humedad que tenga y su distribución de calor que tenga el tiesto.</p> | <p>Humedad del grano.</p> | <p>Tiempo que dura el proceso de tostado y posterior secado.</p> | <p>¿Cuál es el tiempo total del proceso de tostado y secado del haba?</p> | <p>Observación directa, control de temperatura y tiempo.</p> <p>Norma INEN 1513 cálculo de la humedad de granos</p> $H = (m_o - m_1) \frac{100}{m_o}$ |

### 3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN



En una masa de haba se tomaron lecturas de temperatura y tiempo hasta culminar el proceso de tostado, posteriormente se comparó el peso final con el inicial.

Para obtener una información correcta en la investigación del proyecto se aplicó a la muestra establecida el proceso de tueste y los resultados se tomaron mediante el siguiente método:

#### Observación directa o primaria

Permitió determinar resultados estadísticos y originales considerando los parámetros establecidos como son; humedad, temperatura y velocidad para el diseño de una tostadora industrial.

**Tabla 3.7** Equipos e instrumentos utilizados

| Nombre  | Detalle   | Función  |
|---|---|--|
| <b>Prototipo: Tostador de calentamiento indirecto con combustible GLP capacidad de carga 7 Kg haba seca</b> |  | Tostar haba seca, con temperatura y presión estables   |
| <b>Anemómetro</b>   |  | Muestra lecturas de temperaturas y humedades a las que se encuentra un medio o sistema, sometido a condiciones de variación de su estado inicial |

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| <p><b>Tacómetro</b></p>  |    | <p>Muestra lecturas de velocidad en rpm y m/s mediante un láser apuntando a la sección en movimiento, o un aditamento que se coloca en el tacómetro y se lo pone junto a un extremo de eje transmisor de movimiento para determinar su velocidad.</p> |
| <p><b>Cronometro</b></p> |    | <p>Sirve para tomar el tiempo de un determinado proceso</p>   |
| <p><b>Balanza</b></p>    |  | <p>Permite determinar el peso de la cantidad de haba a utilizar.</p>  |
| <p><b>Centralina</b></p> |  | <p>Regula la presión del GLP utilizado y permite visualizar el consumo de combustible.</p>  |

**Fuente:** Alex Heredia

### 3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El método que se utilizó es la observación directa. Con la información proporcionada se procedió a elaborar tablas para una mejor comprensión de los resultados, mediante gráficas y un análisis matemático de los datos para determinar la diferencia entre un método y el otro, que permitan conocer los parámetros que influyen en el proceso de tueste.

Para el procesamiento de la información se siguieron los siguientes pasos:

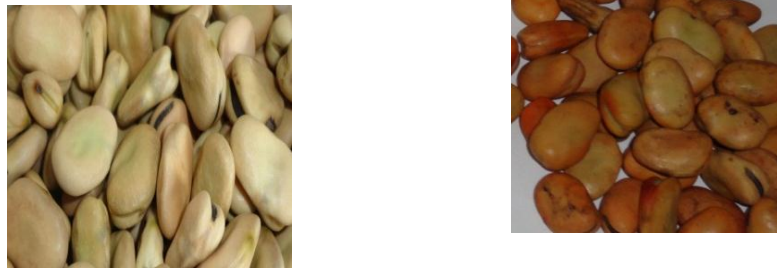
- Recopilar en formatos adecuados la información (**Ver Anexo AII**).
- Realizar tablas donde se destaquen las propiedades técnicas del proceso.
- Tabular los resultados para determinar diferencias entre ellos.
- Graficar por dispersión los datos ya ordenados y comparar sus características de cada método.
- En la gráfica plantear una línea de tendencia y determinar su grado de correlación.
- Finalmente, interpretar el gráfico, analizar las condiciones obtenidas y determinar cuál fue el mejor resultado.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se constató que el haba tostada no debe exceder en su coloración ideal que es dorado, ya que de su coloración depende la calidad de la harina de haba a obtenerse.



**Fig. 4.1** Haba sin tostar y tostada

**Fuente:** Alex Heredia

#### 4.1.2 Efecto de la presión de servicio de GLP y la masa sobre la temperatura en el proceso de tostado mecánico.

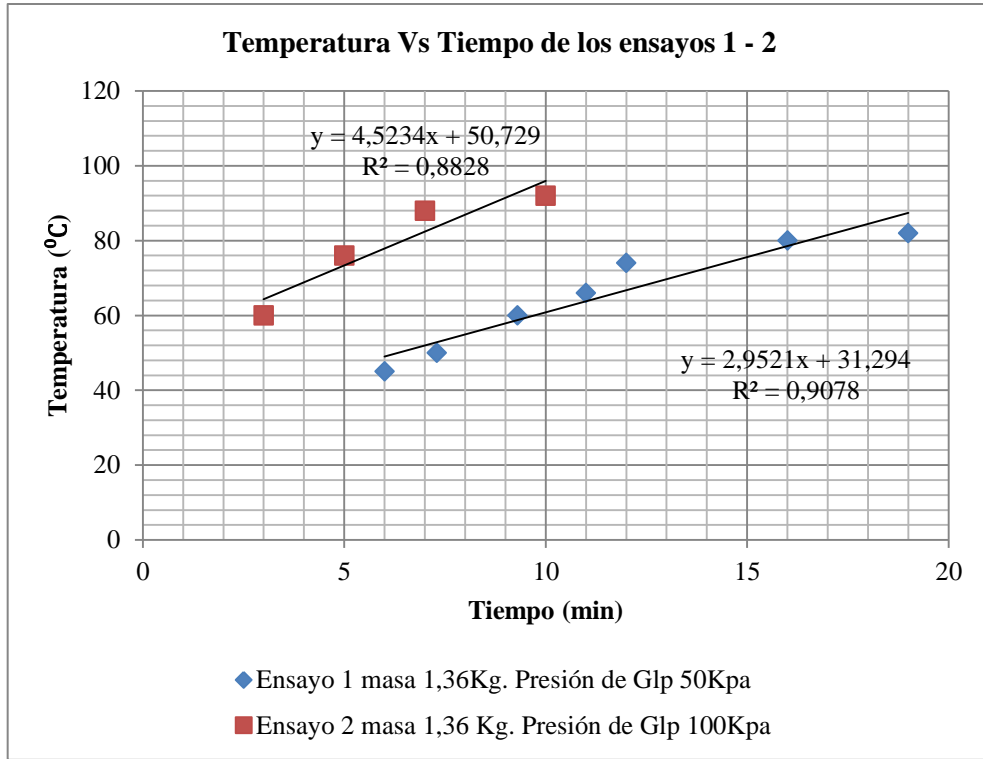
El efecto que produce la presión de servicio de GLP es la reducción del tiempo de tueste.

**Tabla 4.1** Características de los ensayos 1 y 2

| Muestra | Peso (Kg) | Presión GLP (Kpa) |
|---------|-----------|-------------------|
| M1      | 1,36      | 50                |
| M2      | 1,36      | 100               |

**Fuente:** Alex Heredia

**Grafica 4.1** Comparación de resultados entre ensayo 1 - 2



**Fuente:** Alex Heredia

En la gráfica se puede observar la diferencia de temperatura en función del tiempo con una misma masa, considerando que la presión es diferente en cada ensayo

Con una presión de 100Kpa en el ensayo 2 el incremento de temperatura y el proceso total de tueste se realizan en menor tiempo.

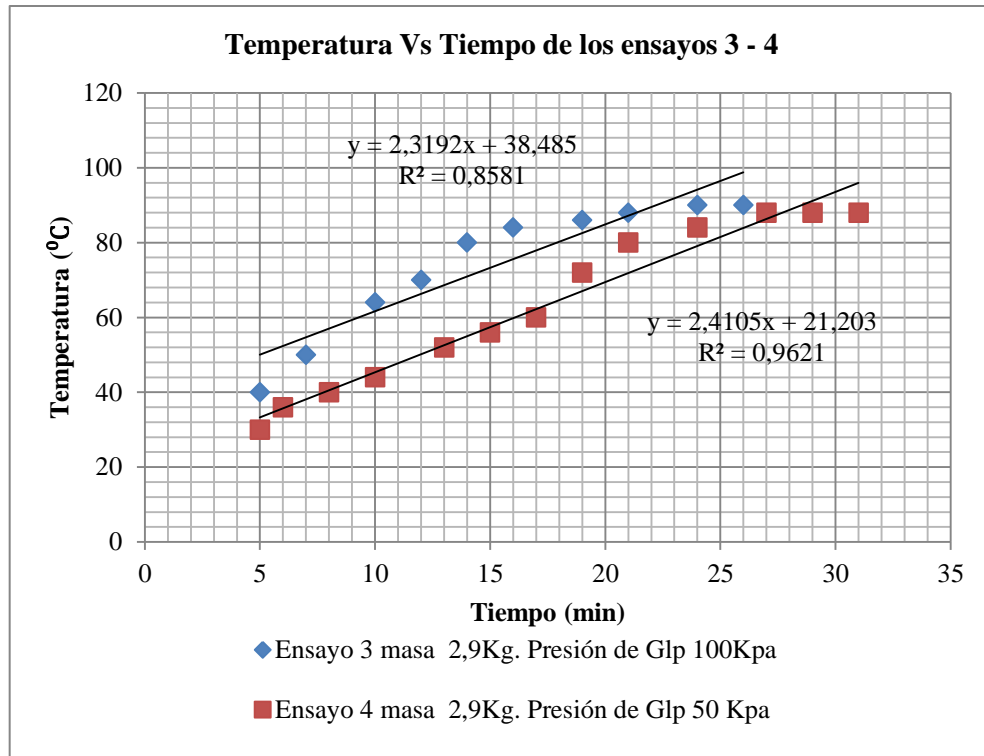
En la gráfica se observa que la correlación es lineal en alto grado.

**Tabla 4.2** Características de los ensayos 3 - 4

| Muestra | Peso (Kg) | Presión Glp. (Kpa) |
|---------|-----------|--------------------|
| M3      | 2,9       | 100                |
| M4      | 2,9       | 50                 |

**Fuente:** Alex Heredia

**Grafica 4.2** Comparación de resultados entre ensayos 3 – 4



**Fuente:** Alex Heredia

Con una masa de 2,9Kg el tiempo de tueste se incrementa y la temperatura de tueste se mantiene en 92°C constante.

#### 4.1.3 Análisis de tiempo - temperatura para diversas etapas del tostado manual

En la tabla 4.3 se especifican las operaciones realizadas en el tostado manual y la variación de tiempo – temperatura con respecto a la masa.

**Ensayo 6, muestra de 7Kg haba seca (tostado manual).**

**Tabla 4.3** Toma de tiempos durante el tostado manual

| <b>Proceso</b>                                 | <b>Tiempo</b> | <b>Temperatura</b> |
|--|---------------|--------------------|
| Encendido de la Hoguera                        |               | 0                  |
| Pre calentamiento                              | 5             | 55                 |
| Colocación de las habas en el tiesto y tostado | 10            | 85                 |
|  | 12            | 120                |
| Enfriamiento de las habas para ser peladas     | 13            | 100                |
|  | 13,1          | 95                 |
|  | 14,14         | 90                 |
|  | 16,16         | 85                 |
|  | 20,23         | 77                 |
|  | 21,25         | 70                 |
|  | 23,34         | 66                 |
|  | 25,35         | 60                 |
|  | 27            | 58                 |
|  | 28,32         | 56                 |
|  | 30,4          | 55                 |
|  | 32,33         | 50                 |
|  | 35            | 46                 |
|  | 36            | 43                 |
|  | 37,12         | 40                 |
| 40,12  | 35            |                    |
| 43,12  | 30            |                    |
| 46,12  | 25            |                    |

**Fuente:** Alex Heredia

En la tabla se muestran los tiempos que toma realizar cada etapa durante el proceso de tostado manual, siendo el proceso de secado el que tarda más, ya que las habas tostadas se encuentran en periodo de cocción y la conformación del haba es blanda y no permite ser pelada.



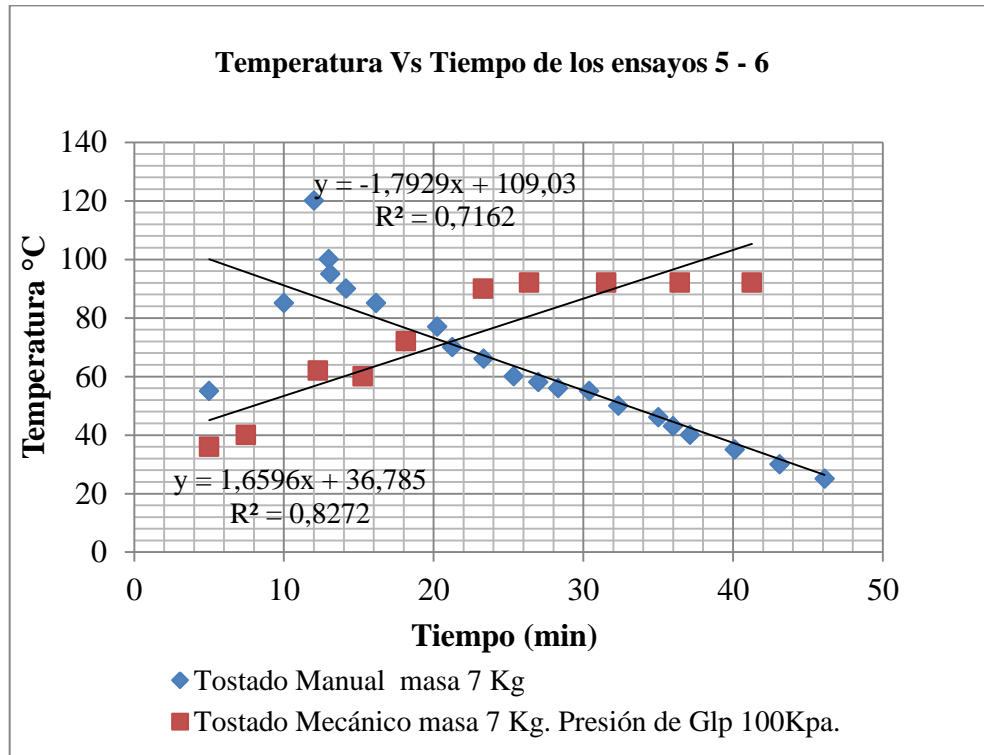
## 4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

Con los resultados obtenidos se realizaron graficas de dispersión, en donde se analizó las curvas de temperatura y tiempo en función de la capacidad de carga o masa.

### 4.2.1 Comparación entre los procesos de tostado manual y mecánico

La comparación se realizó en función del tiempo total de tueste y la temperatura necesaria del proceso para esta comparación se tomaron los datos de los ensayos 5 y 6, las características de estos se muestran en la gráfica 4.3

**Grafica 4.3** Comparación en tiempos del tostado manual vs el mecánico



**Fuente:** Alex Heredia

En la gráfica (tostado manual), se observa que la temperatura se eleva bruscamente de 55°C hasta 120°C, esta temperatura varia ya que no se puede controlar el aporte de calor suministrado por la combustión de la leña. Se ajusta una línea de tendencia decreciente y se ajusta en un 71,6% a la ideal.

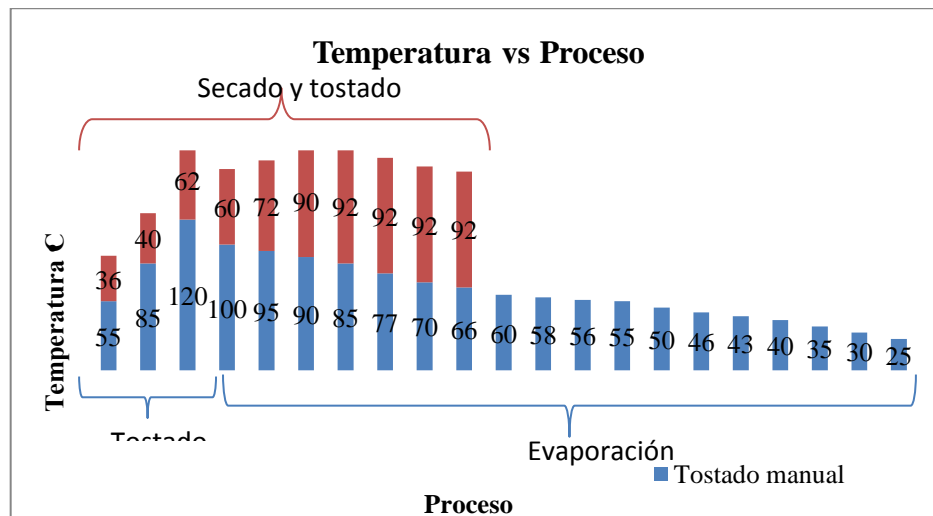
En la gráfica (tostado mecánico), la temperatura se eleva desde 36°C hasta 92°C y esta se mantiene constante durante todo el proceso de tueste. Se ajusta una línea de tendencia constante y se ajusta en un 82,7% a la ideal



**Fig. 4.2** Diferencia entre haba tostada a mano y en el prototipo  
**Fuente:** Alex Heredia

En la fig. 4.3 se muestran las diferencias del tostado manual y mecánico, en esta figura se observa que en el tostado mecánico no existe ningún grano de haba quemado por ende no existe pérdida del producto tostado. Del estudio realizado con respecto al tostado manual existe una pérdida de 5% de haba tostada.

**Grafica 4.4** Incremento de temperatura durante las etapas de tueste

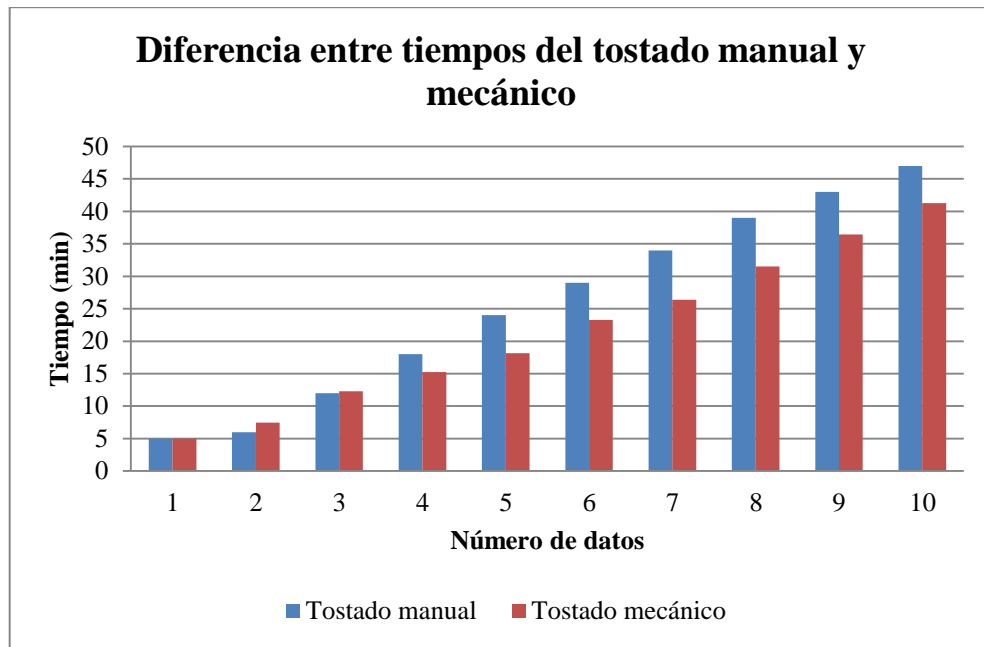


**Fuente:** Alex Heredia

La gráfica 4.4 muestra las etapas del tostado manual y su temperatura, este proceso se compone de dos elementos como son el tostado y posterior secado el cual tiene que llegar hasta la temperatura ambiente de 25°C.

En la gráfica se encuentran las etapas del tostado mecánico el cual se realiza de forma uniforme secada y tostada el haba con una temperatura de 92°C.

**Grafica 4.5** Tiempos de producción total del tostado manual y mecánico



**Fuente:** Alex Heredia

En la gráfica el tiempo total de producción del tostado manual es de 46min, mientras que el de tostado mecánico es de 41min.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Finalizado el estudio de tostado manual del haba se constata la selección de un método de calentamiento indirecto que permite reducir el tiempo de producción total del proceso. El tiempo de tostado manual es de 46min y no existe uniformidad en la coloración del haba tostada por la variación de temperaturas en un rango de (55 – 120 °C)

El principal factor negativo existente en la empresa es el tiempo total de este proceso que es de 8h para una producción de 90Kg de haba tostada, la razón de un tiempo elevado es el estado de cocción en que se encuentran las habas luego de ser tostadas rudimentariamente, por ende estas no pueden ser peladas ya que su cascara no está seca para ser removida con facilidad.

Con el tostado mecánico el tiempo es de 41min en función de la masa, el aporte calorífico, movimiento continuo del haba y una temperatura de tueste de 92<sup>0</sup>C la cual se mantiene estable durante el proceso de secado y tostado del haba.

**Tabla 4.4** Valores de diferencias de tiempo y pérdida del producto

| <b>Método</b>    | <b>Masa (Kg)</b> | <b>Tiempo (min)</b> | <b>Pérdida del Producto (%)</b> |
|------------------|------------------|---------------------|---------------------------------|
| Tostado mecánico | 7                | 41                  | 0                               |
| Tostado manual   | 7                | 46                  | 5                               |

**Fuente:** Alex Heredia

La tabla 4.4 muestra la diferencia de tiempos entre el método manual y el mecánico a una misma masa, teniendo en cuenta la calidad de tostado uniforme en el proceso mecánico. Con este estudio se obtuvo el tiempo de tueste bajo las condiciones de densidad y de contenido de humedad del haba, este tiempo se aplicara posteriormente en el diseño de una tostadora con una capacidad que se ajuste a las necesidades de la empresa.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Mediante un análisis de los diferentes métodos existentes se seleccionó el proceso mecánico de calentamiento indirecto, por tener un sistema de movimiento continuo en la cámara de tueste y el uso de GLP como combustible.
- El método de calentamiento indirecto cuenta con una cámara de combustión aislada que permite aprovechar de mejor manera el poder calorífico del combustible hacia la cámara de tueste.
- El uso de GLP como combustible permite tener una temperatura de tueste controlada y reducir el tiempo de proceso total.
- Para determinar el tiempo de proceso se realizaron 6 ensayos con diferente masa, estableciendo para el tostado manual un tiempo de 46min y para el mecánico de 41min.
- Mediante los datos obtenidos se ve que la pérdida del haba cuando se realiza el tueste de forma manual es de un 5%, por la falta de control en la temperatura ya que el tostado no es uniforme se tiene que retirar las habas que no tienen la coloración ideal para el siguiente paso.
- Este método de calentamiento indirecto no se puede utilizar para haba tierna o verde, porque existe pérdida del producto en su peso final ya que durante el proceso las habas se desintegran.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Durante el proceso de tueste manual se debe realizar un constante movimiento del haba para evitar que este se quemara, además de un control en la colocación de la leña.
- En el proceso de tueste manual se debe colocar el combustible fósil poco a poco según como se requiera.
- La colocación del haba debe realizarse cuando el tiesto esté a una temperatura de 55-120°C la cual no se mantiene constante.
- En el tueste mecánico se debe tomar una muestra del producto que se está procesando hasta que alcance su coloración ideal.
- Mantener la coloración de llama en tono azul para evitar un consumo excesivo del combustible.
- Durante el tostado mecánico mantener una presión de entrada de GLP en 100Kpa ya que a esta presión se obtiene un menor tiempo de proceso.
- Sería importante realizar un análisis para tostar otro tipo de granos y aprovechar de mejor manera el diseño de esta máquina tostadora.
- Este tipo de diseño se debe utilizar para tostar otros tipos de granos y cereales como por ejemplo para procesar cacao.
- Se debería utilizar este diseño en la industria harinera ya que permite tostar varios tipos de granos y con una calidad excelente.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1 DATOS INFORMATIVOS

La propuesta es el diseño de un horno industrial de calentamiento indirecto que sea fácil de operar, que permita realizar un proceso de tostado mecánico con aporte de movimiento continuo proporcionado por un motor.

**Tabla 6.1** Información general de la propuesta

| <b>Datos generales de la propuesta</b> |   |
|--|---|
| Ejecutor                               | Alex Heredia  |
| Descripción                            | Tostadora industrial de calentamiento indirecto para haba |
| Proceso                                | Diseño  |
| Ensayos                                | Laboratorio de energía de la Carrera de Ing. Mecánica     |
| Beneficiario                           | Empresa GRANOFA   |

**Fuente:** Alex Heredia

#### 6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Para el diseño de la tostadora se propone el uso de GLP como combustible por su poder calorífico y facilidad de manejo en condiciones adecuadas, todos los cálculos realizados se enfocaron en la capacidad de carga de la cámara de tueste y el tiempo de proceso total.

##### 6.2.1 Parámetros de diseño

###### a) Cantidad a tostar

Es uno de los parámetros más importantes a tomar en cuenta durante la investigación, la masa a ser procesada es de 90Kg de haba seca.

El haba seca alcanza este estado luego de permanecer 45 días en la vaina de la planta para su posterior cosecha con un contenido de humedad final del 14%.**(Fuente:** Luis Fernando Aldana de León Investigador Principal Granos Básicos ICTA).

La masa establecida es la deseada a ser procesada por la empresa, dentro de lo que es la producción de harina de haba.

#### **b) Temperatura y cantidad de calor**

La cantidad de calor necesaria, depende del total de haba que se va a tostar (90Kg), de la capacidad calorífica del combustible para alcanzar la temperatura deseada.

De la investigación realizada previamente la temperatura máxima que debe alcanzar la cámara de tueste es 92<sup>0</sup>C y la velocidad angular de 47rpm.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Otorgar la posibilidad de optimizar el tiempo de producción total del proceso de tueste de haba en la empresa mediante el diseño de una tostadora de calentamiento indirecto.

#### **6.3.1 Seguridad y calidad**

De la investigación se conoce que la posición del operador no es la adecuada frente al proceso de tostado manual ya que se encuentra expuesto directamente a temperaturas elevadas y a los gases de combustión. Para mitigar estos factores negativos se propone el uso controlado de GLP y un el método de calentamiento indirecto que permita aprovechar de mejor manera el poder calorífico del combustible, evitando la exposición directa del operario.

Debido a que en el método de tostado manual no existe un movimiento constante y uniforme la calidad de tostado disminuye dando como pérdida del 5% de producto. Con el método de calentamiento indirecto se tiene una velocidad angular de tueste de 47rpm permitiendo obtener un tostado uniforme y sin ninguna pérdida.



## **6.4 OBJETIVOS**

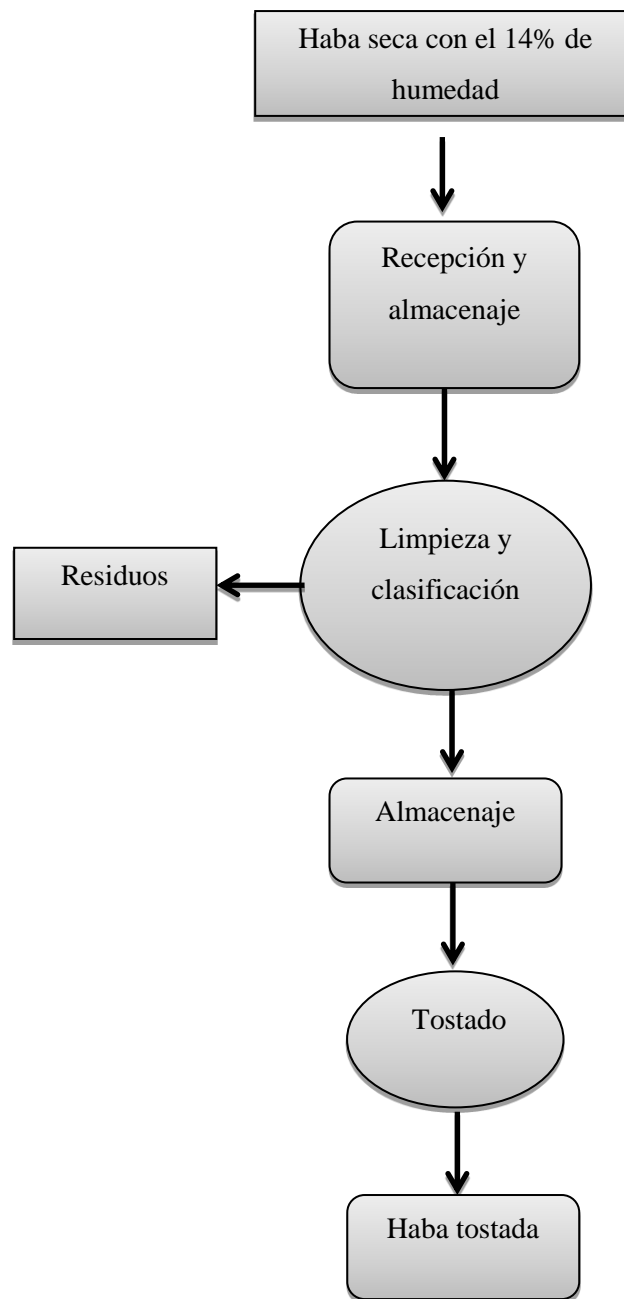
- Dimensionamiento de la cámara de tueste en función de las necesidades de producción de haba tostada para la empresa.
- Dimensionamiento y selección de quemadores de GLP.
- Diseño y cálculo de elementos mecánicos.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La investigación es factible, ya que tenemos la predisposición de la empresa en prestación de algunos recursos como es la materia prima e información básica del proceso de producción, permitiendo desarrollar una propuesta de estrategias para alcanzar su objetivo, siendo el proceso de indagación la observación directa de los parámetros aplicados para tostar el haba, herramientas importantes de la confiabilidad, donde se pretende que la empresa implemente el método de producción de tueste del haba.

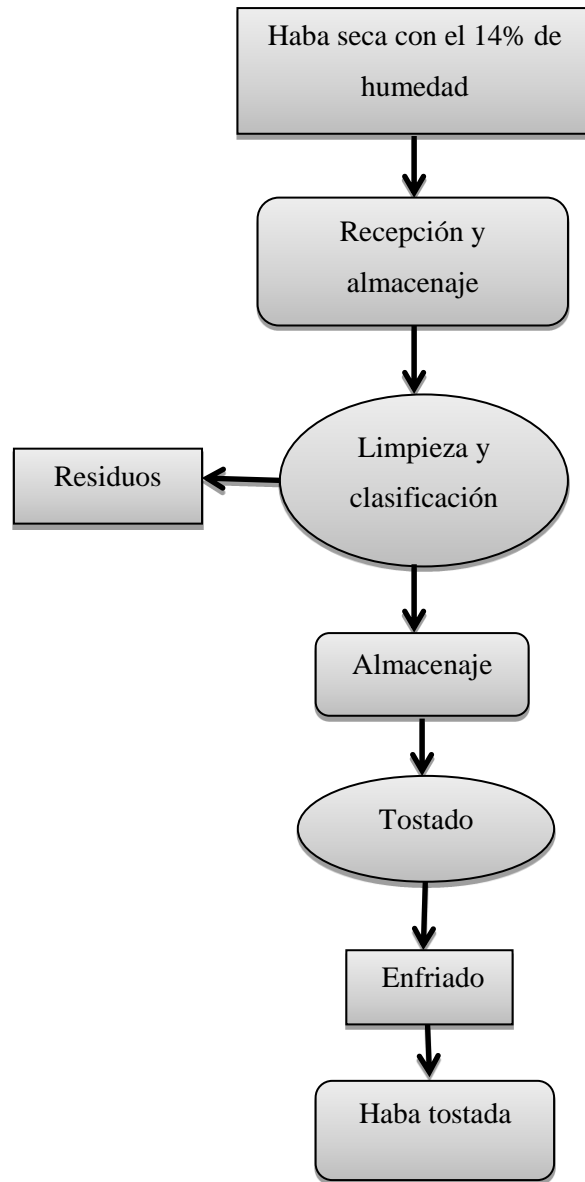
### **Análisis Técnico**

Para el diseño de una tostadora industrial se utilizó métodos y mecanismos de cálculo e instrumentos de medición existentes en el laboratorio de Energía de la carrera de Ing. Mecánica



**Fig. 6.1** Diagrama del proceso de tueste mecánico

**Fuente:** Alex Heredia



**Fig. 6.2** Diagrama del proceso de tueste manual

**Fuente:** Alex Heredia

## Análisis económico

**Tabla 6.2** Costos de materiales y de construcción

| <b>Materiales</b>                               | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|---|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Perfil C 80 x 40 x 3 (A36)                      | 6               | 80                    | 480                |
| Plancha 1000 x 1000 x 6 (A36)                   | 2               | 100                   | 200                |
| Eje Ø38.1 x 2000 (AISI 304)                     | 1               | 400                   | 400                |
| Plancha 2400 x 1200 x 2 (AISI 304)              | 1               | 500                   | 500                |
| Eje Ø50.8 x 50 (AISI 304)                       | 3               | 33,5                  | 100,5              |
| Eje Ø25.4 x 300 (AISI 304)                      | 12              | 40                    | 480                |
| Plancha 1200 x 600 x 3 (AISI 304)               | 1               | 350                   | 350                |
| Plancha 625 x 160 x 3 (AISI 304)                | 1               | 250                   | 250                |
| Plancha Ø 450 x 6 (AISI 304)                    | 1               | 80                    | 80                 |
| Eje Ø 38.1 x 3600 (AISI 1020)                   | 2               | 150                   | 300                |
| Plancha 2400 x 1200 x 2 (A36)                   | 2               | 160                   | 320                |
| Platina 6000 x 25,4 x 3 (A36)                   | 4               | 50                    | 200                |
| Plancha 2400 x 1200 x 1.25 (A36)                | 2               | 30                    | 60                 |
| Lana de vidrio 2400 x 1200 x 5                  | 1               | 150                   | 150                |
| Eje Ø 105 x 37 (AISI 1020)                      | 1               | 25                    | 25                 |
| Plancha 1200 x 600 x 6 (A36)                    | 1               | 150                   | 150                |
| Angulo 30 x 30 x4 (A36)                         | 2               | 15                    | 30                 |
| Plancha 2400 x 1200 x 2 (ANSI 32) Galvanizado   | 1               | 40                    | 40                 |
| Angulo 3000 x 50 x5 (A36)                       | 1               | 7                     | 7                  |
| Eje Ø 12,7 x 3000 (AISI 1020)                   | 1               | 15                    | 15                 |
| Eje Ø 100 x 50 (AISI 1020)                      | 1               | 20                    | 20                 |
| <b>ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA</b>     |                 |                       |                    |
| Motorreductor                                   | 1               | 760                   | 760                |
| Rueda catalina 19 dientes                       | 1               | 30                    | 30                 |
| Rueda catalina 19 dientes                       | 1               | 47                    | 47                 |
| Cadena  | 1               | 25                    | 25                 |
| Quemador 55KW                                   | 1               | 1150                  | 1150               |
| <b>ELEMENTOS INDICADORES Y DE ACCIONAMIENTO</b> |                 |                       |                    |
| Termostato                                      | 1               | 20                    | 10                 |
| Pulsadores on/off                               | 1               | 30                    | 15                 |
| <b>MANO DE OBRA</b>                             |                 |                       |                    |
| Operaciones de construcción                     |                 |                       | 2500               |
| <b>COSTO TOTAL</b>                              |                 |                       | <b>8694,5</b>      |

**Fuente:** Alex Heredia

Con el costo total establecido en la tabla 6.2 se procede a realizar el análisis de factibilidad económico el cual mostrara si el proyecto es rentable.

Para el estudio económico se realizó un análisis incremental de los dos métodos utilizados en el proceso de tueste del haba.

**Tabla 6.3** Producción obtenida por el tostado manual

| <b>TOSTADO MANUAL</b>                    |               |                |                |              |
|--|---------------|----------------|----------------|--------------|
| <b>Proceso</b>                           | <b>Diaria</b> | <b>Semanal</b> | <b>Mensual</b> | <b>Anual</b> |
| Producción en quintales                  | 3             | 9              | 36             | 432          |
| Tiempo de tostado y secado total (horas) | 8             | 40             | 160            | 1920         |

**Fuente:** Alex Heredia

**Tabla 6.4** Producción obtenida por el tostado mecánico

| <b>TOSTADO MECÁNICO</b> |               |                |                |              |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------|--------------|
| <b>Proceso</b>          | <b>Diaria</b> | <b>Semanal</b> | <b>Mensual</b> | <b>Anual</b> |
| Producción en quintales | 4             | 20             | 80             | 960          |
| Tiempo total (horas)    | 3             | 15             | 60             | 720          |

**Fuente:** Alex Heredia

En las tablas se puede observar la diferencia en el incremento de producción entre los dos tipos de tueste manual y mecánico.

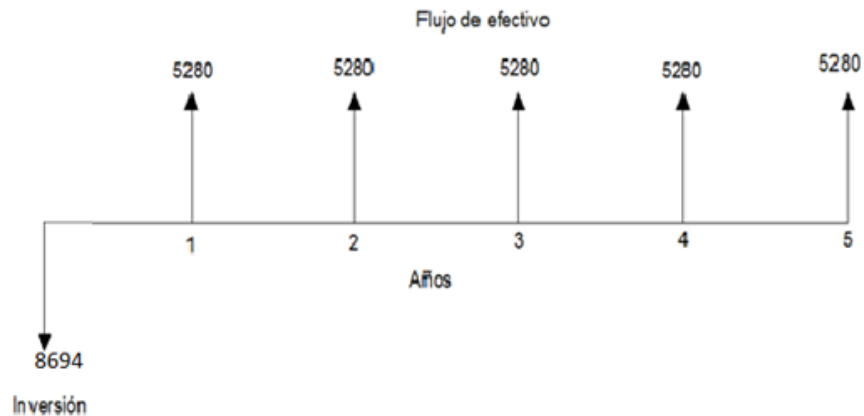
**Tabla 6.5** Estado de resultados

| <b>Producción Anual (qq)</b> |                  | <b>Flujo de efectivo</b> |                           |                  |
|------------------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|
| Tostado manual               | Tostado mecánico | Flujo Incremental(qq)    | Ganancia por quintal (\$) | Ingreso neto(\$) |
| 432                          | 960              | 528                      | 10                        | 5280             |

**Fuente:** Alex Heredia

La tabla muestra la ganancia obtenida, esta es el ingreso neto por quintal después de los costos de producción y de impuestos.

### Grafica 6.1 Estados de flujo de efectivo



**Fuente:** Alex Heredia

En la gráfica se observa el flujo neto para cada año y la inversión se recupera a finales del segundo año a una TMAR cero (no existe ganancias). Para el proyecto la tasa es del 15% donde la inversión se recupera completamente con ganancias a mediados del tercer año.

#### 6.5.1 Determinación del VAN.

Para tener una tasa aceptable de rendimiento se debe considerar los siguientes parámetros:

La tasa mínima sin financiamiento es de 9%, la cual se calcula sumando las tasas correspondientes a los bonos del Estado que es el 7% y la tasa al premio al riesgo que es del 8%

La tasa de descuento sin financiamiento y para inversionistas es del 15%

Con una TMAR del 15% y los flujos establecidos se obtiene el siguiente VAN= 8735,31

el resultado es positivo por ende el proyecto es viable, ahora se determinara la tasa interna de retorno TIR, de los cálculos realizados se obtuvo una TIR del 47% la cual es mayor que la TMAR resultado que corrobora su efectividad.

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

- **Cámara de tueste**

Es donde se aloja las habas para ser tostadas, esta cámara se diseñara en base a las propiedades del acero inoxidable AISI 304 adecuado para el procesamiento de alimentos.

- **Quemadores**

Son equipos donde se realiza la combustión, por tanto deben contener los tres vértices del triángulo de combustión, es decir que deben realizar la mezcla intima del combustible con el aire y además proporcionar la energía de activación.

- **Cámara de combustión**

Es el volumen que ocupa la cámara de tueste y eta encargado de la transferencia uniforme de calor de los quemadores al cilindro de tueste evitando perdidas.

- **Aislamiento térmico**

Es el material que presenta una elevada resistencia a la transferencia de calor, que ayuda a disminuir las pérdidas de calor en los alrededores.

- **Estructura**

Constituye el bastidor de la tostadora industrial donde se colocan todos los componentes para su correcto funcionamiento.

- **Sistema motriz**

Es el encargado de dar movimiento de rotación a la cámara de tueste, constituido principalmente por:

- Motor, reductor
- Eje
- Rodamientos

- **Tolva de alimentación**

Es el elemento que permite la entrada del producto a ser tostado.

### 6.6.1 Detalle del proceso de tueste

Para la obtención de un buen tostado del haba se debe precalentar a una temperatura ideal la cámara de tueste que se encuentra en movimiento.

Se coloca las habas en la tolva para luego por medio de una compuerta que se abre ingresar a la cámara de tueste.

El estudio preliminar de las condiciones de tostado del haba se lo realizo basado en un prototipo el cual ofrece los siguientes parámetros para empezar el dimensionamiento de la tostadora.

**Tabla 6.6.** Condiciones iniciales para el diseño

| <b>Carga<br/>(Kg)</b> | <b>Presión de<br/>combustible<br/>(Kpa.)</b> | <b>Temperatura de<br/>tostado<br/>(°C)</b> | <b>Tiempo de secado y<br/>tostado<br/>(min)</b> |
|-----------------------|--|--|---|
| 90                    | 100  | 92   | 45  |

**Fuente:** Alex Heredia

En la tabla 6.6 se encuentran los parámetros iniciales para el diseño de una tostadora industrial de haba.



## 6.7 METODOLOGÍA

### 6.7.1 Dimensionamiento de la cámara de tueste

Para el diseño se toma en cuenta la masa a tostar para determinar su volumen ocupacional en la cámara de tueste.

El volumen de la cámara de tueste debe ser mayor que el que ocupa la masa a tostar para que esta tenga libertad de movimiento durante el proceso de tueste.

El volumen que ocupa las habas es igual a la relación de su masa por la densidad del haba, es decir:

$$V = \frac{m}{\delta_{haba}} \quad \text{Ec. 6-1}$$

Dónde:

m: masa del haba = 90kg

$\delta_{haba}$ : Densidad aparente del haba= 750 (Kg/m<sup>3</sup>)

V: Volumen que ocupa el haba en el cilindro

$$V = 0,12 \text{ m}^3$$

Considerando que las habas durante el proceso de tueste se expanden en un 50% de tamaño inicial se determina un  $V_2$ .

$$V_2 = V + 0,5 * V \quad \text{Ec. 6-2}$$

$$V_2 = 0,18\text{m}^3$$

Para que las habas obtengan un movimiento ondulatorio dentro de la cámara el volumen se incrementa en dos veces su valor.

$$V_{final} = 2 * V_2$$

$$V_{final} = 0,36m^3$$

### Selección del diámetro y longitud de la cámara de tueste

Con el volumen final se realiza una iteración para encontrar las dimensiones de la cámara de tueste su diámetro y longitud, mediante la Ec. 6

$$V_{final} = V_{cámara}$$

$$V_{cámara} = 0,7854 * l * (D^2) \quad \text{Ec. 6-3}$$

**Tabla 6.7.** Determinación del diámetro y longitud de la cámara de tueste.

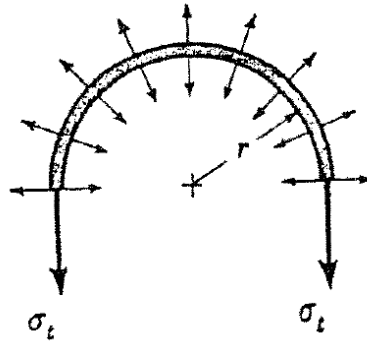
| Diámetro externo (m) | Longitud (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|--------------|---------------------------|
| 1                    | 2            | 1,57                      |
| 0,8                  | 1,6          | 0,80                      |
| 0,7                  | 1,4          | 0,54                      |
| 0,66                 | 1,32         | 0,45                      |
| 0,62                 | 1,24         | 0,37                      |
| 0,6                  | 1,2          | 0,34                      |
| 0,23                 | 0,46         | 0,02                      |

**Fuente:** Alex Heredia

En la tabla 6.7 se observa el diámetro y longitud seleccionados los cuales dan como resultado un volumen final cercano al calculado con la masa a tostar.

### Cilindros de pared delgada

Cuando se trata de recipiente cilíndrico cuya pared tiene un espesor de 1/10 de su radio o menos se puede considerar que el esfuerzo radial producido por la presión del contenido del cilindro es muy pequeño en comparación con el esfuerzo tangencial y esta uniformemente distribuido en todo el grosor de la pared. Cuando se acepta esta hipótesis, el elemento en cuestión se llama recipiente de presión de pared delgada.



**Fig. 6.3** Cilindro sometido a presión interna y externa

**Fuente:** Diseño en Ingeniería Mecánica, J. E. Shigley

### 6.7.2 Determinación del esfuerzo realizado en la cámara de tueste

Las propiedades que se tomaran en cuenta para el cálculo de esfuerzos de la cámara son del material AISI 304 utilizado para procesar alimentos.

**Tabla 6.8** Propiedades del material AISI 304

| <b>MATERIAL AISI 304</b>             |                          |  |
|--------------------------------------|--------------------------|--|
| <b>Propiedades</b>                   | <b>Resistencia (Psi)</b> | <b>Resistencia (Kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
| Resistencia ultima de tracción (Sut) | 82,4                     | 5723,29                                |
| Resistencia de fluencia mínima (Sy)  | 40                       | 2812,28                                |

Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley J., 7<sup>ma</sup> edición

La determinación de la presión ejercida en el interior de la cámara de tueste se realiza de la siguiente manera:

$$P_h = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 6-4}$$

$P_h$  = Presión ejercida por las habas hacia las paredes del cilindro (Kg/m<sup>2</sup>)

F = Peso de las habas (Kg)

A = Área que ocupa las habas dentro del cilindro (m<sup>2</sup>)

$$P_h = \frac{100}{3.01} = 33,12 \left( \frac{Kg}{m^2} \right)$$

Esfuerzo tangencial o circunferencial

$$\sigma_t = \frac{P_h * d_i}{2 * t} \tag{Ec. 6-5}$$

Esfuerzo longitudinal

$$\sigma_l = \frac{P_h * d_i}{4 * t} \tag{Ec. 6-6}$$

**Tabla 6.9.** Determinación del espesor del cilindro

| Diámetro externo (cm) | Presión (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Diámetro interno (cm) | Espesor (t) (cm) | Esfuerzo circunferencial (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo longitudinal (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------|--|---|
| 62                    | 0,003312                      | 61,9                  | 0,1              | 1,025064                                       | 0,512532                                    |
| 62                    | 0,003312                      | 61,8                  | 0,2              | 0,511704                                       | 0,255852                                    |
| 62                    | 0,003312                      | 61,7                  | 0,3              | 0,340584                                       | 0,170292                                    |

**Fuente:** Alex Heredia

Los esfuerzos establecidos con el espesor de 2mm son muy bajos comparados con la resistencia a la fluencia del material que es de 2812.28 (kg/cm<sup>2</sup>) asegurando su estabilidad, funcionamiento y costo.

### 6.7.3 Cálculo del coeficiente de convección interno en la cámara de tueste

Para el diseño térmico se tienen en cuenta las condiciones iniciales del haba a tostar y sus propiedades que están en la tabla 6.9.

**Tabla 6.10** Características del haba a tostar

| <b>HABA</b>                          |  |
|--------------------------------------|--|
| Densidad del haba                    | $\rho=750 \text{ Kg/m}^3$                    |
| Conductividad térmica                | $K=0,2515 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$       |
| Humedad inicial del haba             | $w_i =0,14 \text{ Kg agua/ Kg Haba}$         |
| Humedad final del haba               | $w_f = 0,05 \text{ Kg agua/ Kg Haba}$        |
| <b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>       |  |
| Temperatura ambiente de bulbo seco   | $T_{\text{abs}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Temperatura ambiente de bulbo húmedo | $T_{\text{abh}} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Humedad relativa del ambiente        | $\Phi_a = 60\%$                              |

**Fuente:** Alex Heredia

**Tabla 6.11** Propiedades del fluido a las condiciones de tostado

| <b>AGUA @ 92 °C</b>        |   |
|----------------------------|---|
| Entalpia de vaporización   | $h_{fg}= 2687,5 \text{ kJ/Kg}$                  |
| <b>AIRE @ 92 °C</b>        |   |
| Calor específico           | $C_p= 1,009 \text{ kJ/Kg } ^\circ\text{K}$      |
| Coefficiente de conducción | $K_a = 30*10^{-3} \text{ (W/m}^*\text{°K)}$     |
| Densidad                   | $\rho_a = 0,9950 \text{ Kg/m}^3$                |
| Viscosidad dinámica        | $\mu_a =208,2*10^{-7} \text{ (N*s/m}^2\text{)}$ |
| Numero de Prandtl          | $Pr= 0,7$                                       |
| Viscosidad cinemática      | $V_a =20,92*10^{-6} \text{ (m}^2\text{/s)}$     |

**Fuente:** Alex Heredia

En la tabla 6.10 se encuentran las propiedades del agua y aire a la temperatura de tueste establecida durante los ensayos.

### **Coefficiente de convección interno en la cámara de tueste**

Para encontrar este coeficiente se determinara primero el número de Reynolds, la velocidad media del fluido se establece en 1m/s considerando una convección libre ya que no existe ningún medio externo como un ventilador que otorgue velocidad al fluido.

$$R_{eD} = \frac{V * D}{\nu} \quad \text{Ec. 6-7}$$

Dónde:

V: Velocidad media del fluido (1 m/s).

D: Diámetro de la cámara de tueste (0,62 m)

$\nu$ : Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

$$R_{eD} = 29,63 * 10^3$$

Según el número de Reynolds se tiene un régimen turbulento; entonces se determina el número de Nusselt para este tipo de régimen, donde el número de Prandtl se encuentra en la tabla 6.10

$$N_{uD} = 0.023 * R_{eD}^{\frac{4}{5}} * P_r^{0.3} \quad \text{Ec. 6-8}$$

$$N_{uD} = 78,11$$

Entonces el coeficiente de convección interno en la cámara de tueste es:

$$h_{ic} = \frac{N_{uD} * k}{D} \quad \text{Ec. 6-9}$$

$$h_{ic} = 3,77 \frac{W}{m^2 * K}$$

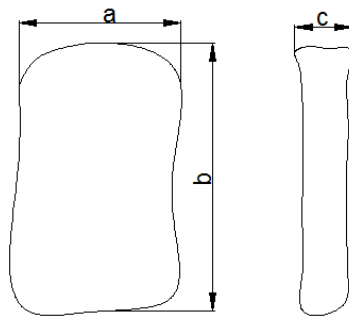
#### 6.7.4 Cálculo de la temperatura en la superficie del haba durante el proceso de tueste

##### Volumen de una partícula

Una vez medidos cada lado del haba se obtuvo el tamaño promedio de cada uno de ellos (a, b, c) para que con la ayuda de la siguiente formula se pueda calcular el volumen de la particular.

$$V_p = a * b * c$$

Donde a, b, c se refieren a la magnitud promedio de cada lado del haba



**Fig. 6.4** Magnitudes de cada lado del haba

**Fuente:** Alex Heredia

$$V_p = 0,016 * 0,024 * 0,007$$

$$V_p = 2,68 * 10^{-6} m^3$$

Para encontrar esta temperatura se asume al haba una forma cilíndrica y se determina el diámetro de la partícula

$$V_p = \left(\frac{\pi}{4}\right) * D_p^2 * l \tag{Ec. 6-10}$$

$$D_p = \sqrt{\frac{V_p}{\left(\frac{\pi}{4}\right) * D_p^2 * l}} \tag{Ec. 6-11}$$

$$D_p = 0.01m$$

### Determinación del número de Biot en un sistema transitorio

Con los datos obtenidos se determina la temperatura que se encuentra las habas dentro de la cámara de tueste, aplicando sistema de flujo transitorio considerando a una esfera.

Se determina el número de Biot <sup>1</sup>

$$B_i = \frac{h_{ic} * \frac{D_p}{2}}{k} \quad \text{Ec. 6-12}$$

$$B_i = \frac{3,77 * 0,0085}{0,2515} = 0,1$$

$$B_i \leq 0,1$$

Entonces existen gradientes importantes de temperaturas

El número de Fourier es:

$$F_o = \frac{\alpha * t}{L^2} \quad \text{Ec. 6-13}$$

Dónde:

$\alpha$  = Difusividad térmica

$$\alpha = \frac{k}{\rho * c_p} \quad \text{Ec. 6-14}$$

$k$  = Conductividad térmica para el haba

$\rho$  = Densidad del haba

$c_p$  = Calor específico para el haba

---

<sup>1</sup> Transferencia de calor, Yunus Cengel, Cuarta edición



$$\alpha = \frac{0,2515 \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)}{750 \left( \frac{Kg}{m^3} \right) * 3,82 \left( \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \right)} = 8,77 * 10^{-8} \frac{m^2}{s}$$

Entonces:

$$F_o = \frac{8,77 * 10^{-8} \frac{m^2}{s} * (2700 s)}{(3,5 * 10^{-3})}$$

$$F_o = 0,067$$

Con estos resultados se obtiene (C1) y  $(\zeta_1)^2$

$$C_1 = 1,0149$$

$$\zeta_1 = 0,3852$$

Para determinar la temperatura en la superficie del se haba se aplica el método de solución exacta con dos términos.

Para encontrar el coeficiente  $\zeta_2$

$$1 - \zeta_n \cot \zeta_n = B_i \tag{Ec. 6-15}$$

$$\frac{1 - \zeta_2}{\tan \zeta_2} = 0,0524$$

Con el dato anterior se encuentra  $C_2$

$$\zeta_2 = 4,505$$

$$C_n = \frac{4[\text{sen}(\zeta_n) - \zeta_n \cos(\zeta_n)]}{2 * \zeta_n - \text{sen}(2 * \zeta_n)} \tag{Ec. 6-16}$$

$$C_2 = \frac{4[\text{sen}(\zeta_2) - \zeta_2 \cos(\zeta_2)]}{2 * \zeta_2 - \text{sen}(2 * \zeta_2)}$$

$$C_2 = -0,020$$

---

<sup>2</sup> Tabla 5.1 Transferencia de Calor, Cengel, Cuarta edición.

Entonces con  $r=1$

$$\theta = C_1 * \exp(-(\zeta_1)^2 * F_o) * \left(\frac{\text{sen}(\zeta_1 * r)}{\zeta_1 * r}\right) + C_2 \exp(-(\zeta_2)^2 * F_o) * \left(\frac{\text{sen}(\zeta_2 * r)}{\zeta_2 * r}\right) \text{ Ec. 6-17}$$

$$\theta = 0,98$$

Con la aproximación encontrada se determina la temperatura en la superficie del haba en el proceso de tueste.

$$\theta = \frac{T_{sup h} - T_o}{T_i - T_\infty} \text{ Ec. 6-18}$$

Dónde:

$T_{sup h}$  = Temperatura superficial del haba

$T_t$  = Temperatura de tueste  $92^0\text{C}$

$T_i$  = Temperatura de ingreso del haba hacia la cámara de tueste

$r$  = Radio promedio del haba

$$T_{sup h} = T_\infty + \theta * (T_i - T_\infty)$$

$$T_{sup h} = 92 + 0,98 * (25 - 92)$$

$$T_{sup h} = 26,34^0\text{C}$$

### 6.7.5 Determinación del calor en el interior de la cámara de tueste

Para efectuar este cálculo se utiliza la ecuación de almacenamiento de energía.

$$\frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} = \frac{m_{aire} * c_{p_{aire}} * (\Delta T_a) + m_{haba} * c_{p_{haba}} * (\Delta T_h) + m_{H2O} * h_{f_{H2O}}}{t} \text{ Ec. 6-19}$$

Dónde:

$m_{aire}$  = Masa del aire

$cp_{aire}$  = Calor específico del aire 1,005 KJ/Kg  $^{\circ}$ K

$m_{haba}$  =Masa del haba a tostar 90Kg

$cp_{haba}$  = Calor específico del haba 3,82 KJ/Kg  $^{\circ}$ K

$t$  = Tiempo de tostación 2700s

$m_{H_2O}$  = Masa del agua a evaporar

$h_{fh_{H_2O}}$  =Calor latente del agua a una  $T_{sat} = 365^{\circ}$ K

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas

Como primer paso se determina la cantidad de aire que se encuentra dentro de la cámara de tueste mediante la ecuación de estado de los gases.

$$P * V = m * R * T \quad \text{Ec. 6-20}$$

Dónde:

P= Presión atmosférica 1, atm 101,3 (KPa)

V= volumen de la cámara de tueste 0,37 m<sup>3</sup>.

$m_a$  = Masa de aire

R= constante de los gases 0,287 KJ/Kg  $^{\circ}$ K

$T_{\infty}$  = Temperatura ambiente, 25  $^{\circ}$ C = 298 $^{\circ}$ K

$$m_a = \frac{P * v}{R * T}$$

$$m_a = 0,43 \text{ Kg}$$

A continuación se determina la masa del agua a evaporar durante el proceso de tueste.

$$m_{H_2O} = (M_h * w_i) - (M_h * w_f) \quad \text{Ec. 6-21}$$

$$m_{H_2O} = \left(90 \text{ Kg} * 0,14 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg haba}}\right) - \left(90 \text{ Kg} * 0,05 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg haba}}\right)$$

$$m_{H_2O} = 8,1 \text{ Kg de agua}$$

Entonces se tiene:

$$\frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} = \frac{0,43 * 1,005 * (365 - 298)K + 90 * 3,82 * (299,34 - 298)K + 8,1 * 2278}{2700s}$$

$$\frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} = 6,97 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} = 6,7 \text{ KW}$$

### 6.7.6 Cálculo de la temperatura en la cámara de combustión ( $T_{cb}$ )

A partir de la ecuación del coeficiente de convección se determina la temperatura en la cámara de combustión:

$$\bar{h} = \frac{q_1}{A * (T_{cb} - T_{\infty})} \quad \text{Ec. 6-22}$$

$$h_{ic} = 3,77 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{K}} = \bar{h}$$

Dónde:

$\bar{h}$  = Coeficiente de convección en la cámara de tueste.

A = Área de transferencia en el exterior de la cámara de tueste ( $2\pi * r_2 * L$ )

$q_1$  = Calor necesario para tostar (6,97 KJ/s)

$T_{cb}$  = Temperatura de la cámara de combustión

$T_t$  = Temperatura de tueste (92<sup>0</sup>C)

$$q_1 = (h_{ic} * A * T_{cb}) - (h_{ic} * A * T_t) \quad \text{Ec. 6-23}$$

Se despeja la temperatura de la cámara de combustión:

$$T_{cb} = \frac{q_1 + (h * A * T_t)}{(h * A)}$$

$$T_{cb} = \frac{6700 + \left(3,77 \frac{W}{m^2 * ^\circ K} * 2,41m^2 * 365 ^\circ K\right)}{\left(3,77 \frac{W}{m^2 * ^\circ K} * 2,41m^2\right)}$$

$$T_{cb} = 1102^\circ K = 829^\circ C$$

### 6.7.7 Determinación del coeficiente de convección en la cámara de combustión

Con la temperatura de la cámara de combustión se determina las propiedades termo-físicas de la materia.

( $T_{cb} = 1102^0K$ ) = Temperatura en la cámara de combustión

$$u = 449 * 10^{-7} \left(\frac{N*s}{m^2}\right) \text{ (Anexo AIII)}$$

$$v = \text{Viscosidad cinemática } 148,55 * 10^{-6} \left(\frac{m^2}{s}\right)$$

$$k = \text{Conductividad térmica del aire } 73,02 * 10^{-3} \left(\frac{W}{m*K}\right)$$

$$Pr = \text{Prand } 0,728$$

$$\alpha = 224 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$\beta = \frac{1}{T} = \text{Coeficiente volumétrico de expansión } 910 * 10^{-6} K^{-1}$$

- Calculo del número de Rayleigh para cilindros horizontales:

$$Ra_D = \frac{g * \beta * (T_{cb} - T_{amb}) * D^3}{v * \alpha}$$

Ec. 6-24

$$Ra_D = \frac{9,8*910*10^{-6}*(1132-25)^{\circ}C*0,62^3}{148,55*10^{-6}*224*10^{-6}}$$

$$Ra_D = 70,71 * 10^6$$

- Con los datos obtenidos se determina el número de Nusselt:

$$Nu_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387*Ra_D^{\frac{1}{6}}}{\left[1+(0,559/Pr)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{8}{27}}}\right\}^2 \quad \text{Ec. 6-25}$$

$$Nu_D 77,86$$

- Finalmente se obtiene el coeficiente de convección en la cámara de combustión  $h_{cb}$

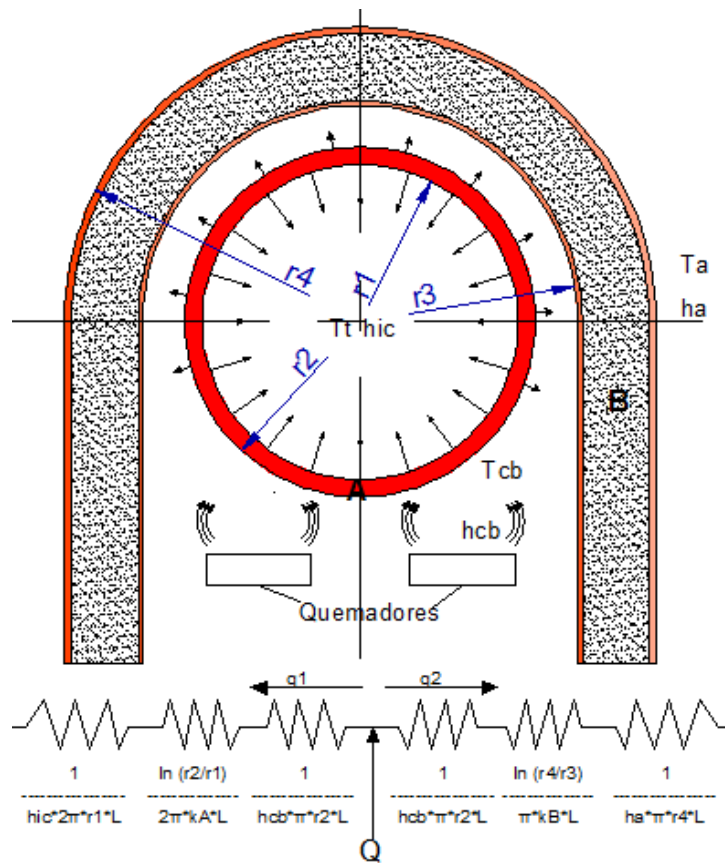
$$h_{cb} = \frac{k*Nu_D}{D} \quad \text{Ec. 6-26}$$

$$h_{cb} = 9,17 \left( \frac{W}{m^2*K} \right)$$

### 6.7.8 Pérdidas de calor en la cámara de tueste

Debido que la cámara de tueste es de forma cilíndrica se utiliza el modelo de cilindro hueco para la transferencia de calor.

Para el análisis de transferencia de calor se realiza por conducción unidireccional y estado estable que determine las temperaturas de cada uno de los elementos del sistema de tostado de habas.



**Fig. 6.5** Distribución de temperaturas en la tostadora industrial

**Fuente:** Alex Heredia

Dónde:

$T_{\infty}$  = Temperatura inicial-ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ )

$T_t$  = Temperatura de tueste ( $92^{\circ}\text{C}$ )

$L$  = Longitud del cilindro 1,24 (m)

$r_1$  = Radio interno del cilindro 0,309 (m)

$r_2$  = Radio externo del cilindro 0,31 (m)

$r_3$  = Radio interno de la cámara de combustión 0,355 (m)

$r_4$ = Radio externo del caparazón que cubre la cámara de combustión 0,400(m)

$h_{cb}$  = Coeficiente de convección cámara de combustión  $6,4 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$

$h_3$  = Convección natural del aire  $5 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$

$k_A$  = Conductividad térmica del material AISI 304  $15,9 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$  @  $365 \text{ } ^\circ\text{K}$

$K_B$ = Conductividad térmica del aislante  $0,046 \text{ (W/m} \cdot \text{ } ^\circ\text{K)}$

**Tabla 6.12** Tipo de convección y fluido

| Tipo de convección y fluido | h (W/m <sup>2</sup> °K) |
|-----------------------------|-------------------------|
| Convección natural, aire    | 5-25                    |
| Convección natural, agua    | 20-100                  |

**Fuente:**

[www.ing.unrc.edu.ar/materias/energia\\_solar/archivos/teoricos/teorico\\_conveccion.pdf](http://www.ing.unrc.edu.ar/materias/energia_solar/archivos/teoricos/teorico_conveccion.pdf)

Con el dato de  $q_1$  encontrado se determina las pérdidas por transferencia de calor hacia el exterior del tostador.

$$q_2 = \frac{T_{cb} - T_\infty}{\frac{1}{h_{cb} \cdot \pi \cdot r_2 \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{\pi \cdot k_B \cdot L} + \frac{1}{h_a \cdot \pi \cdot r_4 \cdot L}} \quad \text{Ec. 6-27}$$

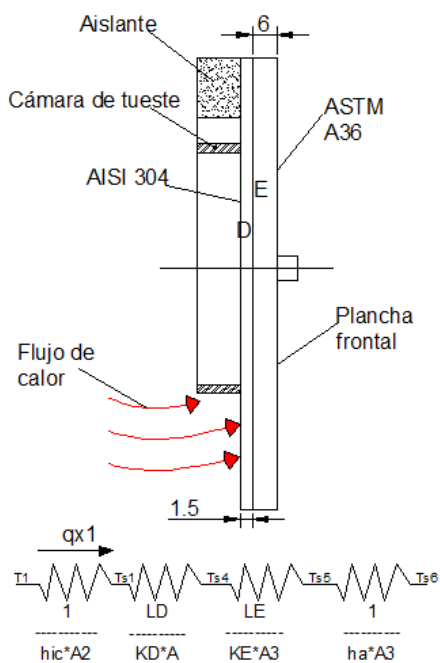
$$q_2 = \frac{1102 - 25}{\frac{1}{6,4 \cdot \pi \cdot 0,31 \cdot 1,24} + \frac{\ln\left(\frac{0,4}{0,355}\right)}{\pi \cdot 0,046 \cdot 1,24} + \frac{1}{5 \cdot \pi \cdot 0,4 \cdot 1,24}}$$

$$q_2 = 1,16 \text{ KW}$$

### 6.7.9 Pérdidas de calor a través de las planchas soporte

Las pérdidas de calor en la plancha frontal se determinan de la siguiente manera:





**Fig. 6.6** Resistencias térmicas a través de la plancha frontal

**Fuente:** Alex Heredia

Dónde:

$T_t$  = Temperatura de tueste =  $92^{\circ}\text{C} = 365^{\circ}\text{K}$

$T_{cb}$  = Temperatura interna de la cámara de combustión  $1102^{\circ}\text{K}$

$T_{\infty}$  = Temperatura ambiente  $298^{\circ}\text{K}$

$K$  = Conductividad térmica de los materiales

$$K_C = 63,9 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right) \text{ (Acero A36)}$$

$$K_D = 15,9 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right) \text{ (Acero AISI 304)}$$

$$K_E = 63,9 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right) \text{ (Acero A36)}$$

L= Espesores de pared de los componentes del tostador

$$L_C=0,015\text{m}$$

$$L_D=0,0015\text{m}$$

$$L_E=0,015\text{m}$$

$$h_{ic} = \text{Coeficiente de convección interno } 3,77 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

$$h_{cb} = \text{Coeficiente de convección en la cámara de combustión } 6,4 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

$$h_a = \text{Convección natural del aire } 5 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

$$A = \text{Área} = A = 2 * (a * b + a * h + b * h) = 0,67\text{m}^2$$

$$a = 0,8\text{m}$$

$$h = 0,4\text{m}$$

$$b = 0,015\text{m}$$

**Perdida de calor en la parte frontal ( $q_{x1}$ )**

$$q_{x1} = \frac{T_t - T_\infty}{\frac{1}{h_1 \cdot A_2} + \frac{L_D}{K_D \cdot A_2} + \frac{L_E}{K_E \cdot A_3} + \frac{1}{h_3 \cdot A_3}}$$

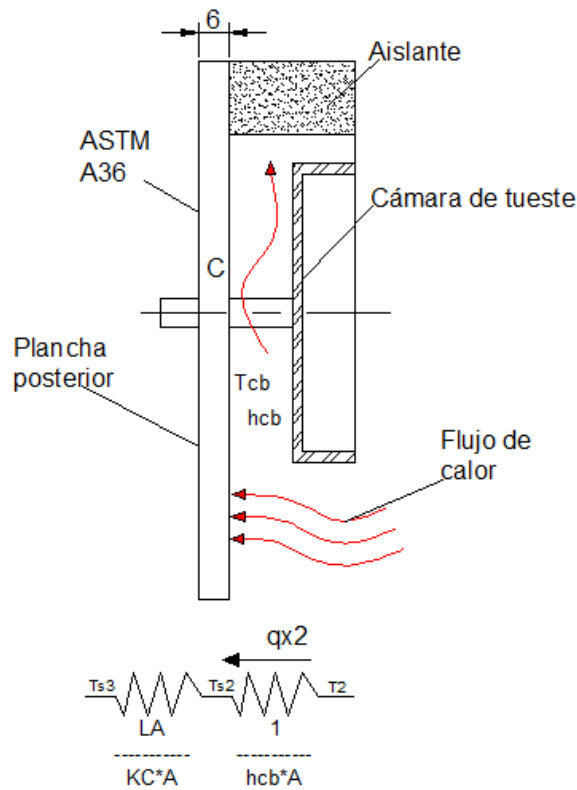
Ec. 6-28

$$A_2 = 0,64\text{m}^2$$

$$A_3 = 0,67\text{m}^2$$

$$q_{x1} = 0,066 \text{ KW}$$

**Perdidas de calor en la plancha posterior ( $q_{x2}$ )**



**Fig. 6.7** Resistencias térmicas a través de la plancha posterior

**Fuente:** Alex Heredia

$$q_{x2} = \frac{T_{cb} - T_{\infty}}{\frac{1}{h_{cb} \cdot A} + \frac{L_C}{K_C \cdot A}}$$

Ec. 6-29

$$q_{x2} = 3,44 \text{ KW}$$

$$q_T = q_2 + q_{x1} + q_{x2} = \text{Calor perdido hacia los alrededores}$$

$$q_T = 4,67 \text{ KW}$$

**6.7.10 Diseño de la chimenea**

Para el diseño se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- Diámetro de la chimenea a la entrada
- Velocidad de salida de los gases
- Temperatura de entrada en la chimenea
- Temperatura ambiente

Para la temperatura de la chimenea se asume una  $T$  promedio de entre la  $T_{amb} - T_{cb}$  de  $25^{\circ}C - 829^{\circ}C$

La temperatura de chimenea es de  $400^{\circ}C$

$$\dot{m} = \rho * V_s * \pi * \frac{D^2}{4} \quad \text{Ec. 6-30}$$

$\dot{m}$  = Flujo másico

$$\rho_{@673^{\circ}K} = \text{Densidad del aire } 0,50 \frac{Kg}{m^3}$$

$V_s$  = Velocidad de salida de los gases 2 m/s

$D$  = Diámetro de la chimenea 0,15m

$$\dot{m} = 0,021 \frac{Kg}{s}$$

**a) Pérdida de calor en la chimenea ( $q_{ch}$ )**

$$q_{ch} = \dot{m} * h_{aire}$$

$$h_{aire} = \text{Entalpia del aire @ } 673^{\circ}K = 690,97 \frac{KJ}{Kg}$$

$$q_{ch} = 0,021 \frac{Kg}{s} * 690,97 \frac{KJ}{Kg}$$

$$q_{ch} = 17,68KW$$

### b) Altura de chimenea (H)

Para determinar la altura se considera la velocidad de los gases de combustión por convección natural

Con la temperatura en la chimenea se procede a determinar la altura de la misma de la forma siguiente:

$$V = \sqrt{4,43 * K * H * \frac{(T_i - T_\infty)}{T_\infty}} \quad \text{Ec. 6-31}$$

Dónde:

$T_\infty$  = Temperatura ambiente 25 °C

$T_{ch}$  = Temperatura a la salida en la chimenea 388,15°C

K= Constante 0,3

V= Velocidad de salida de los gases 2 m/s

Entonces se tiene que:

$$H = \frac{v^2}{4,43 * k * \frac{(T_{ch} - T_\infty)}{T_\infty}} \quad \text{Ec. 6-32}$$

$$H = \frac{2^2}{4,43 * 0,3 * \frac{(400 - 25)}{25}}$$

$$H = 0,9m$$

### 6.7.11 Determinación de la energía que ingresa al sistema para el proceso de tueste

Para este cálculo se consideran todas las pérdidas encontradas anteriormente.

Como factor de seguridad se incrementa en un 20% por perdidas no cuantificadas

$$E_e = \frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} + E_s + 20\%$$

Ec. 6-33

$$E_e = \frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} + q_T + q_{ch} + 20\%$$

$$E_e = 6,97 + 4,67 + 17,68$$

$$E_e = 35KW$$

**Tabla 6.13** Características técnicas del quemador seleccionado

| Modelo                                     | EM-5 G2         | EM-8 G2         | EM-15 G2        | EM-20 G2          |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Potencia [kW] *                            | 18 / 23 - 58    | 24 / 41 - 93    | 35 / 70 - 174   | 64 / 116 - 232    |
| Consumo máximo [Nm <sup>3</sup> /h G.N.]   | 1,8 / 2,3 - 5,8 | 2,5 / 4,1 - 9,4 | 3,5 / 7 - 17,4  | 6,4 / 11,6 - 23,2 |
| P mín. entrada rampa G.N. [mbar]           | 16              | 17              | 20              | 26                |
| Consumo máximo [Nm <sup>3</sup> /h G.L.P.] | 0,7 / 0,9 - 2,3 | 0,9 / 1,6 - 3,6 | 1,3 / 2,7 - 6,5 | 2,5 / 4,5 - 9     |
| P mín. entrada rampa G.L.P. [mbar]         | 31              | 25              | 32              | 23                |
| Motor [kW]                                 | 0,075           | 0,075           | 0,11            | 0,20              |
| Rampa de gas (RD)                          | R ½"            | R ¾" - FS 25    | R 1" - FS 25    | R 1" - FS 25      |
| Alimentación eléctrica [V]                 | 1 x 220 V 50Hz  |                 |                 |                   |
| Peso [kg]                                  | 12              | 12              | 13              | 14                |

\* Mín. 1ª Marcha / Min. 2ª Marcha - Máx. 2ª Marcha

**Fuente:** <http://www.emcombustion.es/>

Se requiere una potencia mínima de entrada de 35 KW, con este resultado se selecciona un quemador que tiene una potencia de 23 hasta 58 KW. (Ver anexo A IV)

### 6.7.12 Cálculo de la dilatación en los componentes de la cámara de tueste

La transferencia de calor hacia el cilindro de tueste y a sus alrededores llega a un punto que se expanden al calentarse y se contraen al enfriarse.

Para establecer la distancia que se expanden se determina mediante la dilatación térmica lineal.

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T$$

Ec. 6-34

Dónde:

$\alpha = 0,000013 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , coeficiente de dilatación lineal para el acero

$L_0 = 1,24\text{m}$ , longitud inicial.

$L_f =$  Longitud final

$T_0 =$  Temperatura inicial.  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_f =$  Temperatura final  $829 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$L_f = 1,24[1 + \alpha * (829 - 25)]$$

$$L_f = 1,25\text{m}$$

$$\Delta L = 1,25 - 1,24 = 0,01\text{m}$$

Según el resultado existe un incremento de 10mm en la longitud del cilindro de acero.

### **6.7.13 Diseño del sistema motriz de la cámara de tueste**

Este sistema proporciona el movimiento rotatorio a la cámara de tueste evitando que las habas en su interior se quemen por estar en un solo sitio y obtengan una coloración ideal.

Este sistema está conformado por:

- Moto reductor
- Cadenas – catalinas
- Eje de transmisión del cilindro

Para seleccionar un motor reductor se debe partir de los datos obtenidos inicialmente en el prototipo, ya que aquí se determinó la velocidad óptima de tueste 47rpm.

### Selección del motor – reductor

Para la selección se lo realiza mediante la obtención de la inercia que debe vencer el motor para generar el momento en la cámara de tueste.

Para esto se utiliza lo siguiente:

$$\sum M = \sum I * \alpha \quad \text{Ec. 6-35}$$

Dónde:

M= momento, (Nm)

I= Inercia de las masas (Kg\*m<sup>2</sup>)

$\alpha$ = Aceleración angular (rad/seg)

Entonces:

$$\sum I = I_{eje} + I_{cil} + I_{vol} + I_{haba} \quad \text{Ec. 6-36}$$

$I_{eje}$  = Inercia del eje (Kg\*m<sup>2</sup>)

$I_{cil}$  = Inercia del cilindro de tueste (Kg\*m<sup>2</sup>)

$I_{vol}$  = Inercial de los volantes solidarios a la cámara de tueste (Kg\*m<sup>2</sup>)

$I_{haba}$  = Inercia de la masa del haba (Kg\*m<sup>2</sup>)

### Inercia del eje central

Para este cálculo se asume un diámetro del eje 38mm acero AISI 304

$$I_{eje} = \frac{\pi * d_{eje}^4 * L_e * \rho_{mat}}{32} \quad \text{Ec. 6-37}$$

$d_{eje}$  = Diámetro del eje 38\*10<sup>-3</sup>m



$L_e$  = Longitud del eje 1,24m

$\rho_{mat}$  = Densidad del material 7900 Kg/m<sup>3</sup>

$I_{eje} = 2,01 * 10^{-3} Kg * m^2$

### Inercia del cilindro de tueste

$$I_{cil} = \frac{\pi * L * \rho_{mat} * (D_{ext}^4 - D_{int}^4)}{64}$$

Ec. 6-38

$L$  = Longitud del cilindro 1,24m

$D_{ext}$  = Diámetro exterior del cilindro 0,62m

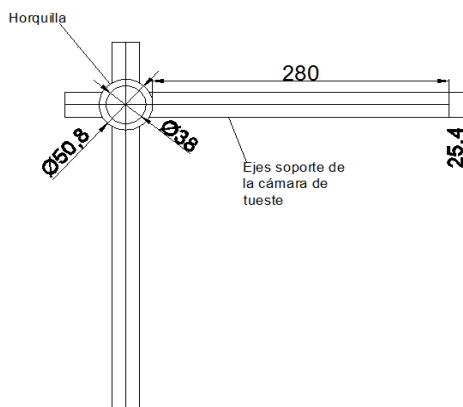
$D_{int}$  = Diámetro interior del cilindro 0,618m

$\rho_{mat}$  = Densidad del material 7900 Kg/m<sup>3</sup>

$I_{cil} = 0,91 Kg * m^2$

### Inercia de los soportes o volantes de la cámara de tueste

Para que el cilindro pueda moverse en toda su longitud se coloca 3 de estos volantes.



**Fig. 6.8** Ejes soportes de la cámara de tueste

**Fuente:** Autor

$$I_{vol} = 3 * (I_{horq} + I_{barr}) \quad \text{Ec. 6-39}$$

$I_{horq}$  = Inercia de la horquilla

$I_{barr}$  = Inercia de las barra

Entonces:

$$I_{horq} = \frac{\pi * L_{horq} * \rho_{mat} * (d_{ext}^4 - d_{int}^4)}{64} \quad \text{Ec. 6-40}$$

$$I_{horq} = \frac{\pi * 0,07 * 7900 * (0,0508^4 - 0,038^4)}{64}$$

$$I_{horq} = 124,18 * 10^{-6} Kg * m^2$$

Por cada horquilla existen 4 barras solidarias al cilindro la inercia de cada una de ellas es:

$$I_{barr} = 4 * \left( \frac{\pi * L_{barr} * \rho_{mat} * d_{barr}^4}{16} + \frac{\pi * L_{barr}^3 * \rho_{mat} * d_{barr}^2}{12} \right) \quad \text{Ec. 6-41}$$

$$I_{barr} = 4 * \left( \frac{\pi * 0,28 * 7900 * 0,0254^4}{16} + \frac{\pi * 0,28^3 * 7900 * 0,0254^2}{12} \right)$$

$$I_{barr} = 0,12 Kg * m^2$$

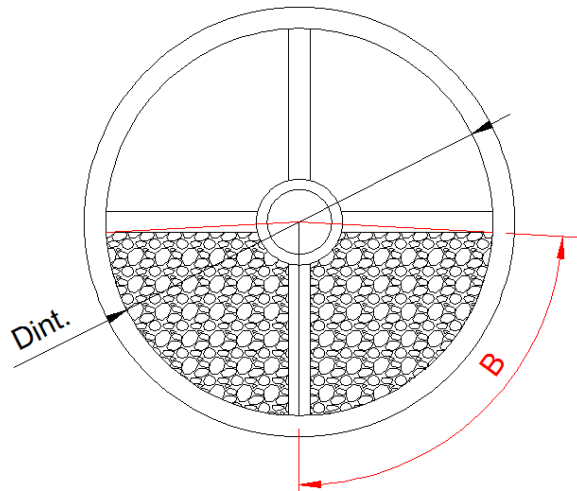
Entonces la inercia de los soportes es:

$$I_{vol} = 3 * (124,18 * 10^{-6} + 0,12)$$

$$I_{vol} = 0,36 Kg * m^2$$

### **Cálculo de la inercia producida por el haba en la cámara de tueste**

El mayor esfuerzo que realiza el motor se produce cuando el haba se encuentra en la cámara de tueste sin movimiento alguno.



**Fig. 6.9** Cámara de tueste cargada con el haba

**Fuente:** Alex Heredia

Para esto se considera que el haba ocupa el 50% del volumen de la cámara de tueste. Como primer paso se determina el perímetro que ocupa el peso o masa a tostar en la cámara de tueste.

$$P = 2\pi * r$$

$$P_{peri} = \frac{2\pi * r}{2} \tag{Ec. 6-42}$$

$$P_{peri} = 0,97m$$

Con este valor se puede determinar el ángulo  $\beta$  del segmento circular

$$2\beta = \frac{P_{peri} * 360}{\pi * D_{int}} \tag{Ec. 6-43}$$

$$\beta = 89,93 = 1,56 \text{ rad}$$

Este valor permite encontrar el momento de inercia del área que ocupa el haba en la cámara de tueste, este momento se denomina momento polar de inercia.

$$I_p = I_x + I_y \tag{Ec. 6-44}$$

Dónde:

$$I_x = \frac{r^4}{4} (\beta - \text{sen } \beta * \cos \beta + 2\text{sen}^3 \beta * \cos \beta) \quad \text{Ec. 6-45}$$

$$I_y = \frac{r^4}{12} (3\beta - 3\text{sen } \beta * \cos \beta + 2\text{sen}^3 \beta * \cos \beta) \quad \text{Ec. 6-46}$$

$$r = \frac{D_{int}}{2}$$

$$I_x = 3,48 * 10^{-3} m^4$$

$$I_y = 3,51 * 10^{-3} m^4$$

$$I_p = 6,99 * 10^{-3} m^4$$

Entonces la inercia de la masa de haba sobre el cilindro de tueste es:

$$I_{haba} = \rho_{haba} * L_{cil} * I_p \quad \text{Ec. 6-47}$$

$$I_{haba} = 750 \frac{Kg}{m^3} * 1,24m * 6,99 * 10^{-3} m^4$$

$$I_{haba} = 6,5 Kg * m^2$$

Entonces la sumatoria de inercias es:

$$\sum I = (2,01 * 10^{-3} + 0,91 + 0,36 + 6,5) Kg * m^2$$

$$\sum I = 7,76 Kg * m^2$$

### **Cálculo del momento de torsión**

Una vez obtenida la inercia total se procede a encontrar el momento torsión que realiza el motor sobre el eje, teniendo en cuenta que durante este momento existe un instante de torsión opuesto que es generado por la masa que se encuentra en el interior del cilindro cuando esta comienza a deslizarse por las paredes.

$$M_T - M_o = \sum I * \alpha \quad \text{Ec. 6-48}$$

Dónde:

$M_T$  = Momento torsión del motor al eje (N\*m)

$M_o$  = Momento opuesto producido por el deslizamiento del haba (N\*m)

$$M_o = m_{haba} * 9,81 * r_{int} \quad \text{Ec. 6-49}$$

$$M_o = 90Kg * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,309m$$

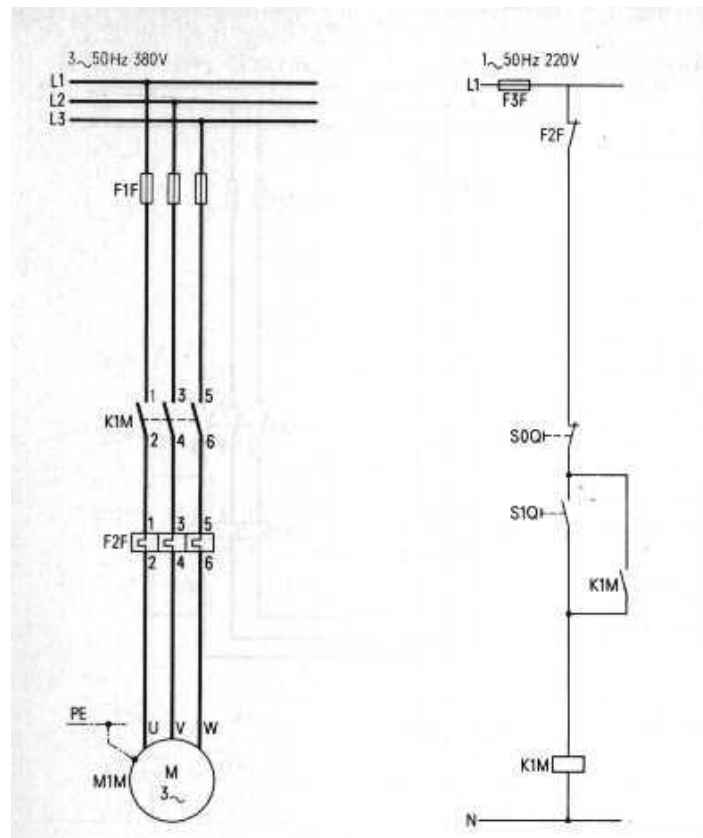
$$M_o = 272,81 N * m$$

Para la aceleración angular, se establece un tiempo de arranque del motor de 3seg., por ser un arranque directo, también se conoce el número de revoluciones es de 47rpm o 4,92 rad/s

Los motores de baja potencia (menos de 10 HP) pueden arrancar en forma directa, esto se puede lograr de dos formas: con guardamotor o con contactor.

El guardamotor es un dispositivo de conexión y desconexión que además está equipado con una protección térmica (sobrecarga) y una protección magnética (cortocircuito). Se puede emplear cuando el comando del motor se efectúa desde un lugar cercano al mismo. **Fuente:** Ing. Oswaldo Luis Mosconi

A continuación se muestra el diagrama de instalación y protección del motor:



**Fig. 6.10** Esquema de instalación y protección del motor

**Fuente:** [http://ie.fing.edu. Comando\\_motores.pdf](http://ie.fing.edu. Comando_motores.pdf)

De la Fig. 17 se tiene que:

F1F y F3F: Fusibles de protección contra cortocircuito del circuito de potencia y del circuito de comando respectivamente

K1M: contactor de comando

F2F: relé térmico, c / un contacto NC

S1Q: Pulsador NA de arranque

S0Q: Pulsador NC de parada

Con los datos anteriores se obtiene la aceleración angular:

$$\alpha = \frac{w_f - w_o}{t}$$

Dónde:

$\alpha$  = Aceleración angular (rad/s<sup>2</sup>)

$w_f$  = Velocidad final = 47rpm o 4,92 rad/s

$w_o$  = Velocidad inicial = 0

$t$  = Tiempo de arranque = 3s

$$\alpha = 1,64 \frac{rad}{s^2}$$

$$M_T = 285,53 N * m$$

Se calcula la potencia del motor

$$P_{mot} = M_T * n_2 \quad \text{Ec. 6-50}$$

$$P_{mot} = 285,53(N * m) * 4,92 rad/s$$

$$P_{mot} = 1404,83 W$$

### **Diseño y selección de la cadena y piñones para transmisión de potencia**

Para obtener las variaciones en las cadenas – catalinas, a la potencia del motor se lo multiplica por un factor de servicio  $K_s$

$$P_d = P_{mot} * n_d * K_s \quad \text{Ec. 6-51}$$

Dónde:

$P_d$  = Potencia de diseño

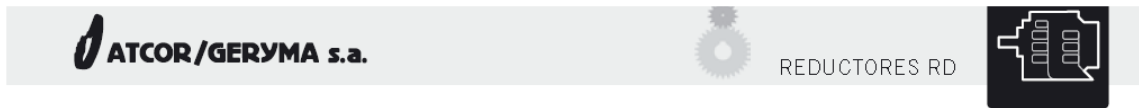
$P_{mot}$  = Potencia del motor

$n_{ds}$  = Factor de diseño = 1

$K_s$  = Factor de servicio 1,23

$\dot{P} = 2,46Hp = 1,83KW$ , para tener una mejor selección de acuerdo al catálogo la potencia de diseño es de 2.2KW

**Tabla 6.14** Propiedades del motor reductor



|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>1,8 kW</b><br>1400 min <sup>-1</sup> | <b>2,2 kW</b><br>1410 min <sup>-1</sup> | <b>3,0 kW</b><br>1420 min <sup>-1</sup> |
|---|---|---|

SELECCIÓN REDUCTOR “MRD”

| P <sub>1</sub><br>[kW] | i <sub>in</sub> | i <sub>r</sub> | n <sub>2</sub><br>[min <sup>-1</sup> ] | M <sub>2</sub><br>[Nm] | FS   | TIPO  | F <sub>12</sub><br>[N] | MRD<br>[kg] | FRD<br>[kg] | Lub<br>H | Lub<br>V | J <sub>m</sub><br>× 10 <sup>-4</sup> | J <sub>1</sub><br>× 10 <sup>-4</sup> |
|------------------------|-----------------|----------------|--|------------------------|------|-------|------------------------|-------------|-------------|----------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 2.2                    | 2,5             | 2,55           | 558                                    | 36                     | 2,36 | MRD22 | 1670                   | 26,6        | 7,6         | 0,8      | 1,0      | 75,00                                | 3,8842                               |
|                        | 3,15            | 3,13           | 453                                    | 45                     | 2,07 | MRD22 | 1740                   | 26,6        | 7,6         | 0,8      | 1,0      | 75,00                                | 3,3268                               |
|                        | 4,0             | 3,92           | 363                                    | 56                     | 1,77 | MRD22 | 1820                   | 26,6        | 7,6         | 0,8      | 1,0      | 75,00                                | 2,9131                               |
|                        | 5,0             | 5,01           | 283                                    | 71                     | 1,48 | MRD22 | 1890                   | 26,6        | 7,6         | 0,8      | 1,0      | 75,00                                | 2,6089                               |
|                        |                 | 5,33           | 266                                    | 76                     | 3,10 | MRD32 | 4250                   | 32,6        | 13,6        | 1,3      | 1,8      | 75,00                                | 4,2003                               |
|                        | 6,3             | 6,72           | 211                                    | 95                     | 1,83 | MRD22 | 2100                   | 26,6        | 7,6         | 0,8      | 1,0      | 75,00                                | 3,1521                               |
|                        | 8,0             | 8,27           | 172                                    | 117                    | 1,51 | MRD22 | 2160                   | 26,8        | 7,8         | 0,8      | 1,0      | 75,00                                | 2,8435                               |
|                        |                 | 7,72           | 184                                    | 110                    | 3,39 | MRD32 | 4800                   | 32,8        | 13,8        | 1,3      | 1,8      | 75,00                                | 4,8413                               |
|                        | 10,0            | 10,33          | 137                                    | 147                    | 1,22 | MRD22 | 2200                   | 26,8        | 7,8         | 0,8      | 1,0      | 75,00                                | 2,6037                               |
|                        |                 | 9,66           | 147                                    | 137                    | 2,74 | MRD32 | 5050                   | 32,9        | 13,9        | 1,3      | 1,8      | 75,00                                | 4,1539                               |

Se selecciona un motor reductor de 2,2KW según la potencia de diseño (**Ver anexo V**)

Para esta selección se utiliza los datos proporcionados por el motor reductor, posteriormente se realiza la relación de transmisión dividiendo las RPM del eje motriz por las RPM del eje accionado.

$P_{mot} = 3Hp$  Potencia del motor

$n_1 = 147 \frac{rev}{min}$  Velocidad de salida del reductor

$n_2 = 47 \frac{rev}{min}$  Velocidad de entrada a la máquina



$$R_t = \frac{147}{47} = 3,12$$

A continuación se determina la potencia nominal de trabajo con la siguiente ecuación:

$$H = \frac{T * n}{63000}$$

Dónde:

$T$  = Torque generado (lbf\*pulg)

$n$  = RPM del eje central

$$H = \frac{2344,4 * 47}{63000} = 1,7 \text{ hp}$$

Con datos obtenidos anteriormente se procede a seleccionar el tipo de cadena en la tabla 6.15.

**Tabla 6.15** Capacidad o potencia nominal de cadenas de rodillo simple (Ver Anexo VI)

| Sprocket Speed, rev/min | ANSI Chain Number |       |       |       |       |      |
|-------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|
|                         | 25                | 35    | 40    | 41    | 50    | 60   |
| 50                      | 0.05              | 0.16  | 0.37  | 0.20  | 0.72  | 1.24 |
| 100                     | 0.09              | 0.29  | 0.69  | 0.38  | 1.34  | 2.31 |
| 150                     | 0.13*             | 0.41* | 0.99* | 0.55* | 1.92* | 3.32 |
| 200                     | 0.16*             | 0.54* | 1.29  | 0.71  | 2.50  | 4.30 |

**Fuente:** Joseph E. Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica

Con la velocidad del eje motriz de 147rpm y la potencia de trabajo de 1,7hp se selecciona una cadena ANSI 50

Los datos proporcionados de la tabla 6.15 son de una cadena de paso único en torón sencillo de una catarina de 17dientes, entonces se tiene:

Paso de la cadena: 15,87mm

Número de dientes del piñón motriz:  $N_1=17$

Con el número de dientes del piñón motriz y la relación de transmisión se obtiene el número de dientes  $N_2$  para la rueda.

$$N_2 = N_1 * R_t = 53 \text{ dientes}$$

A continuación se determina los diámetros correspondientes al piñón y la rueda, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N_1}\right)} \quad \text{Ec. 6-52}$$

Dónde:

$D_1$  = Diámetro del piñón

$p$  = Paso de la cadena 15,87 mm

$N$  = Numero de dientes de los piñones 17

$$D_1 = 86,37mm$$

$D_2$  = Diámetro de la rueda

$$D_2 = 267,8mm$$

A continuación se establece la longitud de la cadena con la siguiente ecuación:

$$\frac{L_{cad}}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1+N_2}{2} + \frac{(N_2-N_1)^2}{4\pi^2*\left(\frac{C}{p}\right)} \quad \text{Ec. 6-53}$$

Dónde:

$L_{cad}$  = Longitud de la cadena

$p$  = Paso de la cadena

$C$  = distancia entre centros

$N_2$  = Numero de dientes del piñón menor 17

$N_3$  = Numero de dientes del piñón mayor 53

$C$  es la distancia prevista entre centros en mm esta distancia normalmente debería de estar entre 30 y 50 pasos, según RENOLD.

$$C = 40 * 19,05mm = 634,8mm$$

Entonces la longitud es:

$$L_{cad} = 1838mm = 73pulg$$

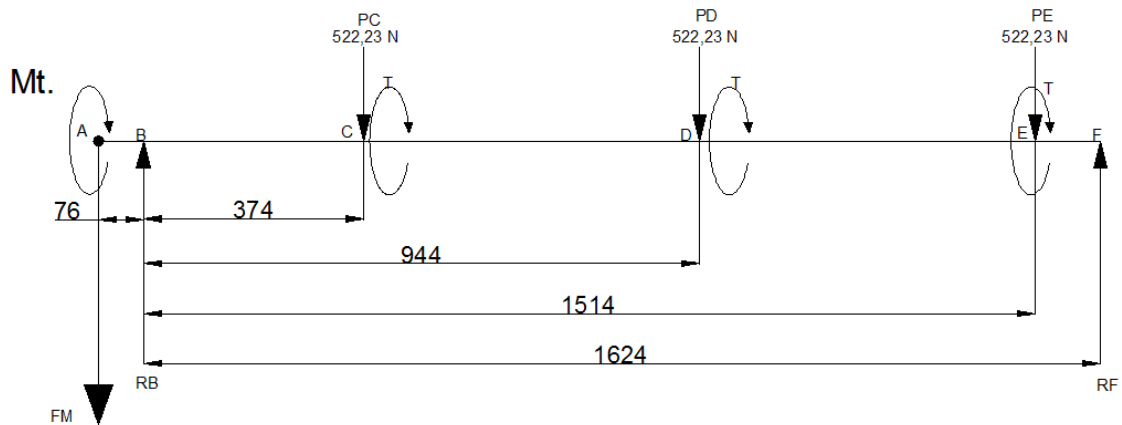
**Tabla 6.16** Especificaciones de selección de cadena y catalina

| CADENA                        |           |                    | PIÑONES     |           |               |
|-------------------------------|-----------|--------------------|-------------|-----------|---------------|
| ANSI #                        | Paso (mm) | Lubricación manual | Transmisión | # dientes | Diámetro (mm) |
| 50                            | 15,87     | Tipo A             | Conductor   | 17        | 86,37         |
| Longitud de cadena = 73 pulg. |           |                    | Conducido   | 53        | 267,8         |

**Fuente:** Alex Heredia

### **Diseño del eje de transmisión para la cámara de tueste**

El eje está sometido a momentos torsores y a flexiones alternantes, para conocer las fuerzas que actúan sobre el eje se realiza un diagrama de cuerpo libre.



**Fig. 6.11** Distribución de esfuerzos eje motriz

**Fuente:** Alex Heredia

Dónde:

$M_t$ = Momento torsor (Nm)

$F_M$ = Fuerza Motriz (N)

$R_B$ = Carga sobre el rodamiento B (N)

$R_F$ = Carga sobre el rodamiento F (N)

Para obtener el peso total se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$P = \rho_{haba} * A_{cil} + \frac{P_{haba}}{L} \quad \text{Ec. 6-54}$$

Donde:

$\rho_{haba}$ = Densidad del haba 750 (Kg/m<sup>3</sup>)

$A_{cil}$ = Área transversal del cilindro de tueste 0.075m<sup>2</sup>

$P_{haba}$ = Peso del haba a tostar 90Kg

$L$ = Longitud del cilindro 1.24m

$$P = 128,83 \frac{Kg}{m} = 1263,45 N/m$$

Entonces el peso total de la cámara de tueste es de:

$$P_T = 1263,45 \frac{N}{m} * 1,24m = 1566,678 N$$

El peso total se divide para el número de radios soporte que están acoplados al eje motriz los cuales son 3.

Potencia del motor = 3hp= 2200W

Numero de revoluciones del cilindro de tueste f= 47 rpm.= 0,78 rev./seg

$$T = \frac{Pot.}{2*\pi*f} = 448,89 N * m \quad \text{Ec. 6-55}$$

En la Fig. 6-11 existen torques generados en los puntos C, D y E los cuales deben ser considerados en el diseño el resultado de la suma de estas torques es de 482 (N\*m) teniendo como torque total lo siguiente:

$$T = 448,89 + \left(\frac{T_{CDE}}{3}\right)$$

$$T = 448,89 + 482$$

$$T_T = 933,89 N * m$$

Entonces se determina la fuerza motriz  $F_M$  que es perpendicular al eje.

$$F_M = \frac{2*T}{D_{p,2}} \quad \text{Ec. 6-56}$$

$D_{p,2}$  =Diametro del piñón conducido 267,8mm = 0,27m

$$F_M = 6917,7 N$$

A continuación se calcula las reacciones en los puntos de apoyo.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_B + R_F - F_M - P_c - P_D - P_E = 0$$

Ec. 6-57

$$R_B + R_F = F_M - (P_c + P_D + P_E)$$

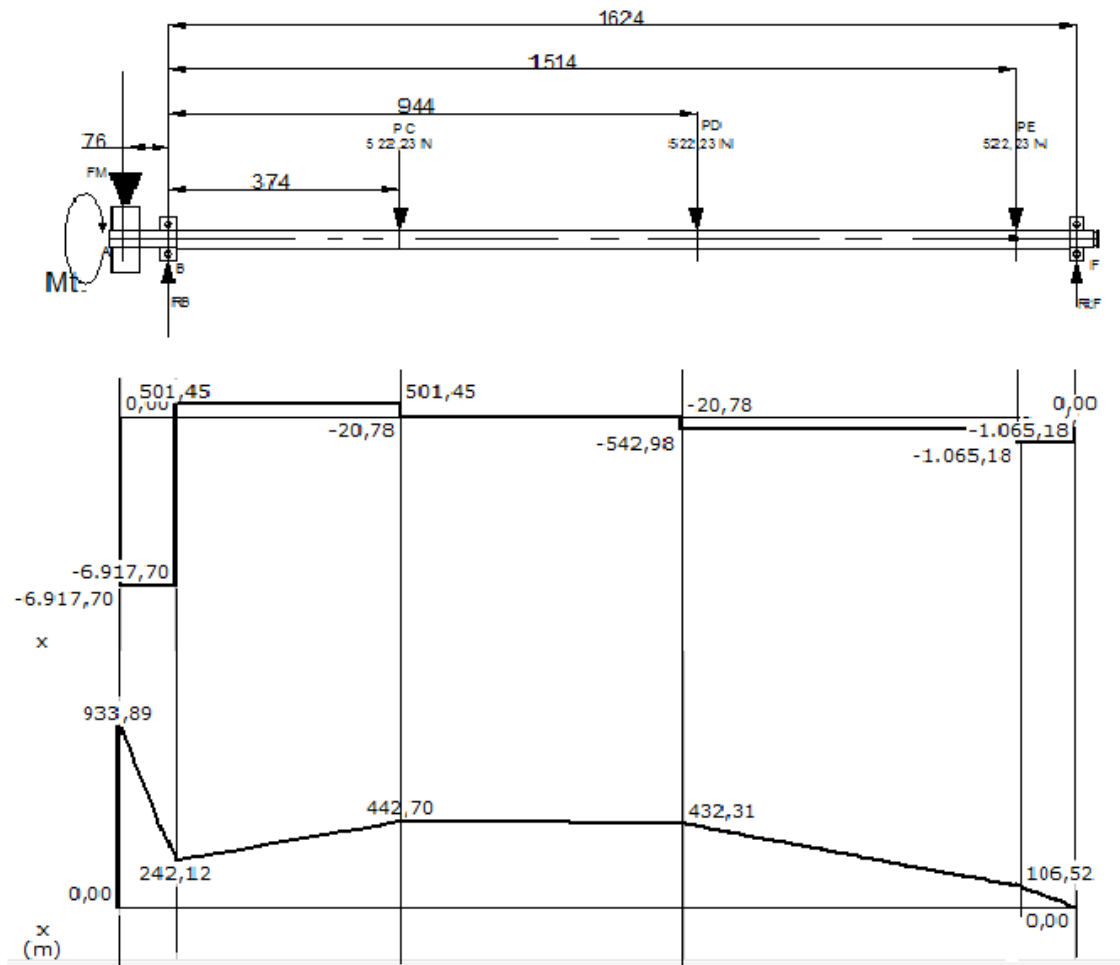
$$R_B + R_F = 5350,8 \text{ N}$$

$$R_B = 3528,83 - R_F = 4763,69 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_M * 0,076 - P_c * 0,374 - P_D * 0,944 - P_E * 1,51 + R_F * 1,62 = 0$$

$$R_F = 587,11 \text{ N}$$

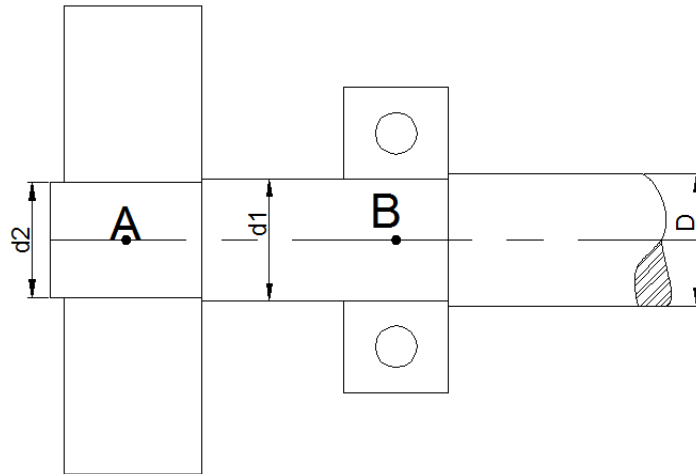


**Fig. 6.12** Diagrama de corte y momento flector

**Fuente:** Alex Heredia

El momento máximo es producido en el punto A donde se genera el mayor esfuerzo para proporcionar movimiento al eje que genera movimiento al cilindro de tueste.

$$M_{max} = 933,89N * m$$



**Fig. 6.13** Sección del eje en los puntos A y B

**Fuente:** Alex Heredia

En la fig. 6.13 se observa las condiciones para el funcionamiento del eje

### **Diseño del eje para estado de cargas estáticas**

Los principales esfuerzos a los que se encuentra sometido el eje son:

$$\sigma_x = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3} \quad \text{Ec. 6-58}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3} \quad \text{Ec. 6-59}$$

Dónde:

$\sigma_x$  = Esfuerzo a flexión

$\tau_{xy}$  = Esfuerzo de torsión (kPa)

M = Momento máximo (N\*m)

T = Momento torsor en la zona critica (N\*m)

d = Diámetro del eje (m)



De la teoría de esfuerzo cortante máximo se tiene que:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. 6-60}$$

$$S_{sy} = \frac{S_y}{2} \quad \text{y} \quad F_s = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}}$$

Con el momento máximo se procede a calcular el diámetro del eje para el estado de carga estática con la siguiente ecuación:

$$d = \left( \frac{32 * F_s}{\pi * S_y} * (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. 6-61}$$

El material que se utilizara es el acero AISI 304 cuyas propiedades son:

Módulo de elasticidad (E)                      190GPa=1930000 (kg/cm<sup>2</sup>)

Resistencia última (Sut.)                      82.4 [kpsi]=5793.29 (kg/cm<sup>2</sup>)

Resistencia de fluencia mínima (Sy.)      40 [kpsi]=2812.28 (kg/cm<sup>2</sup>)

Para un factor de seguridad Fs = 1,5 el diámetro del eje será:

$$d = \left( \frac{32 * 1,5}{\pi * 275,51 * 10^6} * (933,89^2 + 448,89^2)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} * \left( \frac{N * m}{m^2} \right)$$

$$d = 0,038m$$

Entonces el diámetro es de 38mm considerando un factor mínimo de seguridad al recalcular con el nuevo diámetro del eje se tiene:

$$F_s = \frac{\pi * d^3 * S_y}{32 * (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{Ec. 6-62}$$

$$F_s = \frac{\pi * 0,038^3 * 275,51 * 10^6}{32 * (933,89^2 + 448,89^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$F_s = 1,43$$

Para una mayor confiabilidad en el diseño el diámetro será de 40mm con lo que el nuevo factor de seguridad es:

$$F_s = \frac{\pi * 0,04^3 * 275,51 * 10^6}{32 * (933,89^2 + 448,89^2)^{\frac{1}{2}}} \rightarrow F_s = 2$$

### Diseño del eje para estado de cargas dinámicas

Para este análisis se considera que la carga a la que se encuentra sometido el eje es de forma variable por el movimiento continuo del haba en la cámara de tueste, que produce un esfuerzo a flexión alternante y un esfuerzo torsional constante.

$$\sigma_a = \frac{32 * M_a}{\pi * d^3} \quad \text{Ec. 6-63}$$

$$\tau_m = \frac{16 * T_m}{\pi * d^3} \quad \text{Ec. 6-64}$$

Dónde:

$\sigma_a$  = Esfuerzo a flexión alternante (kPa)

$d$  = Diámetro del eje 0,0381 m

$M_a$  = Momento a flexión alternante (N-m)

$\tau_m$  = Esfuerzo de torsión medio (kPa)

$T_m$  = Momento de torsión medio (N-m)

Según la teoría de Sines: “La resistencia a fatiga por flexión no varía por la existencia de un esfuerzo medio de torsión hasta que el  $\tau_{max} = 1,5S_{sy}$ ”

$$F_s = \frac{S_e}{\sigma_a} \rightarrow F_s = \frac{S_e}{\frac{32 * M_a}{\pi * d^3}} \rightarrow d = \left[ \frac{32 * F_s}{\pi * S_e} * (M) \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. 6-65}$$

Para encontrar el diámetro es necesario considerar los factores modificadores de la resistencia a la fatiga  $S_e$ .

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * K_f * S_e' \quad \text{Ec. 6-66}$$

$$S_e' = 0,5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 283,98 * 10^6 \text{ Pa}$$

Dónde:

$S_e$  = Limite de resistencia a la fatiga del eje.

$S_e'$  = Limite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$K_a$  = Factor de superficie.

$K_b$  = Factor de tamaño.

$K_c$  = Factor de confiabilidad.

$K_d$  = Factor de temperatura.

$K_e$  = Factor de efectos diversos.

$K_f$  = Factor de concentración de tensiones.

El factor de superficie depende de la calidad de acabado superficial y de la resistencia a la tensión con la siguiente formula.

$$k_a = a * (S_{ut})^b \quad \text{Ec. 6-67}$$

**Tabla 6.17** Parámetros para la selección del factor de superficie

| ACABADO<br>SUPERFICIAL       | Factor a      |              | Exponente<br>b |
|------------------------------|---------------|--------------|----------------|
|                              | $S_{ut}$ kpsi | $S_{ut}$ MPa |                |
| Esmerilado                   | 1,34          | 1,58         | - 0,085        |
| Maquinado o laminado en frio | 2,7           | 4,51         | - 0,265        |
| Laminado en caliente         | 14,4          | 57,7         | - 0,718        |
| Como sale de la forja        | 39,9          | 272          | - 0,995        |

**Fuente:** Joseph E. Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica

Los factores de tamaño para esfuerzos de flexión y torsión se obtienen de las siguientes expresiones

$$K_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

**Fuente:** Joseph E. Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica

Para determinar el factor que modifica la confiabilidad se realiza de la siguiente forma:

$$k_c = 1 - 0,08Z_a$$

Donde el valor de  $Z_a$  se encuentran en la tabla 6.18

**Tabla 6.18** Factores para determinar confiabilidad

| Confiabilidad, % R | Variable Estandarizada $Z_a$ | Factor de Confiabilidad $K_c$ |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 0.50               | 0                            | 1.000                         |
| 0.90               | 1.288                        | 0.897                         |
| 0.95               | 1.645                        | 0.868                         |
| 0.99               | 2.326                        | 0.814                         |
| 0.999              | 3.091                        | 0.753                         |
| 0.9999             | 3.719                        | 0.702                         |
| 0.99999            | 4.265                        | 0.659                         |
| 0.999999           | 4.753                        | 0.620                         |

**Fuente:** Joseph E. Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica

El factor de temperatura se puede establecer considerando las siguientes condiciones:

$$\begin{cases} \text{Para } T \leq 450^{\circ}\text{C (840}^{\circ}\text{F)} & K_d = 1 \\ \text{Para } 450^{\circ}\text{C} < T \leq 550^{\circ}\text{C} & K_d = 1 - 0.0058(T - 450) \\ \text{Para } 840^{\circ}\text{F} < T \leq 1020^{\circ}\text{F} & K_d = 1 - 0.0032(T - 840) \end{cases}$$

**Fuente:** Joseph E. Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica

Para el factor de concentración de esfuerzos  $k_f$  se lo determina aplicando el concepto de sensibilidad a las muescas ( $q$ ) junto con ( $k_t$ ) que es el factor de concentración de esfuerzos teórico de la siguiente forma:

$$k_f = 1 + q * (k_t - 1) \quad \text{Ec. 6-68}$$

Entonces:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * K_f * S_e'$$

$$k_a = 4,51 * (509,14)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,86$$

$$k_b = 1,24 * d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,84$$

$$k_c = 1 - 0,08 * 3,091$$

$$k_c = 0,75$$

$$k_d = 1$$

$$k_f = 1$$

$$k_e = 1$$

$$S_e = 196,94 * 10^6 Pa$$

Posteriormente se determina el momento alternante  $M_a$  con la siguiente ecuación:

$$M_a = \left| \frac{M_{max} - M_{min}}{2} \right| \quad \text{Ec. 6-69}$$

$$M_a = \left| \frac{933,89 - (106,52)}{2} \right|$$

$$M_a = 413,68 N * m$$

Con esto se determina el diámetro del eje

$$d = \left[ \frac{32 * F_s * M_a}{\pi * S_e} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[ \frac{32 * 2 * 416,2}{\pi * 196,94 * 10^6} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,035 m = 35 mm$$

Recalculando el factor de tamaño para el diámetro encontrado se tiene:

$$k_b = \left( \frac{d}{7,62} \right)^{-0,107} = 0,85$$

Entonces el nuevo valor de  $S_e$  es:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * K_f * S_e'$$

$$S_e = 201,39 * 10^6 Pa$$

Con el valor anterior el diámetro del eje es:

$$d = \left[ \frac{32 * 2 * 416,2}{\pi * 201,39 * 10^6} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,0347 m = 35 mm$$

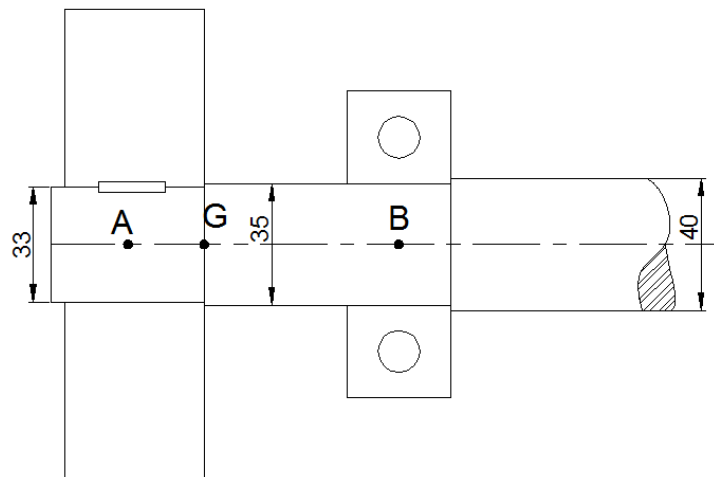
El diámetro seleccionado para el diseño del eje es de 40mm con esto el factor de seguridad para el estado de cargas alternantes es:

$$F_s = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot S_e}{32 \cdot M_a}$$

$$F_s = \frac{\pi \cdot 0,0381^3 \cdot 201,39 \cdot 10^6}{32 \cdot 413,68}$$

$$F_s = 3$$

Con los datos obtenidos anteriormente se estableció el momento máximo en el punto A a continuación se realiza un análisis en esta sección.



**Fig. 6.14** Disposición de diámetros

**Fuente:** Alex Heredia

Para esta parte del diseño se lo realiza considerando los factores de concentración de esfuerzos  $K_t$ . El punto G muestra una sección transversal menor de 33mm por ende se realizara el análisis en este punto, primero se estima la resistencia en el punto G con las propiedades del material que son  $S_{ut} = 568 \text{ MPa}$   $S_y = 276 \text{ MPa}$

Para determinar el factor de concentración de esfuerzos  $K_t$  se utiliza la tabla A 15-9<sup>3</sup> con  $D/d = 38/35 = 1,08$  y  $r/d = 3/3 = 0,09$  y se lee  $K_t = 1,6$  sustituyendo  $S_{ut} = 82,4$  kpsi en la ecuación de la constante de Neuber se tiene:

$$\sqrt{a} = 0,079\sqrt{P_{ul}g} = 0,39\sqrt{mm}$$

Al sustituir el resultado anterior se determina el factor de concentración de esfuerzo por fatiga  $K_f$

$$K_f = 1 + \frac{K_t - 1}{1 + \sqrt{\frac{a}{r}}}$$

$$K_f = 1 + \frac{1,6 - 1}{1 + 0,39\sqrt{3}} = 1,358$$

El nuevo factor de reducción de la resistencia a la fatiga ( **$k_e$** ) es:

$$k_e = \frac{1}{K_f}$$

$$k_e = 0,74$$

Sustituyendo este valor en la ecuación de la resistencia a la fatiga se tiene:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * K_f * S_e'$$

$$k_a = 4,51 * (509,14)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,86$$

$$k_b = 1,24 * d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,84$$

---

<sup>3</sup> Joseph E. Shigley, 8va edición, Diseño en Ingeniería Mecánica



$$k_c = 1 - 0,08 * 3,091$$

$$k_c = 0,75$$

$$k_d = 1$$

$$k_f = 1,35$$

$$k_e = 0,74$$

$$S_e' = 283,98 \text{ MPa}$$

$$S_e = 153,7 \text{ MPa}$$

Los esfuerzos sometidos a flexión y torsión se los obtiene con las siguientes ecuaciones:

$$\tau_m = \frac{16 * T_m}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{32 * M_a}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{32 * 413,2}{\pi * 0,04^3} = 65,5 * 10^6 \text{ N}$$

El factor de seguridad en esta secciones el siguiente:

$$n_f = \frac{S_e}{\sigma_a} = 2,3$$

Con este factor de seguridad se establece que el eje seleccionado es el correcto.

### **Selección de tipo de rodamientos (chumaceras)**

Para la selección de los rodamientos se conocen los siguientes datos, el diseño se lo hace en el rodamiento que soporta más carga que es en el punto B

$$F_{rB} = 4763,69 \text{ N} \rightarrow \text{Carga radial en B}$$

$d_{eje} = 35\text{mm} \rightarrow$  *Diametro del eje en B y F*

$n = 47\text{ rpm} \rightarrow$  *Velocidad del eje*

*Máquina para 8 horas de trabajo*

Como primer paso se determina la carga estática equivalente  $P_o$  de la siguiente forma:

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad \text{Ec. 6-70}$$

En este caso la carga axial es despreciable  $F_a = 0$  se tiene:

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \rightarrow X_o = 1$$

$$P_o = X_o F_r$$

La siguiente igualdad se produce ya que la carga axial es despreciable en comparación a la carga real.

$$P = F_r$$

Capacidad de carga estática requerida:

$$C_o = S_o P_o \quad \text{Ec. 6-71}$$

$S_o =$  Factor de aplicación de carga

### **Selección de rodamiento en el punto B**

$$P_{oB} = F_{rB}$$

$$P_{oB} = 4763,69 \text{ N}$$

$$C_{oB} = S_{oB} * P_{oB}$$

$S_{oB} = 1,2$  Máquina con impactos ligeros<sup>4</sup>

Entonces la capacidad de carga estática requerida es:

$$C_{oB} = 5716,42 \text{ N}$$

La capacidad de carga dinámica requerida es:

$$C = P * \sqrt[p]{\frac{L_{10} * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}} \quad \text{Ec. 6-72}$$

Dónde:

$L_{10}$  = Duración nominal en horas de servicio

$a_1 = 1$  Factor de ajuste de la duración, para una confiabilidad de  $R = 90$

$a_{23}$  = Factor de condiciones de funcionamiento

$p = 3$  para rodamientos de bolas

Para obtener  $a_{23}$  se tiene que proceder de la siguiente forma:

Del catálogo SKF se escoge un rodamiento con la siguiente designación YET 207 y sus propiedades son  $d = 35\text{mm}$ ,  $D = 62\text{mm}$ ,  $C = 19600$ ,  $C_o = 15300$ ,  $B = 14\text{mm}$

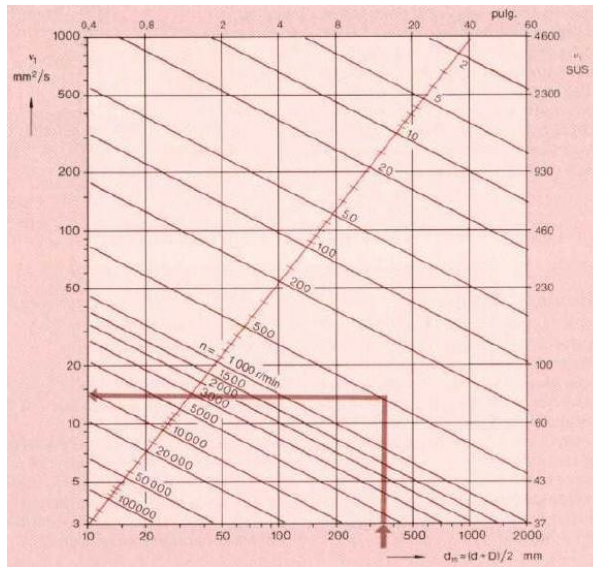
$$d_m = \frac{d + D}{2}$$

$$d_m = \frac{35 + 62}{2} = 48,5$$

En el diagrama del catálogo SKF y la velocidad de 47rpm en el eje se determina  $V_1$  para la utilización de aceite mineral se lo encuentra con el valor de  $d_m$

---

<sup>4</sup> Joseph E. Shigley, 8va edición, Diseño en Ingeniería Mecánica

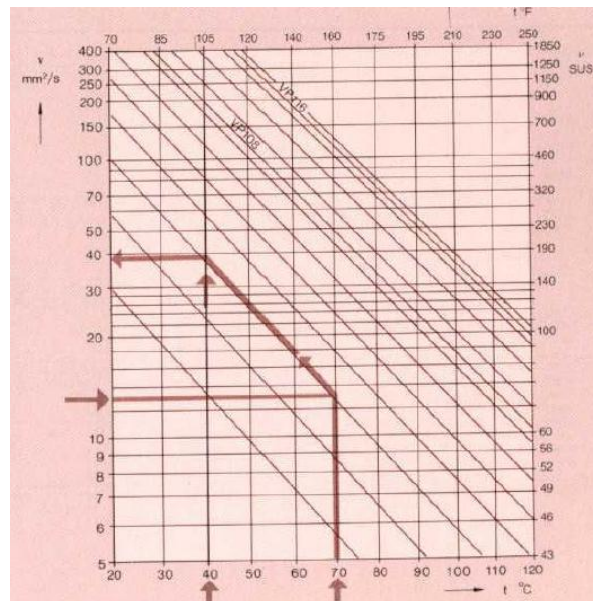


**Fig. 6.15** Diagrama para establecer el valor de  $V_1$

**Fuente:** Catálogo SKF

De la fig. 6,15 se tiene un valor de  $V_1 = 225 \text{ mm}^2/\text{s}$

Con una temperatura estándar para rodamientos de  $40^\circ\text{C}$



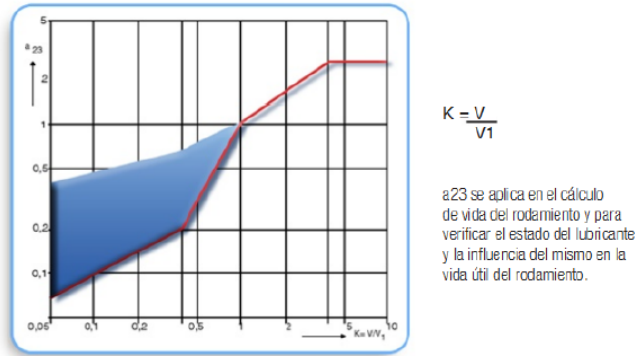
**Fig. 6.16** Diagrama para establecer el valor de  $V$

**Fuente:** Catálogo SKF

Para lo cual el valor de  $V = 225$  entonces se tiene la siguiente relación:

$$K = \frac{V}{V_1} = 1$$

Con este valor de  $K$  se determina  $a_{23}$



**Fig. 6.17** Factor Kappa – cálculo de vida nominal ajustado

**Fuente:** Catálogo SKF

De la fig. 6.17 se tiene que  $a_{23} = 1$

La capacidad dinámica en el punto B es:

$$C = P * \sqrt[p]{\frac{L_{10} * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}}$$

Para el valor de  $L_{10}$  se selecciona en base a las recomendaciones del manual SKF para el caso de máquinas de 8 horas de trabajo, no totalmente utilizadas.

$$L_{10} = 15000$$

$$C = 4763,69 * \sqrt[3]{\frac{15000 * 47 * 60}{1000000 * 1 * 1}}$$

$$C = 16598,04 \text{ N}$$

Las condiciones óptimas para el desempeño del rodamiento son las siguientes:

$$C_{o\ req} \leq C_{o\ calculada}$$

$$C_{req} \leq C_{calculada}$$

De acuerdo a las condiciones establecidas el rodamiento cumple con las necesidades requeridas para su funcionamiento.

### **Diseño de los cordones de soldadura**

Para determinar la resistencia de los cordones de soldadura se debe tener en cuenta que existen diferentes materiales a ser soldados como es el acero AISI 304 y el A36.

La junta a soldar de los ejes soportes del cilindro de tueste son de acero inox. AISI 304, se selecciona el siguiente electrodo:

INDURA, AWS: E-308L-16 Ø1/8

$$Sut_e = 580MPa$$

$$Sy_e = 425MPa$$

**Fuente:** <http://www.carbunorte.com.ar/electrodos.swf>

La tensión de trabajo ( $\sigma$ ) deberá ser menor que la tensión del material ( $\sigma_{mat}$ ) de la soldadura más solicitada, multiplicada por 0,6.

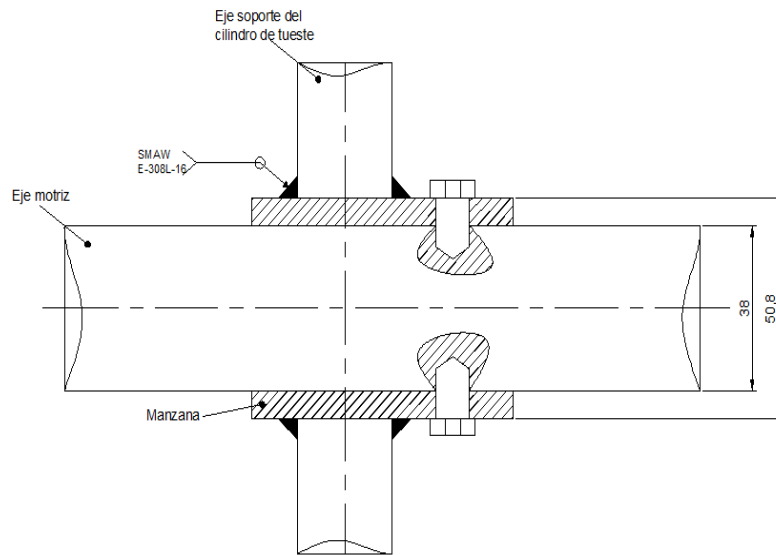
$$\frac{P}{h * l} = \sigma_{adm} \leq 0,6 * \sigma_{mat} \quad \text{Ec. 6-73}$$

Dónde:

$P$  = Carga aplicada (N)

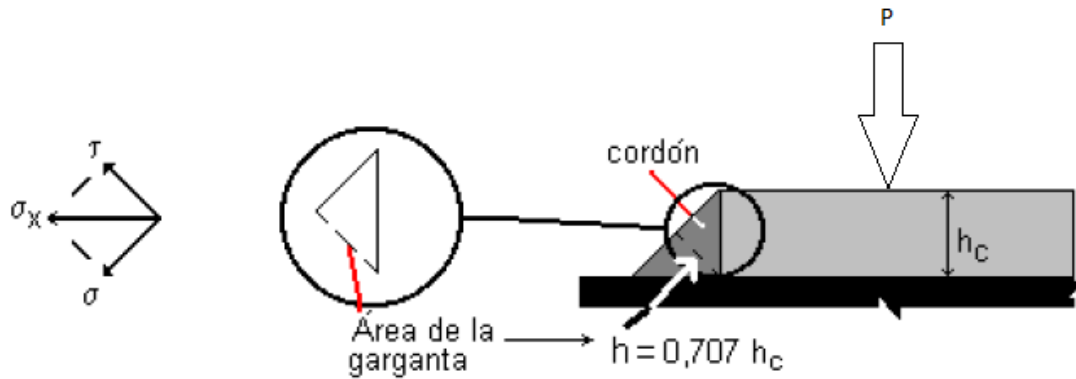
$h$  = Garganta de la soldadura

$l$  = Longitud del cordón



**Fig. 6.18** Junta soldada eje soporte y manzana del eje motriz

**Fuente:** Alex Heredia



**Fig. 6.19** Nomenclatura para cordón de soldadura

**Fuente:** Departamento de Aeronáutica, Pablo Ringegni

A continuación se determina el esfuerzo admisible para la soldadura con un espesor  $h_c$  de 4mm.

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{A \cdot h} \leq 0,6 * \sigma_{mat}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{522,23 N}{2 * \pi * r * (0,707 * h_c)}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{522,23 N}{2 * \pi * 0,0127 * (0,707 * 0,004)}$$

$$\sigma_{adm} = 2,31 MPa$$

$$\sigma_{adm} \leq \sigma_{mat}$$

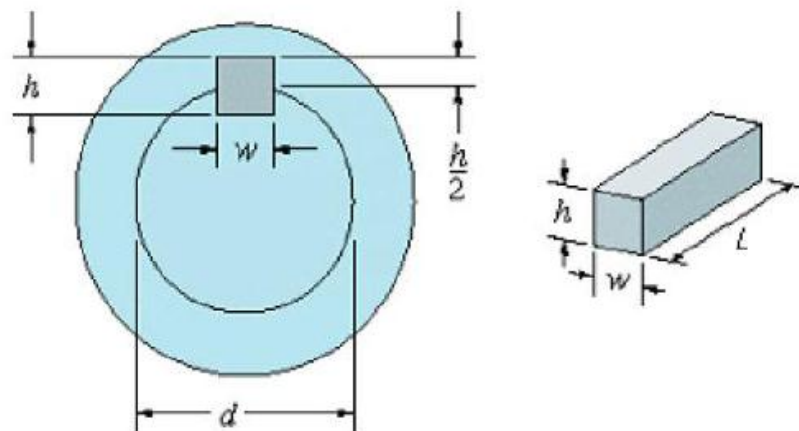
$$\sigma_{adm} \leq 0,6 * 580$$

$$\sigma_{adm} \leq 348 MPa$$

El esfuerzo admisible es menor que el proporcionado por el material de aporte entonces el electrodo seleccionado INDURA, AWS: E-308L-16 Ø1/8 es el adecuado para este tipo de junta.

Para las demás juntas de perfil estructural de acero A36 se las soldaduras se realiza con el electrodo INDURA, AWS: E-7018, las propiedades se encuentran en el **Anexo VII**

### Calculo de la chaveta y chavetero



**Fig. 6.20** Chaveta rectangular

Como datos se conoce la potencia del motor y su número de revoluciones a la salida del reductor



$$P = 2,31hp = 175,65 \frac{mKgf}{seg}$$

$$n = 72rpm = 7,53 \frac{rad}{seg}$$

$$P = T * n$$

Las chavetas son elementos que usa para sujetar por lo general las poleas y engranes a los ejes.

$$P = F_{chaveta} * r_{eje} * W$$

$F_{chaveta}$  = Fuerza tangencial en la superficie del eje

W = Velocidad angular

$$F_{chaveta} = \frac{P}{r_{eje} * W}$$

$$F_{chaveta} = \frac{175,65 \frac{mKgf}{seg}}{0,03m * 7,53 \frac{rad}{seg}} = 777,55 Kgf$$

Material para la chaveta

Acero ASTM A36 Sy = 36 Kpsi = 25,31 Kg/mm<sup>2</sup>

$$S_{sy} = 0,577 * S_y \text{ chaveta}$$

$$S_{sy} = 14,6 \frac{Kg}{mm^2}$$

### **Análisis de la chaveta para estado de cizallamiento**

$$\tau_{diseño} = \frac{F_{chaveta}}{Ac}$$

Con la siguiente ecuación se determina la longitud de la chaveta:

$$l = \frac{F_{chaveta} * n}{t * S_{sy}}$$

De la tabla 7-6 <sup>5</sup>se selecciona un tamaño de cuña donde t = 6mm, para el diseño se asume un factor de seguridad mínimo de n =2

$$l = \frac{777,55 \text{ Kgf} * 2}{6\text{mm} * 14,6 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}} = 17,75 \text{ mm}$$

### **Análisis del chavetero sometido a aplastamiento**

Las propiedades del material SAE 1018 del eje son:

$$S_y = 370 \text{ MPa} = 37,72 \text{ Kg/ mm}^2$$

$$\sigma_{aplast} = 0,9 S_y = 33,94 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

Con el esfuerzo de aplastamiento y considerando solo la mitad de la chaveta se recalcula la longitud

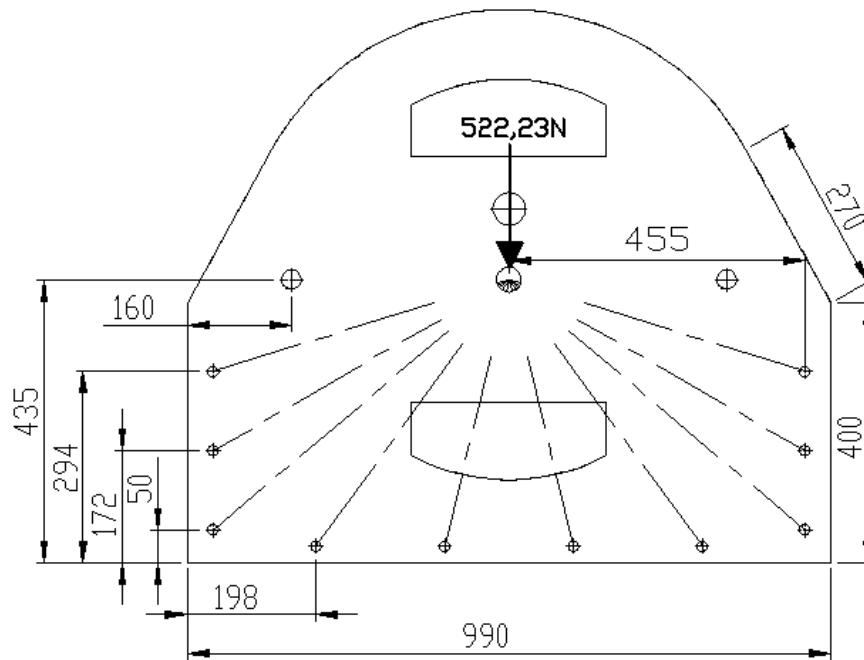
$$l = \frac{777,55 \text{ Kgf} * 2}{3\text{mm} * 33,94 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}} = 15,5 \text{ mm}$$

Con el resultado anterior se establece una longitud de 16mm para que no exista falla en la chaveta ni en el chavetero.

---

<sup>5</sup> Joseph E. Shigley, 8va edición, Diseño en Ingeniería Mecánica

## Pernos sujetadores para las planchas



**Fig. 6.21** Ubicación de los pernos en la plancha

**Fuente:** Alex Heredia

En la fig. 6.21 se observa una carga de 522,23 N la cual es la carga de valor máximo de una de las secciones del eje y que ejerce un esfuerzo sobre la plancha.

Determinación del momento:

$$M = F * d$$

$$M = 522,23 \text{ N} * 0,04\text{m}$$

$$M = 20,88 \text{ Nm}$$

Se toma en consideración que para sujetar la plancha se tiene 10 perforaciones para pernos por lo que la fuerza se divide.

Donde el esfuerzo cortante en cada perno se obtiene con la siguiente ecuación.

$$F' = \frac{V}{N}$$

$$F' = \frac{522,23}{10} = 52,22 \text{ N}$$

Cada perno está sometido a esta fuerza cortante, con la siguiente ecuación se determina el esfuerzo cortante, para lo cual se impone un factor de seguridad de  $n = 4$

$$\tau = \frac{n * F'}{Ac}$$

$$\tau = \frac{4 * 52,22 \text{ N}}{Ac}$$

$$\tau = \frac{208,88 \text{ N}}{Ac}$$

Las características mecánicas del perno a utilizar es: Perno grado SAE 5

$$Sp = 85 \text{ Kpsi} = 587,49 \text{ N/mm}^2$$

$$Sy = 92 \text{ Kpsi} = 635,87 \text{ N/mm}^2$$

Debido a que la fuerza se encuentra en el centro de los pernos el análisis se lo realiza en un perno mediante la siguiente ecuación.

$$F'' = \frac{M * r}{r^2}$$

$r$  = Distancia entre la fuerza y la ubicación del perno

$$F'' = \frac{20,88 \text{ Nm} * 0,455 \text{ m}}{0,455^2}$$

$$F'' = 45,89 \text{ N}$$

A continuación se calcula la precarga del perno con la siguiente ecuación:

$$F_i = 0,8 * F_p$$

$$F_p = S_p * A_t$$

$$F_i = 0,8 * 587,49 * A_t$$

$$F_i = 469,99 \frac{N}{mm^2} * A_t$$

Determinación del esfuerzo

$$\sigma = \frac{F_i}{A_t} + \frac{n * c * P}{N * A_t}$$

Dónde:

$F_i$  = Pretension inicial de los pernos para conexión desmontable

$F_p$  = Fuerza que pueda desmontar el perno sin deformarse

$A_t$  = Área de esfuerzo a tensión

$P$  = Fuerza de tracción

$n$  = Factor de seguridad

$c$  = Coeficiente de juntas

$N$  = Número de pernos

Como no se conoce el valor del área se impone un valor de  $c = 0,4$  y se reemplaza los valores en la ecuación anterior

$$\sigma = \frac{469,99 \frac{N}{mm^2} * A_t}{A_t} + \frac{4 * 0,4 * 45,89 N}{10 * A_t}$$

$$\sigma = 469,99 \frac{N}{mm^2} + \frac{73,42 N}{1 * A_t}$$

Imponiéndonos que  $A_t = A_c$ , se procede a realizar el diseño estático y según Von Mises se tiene:

$$S_y = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$635,87 \frac{N}{mm^2} = \sqrt{\left(469,99 \frac{N}{mm^2} + \frac{73,42 N}{1 \cdot A_t}\right)^2 + 3 \left(\frac{208,88 N}{A_t}\right)^2}$$

$$A_t = 4,3mm$$

Se determina el diámetro nominal el cual es 4mm sin embargo el diámetro es muy pequeño por lo cual se opta por seleccionar uno de 8mm debido que tendrá mayor seguridad.

## 6.8 ADMINISTRACIÓN

El presente estudio se ha realizado en base a la información existente en la empresa, la cual produce harina, dentro de esto uno de los procesos que se realizan es el tueste del haba, además los ensayos ejecutados en el laboratorio sobre este proceso permiten obtener parámetros para el desarrollo de tablas de adquisición, demostrando los objetivos propuestos anteriormente.

El equipo diseñado se encuentra listo para su posterior construcción mediante la administración de la empresa.

**Reducir el Tiempo de operación y precautelar la seguridad del operario:** El desarrollo de la tecnología permite la innovación de los procesos de producción existentes creando equipos eficientes con reducción de tiempos y con mejores niveles de seguridad para el personal que se encuentra a cargo de manipular el equipo.

**Mejorar la calidad y la cantidad de la producción:** Con el diseño de esta máquina tostadora se obtendrá una calidad alta del haba tostada en lo que tiene que ver con su coloración debido a que se tiene una temperatura estable durante todo el proceso de tueste, también se incrementara la producción mediante la reducción del tiempo total del proceso mejorando los ingresos para la empresa.

Dentro del campo industrial es conocido que este tipo de sistemas se encuentran muy inmiscuidos en la industria alimenticia. Razón por la cual es de vital importancia conocer bien este tipo de sistemas.

## **6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

### **6.9.1 Arranque para operación diaria**

A continuación se detalla los pasos a seguir para la puesta en marcha de la tostadora industrial de haba.

1. Verificar que las conexiones de entrada de GLP estén sin fuga.
2. Colocar la carga a tostar en la tolva.
3. Encender el motor-reductor colocando el interruptor en la posición ON para proporcionar movimiento a la cámara de tueste.
4. Encender el quemador colocando el interruptor en la posición ON para dar energía calorífica al sistema.
5. Precalentar la cámara de tueste hasta alcanzar una temperatura de 45<sup>0</sup>C.
6. Abrir la compuerta de descarga para que ingrese el producto a la cámara de tueste.
7. Controlar la coloración del grano durante el proceso mediante muestras extraídas del interior de la cámara de tueste.
8. Colocar un recipiente metálico de forma de una canasta que permita que el grano se enfrié.
9. Una vez alcanzada la coloración ideal del grano tostado abrir la compuerta de salida hacia el recipiente.

**10.** Disminuir la potencia calorífica hasta cargar nuevamente la cámara de tueste con el haba.

### **6.9.2 Programa de auto-mantenimiento para maquinas nuevas**

Para el desarrollo de este mantenimiento preventivo debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Limpieza.
- Engrase.
- Seguridad de funcionamiento.
- Ajuste de elementos en movimiento y sus medios de control y vigilancia de su situación.

Con lo cual se podrá mantener a la maquina existente en su punto óptimo u de origen para que esta pueda ser utilizada sin temor de sufrir daño durante su utilización.

A continuación se detalla las tareas de mantenimiento y su frecuencia.



**Tabla 6.19** Programa de auto-mantenimiento

| AUTO-MANTENIMIENTO |   |                       |        |            |       |                              |             |               |
|--------------------|---|-----------------------|--------|------------|-------|------------------------------|-------------|---------------|
| OPERARIO:          | MAQUINA. COD.:                          | SECCIÓN: PLANTA       |        |            |       | EQUIPO: TOSTADORA INDUSTRIAL |             |               |
| SUBCONJUNTO        | TAREA A REALIZAR                        | Frecuencia a realizar |        |            |       | T.R.                         | Responsable | Marcha/parada |
|                    |   | Diario                | Semana | Trimestral | Anual |                              |             |               |
| MOTOR              | Revisar su estado y ajuste a la maquina |                       | X      |            |       | 10min                        | Operario    | P             |
| QUEMADOR           | Revisar su estado y conexiones de GLP   |                       | X      |            |       | 10min                        | Operario    | P             |
| CÁMARA DE TUESTE   | Limpiar y sopletear                     | X                     |        |            |       | 15min                        | Operario    | P             |
| CHUMACERAS         | Revisar y engrasar                      |                       |        | X          |       | 10min                        | Operario    | P             |
| PLANCHA FRONTAL    | Revisar estado de pernos de sujeción    |                       | X      |            |       | 5min                         | Operario    | M/P           |
| PLANCHA FRONTAL    | Revisar estado de pernos de sujeción    |                       | X      |            |       | 5min                         | Operario    | M/P           |

**Fuente:** Alex Heredia

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cengel, Y. (2003). Termodinamica (Cuarta edición ed.). Mexico, Mexico: MacGraw.
2. Cengel, Y. A. (2007). Transferencia de Calor y Masa (Cuarta edición ed.). Mexico: Roig Vásquez.
3. Incropera. (1999). Transferencia de calor (Cuarta edición ed.). Mexico: Prentice Hall-Hispano America S.A.
4. INEN. (1989). Codigo de Dibujo Técnico. Quito.
5. Molina, J. (2008). Apuntes de Control industrial. Quito, E.P.N.
6. Mott, R. (1992). Diseño de Elementos de Máquinas (Cuarta edición ed.). Mexico: Printice-Hall.
7. Niño, I. V. (2005). Guia agronomica, Cultivo del Haba.
8. Norton, R. (2000). Diseño de Maquinaria. Mexico: McGraw.
9. Perry, R. (1999). Manual del Ingeniero químico (Sexta edición ed.). Mexico: McGraw.
10. S.K.F. (1982). Catálogo de Selección de rodamientos. Italia: SKF.
11. Shigley, J. (1989). Diseño en Ingeniería Mecánica. Mexico: McGraw.

### 12. Internet

- [www.agrorural.gob.pe](http://www.agrorural.gob.pe).
- [www.bdigital.unal.edu.co/2302/1/40046036.20091.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/2302/1/40046036.20091.pdf).
- [repositorio/revistas\\_ZootecniaTropical/zt2203/art/sivoli\\_1.htm](http://repositorio/revistas_ZootecniaTropical/zt2203/art/sivoli_1.htm).  
<http://sian.inia.gob.ve>.

- [espol.edu.ec](http://www.espol.edu.ec)  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7693/1/Tesis.pdf>
- <http://www.ingetecsa.com/inicio.php?opc=3>
- <http://biblioteca.epn.edu.ec/catalogo/fulltext/CD-3341.pdf>
- <http://www.tzulin.com/es-product-3.htm>
- <http://www.nord.com>
- <http://www.E&Mcombustion.com>

**ANEXO A I**

**ZONAS DE CULTIVO DE HABAS EN EL ECUADOR**



**ANEXO A II**

**FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ENSAYO DEL TUESTE DE HABAS**



**DATOS INFORMATIVOS**

|                 |            |                  |                 |
|-----------------|------------|------------------|-----------------|
| <b>ENSAYO#:</b> | 0          | <b>LUGAR :</b>   | Lab. Fac. I.C.M |
| <b>FECHA :</b>  | 28/10/2011 | <b>EJECUTOR:</b> | Alex Heredia    |

**ENSAYO**

| ENTRADA DEL PRODUCTO                       |             | SALIDA DEL PRODUCTO  |             |
|--|-------------|--|-------------|
| <b>Tipo de haba:</b>                       | Haba tierna | <b>Peso (Kg)</b>   | 0,48        |
| <b>Velocidad cámara de tueste(rpm) :</b>   | 46,7        |  |             |
| <b>Peso (Kg) :</b>                         | 1,82        | <b>Temperatura final °C</b>  | 90          |
| <b>Coloración:</b>                         | Verde claro |  |             |
| <b>Humedad inicial (Kg H2O/Kg haba):</b>   | 14          |  |             |
| <b>Presión GLP (bar)</b>                   | 1           | <b>Coloración</b>  | Gris oscuro |
| <b>Temperatura de precalentamiento °C:</b> | 40          |  |             |
| <b>Tiempo de precalentamiento (min)</b>    | 4           |  |             |

**REGISTRO DE LA OPERACIÓN DE TUESTE**

| #  | Tiempo (min.) | Temperatura (°C) | Humedad (%) | Consumo de combustible (Kg) | Observaciones           |
|----|---------------|------------------|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1  | 3             | 60               | 100         | 29.2                        | Vap. baja               |
| 2  | 7             | 64               | 100         |                             | Vap. baja               |
| 3  | 10            | 74               | 100         |                             | Vap. alta               |
| 4  | 12            | 80               | 100         |                             | Vap. alta               |
| 5  | 17            | 90               | 100         |                             | Vap. max                |
| 6  | 20            | 90               | 100         |                             | Vap. max                |
| 7  | 27            | 90               | 100         |                             | Vap. max                |
| 8  | 31            | 90               | 100         |                             | Vap. max                |
| 9  | 38            | 90               | 100         |                             | Vap. max                |
| 10 | 44            | 90               | 100         |                             | Desintegración del haba |
| 11 | 50            | 90               | 100         |                             | Desintegración del haba |
| 12 | 55            | 90               | 100         | 28.5                        | Salida                  |



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ENSAYO DEL TUESTE DE HABAS**



**DATOS INFORMATIVOS**

|                 |            |                  |                 |
|-----------------|------------|------------------|-----------------|
| <b>ENSAYO#:</b> | 1          | <b>LUGAR :</b>   | Lab. Fac. I.C.M |
| <b>FECHA :</b>  | 31/10/2011 | <b>EJECUTOR:</b> | Alex Heredia    |

**ENSAYO**

| ENTRADA DEL PRODUCTO                       |           | SALIDA DEL PRODUCTO  |        |
|--|-----------|--|--------|
| <b>Tipo de haba:</b>                       | Haba seca | Peso (Kg)  | 1,2    |
| <b>Velocidad cámara de tueste(rpm) :</b>   | 46,7      |  |        |
| <b>Peso (Kg) :</b>                         | 1,36      | Temperatura final °C   | 90     |
| <b>Coloración:</b>                         | Beige     |  |        |
| <b>Humedad inicial (Kg H2O/Kg haba):</b>   | 14        |  |        |
| <b>Presión GLP (bar)</b>                   | 0,5       | Coloración   | Dorada |
| <b>Temperatura de precalentamiento °C:</b> | 40        |  |        |
| <b>Tiempo de precalentamiento (min)</b>    | 4         |  |        |

**REGISTRO DE LA OPERACIÓN DE TUESTE**

| # | Tiempo (min.) | Temperatura (°C) | Humedad (%) | Consumo de combustible (Kg) | Observaciones |
|---|---------------|------------------|-------------|-----------------------------|---------------|
| 1 | 6             | 45               | 90          | 9,599                       | Tostando      |
| 2 | 7,3           | 50               | 100         | 9,607                       | Tostando      |
| 3 | 9,3           | 60               | 100         | 9,611                       | Vap. baja     |
| 4 | 11            | 66               | 100         | 9,613                       | Vap. baja     |
| 5 | 12            | 74               | 100         | 9,617                       | Vap. baja     |
| 6 | 16            | 80               | 100         | 9,624                       | Vap. max      |
| 7 | 19            | 82               | 100         | 9,630                       | Salida        |






**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ENSAYO DEL TUESTE DE HABAS**



**DATOS INFORMATIVOS**

|                 |            |                  |                 |
|-----------------|------------|------------------|-----------------|
| <b>ENSAYO#:</b> | 2          | <b>LUGAR :</b>   | Lab. Fac. I.C.M |
| <b>FECHA :</b>  | 01/11/2011 | <b>EJECUTOR:</b> | Alex Heredia    |

**ENSAYO**

| <b>ENTRADA DEL PRODUCTO</b>                |           | <b>SALIDA DEL PRODUCTO</b>   |        |
|--|-----------|--|--------|
| <b>Tipo de haba:</b>                       | Haba seca | Peso (Kg)  | 1,15   |
| <b>Velocidad cámara de tueste(rpm) :</b>   | 46,7      |  |        |
| <b>Peso (Kg) :</b>                         | 1,36      | Temperatura final °C   | 90     |
| <b>Coloración:</b>                         | Beige     |  |        |
| <b>Humedad inicial (Kg H2O/Kg haba):</b>   | 14        |  |        |
| <b>Presión GLP (bar)</b>                   | 1         | Coloración   | Dorada |
| <b>Temperatura de precalentamiento °C:</b> | 40        |  |        |
| <b>Tiempo de precalentamiento (min)</b>    | 4         |  |        |

**REGISTRO DE LA OPERACIÓN DE TUESTE**

| # | Tiempo (min.) | Temperatura (°C) | Humedad (%) | Consumo de combustible (Kg) | Observaciones |
|---|---------------|------------------|-------------|-----------------------------|---------------|
| 1 | 3             | 60               | 90          | 28.9                        | Tostando      |
| 2 | 5             | 76               | 100         |                             | Vap. baja     |
| 3 | 7             | 88               | 100         |                             | Vap. max      |
| 4 | 10            | 92               | 100         | 28.6                        | Salida        |




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ENSAYO DEL TUESTE DE HABAS**



**DATOS INFORMATIVOS**

|                 |            |                  |                 |
|-----------------|------------|------------------|-----------------|
| <b>ENSAYO#:</b> | 3          | <b>LUGAR :</b>   | Lab. Fac. I.C.M |
| <b>FECHA :</b>  | 07/11/2011 | <b>EJECUTOR:</b> | Alex Heredia    |

**ENSAYO**

| <b>ENTRADA DEL PRODUCTO</b>                |           | <b>SALIDA DEL PRODUCTO</b>  |        |
|--|-----------|---|--------|
| <b>Tipo de haba:</b>                       | Haba seca | Peso (Kg)   | 2,66   |
| <b>Velocidad cámara de tueste(rpm) :</b>   | 46,7      |   |        |
| <b>Peso (Kg) :</b>                         | 2,90      | Temperatura final °C  | 92     |
| <b>Coloración:</b>                         | Beige     |   |        |
| <b>Humedad inicial (Kg H2O/Kg haba):</b>   | 14        |   |        |
| <b>Presión GLP (bar)</b>                   | 1         | Coloración  | Dorada |
| <b>Temperatura de precalentamiento °C:</b> | 40        |  |        |
| <b>Tiempo de precalentamiento (min)</b>    | 4         |   |        |

**REGISTRO DE LA OPERACIÓN DE TUESTE**

| #  | Tiempo (min.) | Temperatura (°C) | Humedad (%) | Consumo de combustible (Kg) | Observaciones |
|----|---------------|------------------|-------------|-----------------------------|---------------|
| 1  | 4             | 40               | 90          | 28.65                       | Tostando      |
| 2  | 7             | 50               | 100         |                             | Vap. baja     |
| 3  | 10            | 64               | 100         |                             | Vap. max      |
| 4  | 12            | 70               | 100         |                             | Vap. max      |
| 5  | 14            | 80               | 100         |                             | Vap. max      |
| 6  | 16            | 84               | 100         |                             | Vap. max      |
| 7  | 19            | 86               | 100         |                             | Vap. max      |
| 8  | 21            | 88               | 100         |                             | Vap. max      |
| 9  | 24            | 90               | 100         |                             | Vap. max      |
| 10 | 26            | 90               | 100         | 28.5                        | Vap. max      |




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ENSAYO DEL TUESTE DE HABAS**



**DATOS INFORMATIVOS**

|                 |            |                  |                 |
|-----------------|------------|------------------|-----------------|
| <b>ENSAYO#:</b> | 4          | <b>LUGAR :</b>   | Lab. Fac. I.C.M |
| <b>FECHA :</b>  | 07/11/2011 | <b>EJECUTOR:</b> | Alex Heredia    |

**ENSAYO**

| ENTRADA DEL PRODUCTO                       |           | SALIDA DEL PRODUCTO  |        |
|--|-----------|--|--------|
| <b>Tipo de haba:</b>                       | Haba seca | Peso (Kg)  | 2,6    |
| <b>Velocidad cámara de tueste(rpm) :</b>   | 46,7      |  |        |
| <b>Peso (Kg) :</b>                         | 2,9       | Temperatura final °C   | 92     |
| <b>Coloración:</b>                         | Beige     |  |        |
| <b>Humedad inicial (Kg H2O/Kg haba):</b>   | 14        |  |        |
| <b>Presión GLP (bar)</b>                   | 0,5       | Coloración   | Dorada |
| <b>Temperatura de precalentamiento °C:</b> | 40        |  |        |
| <b>Tiempo de precalentamiento (min)</b>    | 4         |  |        |

**REGISTRO DE LA OPERACIÓN DE TUESTE**

| #  | Tiempo (min.) | Temperatura (°C) | Humedad (%) | Consumo de combustible (Kg) | Observaciones |
|----|---------------|------------------|-------------|-----------------------------|---------------|
| 1  | 5             | 30               | 90          | 9.633                       | Tostando      |
| 2  | 6             | 36               | 90          | 9.648                       | Tostando      |
| 3  | 8             | 40               | 90          | 9.653                       | Tostando      |
| 4  | 10            | 44               | 100         | 9.658                       | Vap. Min.     |
| 5  | 13            | 52               | 100         | 9.663                       | Vap. Min.     |
| 6  | 15            | 56               | 100         | 9.667                       | Vap. Min.     |
| 7  | 17            | 60               | 100         | 9.671                       | Vap. Med.     |
| 8  | 19            | 72               | 100         | 9.674                       | Vap. Med.     |
| 9  | 21            | 80               | 100         | 9.678                       | Vap. Max.     |
| 10 | 24            | 84               | 100         | 9.683                       | Vap. Max.     |
| 11 | 27            | 88               | 100         | 9.689                       | Vap. Max.     |
| 12 | 29            | 88               | 100         | 9.693                       | Vap. Max.     |
| 13 | 31            | 88               | 100         | 9.696                       | Vap. Max.     |




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ENSAYO DEL TUESTE DE HABAS**



**DATOS INFORMATIVOS**

|                 |            |                  |                 |
|-----------------|------------|------------------|-----------------|
| <b>ENSAYO#:</b> | 5          | <b>LUGAR :</b>   | Lab. Fac. I.C.M |
| <b>FECHA :</b>  | 06/12/2011 | <b>EJECUTOR:</b> | Alex Heredia    |

**ENSAYO**

| ENTRADA DEL PRODUCTO                       |           | SALIDAD DEL PRODUCTO  |        |
|--|-----------|---|--------|
| <b>Tipo de haba:</b>                       | Haba seca | Peso (Kg)   | 6,85   |
| <b>Velocidad cámara de tueste(rpm) :</b>   | 46,7      |   |        |
| <b>Peso (Kg) :</b>                         | 7         | Temperatura final °C  | 92     |
| <b>Coloración:</b>                         | Beige     |   |        |
| <b>Humedad inicial (Kg H2O/Kg haba):</b>   | 14        |   |        |
| <b>Presión GLP (bar)</b>                   | 1         | Coloración  | Dorada |
| <b>Temperatura de precalentamiento °C:</b> | 40        |  |        |
| <b>Tiempo de precalentamiento (min)</b>    | 4         |   |        |

**REGISTRO DE LA OPERACIÓN DE TUESTE**

| #  | Tiempo (min.) | Temperatura (°C) | Humedad (%) | Consumo de combustible (Kg) | Observaciones |
|----|---------------|------------------|-------------|-----------------------------|---------------|
| 1  | 5             | 36               | 90          | 24.7                        | Tostando      |
| 2  | 7,45          | 40               | 100         |                             | Tostando      |
| 3  | 12,27         | 62               | 100         |                             | Tostando      |
| 4  | 15,25         | 60               | 100         |                             | Vap. Baja     |
| 5  | 18,14         | 72               | 100         |                             | Vap. max      |
| 6  | 23,3          | 90               | 100         |                             | Vap. max      |
| 7  | 26,38         | 92               | 100         |                             | Vap. max      |
| 8  | 31,52         | 92               | 100         |                             | Vap. max      |
| 9  | 36,44         | 92               | 100         |                             | Vap. max      |
| 10 | 41,26         | 92               | 100         | 24.5                        | Vap. max      |

ANEXO A III

PROPIEDADES TERMO FÍSICAS DE LA MATERIA

Apéndice A ■ *Propiedades termofísicas de la materia*

839

TABLA A.4 Propiedades termofísicas de gases a presión atmosférica<sup>a</sup>

| $T$<br>(K) | $\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $c_p$<br>(kJ/kg · K) | $\mu \cdot 10^7$<br>(N · s/m <sup>2</sup> ) | $\nu \cdot 10^6$<br>(m <sup>2</sup> /s) | $k \cdot 10^3$<br>(W/m · K) | $\alpha \cdot 10^6$<br>(m <sup>2</sup> /s) | $Pr$  |
|------------|--------------------------------|----------------------|---|---|-----------------------------|--|-------|
| Aire       |                                |                      |   |   |                             |  |       |
| 100        | 3.5562                         | 1.032                | 71.1  | 2.00                                    | 9.34                        | 2.54                                       | 0.786 |
| 150        | 2.3364                         | 1.012                | 103.4                                       | 4.426                                   | 13.8                        | 5.84                                       | 0.758 |
| 200        | 1.7458                         | 1.007                | 132.5                                       | 7.590                                   | 18.1                        | 10.3                                       | 0.737 |
| 250        | 1.3947                         | 1.006                | 159.6                                       | 11.44                                   | 22.3                        | 15.9                                       | 0.720 |
| 300        | 1.1614                         | 1.007                | 184.6                                       | 15.89                                   | 26.3                        | 22.5                                       | 0.707 |
| 350        | 0.9950                         | 1.009                | 208.2                                       | 20.92                                   | 30.0                        | 29.9                                       | 0.700 |
| 400        | 0.8711                         | 1.014                | 230.1                                       | 26.41                                   | 33.8                        | 38.3                                       | 0.690 |
| 450        | 0.7740                         | 1.021                | 250.7                                       | 32.39                                   | 37.3                        | 47.2                                       | 0.686 |
| 500        | 0.6964                         | 1.030                | 270.1                                       | 38.79                                   | 40.7                        | 56.7                                       | 0.684 |
| 550        | 0.6329                         | 1.040                | 288.4                                       | 45.57                                   | 43.9                        | 66.7                                       | 0.683 |
| 600        | 0.5804                         | 1.051                | 305.8                                       | 52.69                                   | 46.9                        | 76.9                                       | 0.685 |
| 650        | 0.5356                         | 1.063                | 322.5                                       | 60.21                                   | 49.7                        | 87.3                                       | 0.690 |
| 700        | 0.4975                         | 1.075                | 338.8                                       | 68.10                                   | 52.4                        | 98.0                                       | 0.695 |
| 750        | 0.4643                         | 1.087                | 354.6                                       | 76.37                                   | 54.9                        | 109  | 0.702 |
| 800        | 0.4354                         | 1.099                | 369.8                                       | 84.93                                   | 57.3                        | 120  | 0.709 |
| 850        | 0.4097                         | 1.110                | 384.3                                       | 93.80                                   | 59.6                        | 131  | 0.716 |
| 900        | 0.3868                         | 1.121                | 398.1                                       | 102.9                                   | 62.0                        | 143  | 0.720 |
| 950        | 0.3666                         | 1.131                | 411.3                                       | 112.2                                   | 64.3                        | 155  | 0.723 |
| 1000       | 0.3482                         | 1.141                | 424.4                                       | 121.9                                   | 66.7                        | 168  | 0.726 |
| 1100       | 0.3166                         | 1.159                | 449.0                                       | 141.8                                   | 71.5                        | 195  | 0.728 |
| 1200       | 0.2902                         | 1.175                | 473.0                                       | 162.9                                   | 76.3                        | 224  | 0.728 |
| 1300       | 0.2679                         | 1.189                | 496.0                                       | 185.1                                   | 82                          | 238  | 0.719 |
| 1400       | 0.2488                         | 1.207                | 530   | 213                                     | 91                          | 303  | 0.703 |
| 1500       | 0.2322                         | 1.230                | 557   | 240                                     | 100                         | 350  | 0.685 |
| 1600       | 0.2177                         | 1.248                | 584   | 268                                     | 106                         | 390  | 0.688 |

**ANEXO A IV**  
**SELECCIÓN DEL QUEMADOR**

# EM-5 G2 / EM-8 G2 EM-15 G2 / EM-20 G2

## Quemador Gas 2 Marchas de 23 a 232 kW



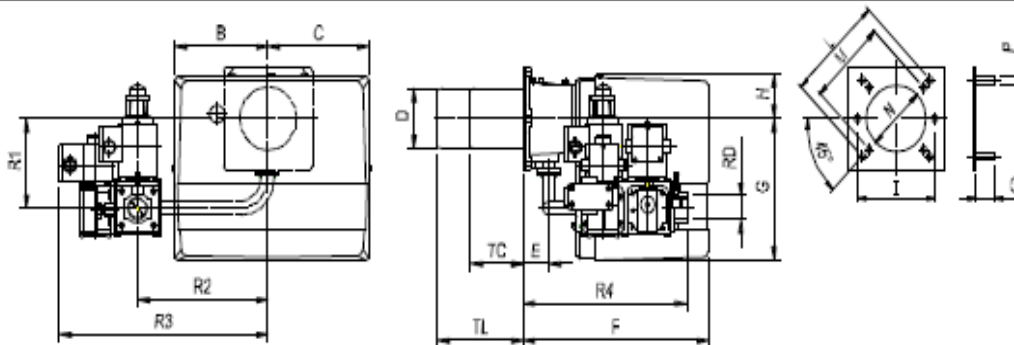
88/37 CEE Directiva de Medidas  
90/269 CEE Directiva Aparatos de Gas  
73/23 CEE Directiva Baja Tensión  
89/368 CEE Directiva Compatibilidad Electromagnética



### Descripción Técnica

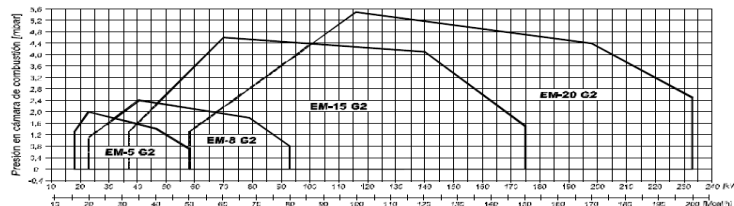
- Quemador compacto de gas, totalmente automático con funcionamiento a dos marchas con regulación del aire por servomotor. El quemador lleva incorporado el programador, motor, ventilador, regulación de aire, pieza intermedia para gas con cabezal de combustión adecuado para cada clase de gas a emplear.
- Vigilancia de llama por sistema de ionización.
- Control de funcionamiento de ventilador por presostato de aire.
- La rampa de gas se suministra totalmente montada, y compuesta por:
  - Dos electroválvulas de regulación y una de seguridad.
  - Presostato de mínima de gas.
  - Filtro estabilizador de gas.

### Dimensiones del quemador



Dimensiones EM-5 G2 / EM-8 G2 / EM-15 G2 / EM-20 G2

| Modelo   | Dimensiones en mm |     |     |    |     |     |    |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|-------------------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | B                 | C   | D   | E  | F   | G   | H  | I   | L   | M   | N   | O  | P   | TC  | TL  | R1  | R2  | R3  | R4  |
| EM-5 G2  | 158               | 171 | 90  | 43 | 305 | 211 | 63 | 130 | 160 | 130 | 100 | 30 | M8  | 89  | 149 | 133 | 200 | 275 | 258 |
| EM-8 G2  | 158               | 171 | 90  | 43 | 305 | 211 | 63 | 130 | 160 | 130 | 100 | 30 | M8  | 89  | 149 | 138 | 220 | 351 | 275 |
| EM-15 G2 | 179               | 189 | 107 | 52 | 339 | 248 | 70 | 160 | 170 | 150 | 120 | 30 | M8  | 134 | 254 | 168 | 280 | 411 | 308 |
| EM-20 G2 | 179               | 189 | 125 | 78 | 369 | 248 | 70 | -   | 226 | 170 | 135 | 40 | M10 | 163 | 283 | 173 | 280 | 411 | 334 |



⚠ **NOTA:** Los quemadores se suministran para Gas Natural. Para GLP u otro tipo de gas hay que especificarlo.

### Características técnicas

| Modelo                                     | EM-5 G2         | EM-8 G2         | EM-15 G2        | EM-20 G2          |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Potencia [kW] *                            | 18 / 23 - 58    | 24 / 41 - 93    | 35 / 70 - 174   | 64 / 116 - 232    |
| Consumo máximo [Nm <sup>3</sup> /h G.N.]   | 1,8 / 2,3 - 5,8 | 2,5 / 4,1 - 9,4 | 3,5 / 7 - 17,4  | 6,4 / 11,6 - 23,2 |
| P mín. entrada rampa G.N. [mbar]           | 16              | 17              | 20              | 26                |
| Consumo máximo [Nm <sup>3</sup> /h G.L.P.] | 0,7 / 0,9 - 2,3 | 0,9 / 1,6 - 3,6 | 1,3 / 2,7 - 6,5 | 2,5 / 4,5 - 9     |
| P mín. entrada rampa G.L.P. [mbar]         | 31              | 25              | 32              | 23                |
| Motor [kW]                                 | 0,075           | 0,075           | 0,11            | 0,20              |
| Rampa de gas (RD)                          | R 1/2"          | R 3/4" - FS 25  | R 1" - FS 25    | R 1" - FS 25      |
| Alimentación eléctrica [V]                 | 1 x 220 V 50Hz  |                 |                 |                   |
| Peso [kg]                                  | 12              | 12              | 13              | 14                |

\* Min. 1ª Marcha / Min. 2ª Marcha - Máx. 2ª Marcha

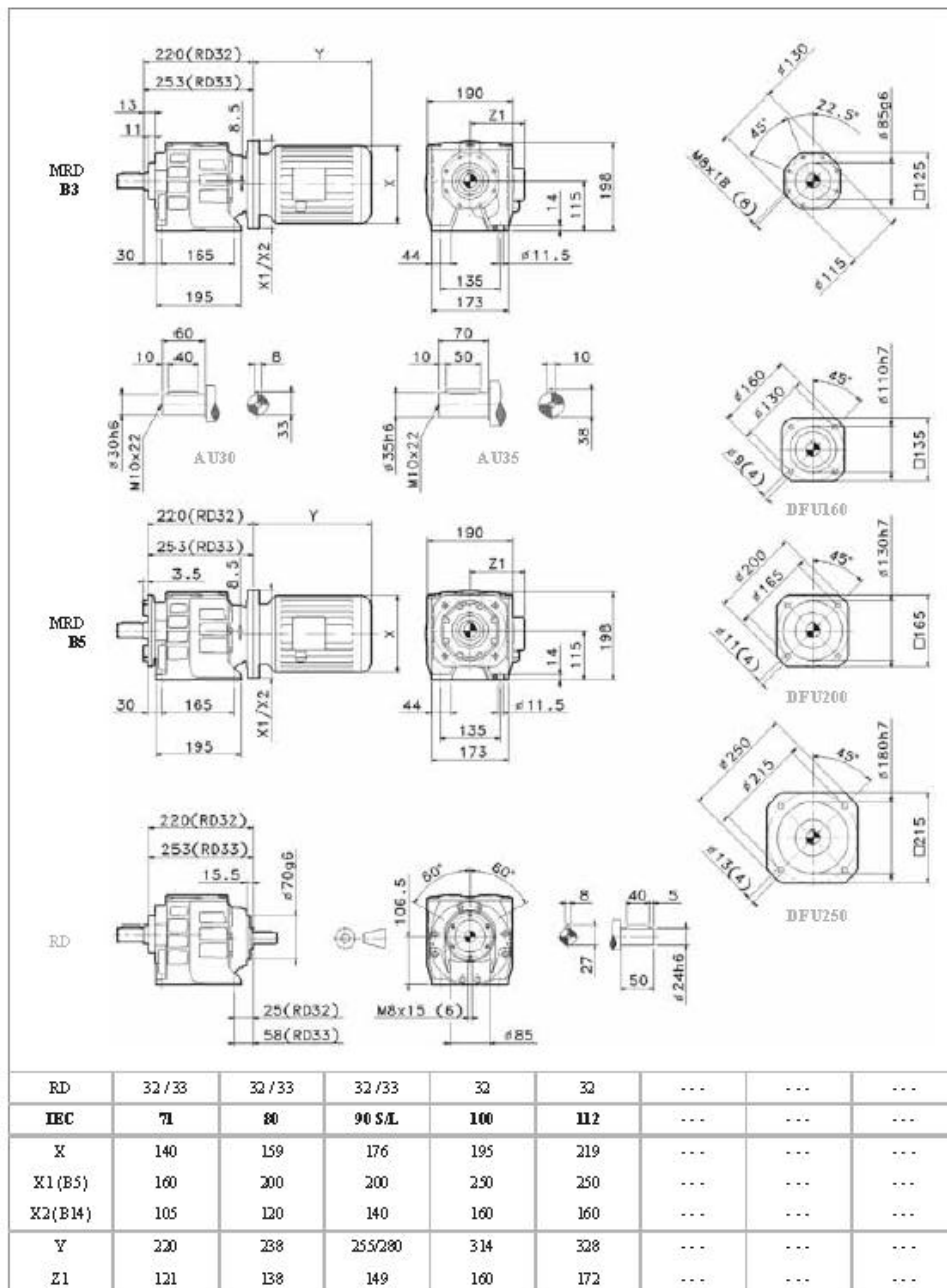
**ANEXO V**

**SELECCIÓN DE MOTOR REDUCTOR**



RD  
32 - 33

DIMENSIONES



**ANEXO VI**

**SELECCIÓN DE CADENA Y CHUMACERA**

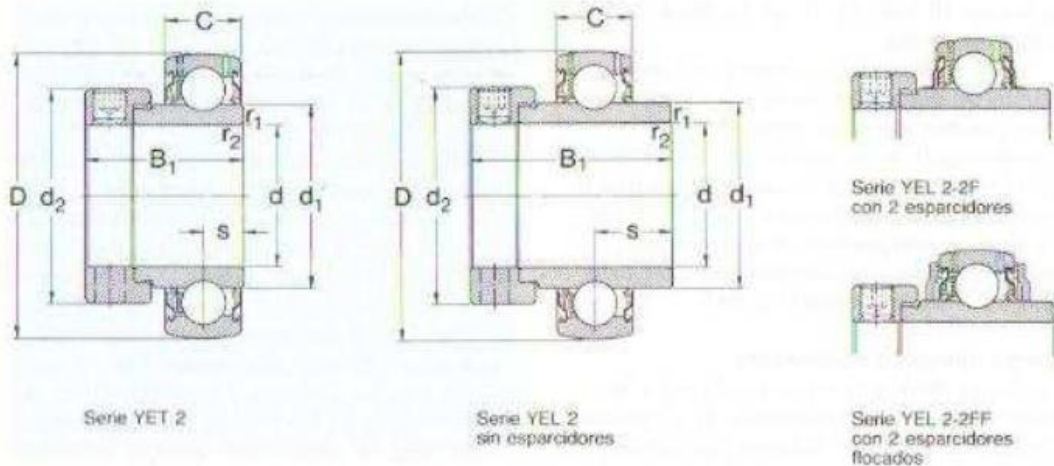
## TABLA DE DIMENSIONES DE LAS CADENAS ANSI SENCILLAS

En pulgadas. El paso figura tanto en pulgadas como en milímetros. Para convertir a milímetros cualquier otra dimensión, multiplíquese por 25.4



| DIMENSIONES   |                    |                   |                      |                      |                    |                   |       |                       |                             |
|---------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------|-----------------------|-----------------------------|
| CADENA NUMERO | PASO "P"           | LARGO RODILLO "W" | DIAMETRO RODILLO "D" | DIAMETRO PASADOR "C" | GRUESO CHAPETA "F" | ANCHO CHAPETA "H" | M.    | LIMITE DE ROTURA Lbs. | PESO Lbs. POR PIE 30.5 cms. |
| 25            | 1/4" *<br>6.35 mm  | 0.125             | 0.130                | 0.0905               | 0.030              | 0.234             | 0.188 | 0.875                 | 0.09                        |
| 35            | 3/8" *<br>9.52 mm  | 0.187             | 0.200                | 0.141                | 0.050              | 0.350             | 0.267 | 2.100                 | 0.21                        |
| 40            | 1/2" *<br>12.7 mm  | 0.312             | 0.312                | 0.156                | 0.060              | 0.466             | 0.380 | 3.700                 | 0.42                        |
| 50            | 5/8" *<br>15.87 mm | 0.375             | 0.400                | 0.200                | 0.080              | 0.584             | 0.460 | 6.100                 | 0.69                        |

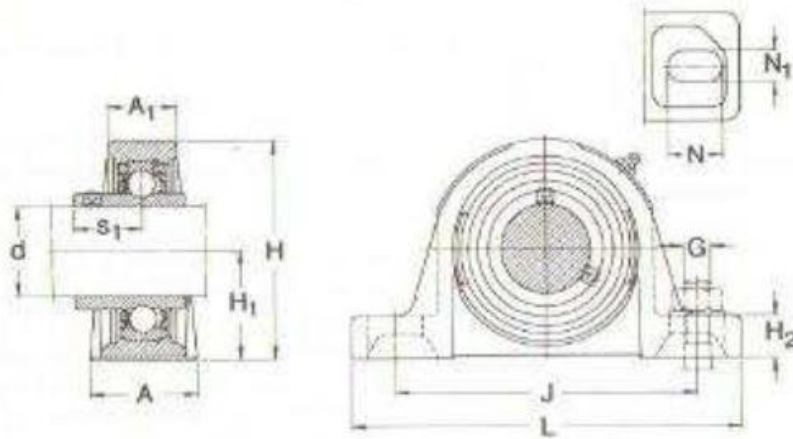
## ESPECIFICACIONES DE RODAMIENTOS Y CHUMACERAS DE PISO SKF



| Dimensiones |                |                |     |                |    |      |                      |                        | Capacidad de carga    |                  | Carga límite de fatiga $P_u$ | Masa Rodamiento | Designaciones Rodamientos |                             |  |
|-------------|----------------|----------------|-----|----------------|----|------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|--|
| d           | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | D   | B <sub>1</sub> | C  | s    | r <sub>1,2</sub> min | dinám. C <sub>10</sub> | estát. C <sub>0</sub> | sin espaciadores |                              |                 | con 2 espaciadores        | con 2 espaciadores flocados |  |
| mm          |                |                |     |                |    |      |                      |                        | N                     | N                | kg                           | -               |                           |                             |  |
| 12          | 24,2           | 28,6           | 40  | 28,6           | 12 | 6,5  | 0,3                  | 7 350                  | 4 750                 | 140              | 0,13                         | YET 203/12      | -                         | -                           |  |
| 15          | 24,2           | 28,6           | 40  | 28,6           | 12 | 6,5  | 0,3                  | 7 350                  | 4 750                 | 140              | 0,12                         | YET 203/15      | -                         | -                           |  |
| 17          | 24,2           | 28,6           | 40  | 28,6           | 12 | 6,5  | 0,3                  | 7 350                  | 4 750                 | 140              | 0,11                         | YET 203         | -                         | -                           |  |
|             | 24,2           | 28,6           | 40  | 37,3           | 12 | 13,9 | 0,3                  | 7 350                  | 4 750                 | 140              | 0,13                         | YEL 203         | YEL 203-2F                | YEL 203-2FF                 |  |
| 20          | 28,2           | 33             | 47  | 31             | 14 | 7,5  | 0,6                  | 9 800                  | 6 550                 | 196              | 0,16                         | YET 204         | -                         | -                           |  |
|             | 28,2           | 33             | 47  | 43,7           | 14 | 17,1 | 0,6                  | 9 800                  | 6 550                 | 196              | 0,19                         | YEL 204         | YEL 204-2F                | YEL 204-2FF                 |  |
| 25          | 33,7           | 37,4           | 52  | 31             | 15 | 7,5  | 0,6                  | 10 800                 | 7 800                 | 232              | 0,18                         | YET 205         | -                         | -                           |  |
|             | 33,7           | 37,4           | 52  | 44,4           | 15 | 17,5 | 0,6                  | 10 800                 | 7 800                 | 232              | 0,23                         | YEL 205         | YEL 205-2F                | YEL 205-2FF                 |  |
| 30          | 39,7           | 44,2           | 62  | 35,7           | 18 | 9    | 0,6                  | 15 000                 | 11 200                | 335              | 0,30                         | YET 206         | -                         | -                           |  |
|             | 39,7           | 44,2           | 62  | 48,4           | 18 | 18,3 | 0,6                  | 15 000                 | 11 200                | 335              | 0,36                         | YEL 206         | YEL 206-2F                | YEL 206-2FF                 |  |
| 35          | 46,1           | 55,6           | 72  | 38,9           | 19 | 9,5  | 1                    | 19 600                 | 15 300                | 455              | 0,49                         | YET 207         | -                         | -                           |  |
|             | 46,1           | 55,6           | 72  | 51,1           | 19 | 18,8 | 1                    | 19 600                 | 15 300                | 455              | 0,55                         | YEL 207         | YEL 207-2F                | YEL 207-2FF                 |  |
| 40          | 51,8           | 60,3           | 80  | 43,7           | 21 | 11   | 1                    | 23 600                 | 19 000                | 560              | 0,62                         | YET 208         | -                         | -                           |  |
|             | 51,8           | 60,3           | 80  | 56,3           | 21 | 21,4 | 1                    | 23 600                 | 19 000                | 560              | 0,70                         | YEL 208         | YEL 208-2F                | YEL 208-2FF                 |  |
| 45          | 56,8           | 63,5           | 85  | 43,7           | 22 | 11   | 1                    | 25 500                 | 21 600                | 640              | 0,65                         | YET 209         | -                         | -                           |  |
|             | 56,8           | 63,5           | 85  | 56,3           | 22 | 21,4 | 1                    | 25 500                 | 21 600                | 640              | 0,74                         | YEL 209         | YEL 209-2F                | YEL 209-2FF                 |  |
| 50          | 62,5           | 69,9           | 90  | 43,7           | 22 | 11   | 1                    | 27 000                 | 23 200                | 695              | 0,73                         | YET 210         | -                         | -                           |  |
|             | 62,5           | 69,9           | 90  | 62,7           | 22 | 24,6 | 1                    | 27 000                 | 23 200                | 695              | 0,89                         | YEL 210         | YEL 210-2F                | YEL 210-2FF                 |  |
| 55          | 69,1           | 76,2           | 100 | 48,4           | 25 | 12   | 1                    | 33 500                 | 29 000                | 865              | 0,98                         | YET 211         | -                         | -                           |  |
|             | 69,1           | 76,2           | 100 | 71,4           | 25 | 27,8 | 1                    | 33 500                 | 29 000                | 865              | 1,20                         | YEL 211         | YEL 211-2F                | YEL 211-2FF                 |  |
| 60          | 75,6           | 83,7           | 110 | 77,8           | 26 | 31   | 1,5                  | 40 500                 | 36 000                | 1 060            | 1,60                         | YEL 212         | YEL 212-2F                | YEL 212-2FF                 |  |

**Soportes de pié con rodamientos Y,  
fundición**

d 12-100 mm



| Dimensiones |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    |                | Masa                             | Designaciones |              | Rodamiento Y  |
|-------------|----|----------------|----|----------------|----------------|-----|-----|-----|------|----------------|----|----------------|----------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| d           | A  | A <sub>1</sub> | H  | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | J   | J   | L   | N    | N <sub>1</sub> | G  | s <sub>1</sub> | Unidad <sup>1)</sup><br>completa | Soporte       | Rodamiento Y |               |
| mm          |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    |                | kg                               |               |              |               |
| 12          | 32 | 18             | 56 | 30,2           | 14             | 88  | 108 | 127 | 20,5 | 11,5           | 10 | 22,1           | 0,54                             | SY 12 FM      | SY 503 M     | YET 203/12    |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 15,9           | 0,52                             | SY 12 TF      | SY 503 M     | YAR 203/12-2F |
| 15          | 32 | 16             | 56 | 30,2           | 14             | 88  | 108 | 127 | 20,5 | 11,5           | 10 | 22,1           | 0,53                             | SY 15 FM      | SY 503 M     | YET 203/15    |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 15,9           | 0,51                             | SY 15 TF      | SY 503 M     | YAR 203/15-2F |
| 17          | 32 | 18             | 56 | 30,2           | 14             | 88  | 106 | 127 | 20,5 | 11,5           | 10 | 22,1           | 0,52                             | SY 17 FM      | SY 503 M     | YET 203       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 23,4           | 0,54                             | SY 17 WM      | SY 503 M     | YEL 203       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 15,9           | 0,50                             | SY 17 TF      | SY 503 M     | YAR 203-2F    |
| 20          | 32 | 20             | 64 | 33,3           | 14             | 88  | 106 | 127 | 20,5 | 11,5           | 10 | 23,5           | 0,59                             | SY 20 FM      | SY 504 M     | YET 204       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 26,6           | 0,62                             | SY 20 WM      | SY 504 M     | YEL 204       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 18,3           | 0,57                             | SY 20 TF      | SY 504 M     | YAR 204-2F    |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 20,5           | 0,57                             | SY 20 KG      | SY 504 M     | 362004 BTN    |
| 25          | 36 | 21             | 70 | 36,5           | 16             | 94  | 110 | 130 | 19,5 | 11,5           | 10 | 23,5           | 0,73                             | SY 25 FM      | SY 505 M     | YET 205       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 26,9           | 0,78                             | SY 25 WM      | SY 505 M     | YEL 205       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 19,8           | 0,73                             | SY 25 TF      | SY 505 M     | YAR 205-2F    |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 20,5           | 0,72                             | SY 25 KG      | SY 505 M     | 362005 BTN    |
| 30          | 40 | 25             | 82 | 42,9           | 17             | 108 | 127 | 152 | 23,5 | 14             | 12 | 26,7           | 1,10                             | SY 30 FM      | SY 506 M     | YET 206       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 30,1           | 1,20                             | SY 30 WM      | SY 506 M     | YEL 206       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 22,2           | 1,10                             | SY 30 TF      | SY 506 M     | YAR 206-2F    |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 23             | 1,15                             | SY 30 KG      | SY 506 M     | 362006 BTN    |
| 35          | 45 | 27             | 93 | 47,6           | 19             | 119 | 133 | 180 | 21   | 14             | 12 | 29,4           | 1,55                             | SY 35 FM      | SY 507 M     | YET 207       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 32,3           | 1,60                             | SY 35 WM      | SY 507 M     | YEL 207       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 25,4           | 1,45                             | SY 35 TF      | SY 507 M     | YAR 207-2F    |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 24,5           | 1,45                             | SY 35 KG      | SY 507 M     | 362007 B      |
| 40          | 46 | 30             | 99 | 49,2           | 19             | 125 | 146 | 175 | 24,5 | 14             | 12 | 32,7           | 1,85                             | SY 40 FM      | SY 508 M     | YET 208       |
|             |    |                |    |                |                |     |     |     |      |                |    | 34,9           | 1,95                             | SY 40 WM      | SY 508 M     | YEL 208       |

**ANEXO VII**

**PROPIEDADES MECÁNICAS DEL METAL DEPOSITADO Y DE PERFILES  
ESTRUCTURALES**

## INDURA 7018-AR

Clasificación AWS: E-7018 / E-4918

- Electrodo para acero al carbono
- Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo

### Descripción

Electrodo de bajo contenido de hidrógeno.

Se caracteriza por depósitos de calidad radiográfica, arco fácil de establecer, excelentes características operativas, fácil desprendimiento de escoria y excelente presentación.

### Usos

Se recomienda para trabajos donde se requiera una alta calidad radiográfica.

### Aplicaciones típicas

- Construcción
- Reparación de buques
- Plataformas petroleras
- Cañerías, etc.

### Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de anastre.

En soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance.

Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo. Para mayores detalles ver página 33. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, página 20.

### Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,09%; Mn 1,05%; Si 0,55%; P 0,020%; S 0,015%

### Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

| Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte | Requerimientos | Energía Absorbida Ch-v | Requerimientos |
|---|----------------|------------------------|----------------|
| Resistencia a la tracción : 572 MPa                               | 490 MPa        | 135J a -30°C           | 27J a -30°C    |
| Límite de fluencia : 475 MPa                                      | 400 MPa        |                        |                |
| Alargamiento en 50 mm : 31%                                       | 22%            |                        |                |

### Amperajes recomendados:

| Diámetro<br>mm | Longitud<br>mm | Amperaje |      | Electrodos<br>x kg aprox. |
|----------------|----------------|----------|------|---------------------------|
|                |                | mín.     | máx. |                           |
| 2,4            | 300            | 60       | 110  | 52                        |
| 3,2            | 350            | 100      | 160  | 26                        |
| 4,0            | 350            | 130      | 210  | 19                        |
| 4,8            | 350            | 190      | 280  | 14                        |

## INDURA 308L

Clasificación AWS: E-308L-16

- Electrodo para aceros inoxidable austeníticos
- Revestimiento rutilico. Color blanco
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna
- Resistente a la corrosión intergranular

### Descripción

El electrodo 308L posee un revestimiento rutilico, lo que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo.

Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray, cuyo depósito es de excelente forma y apariencia.

La escoria se desprende fácilmente, además de tener muy buena reanudación de arco por lo que se aconseja usarlo en soldadura intermitente.

El depósito es de acero inoxidable austenítico.

### Usos

El electrodo 308L ha sido diseñado principalmente para soldar aceros inoxidable austeníticos con un contenido extrabajo de carbono.

El contenido máximo de 0,04% de carbono según normas AWS, evita la formación de carburos y la precipitación de ellos en los bordes de grano, dando así una excelente protección contra la corrosión intergranular.

Se recomienda especialmente para aplicaciones resistentes a la corrosión, cuando hay posibilidad de "picadura", producida por los ácidos sulfúricos y sulfurosos, sulfito y soluciones de celulosa.

### Aplicaciones típicas

- Aceros inox. 304, 304L, 308, 308L, 321, 347, 348
- Equipos químicos y petroquímicos
- Estanques que contengan productos químicos corrosivos

### Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,02%; Mn 0,83%; Si 0,76%; P 0,025%; S 0,008%; Cr 18,7%; Ni 10,0%; Mo 0,18%

### Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06):

| Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte | Requerimientos |
|---|----------------|
| Resistencia a la tracción : 560 MPa                               | 520 MPa        |
| Alargamiento en 50 mm : 41%                                       | 35%            |

### Amperajes recomendados:

| Diámetro<br>mm | Longitud<br>mm | Amperaje |      | Electrodos<br>x kg aprox. |
|----------------|----------------|----------|------|---------------------------|
|                |                | mín.     | máx. |                           |
| 2,4            | 300            | 60       | 90   | 59                        |
| 3,2            | 350            | 90       | 120  | 31                        |
| 4,0            | 350            | 120      | 150  | 21                        |
| 4,8            | 350            | 150      | 190  | 10                        |




**ESPECIFICACIONES GENERALES**

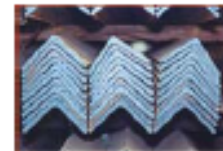
Calidad del acero: DIN 17100

ST 37-2

ASTM A-36

Medidas: 20 - 100 mm

Espesor: 5 - 12 mm


**NORMA INTERNA**

Dimensiones y tolerancias:

Bajo Norma: DIN 1020

Longitud: ±0 mm

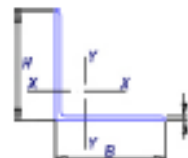
±100 mm

**Propiedades de Angulos Laminados**

| DESCRIPCION | PESO  | AREA            |
|-------------|-------|-----------------|
|             | kg/m  | cm <sup>2</sup> |
| AF2000      | 5.28  | 1.13            |
| AF2500      | 6.72  | 1.43            |
| AF2500*     | 6.67  | 1.46            |
| AF3000      | 8.16  | 1.74            |
| AF3000*     | 10.68 | 2.27            |
| AF4000      | 11.04 | 2.35            |
| AF4000*     | 14.52 | 3.08            |
| AF4005      | 17.48 | 3.79            |
| AF4005*     | 20.91 | 4.68            |
| AF5000      | 13.36 | 2.96            |
| AF5000*     | 18.36 | 3.87            |
| AF5005      | 22.68 | 4.9             |
| AF5005*     | 26.88 | 5.67            |
| AF6000      | 32.52 | 6.91            |
| AF6500      | 35.04 | 7.55            |
| AF7000      | 38.28 | 8.13            |
| AF7500      | 40.88 | 8.66            |
| AF8000      | 57.36 | 12.3            |
| AF10000     | 54.48 | 11.75           |
| AF10000*    | 73.2  | 15.5            |
| AF100010    | 90    | 19.2            |
| AF100012    | 106.8 | 22.7            |

**APLICACIONES**

- Fajas metálicas.
- Muebles metálicos.
- Carpintería Metálica




**ESPECIFICACIONES GENERALES**

Largo Standard: 6 m  
 Espesor: Según dimensiones  
 Recubrimiento: Negro  
 Calidad del acero: ASTM A-36  
 DIN 17100 ST 37.2

**NORMA INTERNA**

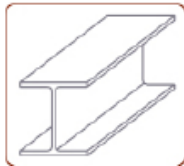
**UPN**  
 Longitud: -0  
 +100  
 Dimensiones acorde: DIN 1026

**HEB**  
 Longitud: -0  
 +100  
 Dimensiones acorde: DIN 1025-2

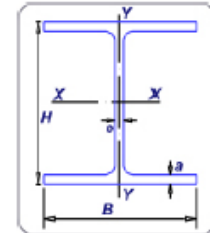
**IPE**  
 Longitud: -0  
 +100  
 Dimensiones acorde: DIN 1025-5

**APLICACIONES**

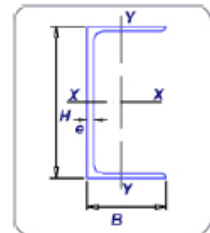
- Estructuras
- Soporte de polipaste en puentes grúas o techos
- Puentes
- Rieles

**VIGAS HEB**


| Descrip. | Altura | Ancho ala | Esp. ala | Esp. Alma | Peso | Peso  | W <sub>x</sub>  | W <sub>y</sub>  |
|----------|--------|-----------|----------|-----------|------|-------|-----------------|-----------------|
|          | H      | B         | e        | e         | P    | P     | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> |
|          | mm     | mm.       | mm.      | mm.       | kg/m | kg/Gm |                 |                 |
| HEB 100  | 100    | 100       | 10       | 6         | 20.4 | 122.4 | 90              | 33              |
| HEB 160  | 160    | 160       | 13       | 8         | 42.6 | 255.6 | 311             | 111             |
| HEB 200  | 200    | 200       | 15       | 9         | 61.3 | 367.8 | 570             | 200             |
| HEB 240  | 240    | 240       | 17       | 10        | 83.2 | 499.2 | 988             | 327             |
| HEB 300  | 300    | 300       | 19       | 11        | 117  | 702   | 1680            | 571             |


**VIGAS UPN**


| Descrip. | Altura | Ancho ala | Esp. ala | Esp. Alma | Peso | Peso  | W <sub>x</sub>  | W <sub>y</sub>  |
|----------|--------|-----------|----------|-----------|------|-------|-----------------|-----------------|
|          | H      | B         | e        | e         | P    | P     | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> |
|          | mm     | mm.       | mm.      | mm.       | kg/m | kg/Gm |                 |                 |
| UPN80    | 80     | 45        |          | 6         | 8.64 | 51.84 | 26.5            | 6.36            |
| UPN 100  | 100    | 50        |          | 6         | 10.6 | 63.6  | 41.2            | 8.49            |
| UPN 120  | 120    | 55        |          | 7         | 13.4 | 80.4  | 60.7            | 11.1            |
| UPN 160  | 160    | 65        |          | 7.5       | 18.8 | 112.8 | 116             | 18.3            |
| UPN 180  | 180    | 70        |          | 8         | 22   | 132   | 150             | 22.4            |
| UPN 200  | 200    | 75        |          | 8.5       | 25.3 | 151.8 | 191             | 27              |
| UPN 240  | 240    | 85        |          | 9.5       | 33.2 | 199.2 | 300             | 39.6            |
| UPN 300  | 300    | 100       |          | 10        | 46.2 | 277.2 | 535             | 67.8            |





**ESPECIFICACIONES GENERALES**

Calidad del acero: ASTM A86  
 DIN 17100 ST 37.2  
 Medidas: 1/2" - 4"  
 Espesores: 1/8" - 1/2"



| DESIGNACIÓN |              | PESO   |
|-------------|--------------|--------|
| mm          | Pulg         | kg/6 m |
| Pk. 12x3    | (1/2x1/8)    | 1.70   |
| Pk. 12x4    | (1/2x3/16)   | 2.26   |
| Pk. 12x6    | (1/2x1/4)    | 3.39   |
| Pk. 19x3    | (3/4x1/8)    | 2.68   |
| Pk. 19x6    | (3/4x1/4)    | 5.37   |
| Pk. 25x3    | (1x1/8)      | 3.53   |
| Pk. 25x4    | (1x3/16)     | 4.71   |
| Pk. 25x6    | (1x1/4)      | 7.07   |
| Pk. 25x9.5  | (1x3/8)      | 10.59  |
| Pk. 25x12   | (1x1/2)      | 14.13  |
| Pk. 30x3    | (1 1/4x1/8)  | 4.24   |
| Pk. 30x4    | (1 1/4x3/16) | 5.60   |
| Pk. 30x6    | (1 1/4x1/4)  | 8.47   |
| Pk. 30x9.5  | (1 1/4x3/8)  | 12.71  |
| Pk. 30x12   | (1 1/4x1/2)  | 17.10  |
| Pk. 38x3    | (1 1/2x1/8)  | 5.37   |
| Pk. 38x4    | (1 1/2x3/16) | 7.16   |
| Pk. 38x6    | (1 1/2x1/4)  | 10.74  |
| Pk. 38x9.5  | (1 1/2x3/8)  | 16.11  |

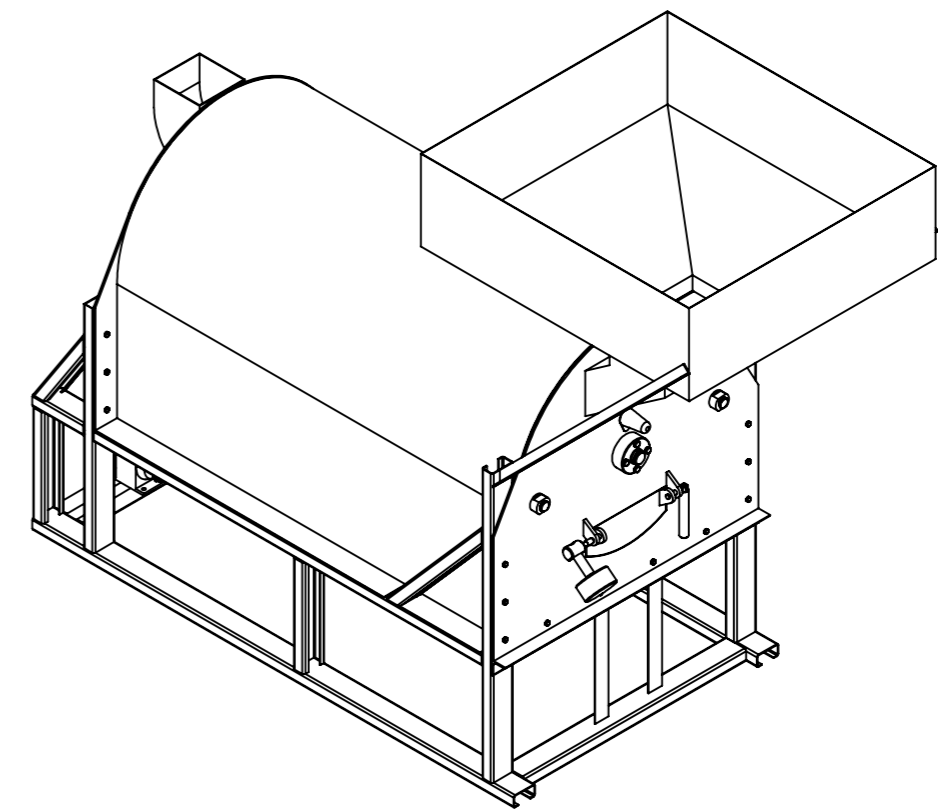
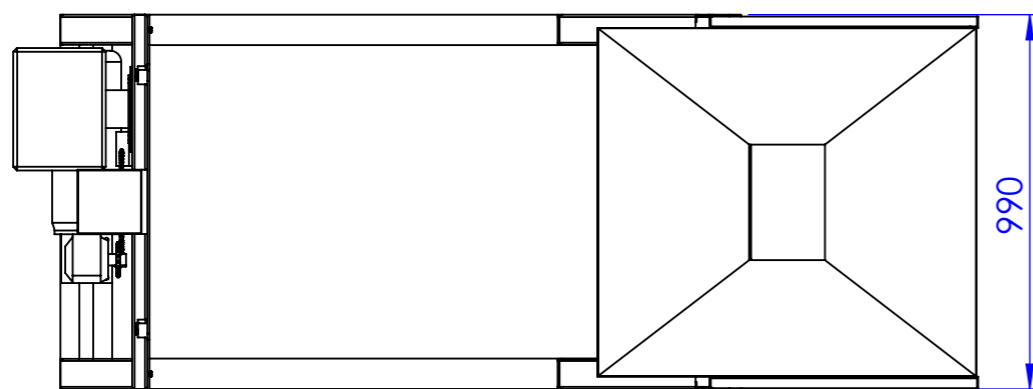
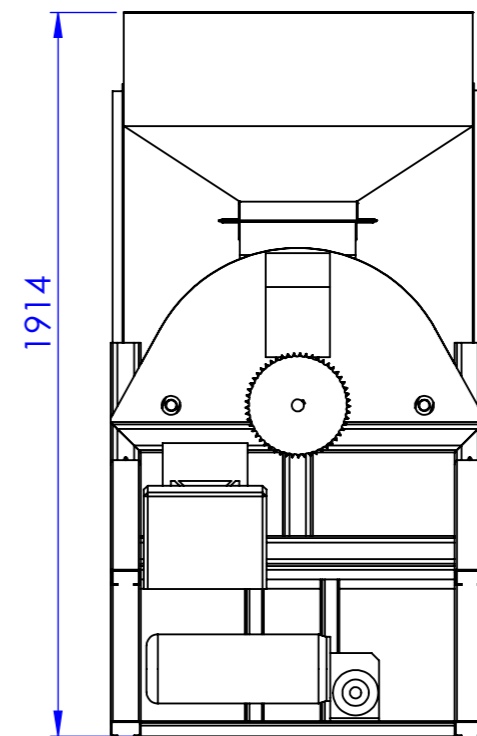
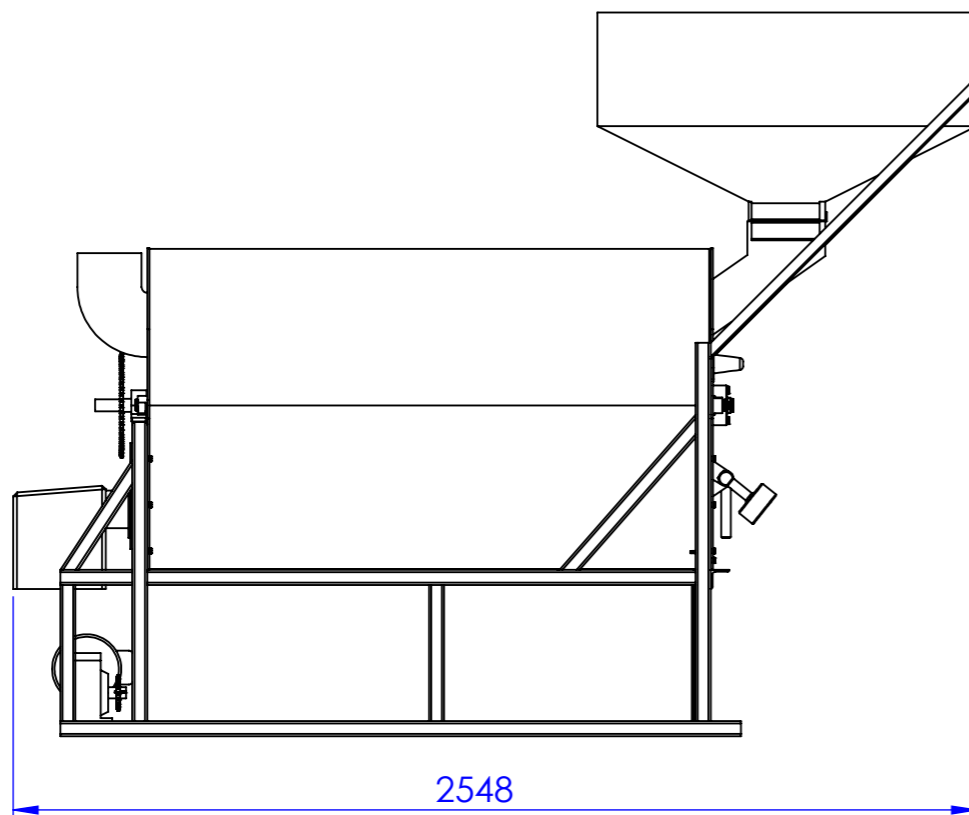
**NORMA INTERNA**

Longitud: 0  
 +100  
 Dimensiones acorde a la norma: DIN 1017-1

**APLICACIONES**

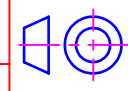
- Somier camas
- Cerrajería en general (puertas, ventanas, rejas)
- Estructuras en general
- Muebles metálicos



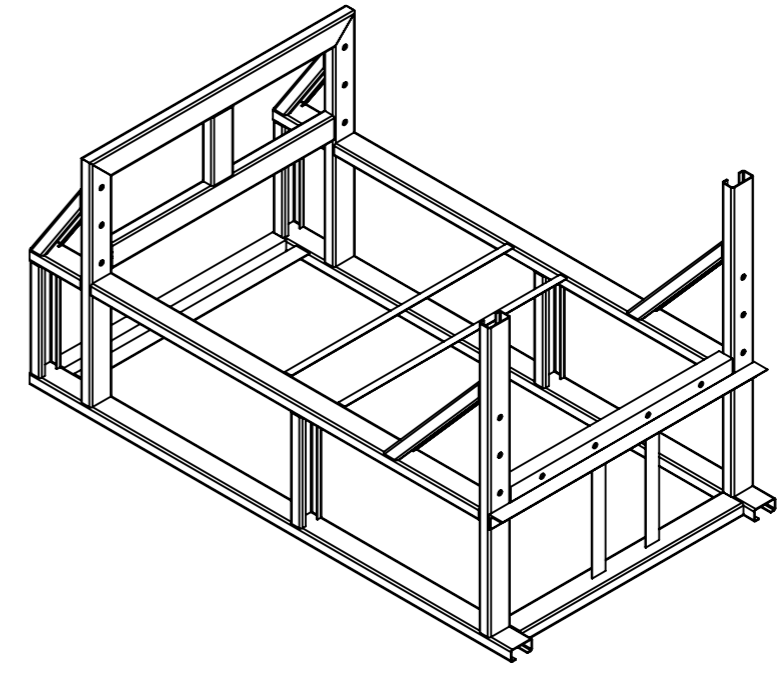
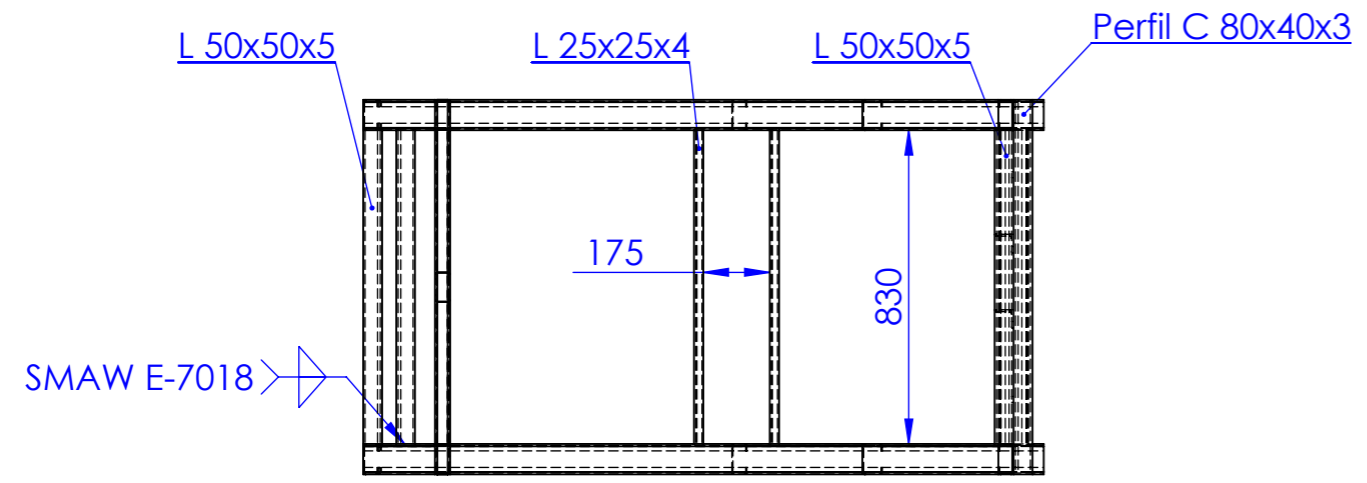
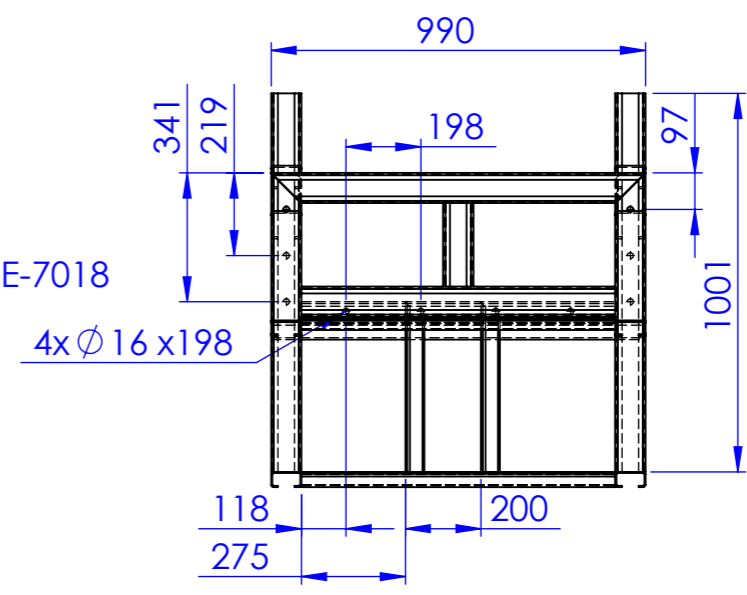
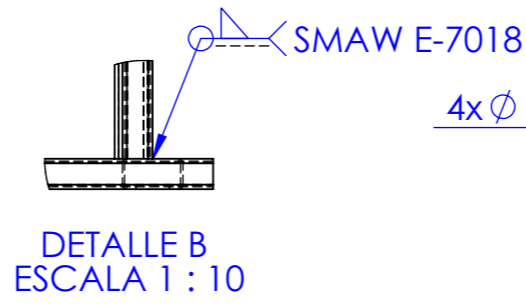
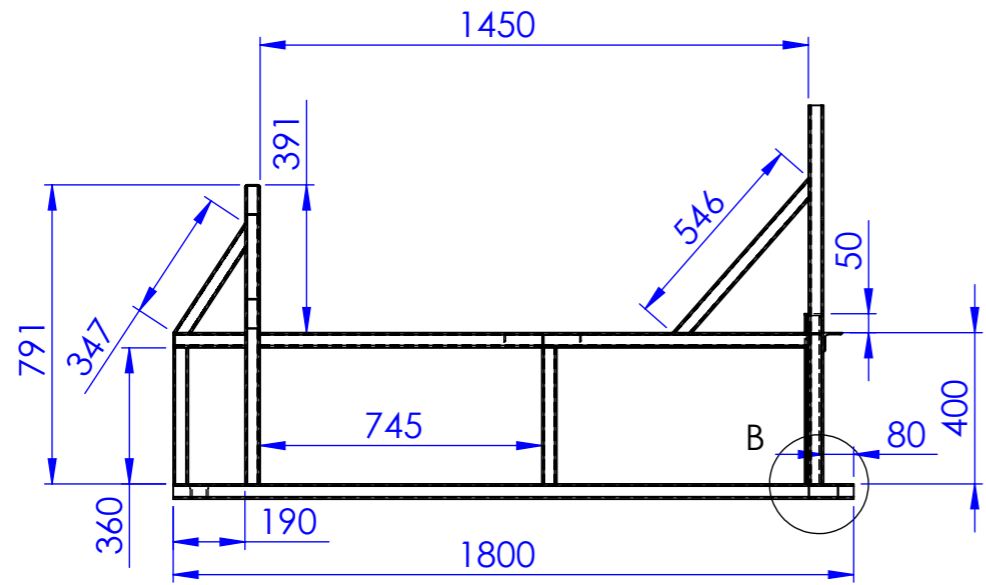


| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Capacidad de carga       | 90 Kg                |
| Potencia motorreductor   | 3 hp.                |
| Transmisión por cadena   | Simple No. 60 tipo A |
| Potencia quemador        | 501,5 Kcal/s         |
| Consumo máximo GLP       | 4,6 Kg/h             |
| RPM Cámara de tueste     | 47 rpm               |
| Temperatura de tueste    | 92°C                 |

|         |              |       |        |                         |          |  |  |
|---------|--------------|-------|--------|-------------------------|----------|--|--|
|         |              |       |        | Tolerancia              | (Peso)   | Materiales: Perfiles estructurales A36<br>Planchas y ejes AISI 304 |  |
|         |              |       |        | + - 0,1                 | 448,5Kg  |  |  |
|         |              |       |        |                         | Fecha    | Nombre   | Denominación:<br><b>Tostadora Industrial de haba</b> |
|         |              |       |        | Dib.                    | 22/11/12 | Heredia Alex   |  |
|         |              |       |        | Rev.                    | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.  |  |
|         |              |       |        | Apro.                   | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.  |  |
|         |              |       |        | U.T.A.<br>Ing. Mecánica |          | Número del dibujo: 00  | Escala:<br>1:20                                      |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                         |          | (Sustitución)  |  |



(N9)



NOTA:  
 La junta soldada entre perfil C se realiza según detalle B  
 La junta soldada entre perfil L se especifica en el plano  
 Eliminar esquinas cortantes

|              |              |       |        |            |                      |  |  |                 |
|--------------|--------------|-------|--------|------------|----------------------|--|--|-----------------|
|              |              |       |        | Tolerancia | (Peso)               | Materiales: Perfil estructural<br>ASTM A36 | Denominación:<br><b>Bastidor</b>       | Escala:<br>1:20 |
|              |              |       |        | ±0,1       | 85,7Kg               |  |  |                 |
|              |              |       |        |            | Fecha                | Nombre                                     | Número del dibujo: 01<br>(Sustitución) |                 |
|              |              |       |        | Dib.       | 05/10/12             | Heredia Alex                               |  |                 |
|              |              |       |        | Rev.       | 05/10/12             | Ing. Cabrera S.                            |  |                 |
|              |              |       |        | Apro.      | 05/10/12             | Ing. Cabrera S.                            |  |                 |
|              |              |       |        |            | UTA<br>Ing. Mecánica |  |  |                 |
| Edi-<br>ción | Modificación | Fecha | Nombre |            |                      |  |  |                 |

(N9)

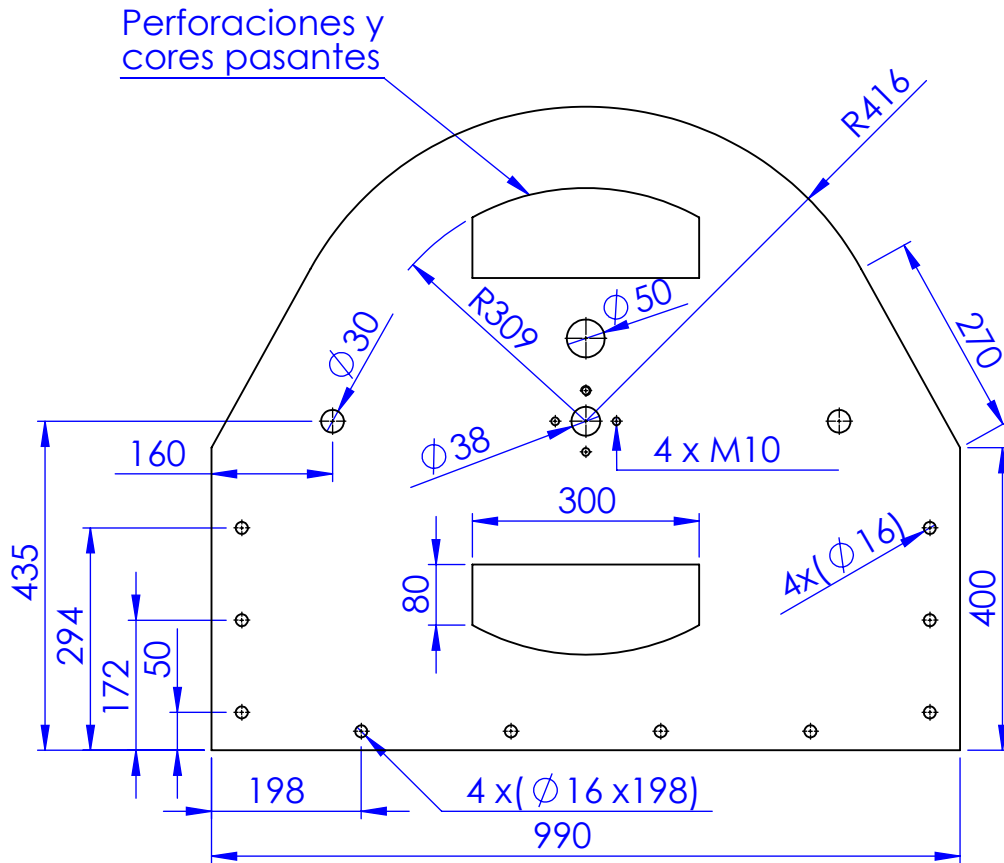
A

B

C

D

E



|         |              |       |        |                      |                 |                              |         |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: Acero A36 e= 6mm |         |
|         |              |       |        | $\pm 0,1$            | 30,1Kg          | Denominación:                |         |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | <b>Plancha frontal</b>       | Escala: |
|         |              |       |        | Dib. 22/11/12        | Heredia Alex    |                              | 1:10    |
|         |              |       |        | Rev. 22/11/12        | Ing. Cabrera S. |                              |         |
|         |              |       |        | Apro. 22/11/12       | Ing. Cabrera S. | Número del dibujo: 02        |         |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | (Sustitución)                |         |

(N9)

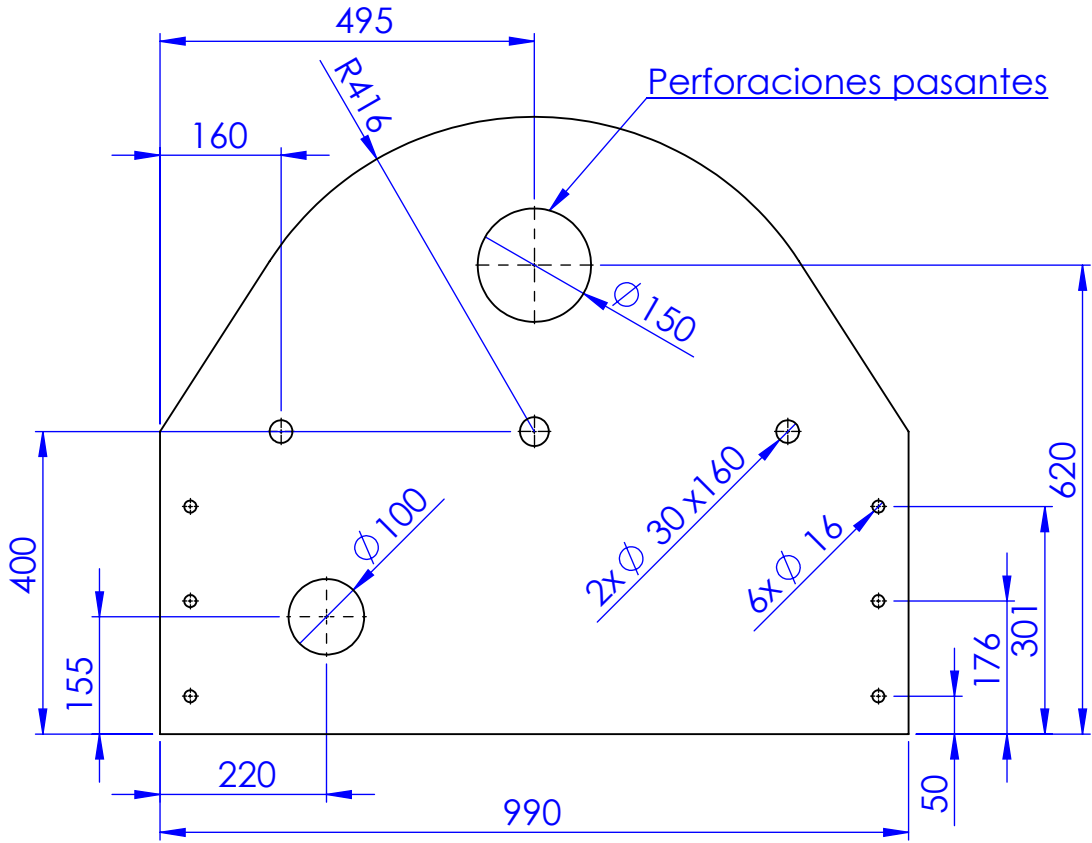
A

B

C

D

E



|         |              |       |        |                      |                 |   |                 |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|---|-----------------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: Acero A36 e=6mm               |                 |
|         |              |       |        | $\pm 0,1$            | 32 Kg           |   |                 |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | Denominación:<br><b>Plancha posterior</b> | Escala:<br>1:10 |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12             | Heredia Alex    |   |                 |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |   |                 |
|         |              |       | Apro.  | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |   |                 |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | Número del dibujo: 03                     |                 |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |                 | (Sustitución)                             |                 |





(N6)

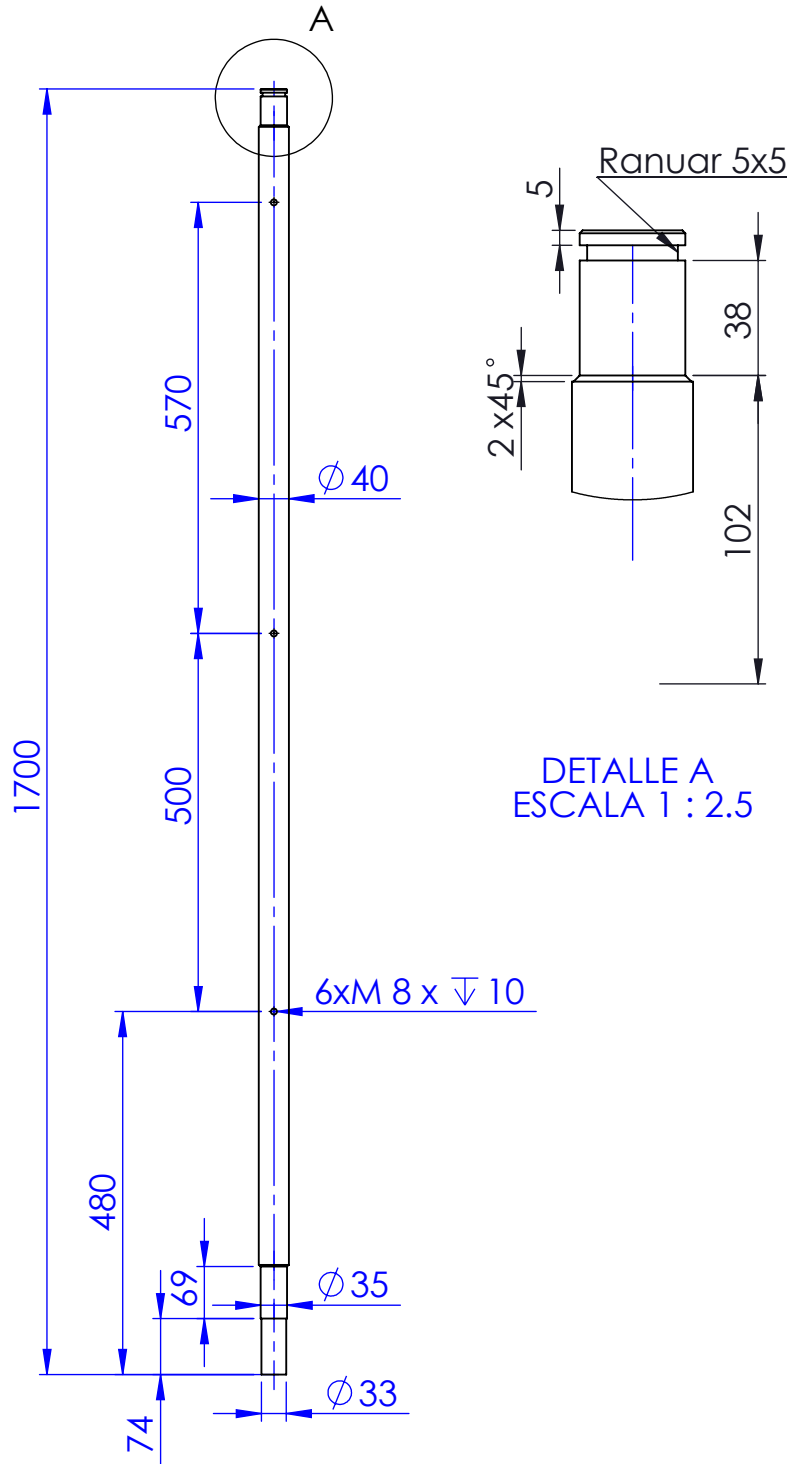
A

B

C

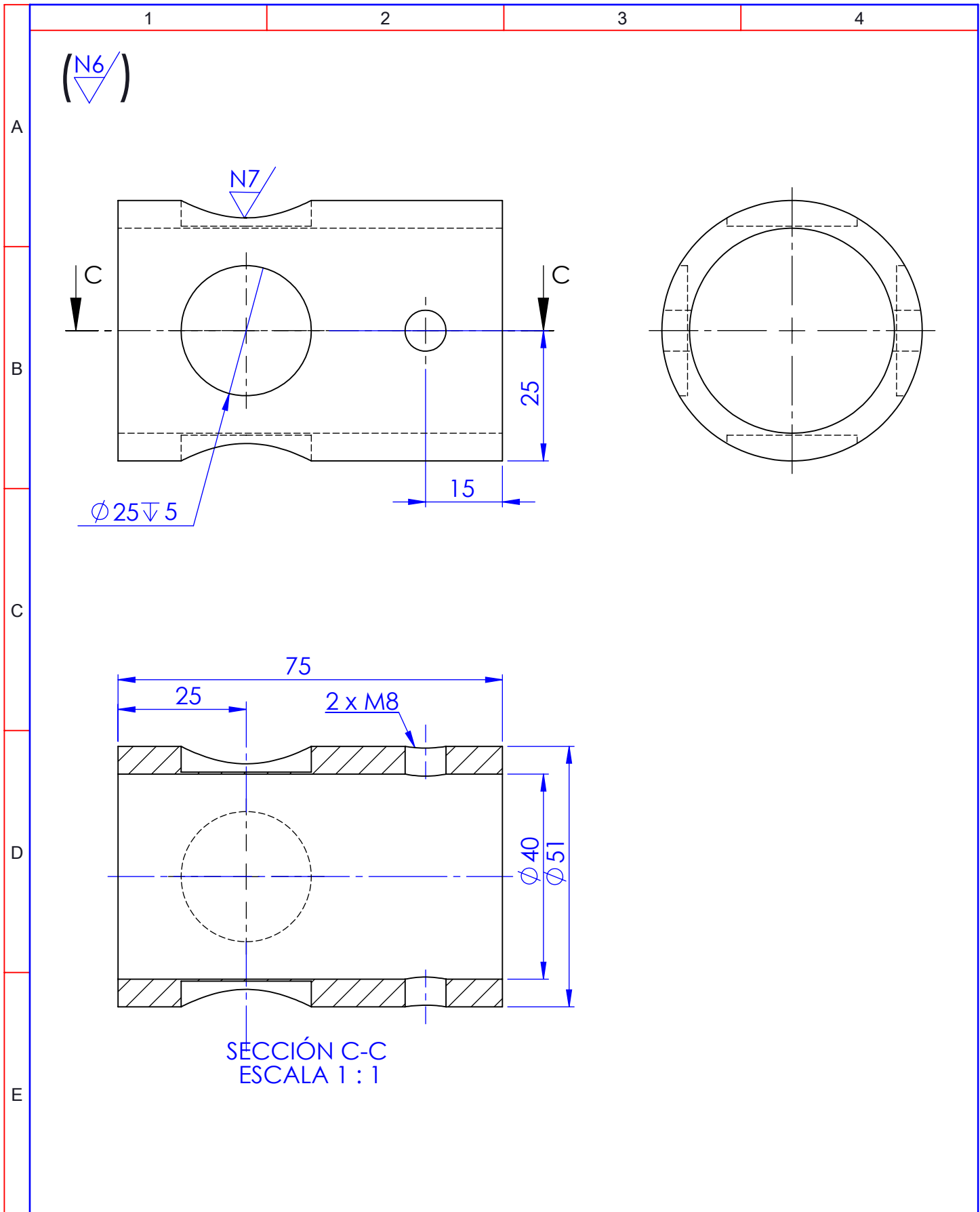
D

E



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2.5

|         |              |       |        |                      |                 |  |         |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|--|---------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: Acero AISI 304                 | Escala: |
|         |              |       |        | $\pm 0,1$            | 14.82 Kg        |  |         |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | Denominación:<br><b>Eje central motriz</b> | 1:10    |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12             | Heredia Alex    |  |         |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |  |         |
|         |              |       | Apro.  | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |  |         |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | Número del dibujo: 05                      |         |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |                 | (Sustitución)                              |         |



|         |              |       |        |                      |                 |                             |         |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|-----------------------------|---------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: Acero AISI 304  |         |
|         |              |       |        | ±0,1                 | 0.44 Kg         |                             |         |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | Denominación:               | Escala: |
|         |              |       |        | Dib. 22/11/12        | Heredia Alex    |                             |         |
|         |              |       |        | Rev. 22/11/12        | Ing. Cabrera S. |                             |         |
|         |              |       |        | Apro. 22/11/12       | Ing. Cabrera S. | <b>Bosin de eje central</b> | 1:1     |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |                 |                             |         |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |                 | (Sustitución)               |         |

1

2

3

4

A

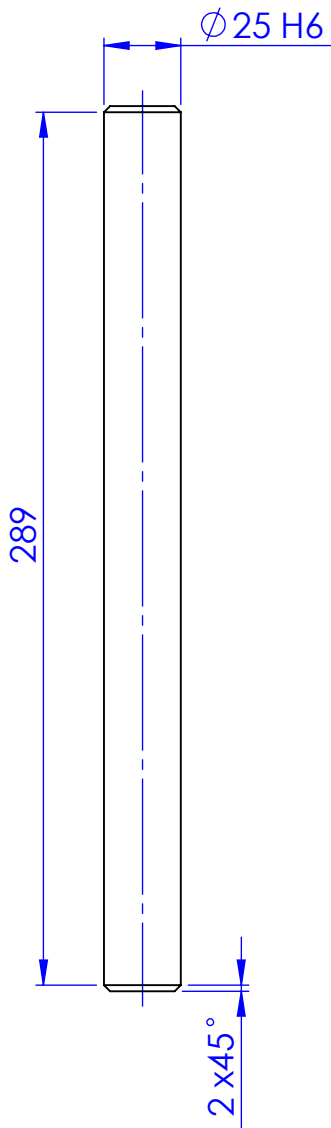


B

C

D

E

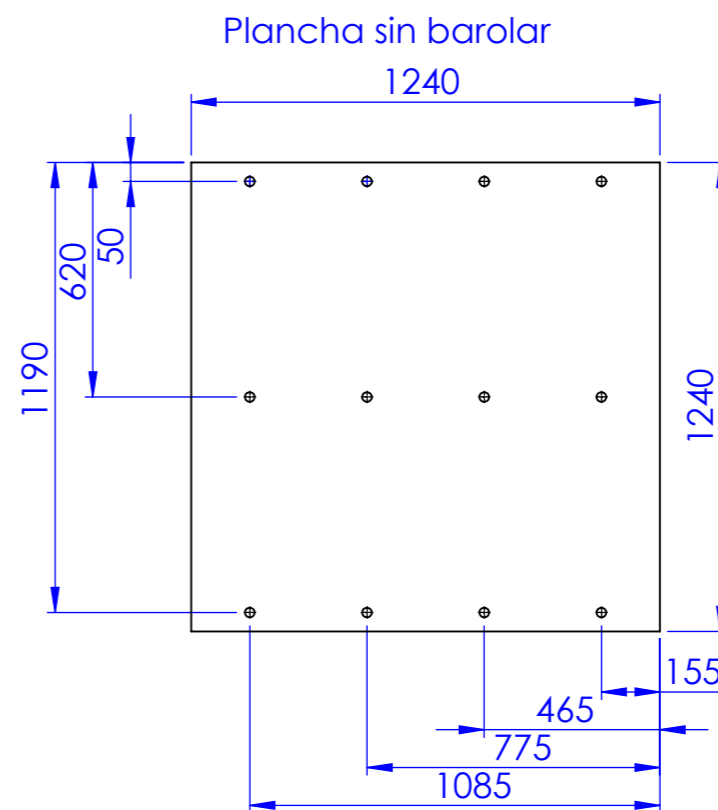
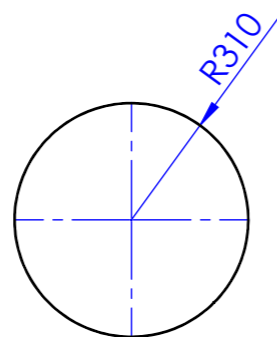
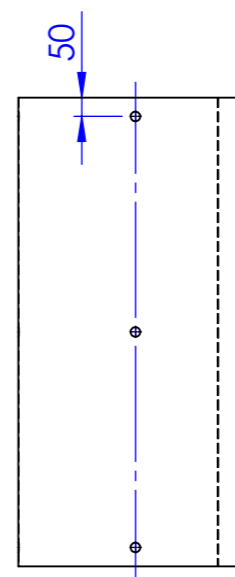
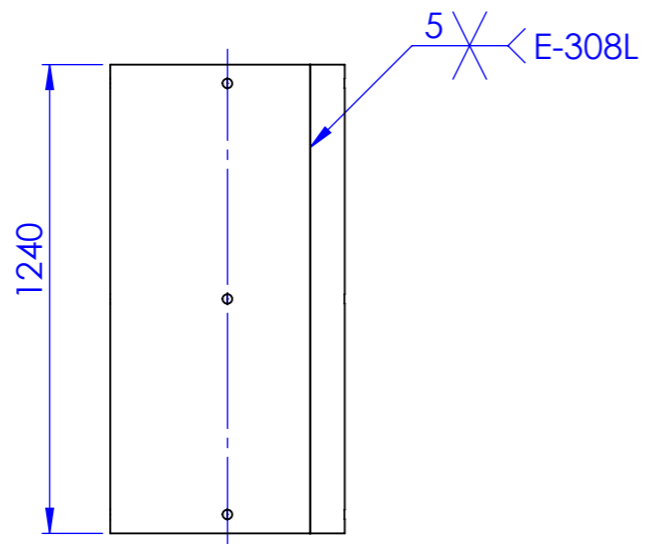


|         |              |       |        |               |                 |                            |         |
|---------|--------------|-------|--------|---------------|-----------------|----------------------------|---------|
|         |              |       |        | Tolerancia    | (Peso)          | Materiales: Acero AISI 304 |         |
|         |              |       |        | $\pm 0,1$     | 1.19 Kg         |                            |         |
|         |              |       |        | Fecha         | Nombre          | Denominación:              | Escala: |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12      | Heredia Alex    |                            |         |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |                            |         |
|         |              |       |        | Apro.         | 22/11/12        | Ing. Cabrera S.            |         |
|         |              |       |        | UTA           |                 | Número del dibujo:         | 07      |
|         |              |       |        | Ing. Mecánica |                 | (Sustitución)              |         |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |               |                 |                            |         |

### Soporte radial de eje central

1:2.5

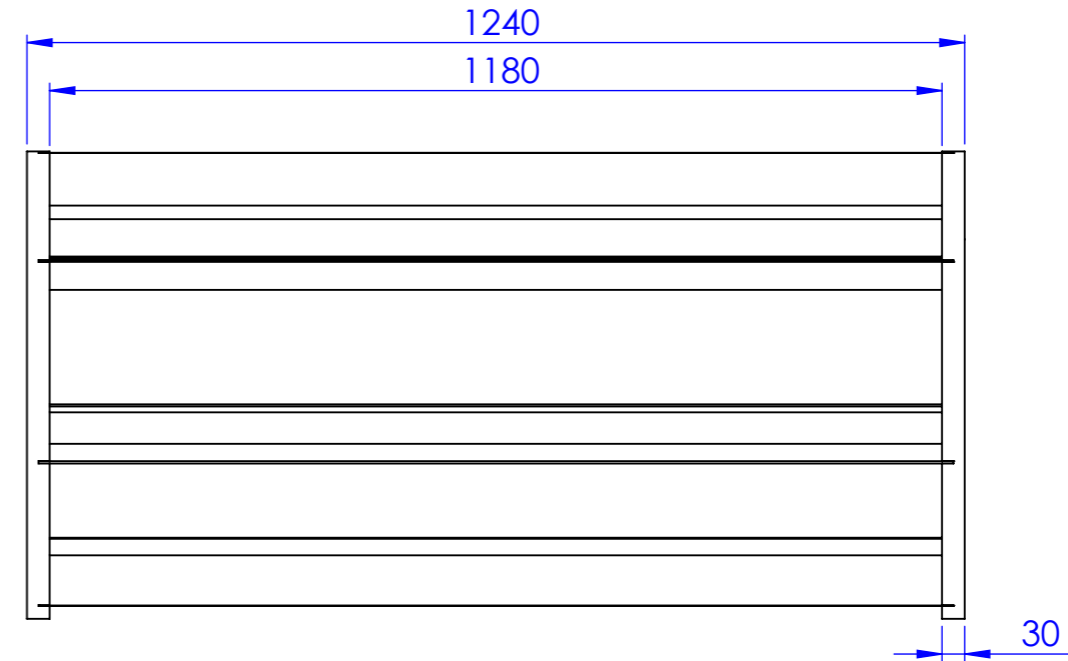
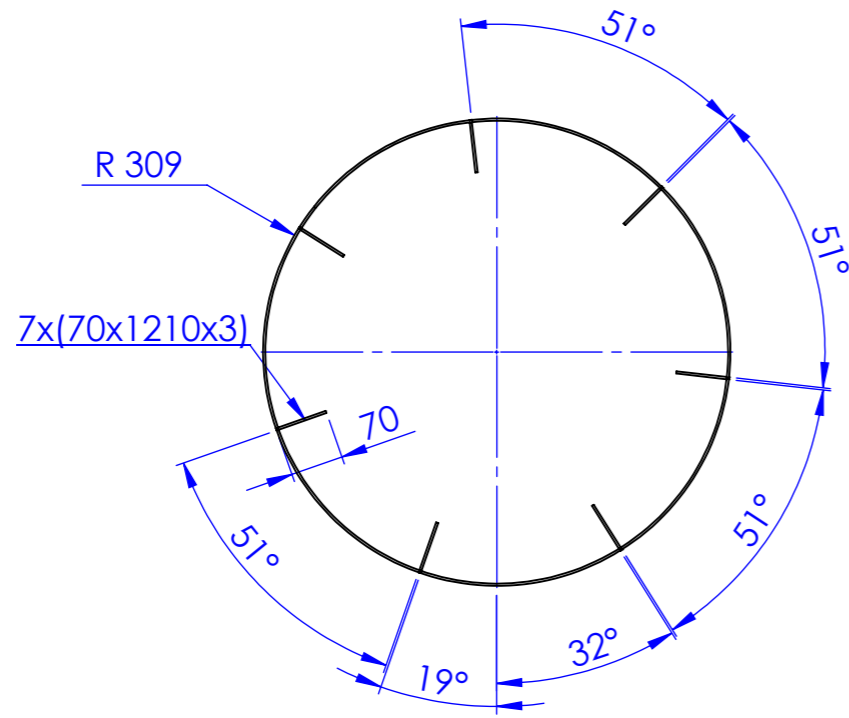
(N9)



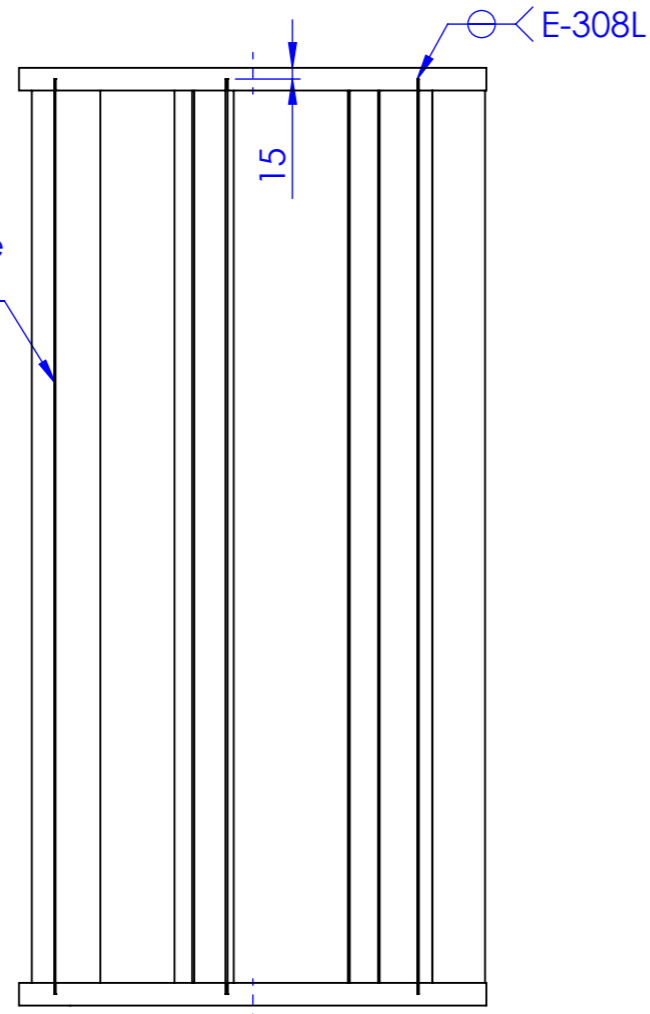
NOTA:  
Perforar la plancha antes de barolar  
Agujeros 12: de  $\varnothing 25\text{mm}$

|              |              |       |        |                      |          |                            |  |
|--------------|--------------|-------|--------|----------------------|----------|----------------------------|--|
|              |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)   | Materiales: Acero AISI 304 |  |
|              |              |       |        | $\pm 0,1$            | 19,24 Kg |                            |  |
|              |              |       |        |                      | Fecha    | Nombre                     | Denominación:<br><b>Cilindro de tueste</b> |
|              |              |       |        | Dib.                 | 22/11/12 | Heredia Alex               |  |
|              |              |       |        | Rev.                 | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.            |  |
|              |              |       |        | Apro.                | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.            |  |
|              |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |          | Número del dibujo: 08      | Escala:<br>1:20                            |
|              |              |       |        |                      |          | (Sustitución)              |  |
| Edi-<br>ción | Modificación | Fecha | Nombre |                      |          |                            |  |

(N9/)



Fijar el aspa al cilindro de tueste por medio de soldadura en la base



| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | Tolerancia           | (Peso)   | Materiales: Acero AISI 304 e=3mm |                        |         |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|----------|----------------------------------|------------------------|---------|
|         |              |       |        | ±0,1                 | 17.02 Kg |                                  |                        |         |
|         |              |       |        |                      | Fecha    | Nombre                           | Denominación:          |         |
|         |              |       |        | Dib.                 | 22/11/12 | Heredia Alex                     | <b>Tambor de aspas</b> |         |
|         |              |       |        | Rev.                 | 22/11/12 | Ing.Cabrera S.                   |                        | Escala: |
|         |              |       |        | Apro.                | 22/11/12 | Ing.Cabrera S.                   |                        | 1:10    |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |          | Número del dibujo: 09            |                        |         |
|         |              |       |        |                      |          | (Sustitución)                    |                        |         |



1

2

3

4

A

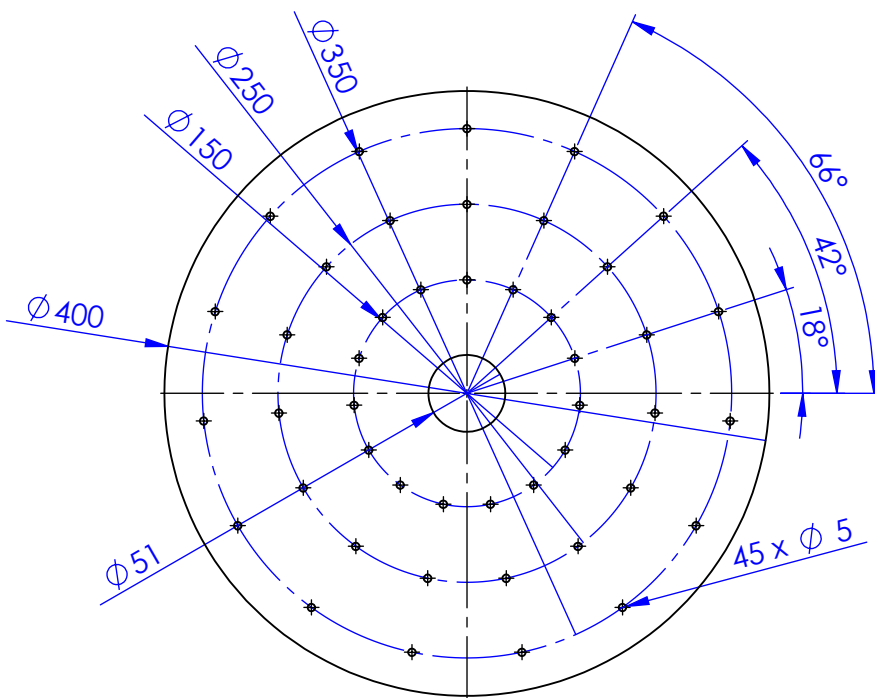


B

C

D

E



|         |              |       |        |                      |                 |   |                |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|---|----------------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: Acero A36 e=6mm                         |                |
|         |              |       |        | ±0,1                 | 4,9Kg           |   |                |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | Denominación:<br><b>Plancha perforada para tapa</b> | Escala:<br>1:5 |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12             | Heredia Alex    |   |                |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |   |                |
|         |              |       |        | Apro.                | 22/11/12        | Ing. Cabrera S.                                     |                |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | Número del dibujo: 11                               |                |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |                 | (Sustitución)                                       |                |



1

2

3

4

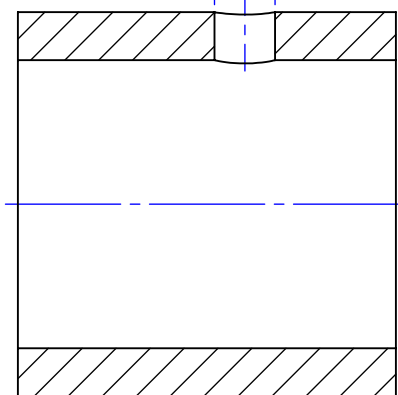
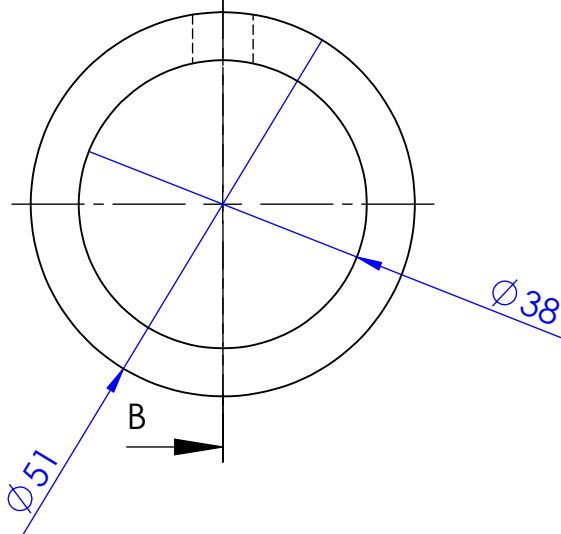
( N6 / )

A

B

M Ø8

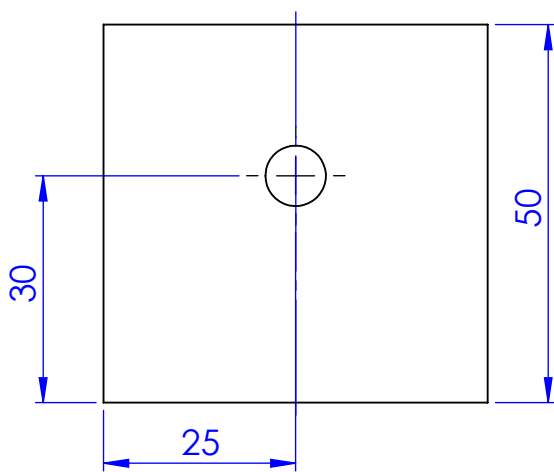
B



SECCIÓN B-B

C

D



E

|         |              |       |        |               |                 |                       |         |                        |     |
|---------|--------------|-------|--------|---------------|-----------------|-----------------------|---------|------------------------|-----|
|         |              |       |        | Tolerancia    | (Peso)          | Materiales: Acero A36 |         |                        |     |
|         |              |       |        | ±0,1          | 0.34 Kg         |                       |         |                        |     |
|         |              |       |        | Fecha         | Nombre          | Denominación:         | Escala: |                        |     |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12      | Heredia Alex    |                       |         | <b>Bosin para tapa</b> | 1:1 |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |                       |         |                        |     |
|         |              |       |        | Apro.         | 22/11/12        | Ing. Cabrera S.       |         |                        |     |
|         |              |       |        | UTA           |                 | Número del dibujo:    |         |                        |     |
|         |              |       |        | Ing. Mecánica |                 | 12                    |         |                        |     |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |               |                 | (Sustitución)         |         |                        |     |

1

2

3

4

A

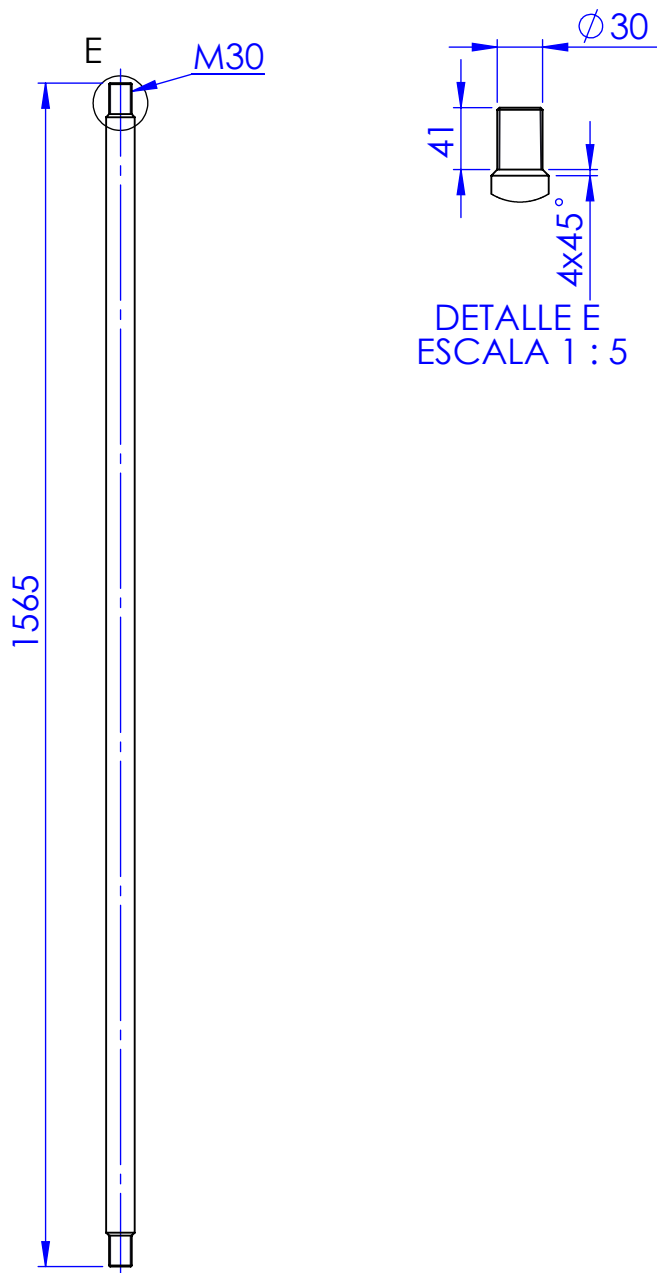
(N6)

B

C

D

E

DETALLE E  
ESCALA 1 : 5

Tolerancia

(Peso)

Materiales: Acero AISI 1020

±0,1

13.54 Kg

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dib. 22/11/12

Heredia Alex

**Eje para fijación**

1:10

Rev. 22/11/12

Ing. Cabrera S.

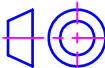
Apro. 22/11/12

Ing. Cabrera S.

Número del dibujo: 13

UTA  
Ing. Mecánica

(Sustitución)

Edi-  
ción

Modificación

Fecha

Nombre

1

2

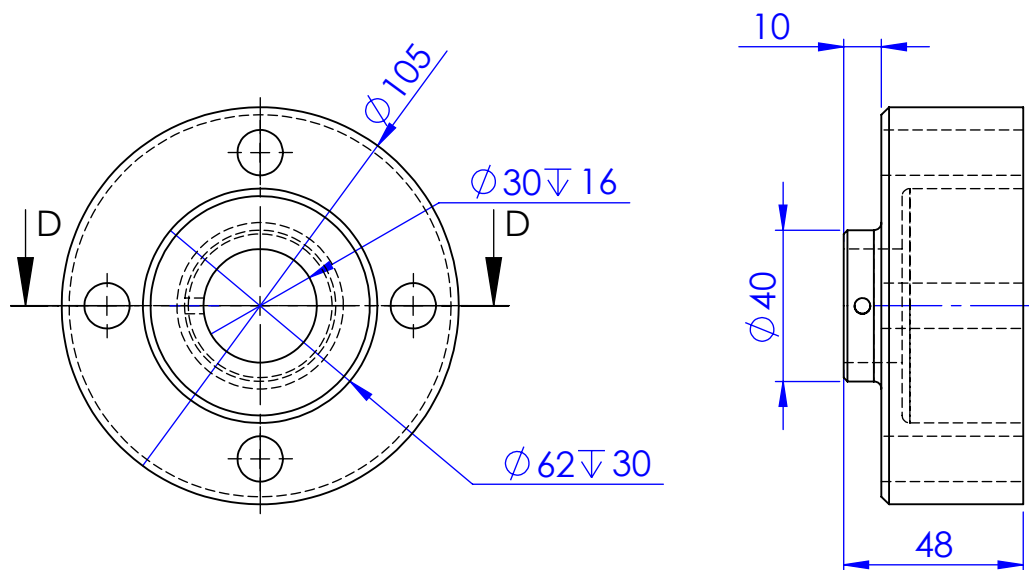
3

4

A

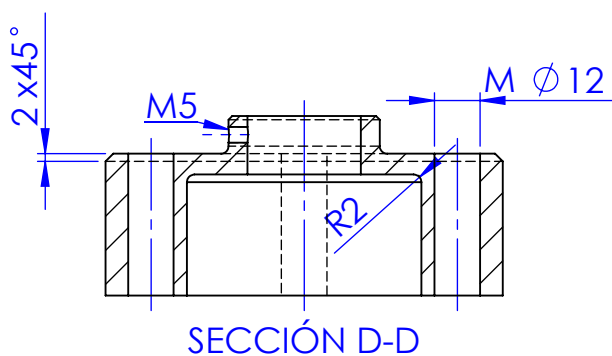
(N6)

B



C

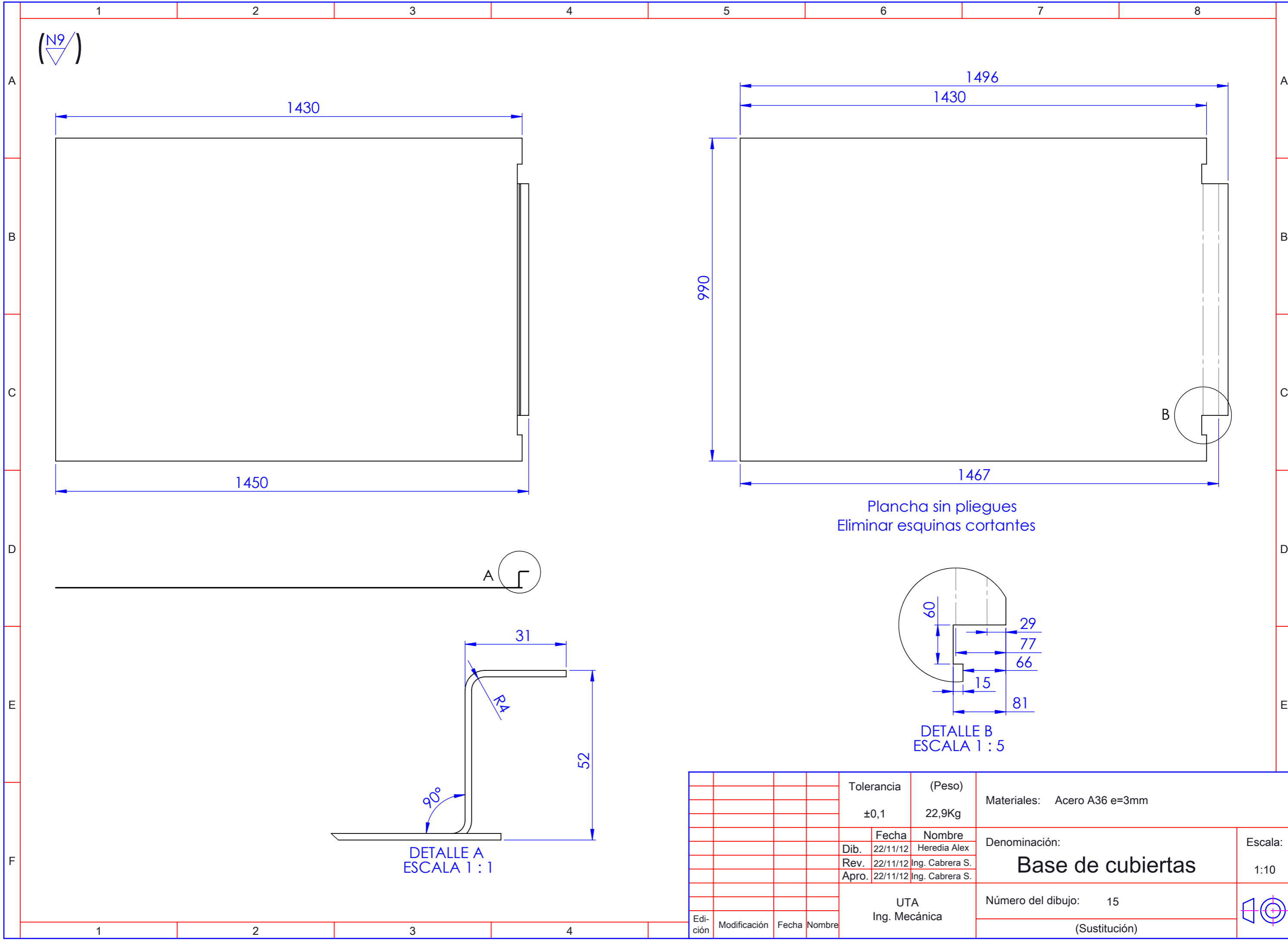
D



SECCIÓN D-D

E

|         |              |       |        |               |                 |                             |         |                |       |
|---------|--------------|-------|--------|---------------|-----------------|-----------------------------|---------|----------------|-------|
|         |              |       |        | Tolerancia    | (Peso)          | Materiales: Acero AISI 1020 |         |                |       |
|         |              |       |        | $\pm 0,1$     | 1.67 Kg         |                             |         |                |       |
|         |              |       |        | Fecha         | Nombre          | Denominación:               | Escala: |                |       |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12      | Heredia Alex    |                             |         | <b>Manzana</b> | 1:2.5 |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |                             |         |                |       |
|         |              |       | Apro.  | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |                             |         |                |       |
|         |              |       |        | UTA           |                 | Número del dibujo: 14       |         |                |       |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | Ing. Mecánica |                 | (Sustitución)               |         |                |       |



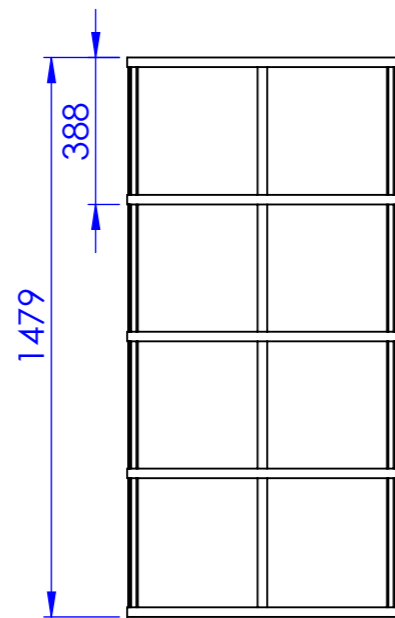
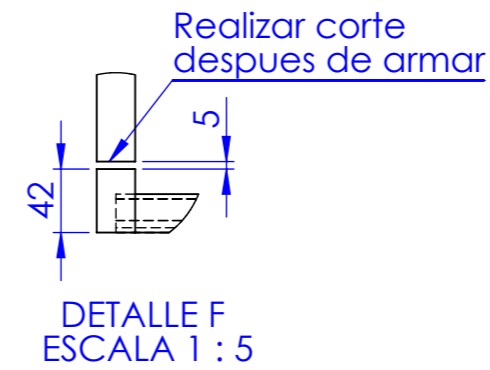
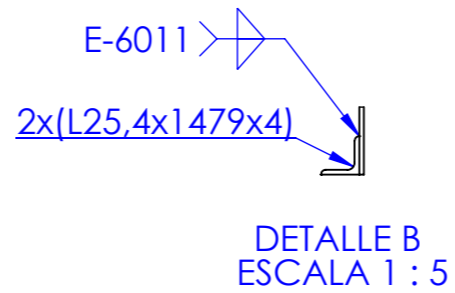
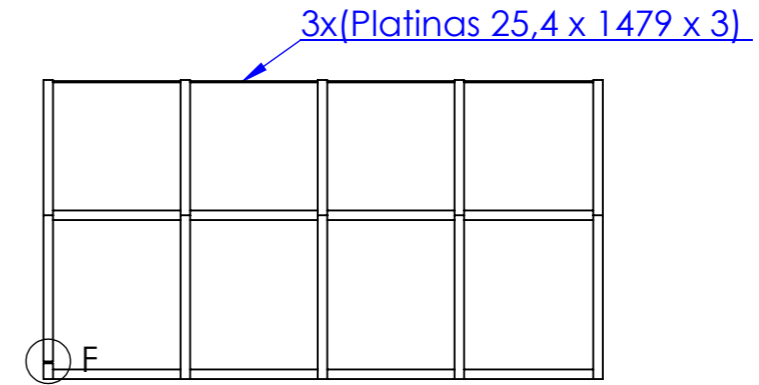
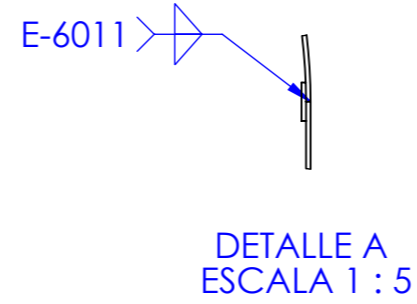
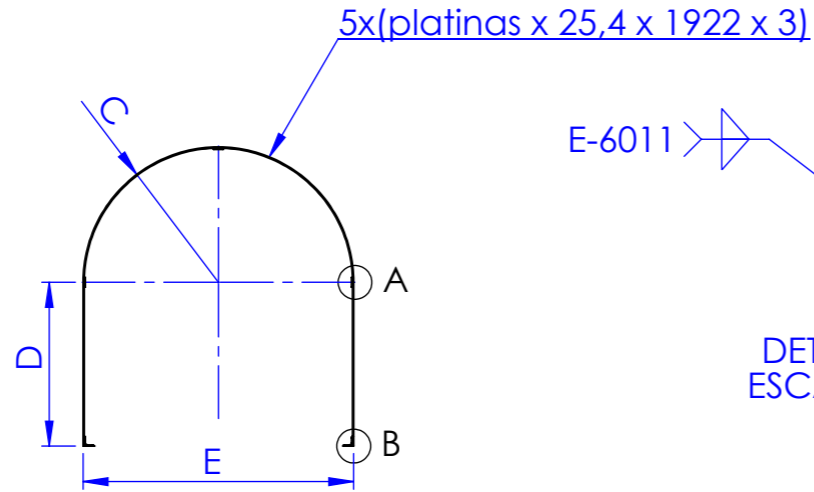
Plancha sin pliegues  
Eliminar esquinas cortantes

DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

|  |  |  |  |                      |          |                             |   |
|--|--|--|--|----------------------|----------|-----------------------------|---|
|  |  |  |  | Tolerancia           | (Peso)   | Materiales: Acero A36 e=3mm |   |
|  |  |  |  | ±0,1                 | 22,9Kg   |                             |   |
|  |  |  |  |                      | Fecha    | Nombre                      | Denominación:<br><b>Base de cubiertas</b> |
|  |  |  |  | Dib.                 | 22/11/12 | Heredia Alex                |   |
|  |  |  |  | Rev.                 | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.             |   |
|  |  |  |  | Apro.                | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.             | Escala:<br>1:10                           |
|  |  |  |  | UTA<br>Ing. Mecánica |          | Número del dibujo: 15       |   |
|  |  |  |  |                      |          | (Sustitución)               |   |

(N9)



| ESTRUCTURAS BASE   |     |     |     |
|--------------------|-----|-----|-----|
| Dimen. Elemen.     | C   | D   | E   |
| Estructura interna | 358 | 433 | 716 |
| Estructura Externa | 412 | 433 | 823 |

|         |              |       |        |            |                      |                       |  |
|---------|--------------|-------|--------|------------|----------------------|-----------------------|--|
|         |              |       |        | Tolerancia | (Peso)               | Materiales: Acero A36 |  |
|         |              |       |        | ±0,1       | 12 Kg                |                       |  |
|         |              |       |        |            | Fecha                | Nombre                | Denominación:<br><b>Estructuras base</b> |
|         |              |       |        | Dib.       | 22/11/12             | Heredia Alex          |  |
|         |              |       |        | Rev.       | 22/11/12             | Ing. Cabrera S.       |  |
|         |              |       |        | Apro.      | 22/11/12             | Ing. Cabrera S.       | Escala:<br>1:20                          |
|         |              |       |        |            | UTA<br>Ing. Mecánica |                       | Número del dibujo: 16                    |
|         |              |       |        |            |                      |                       | (Sustitución)                            |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |            |                      |                       |  |

1

2

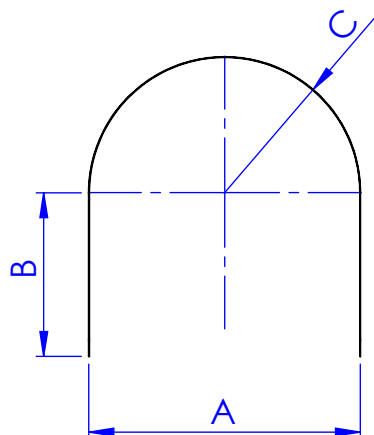
3

4

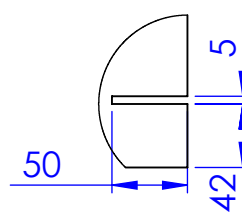
A



B

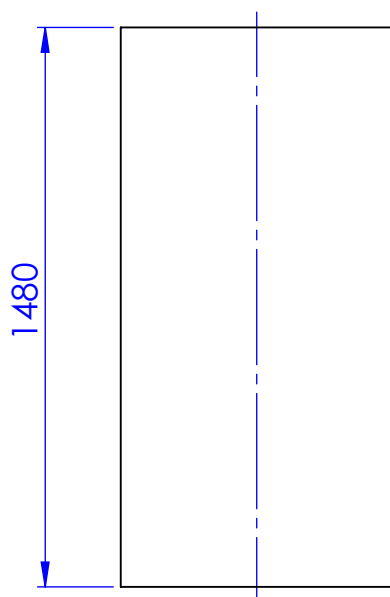


C



DETALLE F  
ESCALA 1 : 5

D

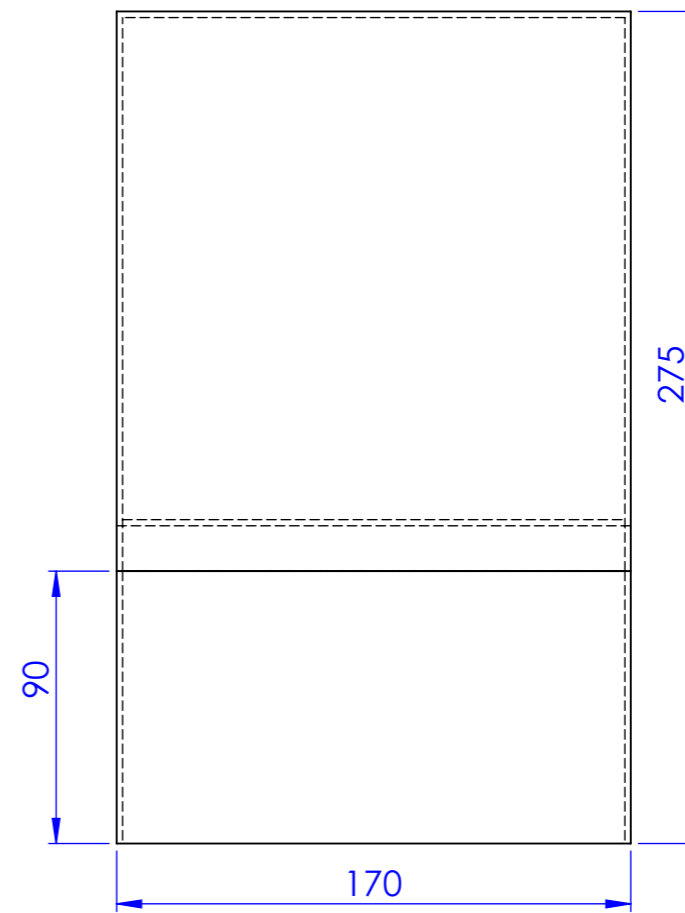
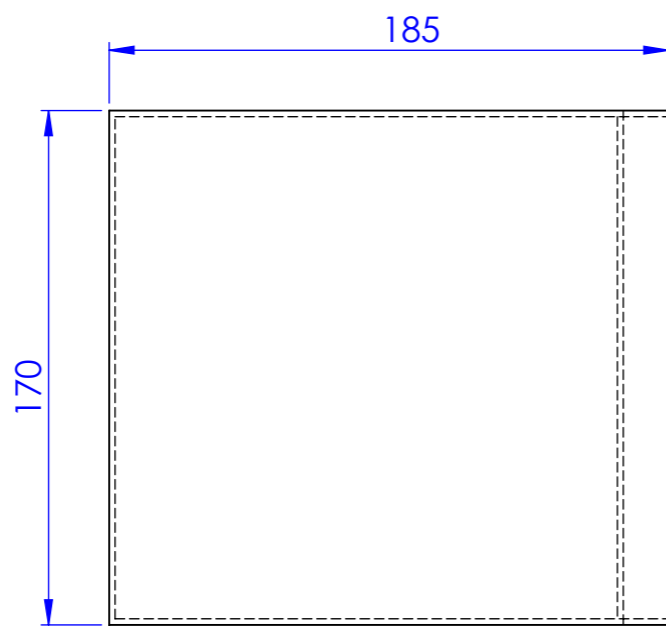
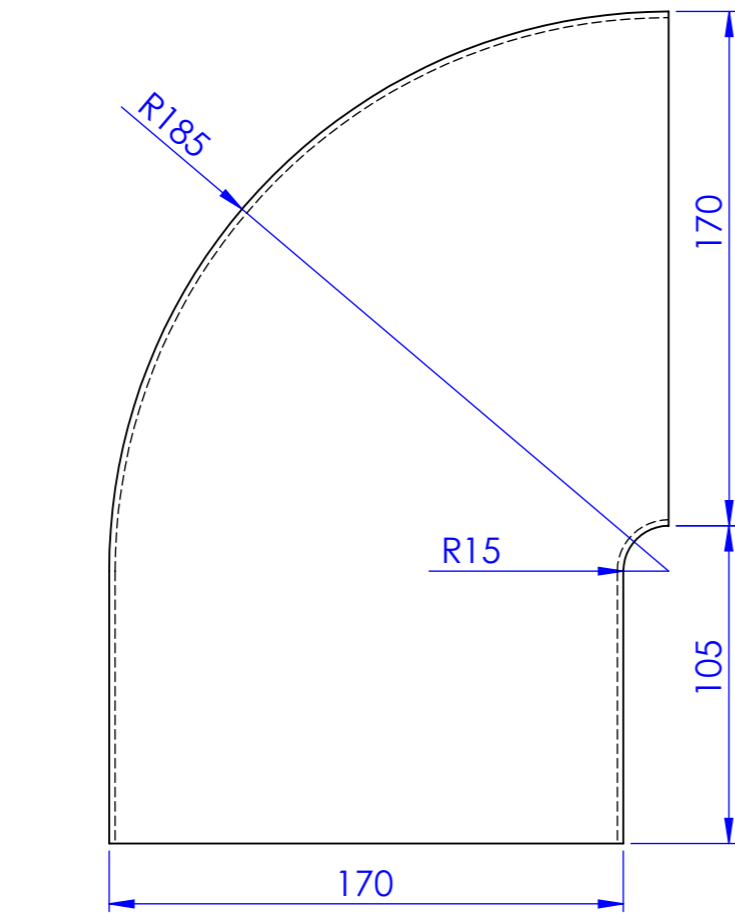


| CUBIERTAS DE ESTRUCTURAS |     |     |     |
|--------------------------|-----|-----|-----|
| Dimen.<br>Elemen.        | A   | B   | C   |
| Cubierta interna         | 719 | 433 | 359 |
| Cubierta externa         | 829 | 433 | 414 |

E

|         |              |       |        |                       |                 |                                   |
|---------|--------------|-------|--------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|
|         |              |       |        | Tolerancia            | (Peso)          | Materiales: Acero A36 e=2mm       |
|         |              |       |        | ±0,1                  | 28,9 Kg         |                                   |
|         |              |       |        | Fecha                 | Nombre          | Denominación:<br><b>Cubiertas</b> |
|         |              |       |        | Dib. 22/11/12         | Heredia Alex    |                                   |
|         |              |       |        | Rev. 22/11/12         | Ing. Cabrera S. |                                   |
|         |              |       |        | Apro. 22/11/12        | Ing. Cabrera S. | Escala:<br>1:20                   |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica  |                 |                                   |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | Número del dibujo: 17 |                 |                                   |
|         |              |       |        | (Sustitución)         |                 |                                   |

(N9)



NOTA:  
Cortar los pedazos y unirlos  
por soldadura SMAW con E-6011

| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | Tolerancia           | (Peso)   | Materiales: Acero A36 e =3mm |                                  |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|----------|------------------------------|----------------------------------|
|         |              |       |        | ±0,1                 | 2,61 Kg  |                              |                                  |
|         |              |       |        |                      | Fecha    | Nombre                       | Denominación:<br><b>Chimenea</b> |
|         |              |       |        | Dib.                 | 22/11/12 | Heredia Alex                 |                                  |
|         |              |       |        | Rev.                 | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.              |                                  |
|         |              |       |        | Apro.                | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.              |                                  |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |          | Número del dibujo: 18        | Escala:<br>1:2.5                 |
|         |              |       |        |                      |          | (Sustitución)                |                                  |

1

2

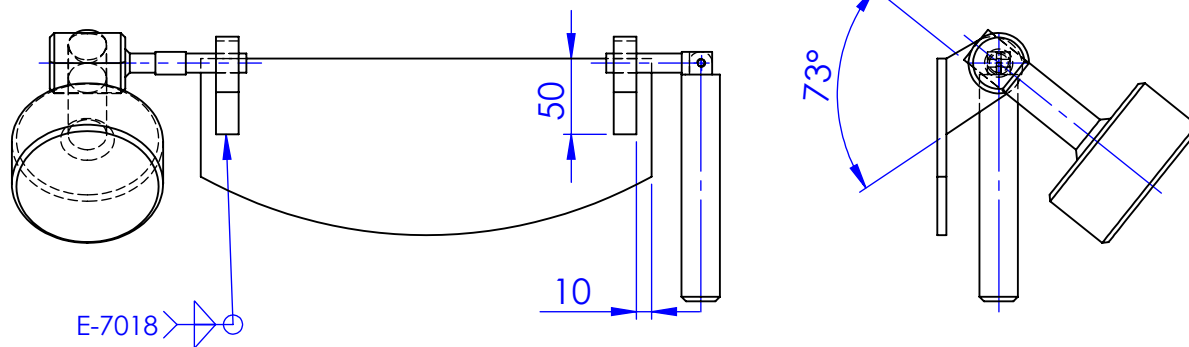
3

4

A

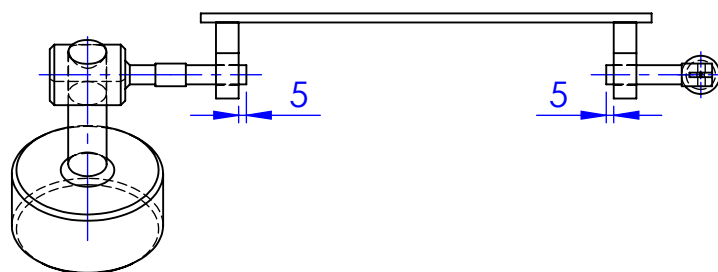
(N9)

B



C

D



E

|         |              |       |        |               |                 |                       |         |                            |     |
|---------|--------------|-------|--------|---------------|-----------------|-----------------------|---------|----------------------------|-----|
|         |              |       |        | Tolerancia    | (Peso)          | Materiales: Acero A36 |         |                            |     |
|         |              |       |        | ±0,1          | 8,62Kg          |                       |         |                            |     |
|         |              |       |        | Fecha         | Nombre          | Denominación:         | Escala: |                            |     |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12      | Heredia Alex    |                       |         | <b>Compuerta de salida</b> | 1:5 |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |                       |         |                            |     |
|         |              |       | Apro.  | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |                       |         |                            |     |
|         |              |       |        | UTA           |                 | Número del dibujo:    | C19     |                            |     |
|         |              |       |        | Ing. Mecánica |                 | (Sustitución)         |         |                            |     |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |               |                 |                       |         |                            |     |



1

2

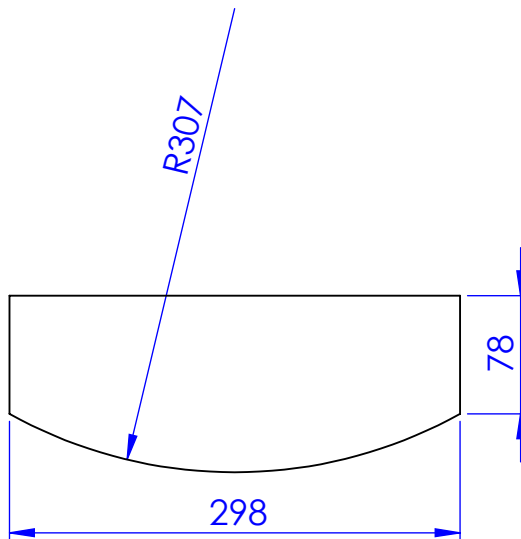
3

4

A

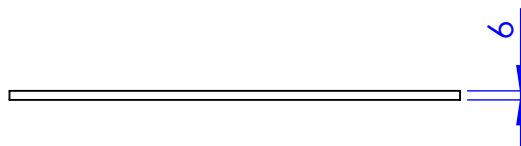


B



C

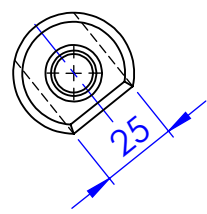
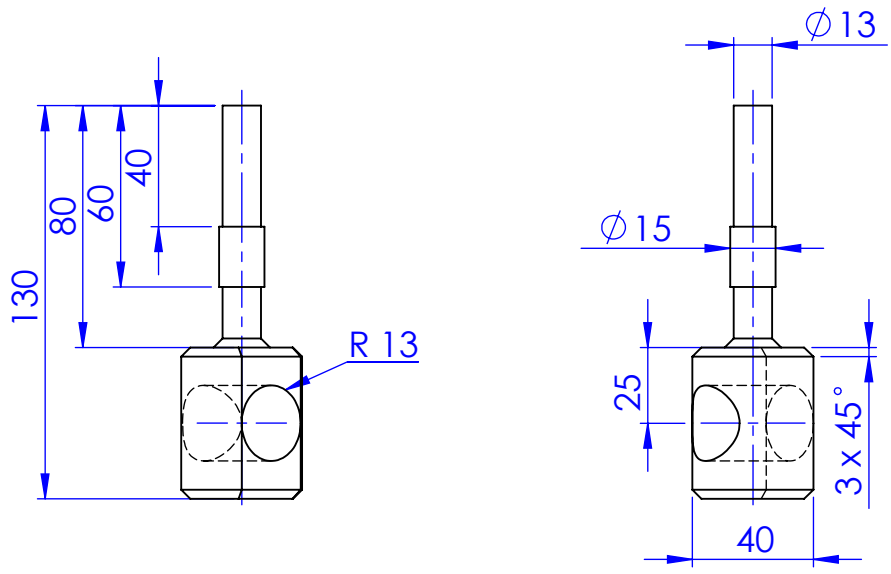
D



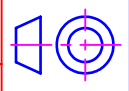
E

|         |              |       |        |                      |                 |                                   |                |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: Acero A36             |                |
|         |              |       |        | ±0,1                 | 1,5Kg           |                                   |                |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | Denominación:<br><b>Compuerta</b> | Escala:<br>1:5 |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12             | Heredia Alex    |                                   |                |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |                                   |                |
|         |              |       | Apro.  | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |                                   |                |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | Número del dibujo: C20            |                |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |                 | (Sustitución)                     |                |

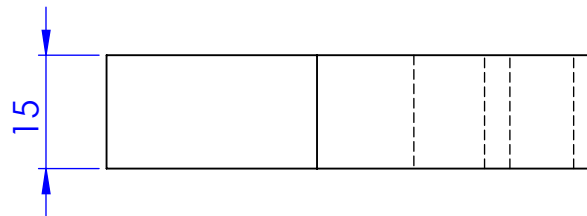
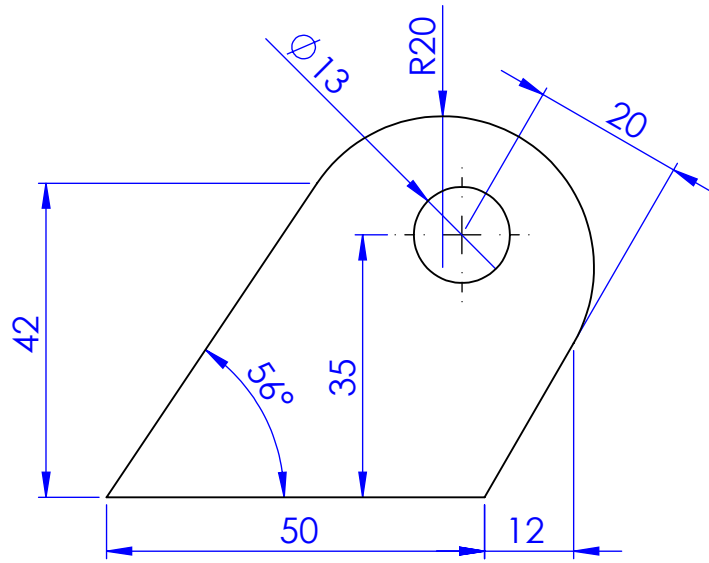
(N6)



|         |              |       |        |                      |                 |                              |         |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: ANSI 1020        |         |
|         |              |       |        | ±0,1                 | 0,4Kg           | Denominación:                |         |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | <b>Soporte de contrapeso</b> | Escala: |
|         |              |       |        | Dib. 22/11/12        | Heredia Alex    |                              | 1:2.5   |
|         |              |       |        | Rev. 22/11/12        | Ing. Cabrera S. |                              |         |
|         |              |       |        | Apro. 22/11/12       | Ing. Cabrera S. | Número del dibujo: C21       |         |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | (Sustitución)                |         |



(N9)



|         |              |       |        |                |                 |                        |  |
|---------|--------------|-------|--------|----------------|-----------------|------------------------|--|
|         |              |       |        | Tolerancia     | (Peso)          | Materiales: Acero A36  |  |
|         |              |       |        | $\pm 0,1$      | 0,23Kg          | Denominación:          |  |
|         |              |       |        | Fecha          | Nombre          | Escala:                |  |
|         |              |       |        | Dib. 22/11/12  | Heredia Alex    | 1:1                    |  |
|         |              |       |        | Rev. 22/11/12  | Ing. Cabrera S. | <b>Oreja soporte</b>   |  |
|         |              |       |        | Apro. 22/11/12 | Ing. Cabrera S. |                        |  |
|         |              |       |        | UTA            |                 | Número del dibujo: C22 |  |
|         |              |       |        | Ing. Mecánica  |                 | (Sustitución)          |  |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                |                 |                        |  |

1

2

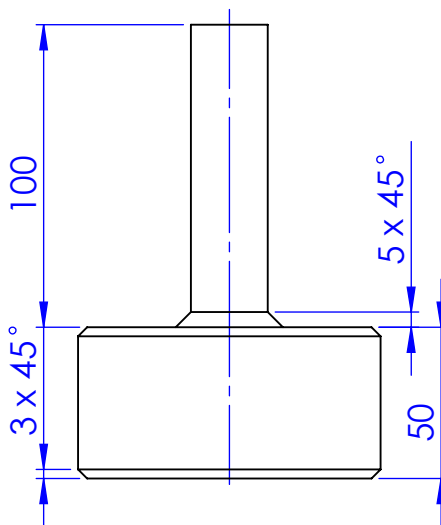
3

4

A

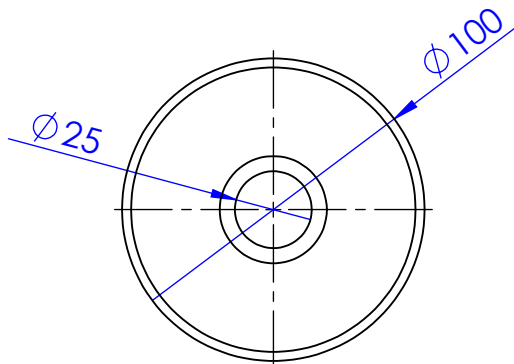
(N6)

B

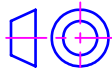


C

D



E

|         |              |       |        |               |                 |   |         |
|---------|--------------|-------|--------|---------------|-----------------|---|---------|
|         |              |       |        | Tolerancia    | (Peso)          | Materiales: ANSI 1020   |         |
|         |              |       |        | ±0,1          | 3,5Kg           |   |         |
|         |              |       |        | Fecha         | Nombre          | Denominación:   | Escala: |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12      | Heredia Alex    |   |         |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |   |         |
|         |              |       |        | Apro.         | 22/11/12        | Ing. Cabrera S.   |         |
|         |              |       |        | UTA           |                 | Número del dibujo:  | C23     |
|         |              |       |        | Ing. Mecánica |                 | (Sustitución)   |         |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |               |                 |  |         |

# Contrapeso

1:2.5

1

2

3

4

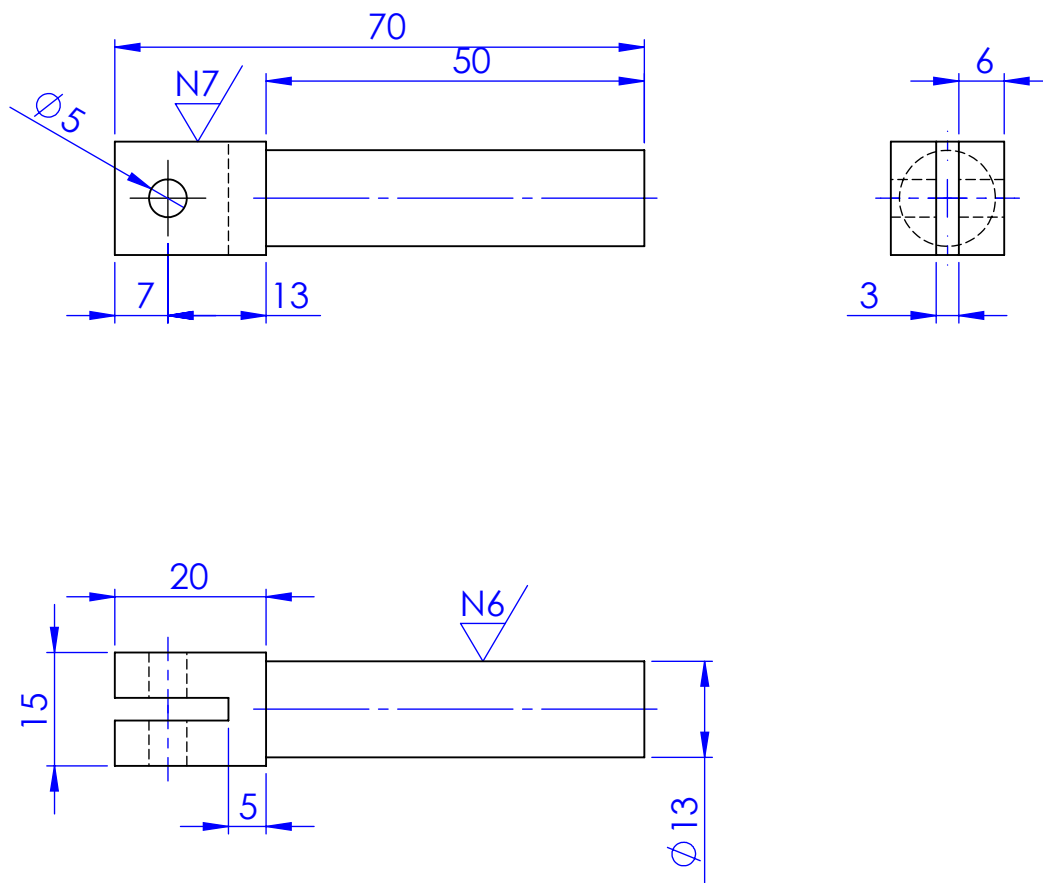
A

B

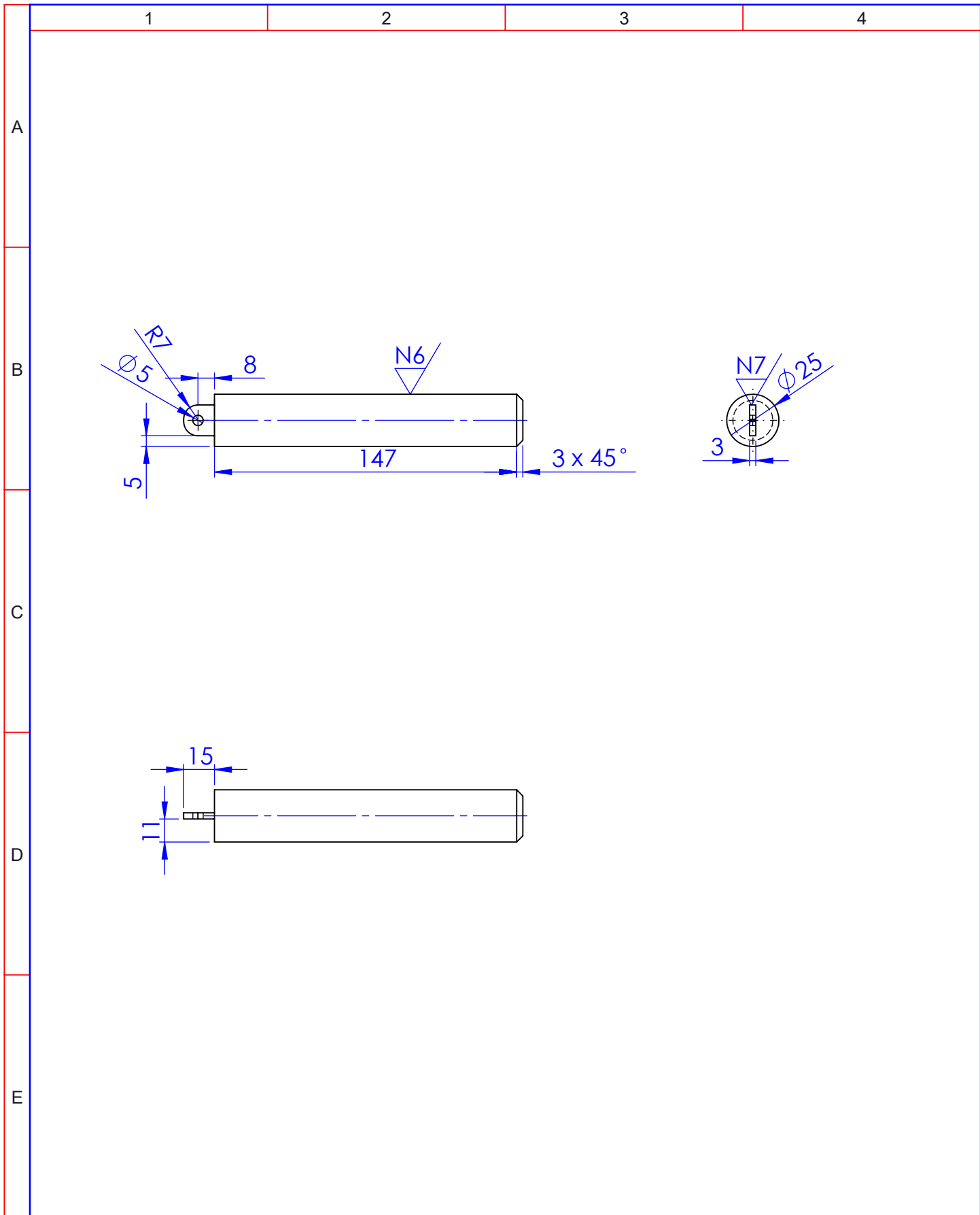
C

D

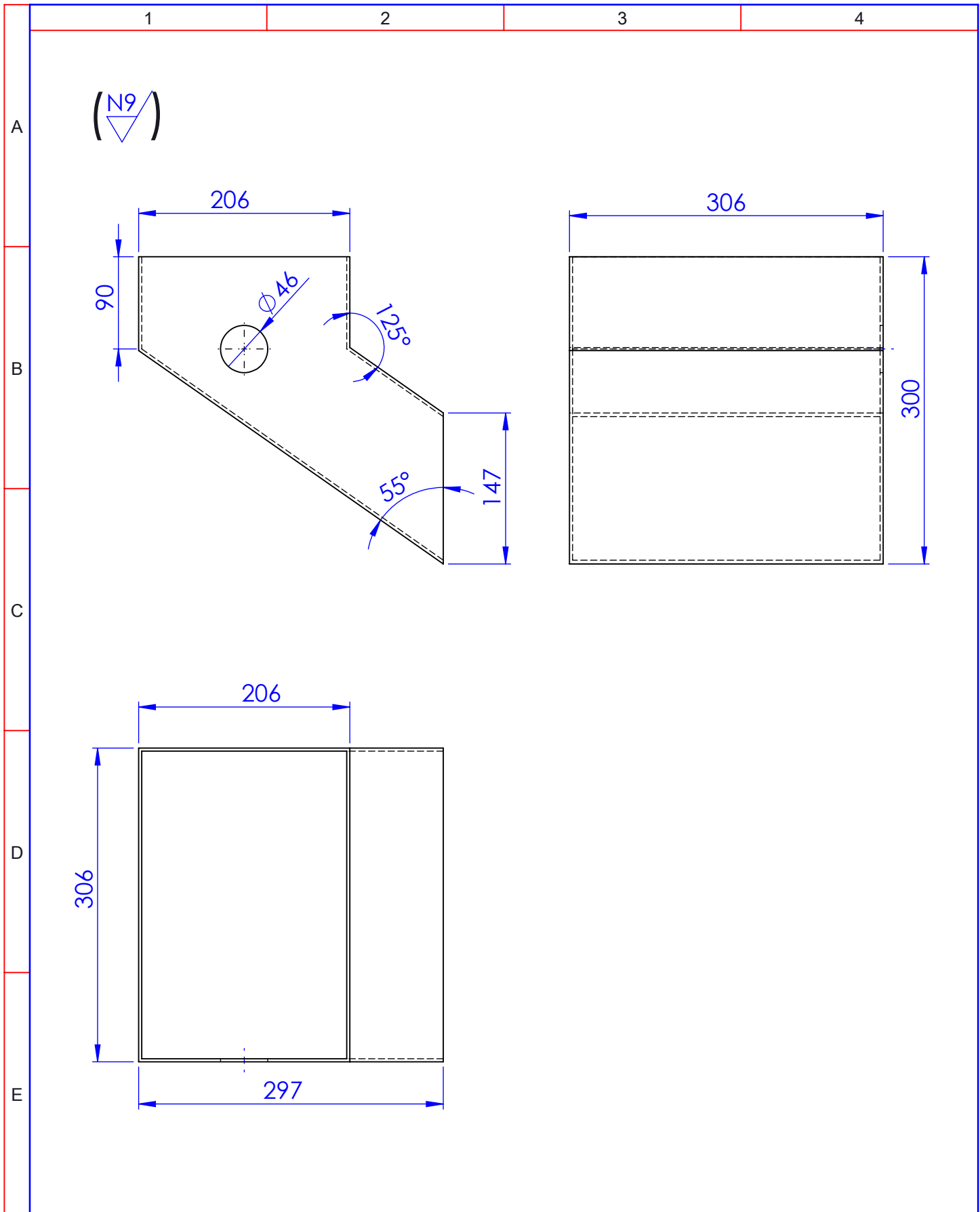
E



|         |              |       |        |                      |                 |   |                |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|---|----------------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: ANSI 1020                     |                |
|         |              |       |        | ±0,1                 | 0,07 Kg         |   |                |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | Denominación:<br><b>Soporte de manija</b> | Escala:<br>1:1 |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12             | Heredia Alex    |   |                |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |   |                |
|         |              |       |        | Apro.                | 22/11/12        | Ing. Cabrera S.                           |                |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | Número del dibujo: C24                    |                |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |                 | (Sustitución)                             |                |

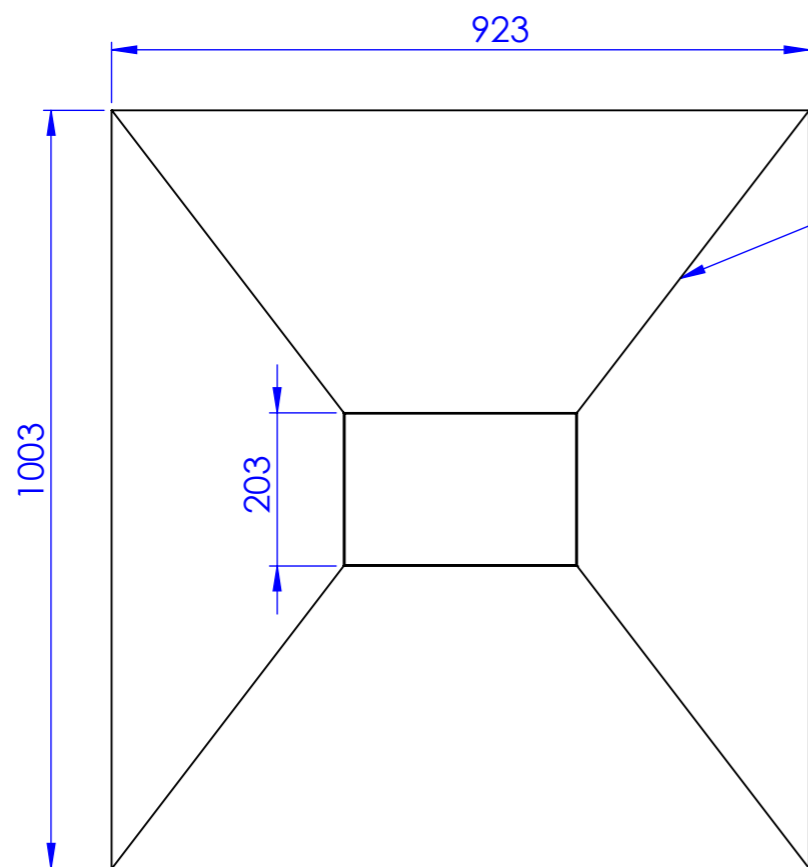
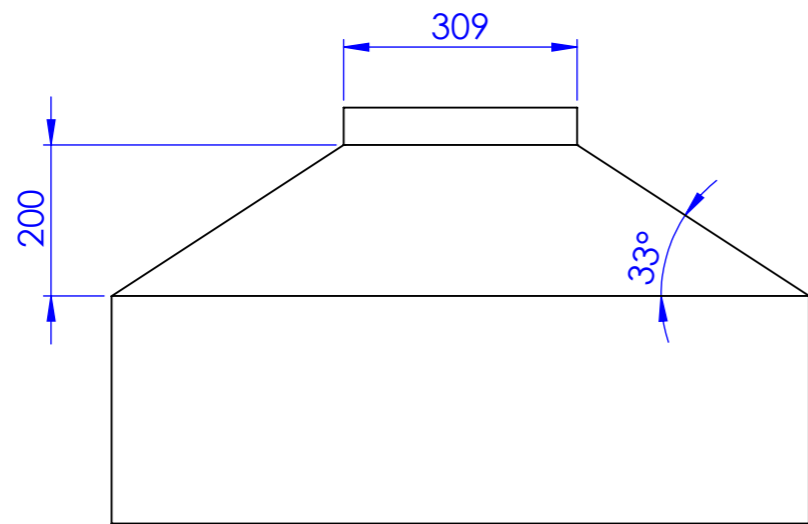


|         |              |       |        |               |                 |                        |         |
|---------|--------------|-------|--------|---------------|-----------------|------------------------|---------|
|         |              |       |        | Tolerancia    | (Peso)          | Materiales: ANSI 1020  |         |
|         |              |       |        | $\pm 0,1$     | 0,59Kg          |                        |         |
|         |              |       |        | Fecha         | Nombre          | Denominación:          | Escala: |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12      | Heredia Alex    |                        |         |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12      | Ing. Cabrera S. |                        |         |
|         |              |       |        | Apro.         | 22/11/12        | Ing. Cabrera S.        |         |
|         |              |       |        | UTA           |                 | Número del dibujo: C25 |         |
|         |              |       |        | Ing. Mecánica |                 |                        |         |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |               |                 |                        |         |

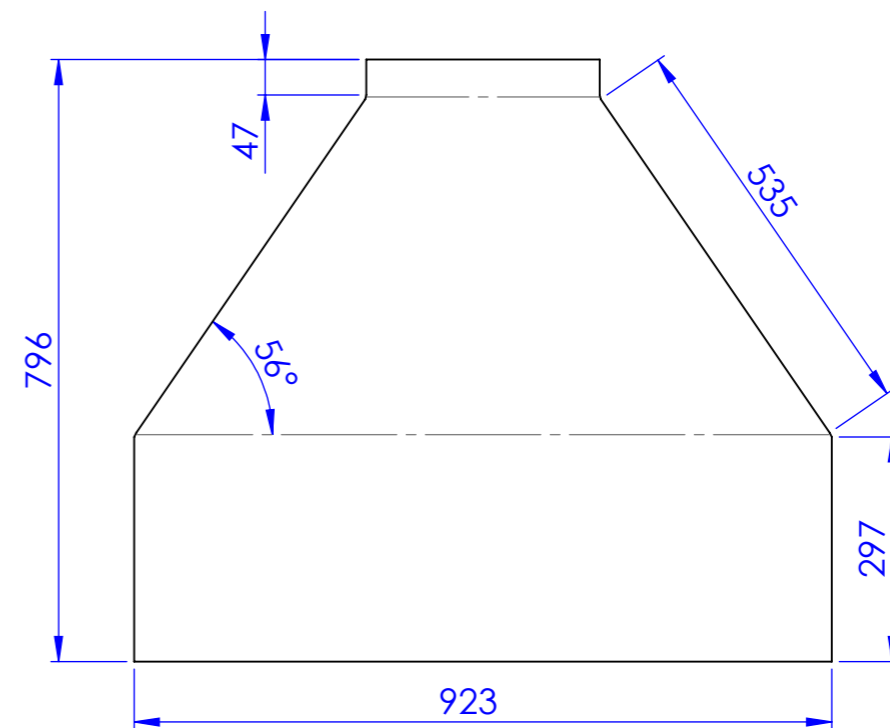


|         |              |       |        |                      |                 |   |                |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|---|----------------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)          | Materiales: Acero A36 e=3mm             |                |
|         |              |       |        | ±0,1                 | 11.34 Kg        |   |                |
|         |              |       |        | Fecha                | Nombre          | Denominación:<br><b>Boca de entrada</b> | Escala:<br>1:5 |
|         |              |       | Dib.   | 22/11/12             | Heredia Alex    |   |                |
|         |              |       | Rev.   | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |   |                |
|         |              |       | Apro.  | 22/11/12             | Ing. Cabrera S. |   |                |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |                 | Número del dibujo: 26                   |                |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |                 | (Sustitución)                           |                |

(N9)



E - 7018



NOTA:  
Trazar segun la plancha sin pliegues  
y unir los pedazos

|         |              |       |        |                      |          |                                    |                               |                 |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|----------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         |              |       |        | Tolerancia           | (Peso)   | Materiales: Tool galvanizado e=2mm |                               |                 |
|         |              |       |        | ±0,1                 | 21.65 Kg |                                    |                               |                 |
|         |              |       |        |                      | Fecha    | Nombre                             | Denominación:<br><b>Tolva</b> |                 |
|         |              |       |        | Dib.                 | 22/11/12 | Heredia Alex                       |                               | Escala:<br>1:10 |
|         |              |       |        | Rev.                 | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.                    |                               |                 |
|         |              |       |        | Apro.                | 22/11/12 | Ing. Cabrera S.                    |                               |                 |
|         |              |       |        | UTA<br>Ing. Mecánica |          | Número del dibujo: 27              | (Sustitución)                 |                 |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                      |          |                                    |                               |                 |