

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Proyecto de investigación.

Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE UN SISTEMA MECÁNICO APLICADO A LA LIMPIEZA  
DE CEBADA EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE MÁCHICA PARA  
MEJORAR LA PRODUCCIÓN ARTESANAL”**

---

**Autor:** Egdo. Diego Sebastián Puente Tipán

**Tutor:** Ing. Mg. Jorge Guamanquispe

**AMBATO – ECUADOR**

**2016**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi condición de Tutor del presente trabajo de investigación sobre el tema: “ESTUDIO DE UN SISTEMA MECÁNICO APLICADO A LA LIMPIEZA DE CEBADA EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE MÁCHICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ARTESANAL.”, realizado por Diego Sebastián Puente Tipán, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico que este a sido concluido en su totalidad y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Marzo del 2016

**EL TUTOR**

.....  
Ing. Mg. Jorge Guamanquispe

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS**

Expreso que el tema investigado: “ESTUDIO DE UN SISTEMA MECÁNICO APLICADO A LA LIMPIEZA DE CEBADA EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE MÁCHICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ARTESANAL.”, así como también las ideas, análisis, conclusiones y propuesta es original de mi persona como autor.

Ambato, Marzo del 2016

**EL AUTOR**

.....  
Egdo. Diego Sebastián Puente Tipán  
C.I.: 180354249-5

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de Investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Proyecto de Investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 13 de mayo de 2016

Autor

Diego Sebastián Puente Tipán

C.I.: 180354249-5

## **DEDICATORIA**

*A mí querida familia que con mucho amor y cariño me han guiado, de manera especial a mis padres Hugo y Gloria. A mis hermanos Catalina y Saúl por su compañía y confianza.*

*Y a todos aquellos que estuvieron presentes a lo largo de este proyecto*

***Diego Puente***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios.*

*A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y a sus docentes por sus enseñanzas*

*A mis padres, y hermanos por estar siempre pendientes de mi persona ya que consecutivamente estuvieron brindándome todo su apoyo en mi etapa universitaria..*

*Al mi tutor por su supervisión y paciencia para poder desarrollar el proyecto de tesis y llegar a su culminación.*

***Diego Puente***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### PÁGINAS PRELIMINARES

Universidad técnica de ambato .....	I
Certificación.....	II
Autoría del trabajo de tesis.....	III
Derechos de autor.....	IV
Dedicatoria .....	V
Agradecimiento.....	VI
Índice general de contenidos.....	VI
Resumen.....	XIII
Abstract .....	XIV

### CAPÍTULO I

#### El problema

1.1. Tema de investigación.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	1
1.2.1. Contextualización.....	1
1.2.2. Análisis crítico.....	2
1.2.3. Prognosis .....	3
1.2.4. Formulación del problema .....	3
1.2.5. Preguntas directrices .....	3
1.2.6. Delimitación del problema de investigación .....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4

1.4.2. Objetivo Específicos .....	4
-----------------------------------	---

## CAPÍTULO II

### Marco Teórico

2.1. Antecedentes investigativos. ....	5
2.2. Fundamentación filosófica. ....	5
2.3. Fundamentación legal. ....	5
2.4. Red de categorías fundamentales. ....	6
2.4.1. Manufactura de los cereales .....	6
2.4.2. Administración de la producción .....	17
2.4.4. La cebada.....	19
2.5. Hipótesis.....	21
2.6. Señalamiento de variables .....	21
2.6.1. Variable endependiente .....	21
2.6.2. Variable dependiente.....	21

## CAPÍTULO III

### Metodología

3.1. Modalidad básica de investigación.....	22
3.2. Nivel o tipo de investigación.....	22
3.3. Población y muestra .....	22
3.3.1. Población o universo. ....	22
3.3.2. Muestra.....	23
3.4. Operacionalización de variables.....	23
3.4.1. Variable Independiente: Sistema mecánico aplicado la limpieza. ....	23
3.4.2. Variable dependiente: La producción. ....	24
3.5. Plan de recolección de la información. ....	24
3.6. Plan de Procesamiento de la información. ....	26

3.6.1. Análisis e interpretación de resultados.....	26
---	----

## CAPÍTULO IV

### Análisis e interpretación de resultados

4.1. Análisis de los resultados.....	27
4.1.1. Alternativas para un sistema mecánico para la limpieza de cebada.....	27
4.1.2. Selección de un sistema mecánico para la limpieza de cebada.....	29
4.1.3. Proceso manual para limpieza de Cebada.....	35
4.2. Interpretación de datos.....	38
4.2.1. Diagrama de proceso – procedimiento manual.....	38
4.2.2. Limpieza manual.....	40
4.2.3. Limpieza mecánica.....	40

## CAPÍTULO V

### Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones.....	45
5.2. Recomendaciones.....	45

## CAPÍTULO VI

### Propuesta

6.1. Datos informativos.....	47
6.1.1. Ejecutor.....	47
6.1.2. Beneficiarios.....	47
6.1.3. Ubicación.....	47
6.1.4. Tiempo estimado para la ejecución.....	47
6.1.5. Equipo técnico responsable.....	47
6.2. Antecedentes de la propuesta.....	48
6.3. Justificación.....	48
6.4. Objetivos.....	48

6.4.1. Objetivo General .....	48
6.4.2. Objetivos Específicos.....	48
6.5. Análisis de factibilidad.....	49
6.6. Fundamentación .....	49
6.6.1. Establecer los parámetros necesarios para el diseño de un sistema.....	49
6.6.2. Diseño y selección de elementos.....	49
6.7. Metodología, modelo operativo .....	86
6.7.1. Dado .....	86
6.7.2. Biela .....	88
6.7.3. Estructura. ....	88
6.7.4. Armazón para los tamices .....	89
6.8. Administración .....	89
6.8.1. Costos directos .....	90
6.9. Previsión de la evaluación.....	91
6.9.1. Funcionamiento.....	92
6.9.2. Principios de operación .....	92
6.9.3. Mantenimiento .....	93
6.9.4. Sugerencias de seguridad .....	93
6.9.5. Resultados de las pruebas.....	93
6.9.6. Conclusiones. ....	95
6.9.7. Recomendaciones.....	96

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Dimensiones de grano. ....	8
Figura 2. 2: Limpieza por medio del viento. ....	9
Figura 2. 3: Limpieza con zaranda manual. ....	10
Figura 2. 4: Limpiador con zarandas cilíndricas. ....	10
Figura 2. 5: Seleccionadora de granos bec-car lsg 10. ....	11
Figura 2. 6: Clasificadora de granos sirca. ....	12
Figura 2. 7: Función del sistema biela manivela. ....	16
Figura 2. 8: Esquema biela manivela. ....	17
Figura 4. 1: Limpiador con zarandas cilíndricas. ....	27
Figura 4. 2: Seleccionadora de granos bec-car lsg 10. ....	28
Figura 4. 3: Clasificadora de granos sirca. ....	29
Figura 4. 4: Recepción de materia prima. ....	35
Figura 4. 5: Pre limpieza tamiz grande. ....	36
Figura 4. 6: Pre limpieza tamiz pequeño. ....	36
Figura 4. 7: Limpieza a mano. ....	36
Figura 4. 8: Impurezas. ....	37
Figura 4. 9: Cebada limpia. ....	37
Figura 6. 1: Máquina tamizadora. ....	49
Figura 6. 2: Carga distribuida. ....	51
Figura 6. 3: Diagrama de cuerpo libre. ....	52
Figura 6. 4: Diagrama de fuerza cortante. ....	52
Figura 6. 5: Diagrama de momento. ....	53
Figura 6. 6: Dado. ....	55
Figura 6. 7: Diagrama del sistema de transmisión. ....	59
Figura 6. 8: Diagrama de tensiones en la polea. ....	63
Figura 6. 9: Diagrama de cargas combinadas. ....	64
Figura 6. 10: Diagrama de cargas. ....	64
Figura 6. 11: Diagrama de cuerpo libre. ....	65
Figura 6. 12: Diagrama de fuerza cortante. ....	65
Figura 6. 13: Diagrama de momento cortante. ....	66

Figura 6. 14: Diagrama de fuerzas .....	67
Figura 6. 15: Diagrama de cuerpo libre .....	67
Figura 6. 16: Diagrama de fuerza cortante.....	68
Figura 6. 17: Diagrama de momento cortante.....	68
Figura 6. 18: Mecanismo biela manivela .....	75
Figura 6. 19: Biela.....	78
Figura 6. 20: Junta a tope .....	81
Figura 6. 21: Dado y eje.....	87
Figura 6. 22: Pasador.....	87
Figura 6. 23: Unión .....	87
Figura 6. 24: Cigüeñal completo .....	88
Figura 6. 25: Biela.....	88
Figura 6. 26: Estructura grande .....	88
Figura 6. 27: Estructura para planchas perforadas .....	89
Figura 6. 28: Máquina tamizadora .....	89
Figura 6. 29: Señalética de seguridad .....	93
Figura 6. 30: Prueba A, B,C .....	94

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Simbología de las actividades .....	18
Tabla 3. 1: Operacionalización variable independiente. ....	23
Tabla 3. 2: Operacionalización variable dependiente. ....	24
Tabla 3. 3: Técnicas de investigación. ....	25
Tabla 4. 1: Valores el método de criterios ponderados .....	30
Tabla 4. 2: Codificación de alternativas.....	30
Tabla 4. 3: Criterios a evaluar .....	31
Tabla 4. 4: Evaluación de cada criterio.....	32
Tabla 4. 5: Evaluación del criterio costo moderado.....	32
Tabla 4. 6: Evaluación del criterio construcción.....	33
Tabla 4. 7: Evaluación de criterio cantidad de producto.....	33
Tabla 4. 8: Evaluación del del criterio dimensiones .....	34
Tabla 4. 9: Evaluación específico del criterio manejo .....	34
Tabla 4. 10: Resultado de la ponderación .....	35
Tabla 4. 11: Cursograma analítico – método manual .....	39
Tabla 6. 1: Tabla del sistema biela manivela. ....	77
Tabla 6. 2: Costo de materiales mecánicos .....	90
Tabla 6. 3: Costos varios.....	91
Tabla 6. 4: Costo de mano de obra.....	91
Tabla 6. 5: Costo total .....	91
Tabla 6. 6: Especificaciones del equipo de limpieza .....	92

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

“ESTUDIO DE UN SISTEMA MECÁNICO APLICADO A LA LIMPIEZA DE CEBADA EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE MÁCHICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ARTESANAL”.

**Egresado:** Diego Sebastián Puente Tipán

**Tutor:** Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa

**Fecha:** 09 de marzo del 2016

**RESUMEN**

En el trabajo investigativo se analizaron los sistemas mecánicos aplicados a la limpieza de cebada con la finalidad de reducir su tiempo.

Se investigaron los parámetros y características más influyentes observando los métodos y tiempos con los que se realiza la limpieza del cereal, se utilizó y diagramas de procesos, con lo cual se procedió al estudio para el mejoramiento de la producción partiendo de la limpieza manual hacia la mecánica.

Recurriendo el método ordinal corregido de criterios ponderados y proformas de las distintas máquinas que cumpla con las siguientes características: construcción, costo, cantidad de producto, manejo y dimensiones. De acuerdo a esto se optó el sistema de limpieza con zarandas.

Con el sistema seleccionado se aumenta en un 100% la producción. Además se disminuye el tiempo de limpieza en un 85 % tomando en cuenta que se realice una segunda pasada para limpiar mejor la cebada. La impureza se encuentra en el rango recomendado por la Norma INEN 1559: 2004 que es de máximo del 3%.

Por lo que se propone diseñar y construir los diferentes componentes que van a formar parte de la zaranda mecánica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS  
MECHANICAL ENGINEERING CAREERS

STUDY CLEANING PROCESSING SYSTEM MECHANICS APPLIED TO  
BARLEY FLOUR TO IMPROVE HANDICRAFT PRODUCTION MACHICA

Author: Diego Sebastian Puente Tipán

Tutor: Ing Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa

Date: March 9, 2016

**ABSTRACT**

In the research work mechanical cleaning systems applied to barley in order to reduce their time were analyzed.

The parameters and most influential characteristics were investigated by observing the methods and times with cleaning the cereal is made, used and process diagrams , which we proceeded to study for improving production based on manual cleaning to the mechanics.

Corrected using the ordinal method of weighted criteria and proformas of the different machines that meets the following characteristics: construction, cost , quantity of product , handling and dimensions. According to this the cleaning system was chosen shakers.

With the selected system is increased by 100 % production. Besides cleaning time it is reduced by 85 % taking into account that a second pass is made to better clean barley. The impurity is in the recommended range Standard INEN 1559:2004 which is more than 3%.

So it is proposed to design and build the different components that will form part of the mechanical shaker.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Tema de investigación.**

**ESTUDIO DE UN SISTEMA MECÁNICO APLICADO A LA LIMPIEZA DE CEBADA EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE MÁCHICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ARTESANAL.**

### **1.2. Planteamiento del problema**

#### **1.2.1. Contextualización.**

Al pasar de los años se ha visto la variedad de productos alimenticios que presenta el mercado, teniendo en cuenta el desarrollo del espíritu empresarial creando actividades productivas exitosas en el campo alimenticio.

La cebada es un grano que se produce en nuestro país, así como en el resto de la Zona Andina, siendo un cereal con propiedades nutritivas para la población.

Es empleado como fuente de nutrición para niños, jóvenes y adultos, es utilizado en la industria cervecera; y en último lugar como alimento para animales en haciendas. (INIAP, 2012)

Cuando se hace llegar cebada a las industrias artesanales para que lo procesen, estas no cuentan con la infraestructura necesaria para producirlo al mayoreo, es así que en empresas pequeñas e informales al no contar con una alternativa que ayude al proceso de limpieza de la cebada se ven obligados a procesar los cereales artesanalmente, ocupando demasiado tiempo en la elaboración de la harina de máchica. (SEPROYCO, 2011)

Es así que los pequeños productores se ven en la necesidad de implementar maquinaria para poder competir con las demandas y necesidades de un mercado que crece cada día.

Actualmente el método utilizado, para el proceso de limpieza de la cebada es manual y lento debido al tamaño de los tamices y peso de estos con los cuales se trabajan, procesando alrededor de 1 quintal de cebada diario y hasta 5 quintales semanalmente.

La pericia de los hombres y mujeres que trabajan ejecutando dicha labor suministrará un punto de vista amplio del problema a solucionar ya que este proceso depende básicamente del componente de cada persona, por lo que es mínimo al compararse con la limpieza mecánica viéndose reducida su manufactura. Es así que se busca definir una tecnología acorde para limpiar la cebada.

### **1.2.2. Análisis crítico**

Actualmente la empresa se encuentra preocupada por el porcentaje de impurezas en el momento de la recepción del producto, la tarea de limpieza se lo efectúa de forma manual siendo molesta y demorada ya que se cuenta con un equipo que permita eliminar de forma mecánica las suciedades que acompañan a la cebada en el momento de la recepción del producto, el resultado de esto es el uso excesivo de tiempo en esta área.

La industria de alimentos procesados tiene una gran demanda, por lo que se ha visto en la necesidad de optimizar su forma de separar cuerpos extraños, dependiendo de esto la calidad de la harina.

Al realizar manualmente la elaboración de harina demanda de una gran fuerza por parte de los artesanos, ya que es rudimentaria y monótona.

Al usar equipos tradicionales y rudimentarios como lo son tamices contruidos artesanalmente, tiene como consecuencia tiempos de producción largos.

Al no interesarse en modernizar los procedimientos de elaboración conocidos, nos vemos en desventaja con las nuevas exigencias del mercado, por lo que es necesario implantar nueva tecnología que ayude a las necesidades de la producción y optimización del proceso, favoreciendo el emprendimiento.

### **1.2.3. Prognosis**

El no contar con el estudio de un sistema mecánico para la limpieza de cebada, dará lugar a que el desarrollo de esta industria se vea minimizado al no poder reducir el tiempo de trabajo y eliminar las suciedades, actualmente la industria alimenticia sigue innovándose y por ello las pequeñas empresas no pueden quedarse atrás, instalando maquinaria que ahorre recursos en sus procesos en vista que la elaboración de este producto se basa también en la tecnología con la que esta cuenta garantizando un producto de excelencia.

### **1.2.4. Formulación del problema**

¿Un sistema mecánico para la limpieza de cebada permitirá mejorar la producción artesanal de harina de máchica?

### **1.2.5. Preguntas directrices**

¿Qué tipos de sistemas mecánicos se usan para limpiar la cebada?

¿Se podrá optimizar el proceso de limpieza?

¿Qué alternativa se podrá proponer para solucionar este problema?

### **1.2.6. Delimitación del problema de investigación**

#### **1.2.6.1. De contenido**

El estudio del proyecto comprende el campo de Ingeniería Mecánica, en el área de diseño de elementos mecánicos.

#### **1.2.6.2. Espacial**

Se realizará el estudio bibliográfico en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, así como en la Industria Artesanal perteneciente a María Mastha ubicada en Ambato, sector Barrio La Independencia.

#### **1.2.6.3. Temporal**

El presente trabajo se realizará desde el mes de enero del 2015 hasta marzo del 2016.

### **1.3. Justificación.**

Su interés radica en cambiar la forma manual de realizar la limpieza de la cebada que se usa actualmente con el propósito de optimizar el capital humano, por tal razón es inevitable ejecutar este estudio que tendrá como beneficio mejorar el proceso.

Por la gran demanda de la harina de máchica se ve la necesidad de tecnificar uno de sus procesos y así aprovechar la oportunidad de crecer, ya que la mayoría de productores lo realiza de un modo rutinario y ancestral.

Es importante porque relaciona la industria de la transformación de cereales con la Ingeniería Mecánica permite dar solución a un problema conocido mejorando el proceso con ayuda de una tecnología adecuada.

En base a las máquinas estudiadas se puede ver que es viable mejorar los tiempos de limpieza con el uso de un sistema mecánico, tanto como para la operación del equipo no se necesita de una mano experta calificada.

Con la implementación de un sistema mecánico, se beneficiarán los artesanos de esta área consiguiendo excelentes ingresos, alta producción, y los clientes un buen producto.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar el estudio de un sistema mecánico aplicado a limpieza de cebada en la elaboración de harina de máchica para mejorar la producción artesanal.

#### **1.4.2. Objetivo Específicos**

- Estudiar los sistemas mecánicos que se usan para limpiar la cebada.
- Optimizar el proceso de limpieza.
- Analizar alternativas de solución en base a lo estudiado.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes investigativos.**

(Nagles, 2009) En la tesis con el tema: “Diseño de una máquina prelimpiadora de laboratorio de arroz”, contribuye a esta investigación con las características que más trascienden en el proceso son: el ángulo de inclinación de las cribas de 6 a 12 grados, tipo de cribas y orificio de estas, que intervienen en la limpieza.

(Malpartida, 2007) También con el tema: “Diseño y fabricación de una máquina venteadora de trigo”, aporta con los siguientes datos a esta investigación con:

Se puede lograr granos limpios con apenas el 5% de pérdidas del peso total y con limpieza con viento de forma artesanal lo cual nos da una pauta para saber que se puede mejorar el proceso.

#### **2.2.Fundamentación filosófica.**

La actual investigación se aplica un paradigma crítico positivo, permitiendo una comprobación fácil y comprensiva de este proyecto disminuyendo el tiempo de operación, ya que el sistema con el que se trabaja es manual, con el propósito de favorecer a la pequeña empresa y a la gente encargada de este proceso.

#### **2.3.Fundamentación legal.**

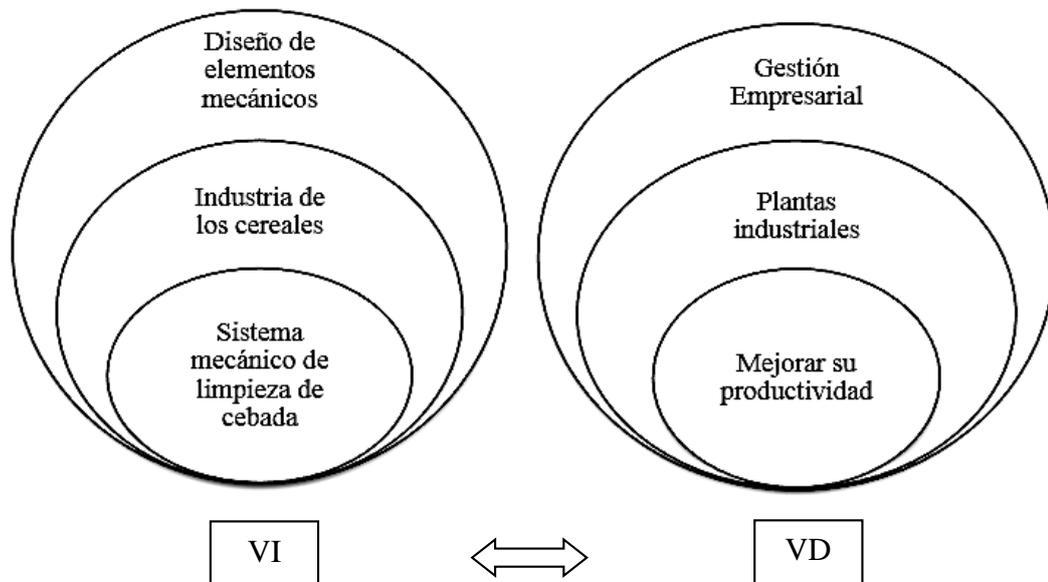
El presente proyecto se basara en los documentos siguientes:

Reglamento para buenas prácticas para alimentos procesados, Artículo 5. Diseño y construcción, Literal b.

Norma INEN 1559: 2004. Granos y cereales. Cebada. Requisitos.

Norma INEN 2356: 2004. Granos y cereales. Cebada. Clasificación

## 2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.



**Figura 2. 1:** Red de categorías fundamentales

**Fuente:** El autor

### 2.4.1. Manufactura de los cereales

#### Innovación de los cereales.

Para el proceso de los cereales se precisan de algunas nociones básicas los cuales se detallan a continuación: Los cuales inician en la cosecha y finalizan en el consumo, conocido como poscosecha. Y se divide en 3 secciones separados: primeramente de la cosecha hasta el almacenar el grano; seguidamente en segundo lugar, el procesado preliminar, donde encontramos todo lo que refiere a harinas; en tercer lugar, cuando se convierte la harina por ejemplo en pan. Todo aquello que se encuentra en segundo lugar puede ser industriales o domésticas.

Es así que este tema de investigación se centrara en el procesado preliminar (harinas) que en este proyecto es al que nos referimos. (García, 2010)

#### 2.4.1.1. Aseo en los granos

Las gramíneas continuamente después de su recolección tienen suciedades. Hay que tener en cuenta un par situaciones; la primera es que se hace más arduo la conservación del cereal, y el problema para ser almacenados. Este exceso de impurezas no permite conservar el grano porque lo humedece y crea un ambiente favorable para el aumento de bichos y gérmenes. En los dispositivos de acopio las impurezas afectan el accionar de los dispositivos de secado formando una pared para el vía de la corriente de secado. El peligro de ignición es inminente a causa de las impurezas acumuladas en las secadoras, disminuyendo la eficiencia en las mismas. (FAO, 1985)

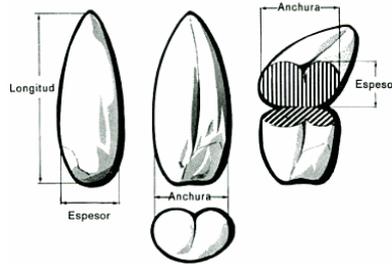
#### **2.4.1.2. Impurezas de los granos recolectados**

Se puede decir que son fragmentos de la misma mata, como: hojas, rastrojos, ramas, trozos de granos, etc. Y otras que no son propias de la mata, denominándolas cuerpos desconocidos y que habitualmente están compuestas por semillas silvestres, pedazos de otros arbustos, además de piedras, terrones, arena. Estas impurezas son producto de la desatención durante la siembra, primordialmente en la revisión de malezas, y del método que se emplea. Con atención se puede evitar cortar porciones excesiva de la planta, lo que reduce el monto de suciedades en el producto recolectado. Si la cosecha es mecánica, un buen ajuste de esta proporcionara un producto limpio.

#### **2.4.1.3. Aseo en granos y cereales**

**Nociones elementales de la separación.-** Nos regiremos en las desigualdades que existen entre las propiedades físicas de los mismos y las impurezas. Cuando son similares, la partición se torna penosa, por ejemplo. si el grano y las piedras son de igual dimensión que el grano que se va a limpiar. Por lo que se debe considerar la propiedad cuya desigualdad sea evidente. Se debe definir correctamente las peculiaridades ya que de esto depende la separación del cereal y la impureza. Así tenemos:

- **Tamaño.-** Las dimensiones de los granos son: longitud, anchura y espesor. En los aparatos de limpieza, para ejecutar la separación se utilizan precisamente las distancias de longitud y anchura.



**Figura 2. 2:** Dimensiones de grano.

**Fuente:** (FAO, 1985)

- **Separación en base al ancho:** Si el grano tiene un idéntico ancho se usa la zaranda de aberturas redondas, respetando que los granos tienen idéntica longitud y espesor.
- **Separación en base al grosor.** Los granos que tengan grosores desiguales pueden separarse con una malla de aberturas alargada u oblonga, si poseen idéntico largo y ancho.
- **Separación en base a la longitud.** Si el grano es similar en ancho y grosor pero con distintas longitudes, se separará mediante el uso de un separador de disco o cilindro alveolado; las zarandas no se usan en este caso.

#### **2.4.1.4. Forma de limpieza**

El fundamento utilizado para la limpieza es el mismo que se ha utilizado hace muchos años, en el presente se emplean idénticos fundamentos mecánicos. Tenemos así que las máquinas actuales permiten una buena limpieza de los productos.

Ruralmente, la forma de limpiar es rudimentaria; normalmente, las impurezas se retiran por intermedio de aire, tamices caseros; en ocasiones aparatos más modernos, como dispositivos de aspiración de aire y mallas o tamices. En ranchos, las zarandas y sistemas de aspiración se usan conjuntamente. Cumpliendo eficazmente su limpieza, aunque el manejo es difícil.

### 2.4.1.5. Tecnologías y equipos para la limpieza

A continuación se detallan los métodos que se usan en la actualidad:

- Limpieza por corriente de aire
- Limpieza con zaranda manual
- Equipo con zarandas cilíndricas rotativas
- Equipo con aspirador y zarandas
- Máquina con zarandas

**Limpieza por corriente de aire.** Es aquella en la que se utiliza la corriente del aire como su principal herramienta para quitar las impurezas. Hasta el día de hoy es una de las técnicas que más usan granjeros, por ser de fácil transacción. Consiste en arrojar al aire los granos para que el viento limpie las suciedades como: polvo, hojas, granos vacíos. Es inapropiado cuando existen elementos extraños más pesados como: arena, piedras, que caen en conjunto con la cebada.



**Figura 2. 3:** Limpieza por corriente de aire.

**Fuente:** <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S22.GIF>.

**Limpieza por medio de zaranda manual.** Es el de uso más conocido por los granjeros. Consiste en usar mallas o cedazos manuales y ejecutar una sacudida con la zaranda, provocando que el grano se encuentre con el viento, la corriente de aire limpia las basuras más leves. A continuación se ejecuta un movimiento de agitación de la zaranda para que las suciedades pequeñas atraviesen los agujeros perforados.

Son de gran uso las zarandas porque proporcionan la limpieza de pequeñas porciones de productos de modo eficaz y se construyen con facilidad por los propios granjeros. Estas peculiaridades permitieron su propagación en la mayoría de países del mundo. Brasil es uno de los países que usa este método.

Se conoce que puede limpiar la cantidad de cinco a ciento veinte kg /hora. Su desventaja es el bajo rendimiento y requiere de una gran fuerza de quien realiza esta función. Por lo que la persona que está realizando esta labor tiende a perjudicar su salud.



**Figura 2. 4:** Movimiento del cedazo manual.

**Fuente:** [www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S23.GIF](http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S23.GIF)

**Equipo con zarandas cilíndricas giratorias.** Esta máquina tiene unas mallas cilíndricas que se usan usualmente en grandes plantaciones, por su gran capacidad con la que puede trabajar para ejecutar la limpieza y su poca potencia para su función. Tiene dos redes tubulares, instaladas una dentro de la otra. La red interna es una especie de cono, por la cual se deslizan los granos.



**Figura 2. 5:** Zaranda cilíndrica rotatoria

**Fuente:** <http://www.bec-car.com/clasificadoras-de-granos.html>

El grano ingresa por la red interior que posee hoyos más grandes que los granos, por lo que el producto pasa y queda retenido las impurezas mayores. La red que esta por fuera posee orificios pequeños que retienen los granos y admiten la salida de las suciedades chicas. En este tipo de máquina se puede intercambiar las redes para limpiar otros tipos de granos.

### **Equipo con aspirador y zarandas**

Esta limpiadora posee de turbina de aspiración y zarandas perforadas. Este modelo fue desarrollado para separar impurezas grandes, pequeñas y livianas para distinto tipo grano. Ideal para los pequeños productores.



**Figura 2. 6:** Bec-car LSG 10

**Fuente:** <http://www.bec-car.com/clasificadoras-de-granos.html>

Estos modelos se usan en la pre-limpieza separando una porción de las suciedades de los granos o después del secado. Es un equipo que se diferencia por la eficiencia de la separación.

Los aparatos de limpieza poseen ventiladores más fuertes, o varias zarandas con aberturas, mencionadas dimensiones se aproximan al tamaño de los granos, con lo que se efectúa una limpieza adecuada.

Frecuente, mas máquinas con ventilador y zarandas están constituidas por un alimentador, un conjunto de absorción de polvo, un sistema de zarandas

intercambiables y un artefacto para provocar la agitación u vaivén del conjunto de zarandas.

### **Máquina con zarandas**



**Figura 2. 7:** SIRCA, Clasificadora de Granos

**Fuente:** <http://www.sircaecuador.com/index.php/productos/clasificadora-granos>

Esta máquina permite solucionar de forma mecánica la producción en la selección de granos.

Posee un armazón metálico, esta seleccionadora de bandejas orienta uniformemente el producto basándose en su peso y grosor, transformando el procedimiento fácil y práctico, evitando desperdiciar el grano. Se compone de tres recipientes adecuados que incluye planchas agujereadas para seleccionar el grano.

#### **2.4.1.6. Piezas que forman los aparatos de limpieza.**

Conocer y comprender el funcionamiento de las diversas partes de un equipo de limpieza ayudará a mejorar el proceso. El operario al comprender cómo funciona cada pieza de la máquina tendrá la posibilidad de dar mantenimiento y corregir fallas en el momento de su operación. El operario ser capaz de dar solución a cualquier avería en la maquina cuando esta lo amerite, y reemplazar las partes estropeadas rápida y apropiadamente. El conocimiento del operador es muy valioso para que los equipos funcionen perfectamente, evitando así paros en su

funcionamiento. Habitualmente los aparatos de aire y zarandas están constituidos por:

- Tolva
- Un alimentador
- Un sistema de ventilación
- Un conjunto de zarandas.

**La tolva:** Es un recipiente de mezcla esencial, en unas unidades hallamos aspas para agitar la mezcla hasta el punto de alimentación, de igual forma se puede hallar aquí un mecanismo permite la salida de mezcla.

**El alimentador:** Ayuda a regular el flujo del grano para distribuirlo uniformemente sobre las planchas perforadas. Existe una diversidad de alimentadores, que tienen un mayor grado de precisión; sin embargo, esto hace que su coste sea elevado y dificulte su empleo y cuidado. Es así que en Brasil se trata de reducir el precio de las máquinas y facilitar su operación, con esto en mente las empresas usan modelos más simples para el mantenimiento.

En si un alimentador se constituye de: un depósito que acumula el material, un regulador de flujo y un eje con aletas en la base del depósito para empujar el material, para que caiga el grano en las planchas perforadas.

**El sistema de ventilación.-** Es el encargado de retirar las impurezas livianas que se encuentran en los granos se realiza en el interior del equipo por acción del aire. El dispositivo de ventilación está integrado por:

**Un ventilador.-** Crear una corriente de aire en el interior del equipo, que quita las suciedades livianas del producto. Frecuente estos actúan aspirando el aire, para evitar que el polvo salga al exterior. En la parte interna del equipo la corriente de aire transita por los granos, apartando las suciedades del producto. Aquellas impurezas pesadas se eliminan en las zarandas. En algunos equipos se aspira el aire a la salida de la zaranda.

### **Grupo de zarandas.**

El grupo de zarandas está compuesto por los siguientes elementos.

- Las mallas o zarandas.
- El sistema de vibración.

**Las mallas o zarandas.** Están elaboradas por planchas o chapas metálicas taladradas y delgadas. También se realizan utilizando hilos metálicos, en forma de mallas; estas mallas están dotadas de un recuadro de madera o metal, para un fácil instalación y manejo.

Las zarandas tienen generalmente un ángulo de inclinación que va de los 6 y 12 grados. En ocasiones se posiciona horizontalmente, para este caso el dispositivo de vibración debe ser igual al de las zarandas inclinadas, para que pueda desplazarse el producto y tenga contacto los granos con las zaranda, a veces es necesario usar una tela o un plástico para tapar la zaranda superior y así prevenir que los granos caigan fuera de lugar de la zaranda. Las perforaciones de las zarandas pueden ser redondos, triangulares, ovalados, etc. Las mallas de hilos metálicos tienen orificios de forma rectangular o cuadrada. Es recomendable emplear la zaranda apropiada para cada tipo de producto que se va a limpiar, para que las perforaciones den buenos resultados.

**Zaranda de orificios redondos.** Se ocupan este tipo en los granos en que sobresale la forma esférica o redondeada. En los equipos que clasifican los granos se sugieren las zarandas de orificios redondos, porque ejecutan la separación en función del ancho de los granos.

**Zaranda de orificios triangulares.** Si presenta una forma triangular se usa este tipo, para las semillas de algunas malezas.

**Zaranda de orificios oblongos.** Si la forma alargada es la predominante entonces usamos este tipo, por lo que son más empleadas para separarlos según su grosor.

**Zaranda de malla rectangular.** Estas zarandas se especifican en forma parecida a la cuadrada, considerando el número de ranuras contenidas en una pulgada cuadrada, considerando los dos lados del área.

**Zaranda de malla cuadrada.** Se detallan por la cantidad de aberturas que contiene una pulgada cuadrada, considerado los dos lados del área.

**Sistema vibratorio.** Se ocupa para hacer vibrar las zarandas, cuando el producto se pone en contacto con las perforaciones, se facilita la dispersión y se proporciona el deslizamiento del producto sobre las zarandas de este modo, la zaranda al agitarse con movimientos justos permitirá el paso de los granos de punta por los agujeros, como por ejemplo el arroz. Si es un producto de forma esférica se sugiere una vibración menor para una separación adecuada.

**Mecanismo biela manivela.** (Mesías López, 2011)

Este mecanismo transforma el movimiento circular en movimiento rectilíneo alternativo.

El sistema está constituido por un elemento giratorio denominado manivela, conectado a una barra rígida llamada biela, de modo que cuando gira la manivela, la biela está forzada a avanzar y retroceder sucesivamente.

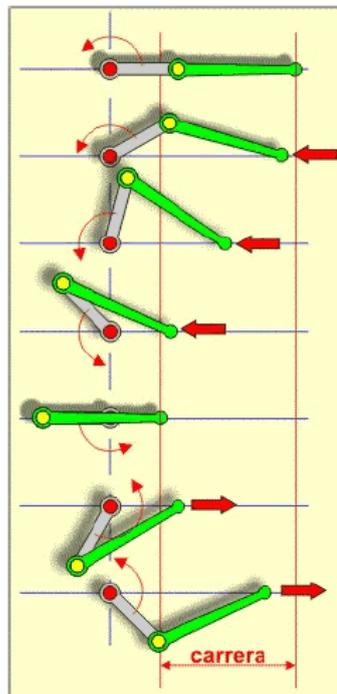
Es un sistema reversible, lo que quiere decir que también puede funcionar para convertir un movimiento lineal alternativo en otro de giro, como en el caso de un pistón dentro del cilindro en el motor de un automóvil, donde la manivela se ve obligada a girar.

Se consigue así un movimiento alternativo de vaivén en la biela. A la longitud de desplazamiento recibe el nombre de carrera, y su valor depende de la longitud de la manivela (radio de giro). Cuando la manivela da una vuelta completa, la biela se desplaza una distancia igual al doble de la longitud de la manivela.

Las posiciones extremas del recorrido se llaman puntos muertos, siendo el punto muerto superior (pms) el que está a mayor distancia del eje de la manivela, y punto muerto inferior (pmi) el que está más próximo.

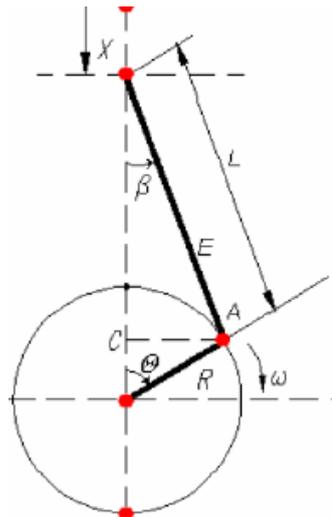
La distancia entre el pms y el pmi se llama carrera y coincide con el doble de la longitud de la manivela.

Entre sus numerosas aplicaciones destacan sobre todo las utilizadas en el mundo del automóvil. Así por ejemplo el movimiento alternativo producido en los pistones de los cilindros es transformado en giro por medio de sistemas biela manivela.



**Figura 2. 8:** Función del sistema biela manivela.

**Fuente:** Mesías López, 2011



**Figura 2. 9:** Esquema biela manivela

**Fuente:** Mesías López, 2011

Su principal razón de su uso es su sencillez y costo.

#### **2.4.2. ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

(Chasi, 2014) En la tesis con el tema “Sistemas de elevación para el transporte de productos cerámicos en la empresa novel de la ciudad de Latacunga y su incidencia en el nivel de producción”, señala que es la planificación, implementación y el control de actividades de producción, incluyendo el propio sistema de producción de bienes o servicios, conducido por una unidad de organización, con objetivos definidos del desempeño.

- **Los Métodos y los Tiempos**

La única posibilidad para que una empresa o negocio crezca y aumente su rentabilidad es aumentar la productividad. El mejoramiento de la productividad se refiere al aumento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado

- **Los Métodos**

Se puede definir como el conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto, con vistas a introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo.

Los objetivos del estudio de métodos son:

- Mejorar los procesos, procedimientos y la disposición de la fábrica, taller y lugar de trabajo, así como el diseño del equipo e instalaciones.
- Economizar el esfuerzo humano para reducir fatiga.
- Crear mejores condiciones de trabajo.
- Ahorrar el uso de materiales, máquinas y mano de obra.

### Diagrama de procesos

Al diagrama de procesos también se lo conoce como diagrama de flujo, en el cual se exhibe el orden de un proceso, en el que gráfica y ordenadamente se representa como acontecen las operaciones, las inspecciones, los transportes, las demoras y los almacenamientos durante un proceso, además tiene información adicional, como son el tiempo y la distancia para cada operación.

### SÍMBOLOGIA DE LAS ACTIVIDADES

A continuación se detalla la simbología utilizada:

**Tabla 2. 1:** Simbología

	<b>OPERACIÓN.-</b> Señala las primordiales etapas del proceso o procedimiento. Se usan cuando se convierte principalmente la materia prima.
	<b>TRANSPORTE.-</b> Muestra el movimiento de los recursos humanos, materia prima y la ubicación de aparatos.
	<b>INSPECCIÓN.-</b> Para confirmar la calidad, la cantidad. Simboliza comprobación, inspección.
	<b>DEMORA.-</b> Es un almacenaje transitorio o momentáneo. Revela demora en el desarrollo de los sucesos.
	<b>ALMACENAJE.-</b> Señala el almacenaje de algo bajo supervisión, es un lugar donde se recibe y entregan cosas en base a una autorización.

**Fuente:** Ing. Yesenia Chasi

- **Aplicación de Tiempos**

Tiempo Estándar – Definición: Es el tiempo necesario para que una persona calificada y entrenada pueda ejecutar una operación dentro de un método definido con un ritmo normal de trabajo.

El tiempo estándar se lo formara de la siguiente manera:

- Dividir la operación en elementos, tantos cuantos sean posibles.
- Cronometrar los elementos en orden cronológico.
- Definir el tiempo promedio de los elementos.

### **2.4.3. LA PRODUCCIÓN**

El modo de producir no está determinado por el objeto o la cantidad que se produce, tampoco por cuánto se produce, sino por el modo en que se lleva adelante dicha producción.

### **2.4.4. LA CEBADA**

#### **Descripción**

La cebada junto con el arroz es el cereal de mayor importancia en el Ecuador. Entre los usos que más destacan de este cultivo están: alimento para animales, componente base de la malta, componente de alimentos saludables, la cerveza y otras bebidas destiladas.

En la actualidad ocupa el quinto lugar entre los cereales de mayor producción a nivel mundial.

De acuerdo al INIAP, las condiciones agroecológicas para el cultivo de cebada en Ecuador son: zonas especializadas en cereales comprendidas entre 2.400 a 3.300 msnm, un clima que incluya una precipitación de 400 a 600 mm lo largo del ciclo de cultivo, un suelo franco arenoso, profundo, con buen drenaje y con un pH que oscile entre 6,5 a 7,5.

El pigmento de este grano es de claro a café. La cebada la podemos encontrar pelada, con cascara o en forma de harina para la elaboración de coladas. (INEC, 2011)

**Cebada desnuda.**- La cebada desnuda se define como aquella que no está provista de cascarilla. Esta variedad de cebada fue creada bajo condiciones de mejoramiento genético para lograr un mejor rendimiento del aporte nutritivo para el consumo humano. (Egas Astudillo, 2006,p.9).

**Forma de la cebada.**- El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente y sus dimensiones varían como sigue: una longitud máxima de 9.5mm y una mínima de 6mm; de ancho mide entre 1.5mm y 4mm. (Egas Astudillo, 2006, pág. 11)

**Densidad de la cebada.**- La densidad de la cebada es de 550 – 690 (kg/m<sup>3</sup>). (López Gómez, 2015, pág. 6)

#### 2.4.4.1.MACHICA



**Figura 2. 10:** La máchica.

**Fuente:** El autor

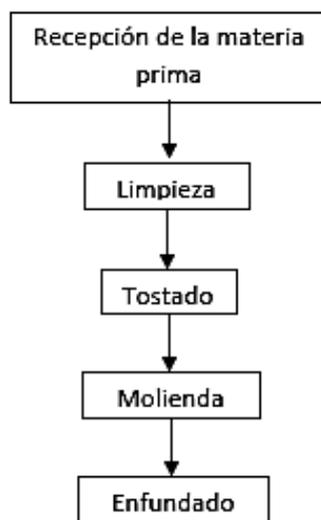
#### **Origen.**

La máchica es una harina que se elabora comúnmente sobre la base de cebada tostada y molida, pero se la hace también de maíz tostado y molido, o trigo tostado y molido. Es el ingrediente esencial del chapo. La denominación de máchica es netamente Andina, ya que viene de las palabras mashka. En Ecuador, comúnmente podemos encontrar a la máchica elaborada a partir de cebada, aunque algunos la

mezclan con harina de maíz morocho tostada, o con otros granos o cereales, por ejemplo haba tostada y molida o trigo tostado y molido.

En Ecuador, el uso de la máchica se ha limitado a la preparación coladas dulces (40%) y saladas mezclándolo con sopas como el locro de zambo (25%), el pinol (20%), el chapo (15%), y el pan de máchica

Los cereales en cartón casi han hecho que desaparezca de la mesa de las familias, depreciando su valía nutricional y su leyenda del alimento de los predecesores pueblos andinos. (INEC, 2011)



**Figura 2. 11:** Diagrama de elaboración de la máchica.

**Fuente:** Autor

## **2.5. HIPÓTESIS**

¿Un sistema mecánico para limpiar la cebada en la elaboración de harina de machica mejorará la producción artesanal?

## **2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.6.1. VARIABLE ENDEPENDIENTE**

Sistema mecánico para limpiar la cebada.

### **2.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

La producción.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN.**

El proyecto es de tipo cuantitativo ya que mediante la limpieza mecánica se reducirá la cantidad de impurezas en la cebada para la elaboración de la harina de máchica. Posee además un enfoque cualitativo en el análisis investigativo porque se hizo comparaciones con los distintos métodos de limpieza existentes en el medio.

**De campo:** Se investigará en el lugar donde ocurre los hechos para lo cual se reunirá información de suma importancia, que será la base para esta investigación.

**Bibliográfica:** Se basará en textos, normas, internet, libros, tesis, sobre la utilización de sistemas mecánicos para la limpieza de la cebada.

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

##### **Exploratorio:**

Reforzará el planteamiento del problema, en base a lo investigado para diseñar el proyecto. Y con los datos adquiridos, se planteó el problema y el enunciado de la hipótesis.

**Explicativo:** La información recogida permitirá un análisis de los distintos modelos que se ha investigado para implementar un sistema mecánico de limpieza adecuado a nuestro problema.

#### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.3.1. Población o universo.**

La población será tomada del taller artesanal de la Sra. María Matza, y estará compuesto por la cantidad de 5 quintales de cebada que se procesan semanalmente para la obtención de la harina de máchica.

### 3.3.2. Muestra.

Debido a que es una cifra medible la muestra de nuestro estudio será igual a la población.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

**3.4.1. Variable Independiente:** Sistema mecánico aplicado a la limpieza de cebada.

**Tabla 3. 1:** Operacionalización de la variable independiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Es la comparación de diferentes maquinarias encargados de retirar impurezas, para obtener un producto limpio	Tipo de máquinas	Zarandas cilíndricas rotativas  Con aspirador y zarandas  Con zarandas	¿Qué tipo de máquina será adecuado para limpiar la cebada a nivel artesanal?	Investigación Bibliográfica, Páginas web.

**Fuente:** Autor

### 3.4.2. Variable dependiente: La producción.

Tabla 3. 2: Operacionalización de la variable dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El modo de producir no está determinado por el objeto o la cantidad que se produce, tampoco por cuánto se produce, sino por el modo en que se lleva adelante dicha producción.	Proceso          Cantidad de cebada que se limpia	Tiempo en la limpieza manual  Tiempo en la limpieza mecánica   Cantidad que se limpia manualmente  Cantidad que se limpia mecánicamente	- 7h/qq  - 9h/qq   - 30min a 45 min/qq   1qq/día   3qq/día	- Guía de observación  - Cuaderno de notas.  - Cronómetro  - Balanza

Fuente: Autor

### 3.5. Plan de recolección de la información.

La observación directa es una de las modalidades de laboratorio que más se usan ya que por intermedio de esta técnica la persona que investiga participa de forma directa en la investigación, en la que se pudo reconocer y establecer las principales actividades en el proceso de limpieza de la cebada y las dificultades que se crea en la elaboración de la harina.

Con esta investigación se apoya en el estudio de un sistema de limpieza de la cebada para mejorar la producción. El tema de la tesis se basa en la utilización de páginas web, catálogos y libros.

Se utilizara los siguientes instrumentos como: cuaderno de notas, cámara fotográfica.

Se realizará consultas a la propietaria y a las sujetos implicados en el proceso de limpieza, se efectuara mediciones de porción de producto a limpiar y el tiempo que se tarda, utilizando un cronometro digital y una balanza.

Para garantizar el porcentaje de impureza de la cebada se usara como referencia la Norma INEN 2356:2004, la que señala que se debe utilizar un clasificador de cebada que para nuestro caso se trata de un Tamizador Vico que se encuentra en la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos en el Laboratorio de Cereales.

Para realizar en ensayo se utilizara 3 tamices, luego se pesara 100gr de cebada y posteriormente se colocara en el tamiz superior, se cerrara bien y se agitara por 5min.

Se separa de cada tamiz las impurezas y se pesa el grano, después se pesa el contenido de la bandeja del fondo.

El motivo para usar estas técnicas e instrumentos es para a continuación ser examinada y calculada.

**Tabla 3. 3:** Técnicas utilizadas en investigación.

<b>Técnicas de investigación</b>	<b>Tipos</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Instrumentos de registros</b>
Observación	- Directa, Indirecta  - De campo	- Guía de observación  - Cuaderno de notas	- Cámara fotográfica  - Equipos de medición  - Balanza
Entrevista	No estructurada	Guía de entrevista	- Cámara fotográfica  - Equipos de medición

**Fuente:** Autor

### **3.6. Plan de Procesamiento de la información.**

Verificación de los datos recolectados, en base al tema de estudio.

Procesar los datos recolectados para generar las conclusiones.

Tabular los resultados de los ensayos e interpretar los mismos.

Este procesamiento proporcionará una comprobación de datos sobre el progreso de la producción.

Se efectuarán experimentos en la empresa artesanal para conseguir información de las necesidades que prevalece en el sistema manual para efectuar el proyecto en base a las indagaciones realizadas.

#### **3.6.1. Análisis e interpretación de resultados.**

Para el análisis se seguirá los siguientes pasos:

- Interpretar los datos en base a los sistemas mecánicos que existen en el medio local e internacional.
- Analizar y juntar los resultados logrados con los objetivos y la hipótesis que se trata de conseguir con la búsqueda de mejor alternativa para la limpieza mecánica.
- Establecer el porcentaje de impurezas, resultado de la limpieza manual y la mecánica.
- Plantear conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO IV

### Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1. Análisis de los resultados.

##### 4.1.1. Alternativas para un sistema mecánico para la limpieza de cebada

###### A. Limpieza con zarandas cilíndricas rotativas



**Figura 4. 1:** Equipo con zarandas cilíndricas

**Fuente:** <http://www.agroads.com.ar/detalle.asp?clasi=238345>

#### Ventajas

- ✓ Muy utilizados
- ✓ Gran capacidad para limpiar
- ✓ Permite sustituir las mallas
- ✓ Limpia diferentes productos

#### Desventajas

- ✓ Usada en grandes haciendas
- ✓ Usa un sin fin para su alimentación
- ✓ Daña el grano ya que se quiebra en el intento de ser limpiado
- ✓ Costo elevado

## B. Limpieza con aspirador y zarandas.



**Figura 4. 2:** Equipo Bec-car LSG 10

**Fuente:** <http://www.bec-car.com/clasificadoras-de-granos.html>

### Ventajas

- ✓ Muy utilizado
- ✓ Elimina con gran precisión las impurezas
- ✓ No requiere gran espacio para su montaje
- ✓ Manejo fácil

### Desventajas

- ✓ No elimina materias más pesadas
- ✓ Mecanismos complejos
- ✓ Costo relativamente alto
- ✓ Usa un sin fin para su alimentación

### C. Limpieza con zarandas



**Figura 4. 3:** SIRCA, Clasificadora de Granos

**Fuente:** <http://www.sircaecuador.com/index.php/productos/clasificadora-granos>

#### Ventajas

- ✓ Mecanismos no muy complejos
- ✓ Fácil operación y mantenimiento
- ✓ No daña el producto
- ✓ Tolva de alimentación
- ✓ Costo relativamente bajo comparado con las otras 2 opciones

#### Desventajas

- ✓ Robusto

### 4.1.2. Selección de un sistema mecánico para la limpieza de cebada

#### Método ordinal corregido de criterios ponderados.

Según RIBA, CARLE (2002) en su libro Diseño Concurrente, indica que se evalúa algunas características y que las mismas dan resultados significativos. Con la ayuda de tablas se comparara, establecerá y fijaran equivalencias como sigue a continuación:

**Tabla 4. 1:** Equivalencias para la ponderación

<b>VALOR</b>	<b>CRITERIO</b>
1	Cuando el criterio de las filas es superior (o mejor;>) que las columnas
0,5	Cuando el criterio de las filas es equivalentes (=) a las columnas
0	Cuando el criterio de las filas es inferior (o peor;<) que las columnas

**Fuente:** Autor

Se suman los equivalencias, después se le suma una unidad para que aquella idea que no es muy optimista posea un valor nulo.

Así posteriormente, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada idea.

Al final se suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico de la respectiva idea.

Las alternativas para efectuar un sistema mecánico para la limpieza de la cebada son:

**Tabla 4. 2:** Categorías y Alternativas.

<b>CATEGORIA</b>	<b>ALTERNATIVA</b>
A	Zaranda cilíndrica rotativa
B	Ventilador y zarandas
C	Zarandas

**Fuente:** Autor

**En la tabla a valorar están las ideas siguientes:**

**Tabla 4. 3:** Ideas a valorar

N°	IDEAS
1	Costo
2	Construcción
3	Cantidad de producto
4	Dimensiones de las maquinas
5	Manejo

**Fuente:** Autor

- **Costo moderado**, Aquí se involucra el costo en material, mano de obra y maquinas a utilizar en la construcción del equipo de limpieza. Para esto nos ayudaremos de las distintas cotizaciones que obtuvieron de los sistemas investigados.
- **Construcción**, se empleara equipos que se encuentren al alcance de nuestras posibilidades pero que puedan realizar los distintos trabajos que se necesiten. Igualmente, los materiales deben ser fáciles de obtener y ya manufacturados posibles de remplazar.
- **Cantidad de producto**, la cantidad de producto debe ser similar o mayor a la empleada en el proceso manual.
- **Dimensiones de las máquinas**, debe ser adecuadas al lugar donde va a ser ubicado ya que el espacio no es amplio para situar la máquina.
- **Manejo**, se usara dispositivos fáciles de manipular para que cualquier persona sea capaz de operar dicho equipo.

Se establece la principal solución por medio de la ponderación en base a los datos de las tablas 4.2 y tabla 4.3.

**Tabla 4. 4:** Evaluación del peso específico de cada criterio

<b>Costo &gt; Construcción &gt; Cant. De producto &gt; Dimensiones &gt; Manejo</b>							
<b>Criterio</b>	<b>COSTO</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>CANTIDAD DE PRODUCTO</b>	<b>DIMENSIONES DE LAS MÁQUINAS</b>	<b>MANEJO</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
COSTO MODERADO	1	1	1	1	1	5	0,33
CONSTRUCCIÓN	0	1	1	1	1	4	0,27
CANT. DE PRODUCTO	0	0	1	1	1	3	0,20
MANTENIMIENTO	0	0	0	1	1	2	0,13
MANEJO	0	0	0	0	1	1	0,07
					<b><math>\Sigma</math></b>	<b>15</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Autor

**Estimación de las diversas máquinas a evaluar.**

En la estimación de los pesos específicos se empleara la **Tabla 1** que se halla en el **ANEXO C1**, en la que se resumido la información de las características y cotizaciones de las distintas alternativas a evaluar.

- a) **Costo.-** La solución C por el precio bajo se coloca en primer lugar en comparación con las tres proformas presentadas, seguido de la solución A y en último lugar la solución B.

**Tabla 4. 5:** Estimación del costo

<b>Solución C &gt; Solución A &gt; Solución B</b>					
<b>Costo</b>	<b>Solución A</b>	<b>Solución B</b>	<b>Solución C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Solución A	1	1	0	2	0,33
Solución B	0	1	0	1	0,17
Solución C	1	1	1	3	0,50
			<b><math>\Sigma</math></b>	<b>6</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Autor

b) **Construcción.**

La solución C tienen un mayor valor porque las partes del equipo pueden ser fabricadas a nivel local con materiales de fácil obtención, a continuación se coloca la solución A y finalmente la solución B.

**Tabla 4. 6:** Estimación de la idea, Construcción

<b>Solución C &gt; Solución A &gt; Solución B</b>					
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>Solución A</b>	<b>Solución B</b>	<b>Solución C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Solución A		1	0	2	0,33
Solución B	0		0	1	0,17
Solución C	1	1		3	0,50
			<b><math>\Sigma</math></b>	<b>6</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Autor

c) **Cantidad de producto.**

E La solución A tiene un valor mayor que la solución C debido a su alta capacidad para limpiar el producto y en último lugar la solución B.

**Tabla 4. 7:** Estimación de la Cantidad de producto.

<b>Solución A &gt; Solución C &gt; Solución B</b>					
<b>CANTIDAD DE PRODUCTO</b>	<b>Solución A</b>	<b>Solución B</b>	<b>Solución C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Solución A		1	1	3	0,50
Solución B	0		0	1	0,17
Solución C	0	1		2	0,33
			<b><math>\Sigma</math></b>	<b>6</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Autor

d) **Dimensiones de las máquinas.**

En primer lugar tenemos la solución C que es equivalente a la solución B porque sus dimensiones son las más pequeñas y apropiadas para el espacio reducido donde se va a colocar la máquina y ubicando en último lugar la solución A por ser la más grande.

Tabla 4. 8: Estimación de las dimensiones de las máquinas.

<b>Solución C = Solución B &gt; Solución A</b>					
<b>DIMENSIONES DE LAS MÁQUINAS</b>	<b>Solución A</b>	<b>Solución B</b>	<b>Solución C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Solución A	0	0	0	1	0,17
Solución B	1	0,5	0,5	2,5	0,42
Solución C	1	0,5	0,5	2,5	0,42
			<b><math>\Sigma</math></b>	<b>6</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Autor

e) **Manejo.**

En el análisis se colocamos inicialmente a la Solución C debido a que su criterio de ponderación es superior por la simplicidad para manipular el equipo ya que no posee elementos complejos y es fácil de operar, posteriormente se coloca la Solución A y finalmente la Solución B.

Tabla 4. 9: Estimación del manejo

<b>Solución C &gt; Solución A &gt; Solución B</b>					
<b>MANEJO</b>	<b>Solución A</b>	<b>Solución B</b>	<b>Solución C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Solución A	1	0	0	2	0,33
Solución B	0	1	0	1	0,17
Solución C	1	1	1	3	0,50
			<b><math>\Sigma</math></b>	<b>6</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Autor

Con las tablas antes realizadas se elabora un diagnóstico para hallar el equipo que requerimos según las necesidades de nuestra investigación.

**Tabla 4. 10:** Resultado del diagnostico

PARAMETRO	COSTO	CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD DE PRODUCTO	MANTENIMIENTO	MANEJO	$\Sigma$	PRIORIDAD
SOLUCIÓN A	0,11	0,09	0,10	0,02	0,02	0,34	<b>2</b>
SOLUCIÓN B	0,06	0,04	0,03	0,06	0,01	0,20	<b>3</b>
SOLUCIÓN C	0,17	0,13	0,07	0,06	0,03	0,46	<b>1</b>

Fuente: Autor

Desarrollando la ponderados, tenemos que el equipo con zarandas es el adecuado para nuestro proyecto, por su valor de 0,46 que es el más alto.

#### 4.1.3. Proceso manual para limpieza de Cebada

##### Recepción de la materia prima.

La cebada se la traslada para almacenarla ubicándola en una bodega seca y ventilada.



**Figura 4. 4:** Recepción de materia prima

Fuente: Autor

##### Pre-limpieza con tamices grande y pequeño.

Primero se coloca 20 libras de cebada en el tamiz 1 para separar el grano más grueso y para que el grano más delgado pase a través de los agujeros para ser colocado en un recipiente.



**Figura 4. 5:** Pre limpieza tamiz grande

**Fuente:** Autor

Posteriormente el grano que se encuentra en el recipiente se pasa al tamiz 2 para separar las piedras y otras impurezas más pequeñas que el grano.



**Figura 4. 6:** Pre limpieza tamiz pequeño

**Fuente:** Autor

Una vez utilizado estos tamices se coloca en una saca y por último se pone una cantidad de 15 lb en una mesa para proceder a limpiar a mano aquellas impurezas que todavía se encuentran con el grano de cebada.



**Figura 4. 7:** Limpieza a mano

**Fuente:** Autor



**Figura 4. 8:** Impurezas

**Fuente:** Autor

A continuación se deposita la cebada limpia en un recipiente.



**Figura 4. 9:** Cebada limpia

**Fuente:** Autor

**Tostado de la cebada.-** De igual manera se pone la cantidad de 15lb en la paila para tostar dicho grano.



**Figura 4. 10:** Tostado

**Fuente:** Autor

**Aventado.-**

Después del tostado se avienta el material para que se dispersen las impurezas livianas que se produjeron en el proceso anterior.

**Molienda.-**

Aquí se realiza el molido de la cebada para obtener la harina de máchica que será después vendida.



**Figura 4. 11:** Molienda

**Fuente:** Autor

### **Enfundado.-**

El proceso final en la elaboración de harina de máchica es la dosificación de la harina de forma manual en fundas plásticas en cantidades de 1 lb o más.

## **4.2. Interpretación de datos.**

### **4.2.1. Diagrama de proceso – procedimiento manual**

En el diagrama se muestran tiempos y distancias durante el proceso de elaboración de la harina de máchica.

Se tomara en cuenta cada uno de los pasos para elaborar la harina partiendo de la recepción del grano hasta finalmente enfundar el producto para su venta.

A continuación se realiza un diagrama en el cual se muestra cada uno de los pasos a seguir para procesar la cebada.

Aquí visualizaremos gráficamente y detectaremos con facilidad cualquier error como demora o repeticiones innecesarias.

**Tabla 4. 11:** Diagrama de proceso manual

<b>CURSOGRAMA ANALÍTICO</b>								
<b>Procedimiento Actual</b>		X		<b>Fecha:</b> 22-10-2015				
<b>Procedimiento Propuesto</b>				<b>Realizado por:</b> Diego Puentes				
<b>Sujeto del diagrama:</b>				Diagrama # 1				
Proceso de elaboración de harina de machica								
Para 1 qq diario de cebada								
<b>Distancia</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Numeración</b>	<b>Símbolos del diagrama</b>				<b>Descripción del proceso</b>	
m	min		○	→	□	<b>D</b>		△
5	1	<b>1</b> △	○	→	□	<b>D</b>	△	Recepción de la materia prima
1,5	180	<b>1</b> ○	○	→	□	<b>D</b>	△	Pre-limpieza con tamices grande y pequeño
1,5	300	<b>2</b> ○, <b>1</b> □	○	→	□	<b>D</b>	△	Escoger cebada grande con cascara y cebada sin cascara, y retirar piedras pequeñas a mano
0,5	5	<b>3</b> ○	○	→	□	<b>D</b>	△	Aventar para que se dispersen las impurezas livianas
0,5	5	<b>1</b> <b>D</b>	○	→	□	<b>D</b>	△	Depositar en un recipiente la cebada limpia
1,5	90	<b>4</b> ○	○	→	□	<b>D</b>	△	Tostado de la cebada
1	300	<b>5</b> ○	○	→	□	<b>D</b>	△	Molienda
0,5	1	<b>6</b> ○	○	→	□	<b>D</b>	△	Enfundado de la máchica
<b>12</b>	<b>882</b>							

Fuente: Autor

#### 4.2.2. Limpieza manual

Lo que se busca con la limpieza manual es determinar el tiempo que se tarda en limpiar la cantidad de 1 quintal de cebada. Estos resultados permiten elaborar un cuadro comparativo entre el proceso manual y el proceso mecánico para la limpieza de la cebada.

#### Resultados de la limpieza manual

**Tabla 4. 12:** Resultados limpieza manual

<b>Quintal</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Media</b>
<b>Tiempo (min)</b>	485	420	400	450	473	445.6
<b>Impureza (gr)</b>	147.5	101.7	97.8	119.5	130.3	119.36

**Fuente:** Autor

#### 4.2.3. Limpieza mecánica

En la limpieza mecánica de igual manera se determinará el tiempo de limpieza con la cual se podrá ver los resultados obtenidos con el equipo mecánico.

**Tabla 4. 13:** Resultados limpieza mecánica

<b>Quintal</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Media</b>
<b>Tiempo (min)</b>	35	38	30	31	33	33.4
<b>Impureza (gr)</b>	100.1	105.6	90.5	88.8	94.5	95.5

**Fuente:** Autor

#### 4.2.4. Ensayo para determinar el porcentaje de impurezas entre el proceso manual y mecánico.

Se realiza este ensayo para garantizar el porcentaje de impureza entre la limpieza manual y la limpieza mecánica, para lo cual la impureza de la cebada debe ser menor o igual al 3% del total de la cebada a limpiar.

Para realizar esta prueba se tomara como punto de partida una cantidad de 100gr que finalmente con una regla de tres se procederá a comprobar dicho porcentaje.

Equipos y materiales utilizados:

Balanza



**Figura 4. 12:** Balanza

**Fuente:** Autor

Tamices de diferentes medidas



**Figura 4. 13:** Tamiz # 14, # 8, #4

**Fuente:** Autor

Tamizador Eléctrico



**Figura 4. 14:** Tamizador eléctrico marca BICO

**Fuente:** Autor

#### 4.2.4.1. Método para determinar la impureza de la cebada

- Pesamos la cantidad de 100gr de cebada.
- Ubicamos los tamices uno sobre otro y ponemos la cebada en el tamiz superior.
- Colocamos los tamices en el tamizado eléctrico por un periodo de 5 minutos.
- Pesamos la cebada de cada tamiz y finalmente sumamos la cantidad total de cebada de los 3 tamices.
- Pesamos las impurezas que se encuentran en la bandeja del fondo.
- Calcular el porcentaje de impureza con la ayuda de la regla de tres.

#### 4.2.4.2. Recopilación de datos de la impureza

Para el ensayo se ha tomado 5 muestras de 100gr de cebada limpia mediante el método manual y 5 muestras de 100gr de cebada limpia mediante el método mecánico para poder conocer el porcentaje de impureza de cada método.

**Tabla 4. 14:** Ensayo sistema manual

<b>ENSAYO SISTEMA MANUAL</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>Peso para el ensayo</b>	<b>Peso de la cebada</b>	<b>Peso impurezas</b>	<b>% de impureza</b>
<b>1</b>	100,04	99,88	0,16	0,16
<b>2</b>	100,02	99,71	0,31	0,31
<b>3</b>	100,08	99,86	0,22	0,22
<b>4</b>	100,04	99,54	0,5	0,50
<b>5</b>	100	99,08	0,2	0,20

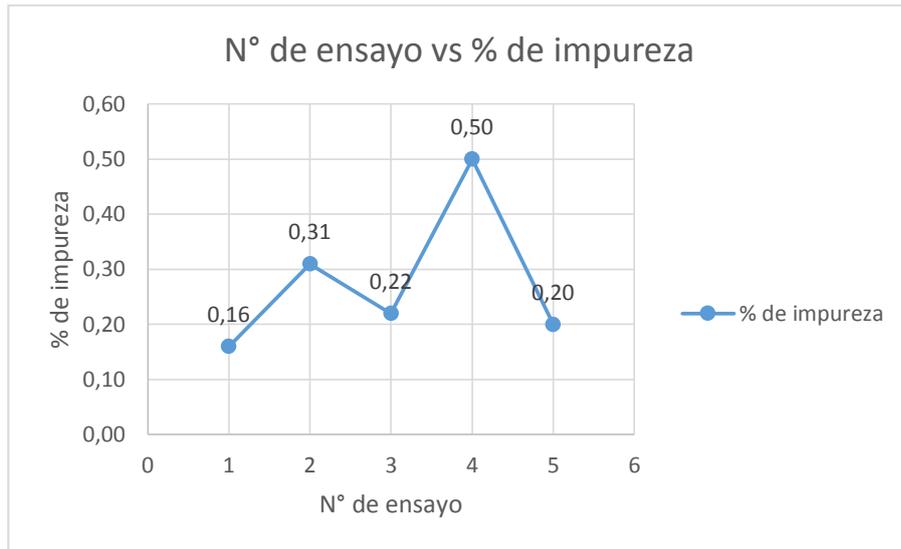
Fuente: Autor

**Tabla 4. 15:** Ensayo sistema mecánico

<b>ENSAYO SISTEMA MECÁNICO</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>Peso para el ensayo</b>	<b>Peso de la cebada</b>	<b>Peso impurezas</b>	<b>% de impureza</b>
<b>1</b>	100,4	97,94	2,46	2,46
<b>2</b>	100,02	98,96	1,06	1,06
<b>3</b>	100,03	97,97	2,06	2,06
<b>4</b>	100,05	98,38	1,67	1,67
<b>5</b>	100,04	99,04	1	1,00

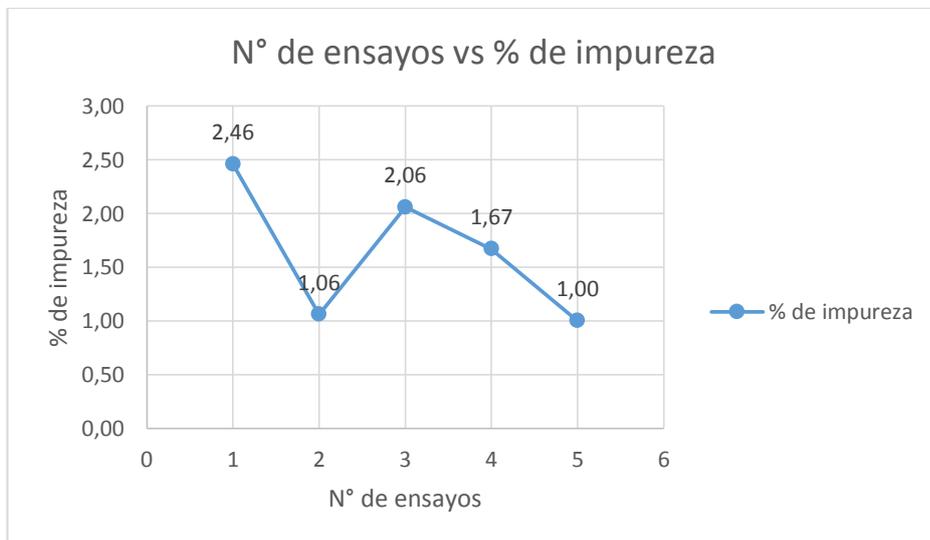
Fuente: Autor

Para poder visualizar de mejor manera el proceso de limpieza manual se toma el número de ensayos vs el porcentaje de impureza de la tabla 4.14



**Figura 4. 15:** Evolución del ensayo manual

**Fuente:** Autor



**Figura 4. 16:** Evolución del ensayo mecánico

**Fuente:** Autor

Podemos observar que en el sistema mecánico hay un % elevado de impurezas comparado con el sistema de limpieza manual.

Entonces para poder garantizar una limpieza mejor se procederá a realizar una segunda pasada en la maquina tamizadora.

### **4.3.Verificación de la hipótesis.**

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 4.12 y tabla 4.13 se puede observar que mejora el tiempo de limpieza de la cebada de 445.6 min a 9.8 min por quintal de grano.

Siendo inversamente proporcional a la producción incrementándose la misma debido a la disminución del tiempo de limpieza.

Por lo tanto un sistema mecánico aplicado a la limpieza de la cebada incide de gran manera en la elaboración de harina de machica.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

- Por medio de la ponderación se realizó una investigación de los procedimientos de limpieza para la cebada tomando en cuenta parámetros como: costo, construcción, cantidad de producto, tamaño y manejo, encontrando como respuesta el limpiador con zarandas con una valoración de 0,46.
- Por intermedio de los fundamentos bibliográficos indicados y mencionados en esta investigación de tesis, se ha establecido las particularidades y pormenores técnicos, elementales que han sido aprovechadas y adquiridos tomando en cuenta para cada uno de las estimaciones en el escogimiento del sistema correcto.
- Se evidenció que el porcentaje de impureza es menor del 3% de cada quintal como indica la Norma INEN 1559: 2004, en la limpieza manual y luego en la limpieza mecánica.
- El análisis de resultados de la capacidad de limpieza dio como resultado real el estudio de un sistema mecánico ya que en este sistema se puede limpiar hasta 35 qq/hora como se puede ver en el Anexo B3 frente a la limpieza manual.
- El sistema mecánico para la limpieza de la cebada constituye un diseño beneficioso y eficiente para aplicar la propuesta porque en el sistema manual se ocupa un tiempo de 445 min mientras que en el mecánico su utiliza un tiempo de 33min teniendo un ahorro del 92.5 %.
- En lo que a la cantidad de impureza se trata, manualmente se obtiene un valor de 119.36 gr y mecánicamente una cantidad de 95.5 gr.

#### **5.2. Recomendaciones**

- Tener en cuenta que para cada quintal la impureza siempre varia ya que de acuerdo a la forma de cosecha sea esta mecánica o manual depende la cantidad de suciedades.
- Para la construcción de la máquina es recomendable seleccionar materiales con disponibilidad local o nacional y costos accesibles.

- Como se puede observar en los gráficos 4.15 y 4.16, para garantizar que la cebada va a quedar libre de impurezas se recomienda realizar una segunda pasada en la maquina tamizadora.
- Diseñar un sistema mecánico de limpieza que retire la mayor cantidad de impurezas de la cebada

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MECÁNICO APLICADO A LA LIMPIEZA DE CEBADA EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE MÁCHICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ARTESANAL.**

##### **6.1. DATOS INFORMATIVOS**

La propuesta reside en el diseño y construcción de un sistema mecánico para limpiar cebada destinada a la producción de harina de máchica. Esta máquina estará presente cuando se quiera retirar las impurezas.

###### **6.1.1. Ejecutor**

Diego Sebastián Puente Tipán

###### **6.1.2. Beneficiarios**

María Mastha adjudicataria del puesto de harinas y granos en el Mercado Simón Bolívar.

###### **6.1.3. Ubicación**

Ciudadela La Independencia, Av. Los Atis y Obispo Cuero y Caicedo

###### **6.1.4. Tiempo estimado para la ejecución.**

El tiempo estimado para la construcción del equipo es de 2 meses

###### **6.1.5. Equipo técnico responsable**

- Diseñador
- Técnico mecánico

## **6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

La intención del diseño y construcción de un sistema para la limpieza de cebada es eliminar las impurezas para garantizar un producto de calidad en un menor tiempo posible, ya que artesanalmente sus equipos son rudimentarios para la elaboración de harina.

En nuestro medio no se utilizan máquinas que realicen esta actividad por lo que implementar este equipo ayudara a realizar este trabajo de mejor forma.

## **6.3. JUSTIFICACIÓN**

Con la utilización de este sistema, el sector artesanal se beneficiará optimizando el uso de sus recursos generando una mejor limpieza de la cebada, otro aspecto es la disminución considerable de labores.

En la parte de innovación se puede decir que la implementación de este equipo permitirá reducir tiempos de la producción

Un aspecto a señalar es que con esta propuesta se brindará un cambio en el proceso que se usa en la actualidad con el uso de equipos eficientes.

## **6.4. OBJETIVOS**

### **6.4.1. Objetivo General**

Diseñar y construir de un sistema mecánico aplicado a la limpieza de cebada en la elaboración de harina de máchica para mejorar la producción artesanal.

### **6.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros necesarios para el diseño de un sistema de limpieza con zarandas.
- Diseñar y calcular los elementos mecánicos.
- Elaborar los planos necesarios.
- Construir una máquina para limpiar la cebada para mejorar el tiempo de producción

## 6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La propuesta se puede llevar a efecto debido a que se tiene la información básica para el diseño y construcción de la zaranda mecánica. En base al estudio que se realizó se puede dimensionar la máquina de forma apropiada para que cumpla con los requisitos básicos.

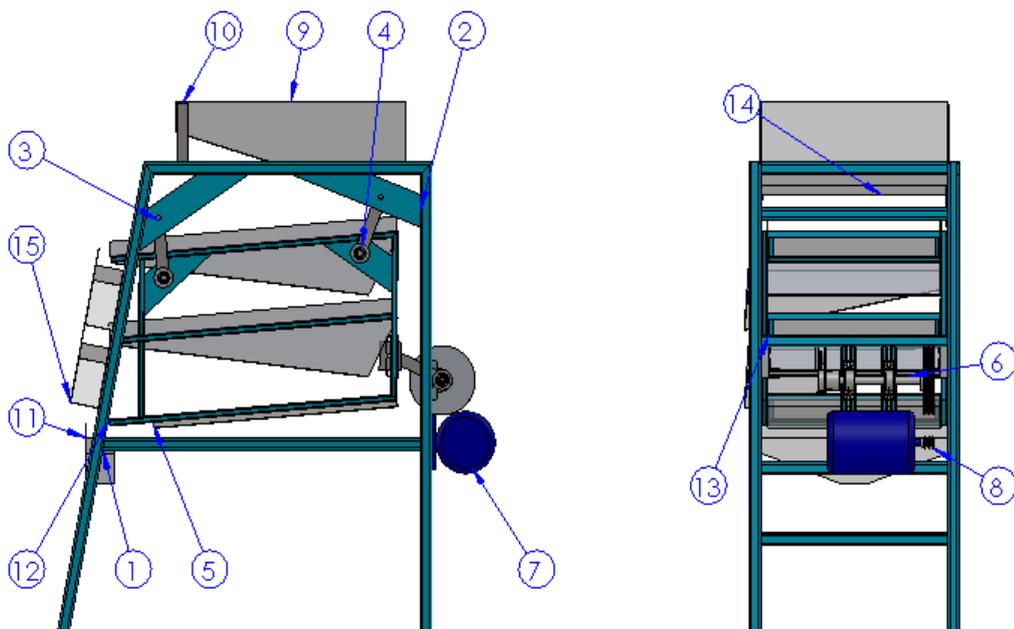
En lo que se refiere a la construcción, los materiales existen a nivel local y nacional.

## 6.6. FUNDAMENTACIÓN

### 6.6.1. Establecer los parámetros necesarios para el diseño de un sistema para limpieza con zarandas.

Para dimensionar la estructura de la máquina a diseñar nos basaremos en el estudio realizado en Capítulo IV.

### 6.6.2. Diseño y selección de elementos



**Figura 6. 1:** Máquina tamizadora

Fuente: Autor

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Estructura 1        | 9. Tolva superior        |
| 2. Refuerzo 3          | 10. Pletina doblada      |
| 3. Refuerzo 4          | 11. Canal inferior       |
| 4. Biela               | 12. Plancha perforada    |
| 5. Estructura bandejas | 13. Estructura biela     |
| 6. Transmisión         | 14. Dosificador          |
| 7. Motor 2 HP          | 15. Tolva de recolección |
| 8. Polea 1.5 in        |                          |

### 6.6.2.1. Diseño de la bandeja de tamizado de cebada

Para el sistema de tamizado de cebada, se ha tomado como referencia una plancha perforada de acero AISIS 304, que tiene la característica de inoxidable debido a su contacto con un insumo alimenticio.

Las dimensiones de la plancha son, de 1 metro de largo por 0,60 metros de ancho. Para efectos de cálculo, se asume que la cebada llena 1 centímetro de alto por sobre las dimensiones de la plancha.

$V$  = Volumen de cebada en cada bandeja

$$V = (1m) * (0,6m) * (0,01m) \quad \text{Ec. (6.1)}$$

$$V = 6 * 10^{-3} m^3$$

$\delta$  = Densidad de la cebada. (López Gómez, 2015, pág. 6)

$$\delta = 620 \frac{Kg}{m^3}$$

Peso de la cebada en cada bandeja =  $P_c$

$$P_c = (6 * 10^{-3} m^3) * \left(620 \frac{Kg}{m^3}\right) = 3.72Kg \quad \text{Ec. (6.2)}$$

Los elementos laterales de la bandeja deberán soportar el peso de la cebada más el peso de la plancha de acero inoxidable, que a su vez para su estimación serán 2 pedazos de 1m x 0.6mm una plancha sin perforaciones.

AISI 304

$$\delta_{304} = 7800 \frac{Kg}{m^3}$$

$$V_{304} = (1m) * (0,6m) * (0,001m) * 2 = 1.2 * 10^{-3} m^3 \quad \text{Ec. (6.3)}$$

$$P_{304} = (1.2 * 10^{-3}) * \left(7800 \frac{Kg}{m^3}\right) = 9.36 Kg \quad \text{Ec. (6.4)}$$

- **Diseño de los elementos laterales de las bandejas de tamizado**

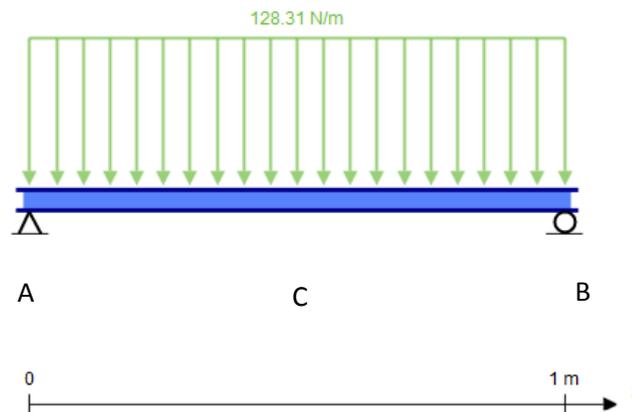
El escenario crítico para el cual se procede el diseño es cuando colocamos el peso completo de la cebada y de la plancha de acero sobre el lado más largo (1m) de la bandeja. Para el cual se diseña como si se tratase de una viga.

$$P_{Max} = P_c + P_{304} \quad \text{Ec. (6.5)}$$

$$P_{Max} = 3,72 Kg + 9.36Kg$$

$$P_{Max} = 13.08Kg = 128.31 N$$

El peso máximo se transfiere como una carga distribuida así:  $128.31 \frac{N}{m}$



**Figura 6. 2:** Carga distribuida

Fuente: Autor

$$\Sigma Fy = 0$$

$$R_A + R_B = 128.31 \frac{N}{m} * 1m$$

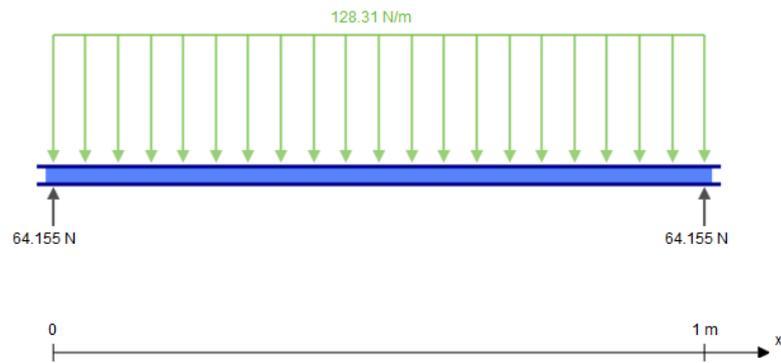
$$R_A = 128.31 - R_B$$

$$R_A = 64.15 \text{ N}$$

$$\Sigma FM = 0$$

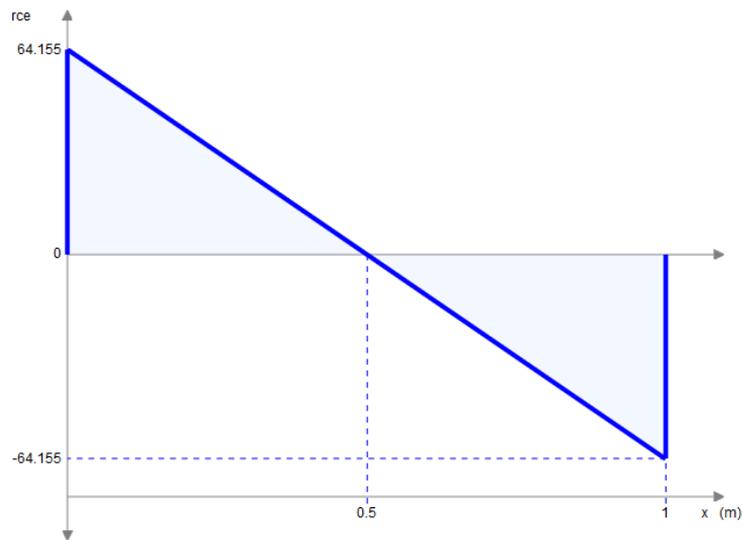
$$128.31(0,5) - 1(R_B) = 0$$

$$R_B = 64.15 \text{ N}$$



**Figura 6. 3:** Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor



**Figura 6. 4:** Diagrama de fuerza cortante

Fuente: Autor

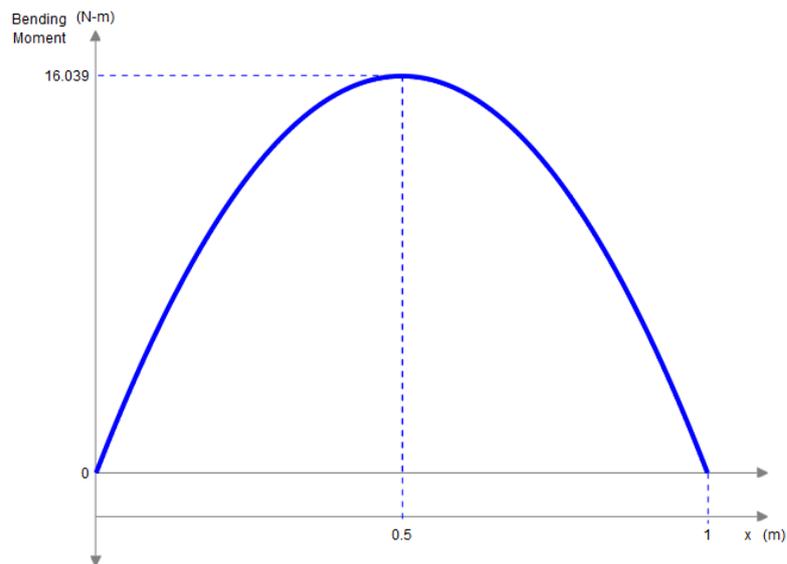
$$M_A = 0$$

$$M_C = \frac{(0,5m) * (64.15N)}{2}$$

$$M_C = 16.04 \text{ N.m}$$

$$M_B = 16.04 \text{ N.m} - \frac{(0,5m) * (64.15N)}{2}$$

$$M_B = 0$$



**Figura 6. 5:** Diagrama de momento

Fuente: Autor

$$M_{max} = 16.04 \text{ N.m}$$

### 6.6.2.2. Selección del perfil requerido.

Con el momento máximo del elemento, se procede a seleccionar la sección más ligera que soporte dicha carga. Este elemento será escogido entre el catálogo de secciones estructurales cuadradas en Acero A36 el cual será recubierto con pintura debido a que estará en contacto directo con el grano, aunque la pintura proveerá de su respectivo recubrimiento no toxico.

$S_y = 250 \text{ MPa}$ ; para acero A36

$$F_b = 0,66 * S_y = 165 \text{ MPa}$$

Ec. (6.6)

$$S = \frac{M_c}{F_b} = \frac{16.04 \text{ N.m}}{165 \text{ MPa}} = 0,09 \text{ cm}^3 \quad \text{Ec. (6.7)}$$

El módulo de sección mínima que debe de tener el elemento es  $0,09 \text{ cm}^3$ , para lo cual se seleccionó el siguiente elemento.

Ángulo de 20mm \* 2mm de espesor que es el que se encuentra a disposición en el mercado. (Anexo D1)

Para el módulo de sección seleccionado,  $0,20 \text{ cm}^3$ , este satisface el valor mínimo calculado lo que proporciona confiabilidad en el desempeño de su función. Debido a que la bandeja consta de 4 elementos; dos de ellos de 60 cm y dos de 100 cm; el cálculo tomo en cuenta la mayor longitud; asegurando de la misma forma que el elemento corto puede construido con el mismo elemento seleccionado.

### 6.6.2.3.Fuerza necesaria para desplazar las bandejas

El sistema de cribado consta de tres bandejas colocadas una bajo la otra, con una separación entre ellas de 25 cm, y con una inclinación de  $5^\circ$  que permita e desplazamiento del grano.

Pesos totales de las bandejas

Existe un total de 3 planchas de acero inoxidable ( $P_{AI}$ ) de 1m x0.6m

$$P_{AI}=3 * 9.36 \text{ Kg} = 28.08 \text{ Kg} \quad \text{Ec. (6.8)}$$

Para la tolva y canales ( $P_{TC}$ ) de recolección se usarán 2 planchas de 1.22m x 2.44m

$$P_{TC}=(1.22\text{m} * 2.44\text{m} * 7 * 10^{-4}\text{m}) * 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2 = 32.5 \text{ Kg} \quad \text{Ec. (6.9)}$$

Para cada bandeja existe una porción similar máxima de cebada ( $P_C$ )

$$P_C = 3 * 3.72 \text{ Kg} = 11.16 \text{ Kg} \quad \text{Ec. (6.10)}$$

Los elementos estructurales ( $P_{EE}$ ) en total generan una longitud total de 12 m

$$P_{EE}=12\text{m} * 3.46 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \quad \text{Ec. (6.11)}$$

$$P_{EE}=41.52 \text{ Kg}$$

Peso total a desplazar ( $P_T$ )

$$P_T = P_{AI} + P_{TC} + P_C + P_{EE} \quad \text{Ec. (6.12)}$$

$$P_T = 28.08 + 32.5 + 11.16 + 41.52$$

$$P_T = 113.26 \text{ Kg}$$

A este peso se le añade el 5% correspondiente al material de aporte en la soldadura.

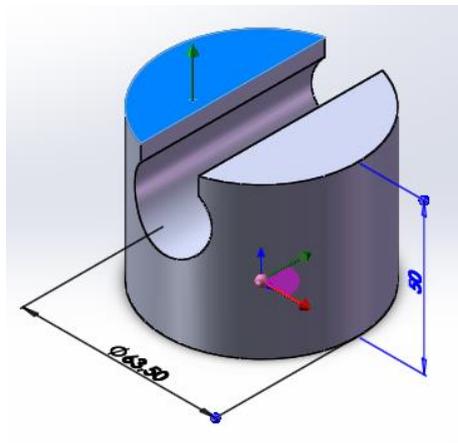
$$\text{Peso final} = 118.9 \text{ Kg} = 1166.63 \text{ N}$$

#### 6.6.2.4. Diseño del volante de giro.

El volante de giro está provisto de un agujero que permite la regulación de la posición de una biela, que está conectada a la parte inferior de las bandejas de cribado.

El desplazamiento lineal de las bandejas de cribado será de (0-3) cm. Para lo cual el volante de giro tendrá esa distancia perforada.

En el mismo eje se encuentra colocado una polea conducida de diámetro 9 in colocada para la transmisión de potencia desde el motor, así como para la respectiva reducción de velocidad.



**Figura 6. 6:** Dado

Fuente: Autor

Con un diámetro =  $0.0635m$

Espesor =  $0.05m$

El volumen es:

$$V = \pi * e * R^2 \quad \text{Ec. (6.13)}$$

$$V = \pi * 0.05 * 0.03175^2$$

$$V = 1.58 * 10^{-4}m^3$$

La masa:

$$m = \delta * V \quad \text{Ec. (6.14)}$$

La densidad del acero,  $\delta = 7800 \frac{Kg}{m^3}$

$$m = 7800 \frac{Kg}{m^3} * 1.58 * 10^{-4}m^3$$

$$m = 1.23Kg$$

El momento de inercia:

$$I = \frac{1}{2}mR^2 \quad \text{Ec. (6.15)}$$

$$I = 6.19 * 10^{-4} Kg * m^2$$

La aceleración angular:

$$\alpha = \frac{2 * m_E * g}{M_D * R} \quad \text{Ec. (6.16)}$$

Dónde:

$\alpha = \text{aceleración angular}$

$m_E = \text{masa de la estructura}$

$M_D = \text{peso del disco}$

$R = \text{Radio del eje}$

$$\alpha = \frac{2 * 118.9 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.23 \text{kg} * 0.03175}$$

$$\alpha = 59735.43 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

El torque debido a la inercia es:

$$\tau = I * \alpha \quad \text{Ec. (6.17)}$$

$$\tau = 6.19 * 10^{-4} \text{ Kg} * \text{m}^2 * 59735.43 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$\tau = 36.97 \text{ N} * \text{m}$$

Potencia para vencer la inercia del disco:

$$P = \tau * \omega \quad \text{Ec. (6.18)}$$

$$\text{Donde la velocidad angular es: } \omega = 288 \text{rpm} = 30.16 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Entonces reemplazando los valores tenemos:

$$P = (36.97 \text{ N} * \text{m}) \left( 30.16 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$P = 1115.01 \text{ W}$$

$$P = 1.49 \text{HP}$$

#### 6.6.2.5. Cálculo de la potencia requerida del motor

$$P_r = N * fs \quad \text{Ec. (6.19)}$$

Siendo:

Pr= potencia requerida

N= Potencia total necesaria

fs = factor de servicio

El factor de servicio abarca cada una de las consideraciones que se toman en cuenta desde el tipo de instalación hasta parámetros técnicos de suministro eléctrico; dando un margen de fiabilidad que compense la pérdida de potencia por las ya mencionada fortuitas fallas, este factor va desde 1.1 a 1.25 siendo 1.25 las condiciones menos óptimas para su funcionamiento.

Para este caso, el factor de servicio se remitirá a 1.15.

Otro factor que influye es el que viene dado por el motor y es la eficiencia del mismo que va desde los 0.75 a 0.9 en casos de motores de precisión.

En este caso se selecciona una eficiencia del 80%.

$$P_R = 1.49 * 1.1$$

$$P_R = 1.6 \text{ HP}$$

$$P_{motor} = \frac{P_R}{n} \quad \text{Ec. (6.20)}$$

$$P_m = \frac{1.6}{0.8}$$

$$P_m = 2 \text{ HP}$$

Según los datos obtenidos se selecciona un motor de 2 HP a 1730 rpm que se unirá al sistema de poleas que disminuirá su velocidad a 288 rpm.

#### **6.6.2.6.Relación de velocidades de las poleas**

Con el fin de reducir la velocidad para poder controlar de mejor manera la velocidad se ha tomado en cuenta lo siguiente.

Velocidad angular del motor= 1730 rpm

Diámetro de polea sobre el eje del motor = 1,5 in

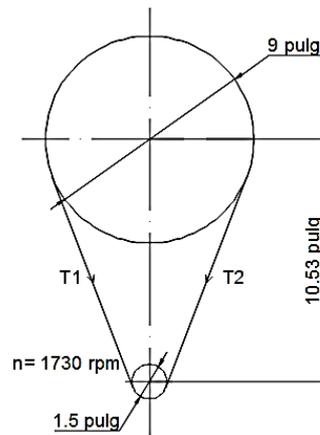
Velocidad angular necesaria para el sistema = 288 rpm

$$\frac{\text{Diámetro de patea sobre el eje de transmision}}{\text{Diámetro de patea sobre el eje motor}} = \frac{\text{Velocidad del motor}}{\text{Velocidad del sistema}}$$

$$D_p = \frac{1.5 * 1730}{288} \quad \text{Ec. (6.21)}$$

$$D_p = 9 \text{ in}$$

### 6.6.2.7. Cálculo de la selección de banda para el sistema de transmisión



**Figura 6. 7:** Diagrama del sistema de transmisión

Fuente: Autor

- **Cálculo de la longitud de paso**

La longitud de paso se calcula mediante:

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad \text{Ec. (6.22)}$$

$$L = 37.6 \text{ in}$$

Se selecciona una banda tipo A 38 (ANEXO D2)

Para obtener un valor exacto de la longitud de paso se debe sumar a la cantidad de la circunferencia interior.

En este caso bajo la selección de una banda tipo A la cantidad a sumar es 1.3. (ANEXO D3)

$$L_p = L + 1.3 \quad \text{Ec. (6.23)}$$

$$L_p = 38.9 \text{ in}$$

- **Cálculo de la distancia entre centros**

La distancia entre centros C se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C = 0.25 \left\{ \left[ L_p - \frac{\pi(D+d)}{2} \right] + \sqrt{\left[ L_p - \frac{\pi(D+d)}{2} \right]^2 - 2(D-d)^2} \right\} \quad \text{Ec. (6.24)}$$

$$C = 10.53 \text{ in}$$

- **Cálculo del ángulo de contacto en las poleas**

El cálculo del ángulo de contacto se realiza mediante el uso de las expresiones:

$$\phi = \theta_d = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \left( \frac{D-d}{2C} \right) \quad \text{Ec. (6.25)}$$

Siendo:

d= Diámetro de la polea de menor tamaño

D= Diámetro de la polea de mayor tamaño

$\theta$ = Ángulo de contacto

C= Distancia entre centros

$$\phi = \theta_d = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \left( \frac{9 - 1,5}{2 * 10.53} \right)$$

$$\phi = 2.41 \text{ radianes}$$

$$\exp(0.614\phi) \quad \text{Ec. (6.26)}$$

$$\exp(f\phi) = 0.614 * 2.41$$

$$\exp(f\phi) = 1.48$$

- **Cálculo de la velocidad periférica**

La velocidad periférica es aquella que posee la polea motriz y se calcula mediante la expresión:

$$V = \frac{\pi d n}{12} \quad \text{Ec. (6.27)}$$

Siendo:

V= Velocidad periférica

d= diámetro de la polea motriz

n= velocidad de rotación

$$V = \frac{\pi * 1.5 * 1730}{12}$$

$$V = 679.37 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

- **Cálculo del factor de corrección del ángulo de contacto**

Para poder obtener este valor se debe calcular una relación diámetros de poleas y distancia entre centros para a continuación leer en tablas. (ANEXO D4)

$$\frac{D - d}{C} = \frac{9 - 1.5}{10.53} = 0.71 \quad \text{Ec. (6.28)}$$

Interpolando el valor obtenido, el valor de corrección va a ser:  $K_1=0.84$

- **Factor de corrección de la longitud de la banda**

Según el tipo de la banda y sus dimensiones en tablas se puede leer el factor de longitud y para obtener el factor de corrección se debe multiplicar por la potencia nominal de la banda. (ANEXO D5)

$$K_2=0.9$$

- **Potencia permitida por la banda**

Para el cálculo de la potencia permitida se debe de leer un valor H de tablas (ANEXO D6); La potencia permitida está dada por:

$$H_a = K_1 * K_2 * H_{tab} \quad \text{Ec. (6.29)}$$

$$H_{tab} = 0.47$$

$$H_a = 0.84 * 0.9 * 0.47$$

$$H_a = 0.35 \text{ HP}$$

- **Potencia de diseño**

La potencia viene dado por la siguiente expresión:

$$H_d = H_{nom} * K_s * n_d \quad \text{Ec. (6.30)}$$

Siendo:

$H_{nom}$  = Potencia nominal calculada para el motor

$K_s$  = Factor de servicio según el tipo de uso (ANEXO D7)

$n_d$  = Factor de diseño

$K_s = 1.1$

$H_d = 1.49 * 1.1 * 1.1$

$H_d = 1.8 Hp$

### • Tensión Centrífuga

La tensión centrífuga se calcula de la siguiente forma:

$$F_c = K_c \left( \frac{V}{1000} \right)^2 \quad \text{Ec. (6.31)}$$

Siendo:

$F_c$  = tensión centrífuga

$K_c$  = parámetro según el tipo de banda, (ANEXO D8)

$V$  = velocidad periférica

$K_c = 0.561$

$$F_c = 0.561 \left( \frac{679.37}{1000} \right)^2$$

$F_c = 0.26 lb$

### • Tensión mayor en la banda

Para el cálculo se necesita obtener la potencia que transmite la banda, de la siguiente forma.

$$\Delta F = \frac{63025 \left( \frac{H_d}{N_b} \right)}{n \frac{d}{2}} \quad \text{Ec. (6.32)}$$

Siendo:

Delta F = tensión debido al par de torsión transmitido

$H_d$  = potencia de diseño

$N_b$  = Número de bandas

$n$  = velocidad del eje conductor

$d$  = diámetro del eje conductor

$$\Delta F = \frac{63025\left(\frac{1.8}{2}\right)}{1730\frac{1.5}{2}}$$

$$\Delta F = 43.71$$

La tensión mayor se calcula a partir de:

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F * \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} \quad \text{Ec. (6.33)}$$

$$F_1 = 0.26 + \frac{43.71 * 1.48}{1.48 - 1}$$

$$F_1 = 135 \text{ lb}$$

- **Tensión menor en la banda**

La tensión menor en la banda se calcula de la siguiente manera:

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad \text{Ec. (6.34)}$$

$$F_2 = 135 - 43.71$$

$$F_2 = 91.32 \text{ lb}$$

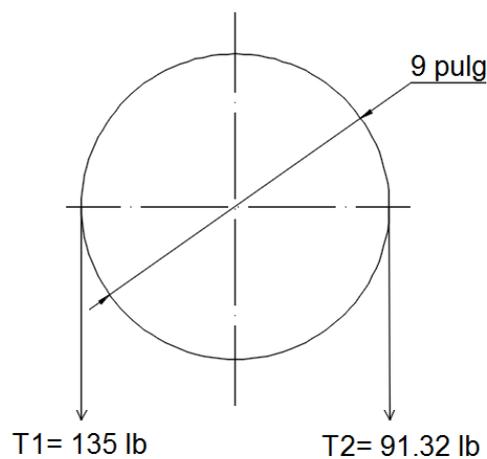
- **Tensión inicial**

La tensión inicial se calcula con la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c \quad \text{Ec. (6.35)}$$

$$F_i = \frac{135 + 91.32}{2} - 0.26$$

$$F_i = 112.90 \text{ lb}$$



**Figura 6. 8:** Diagrama de tensiones en la polea

Fuente: Autor

### 6.6.2.8. Diseño del eje que soporta al volante y a la polea conducida.

Debido a la relación de velocidades entra la polea conductora de (1,5 in) y la polea conducida (9in) la velocidad a la cual gira el eje es de 288 rpm. El material seleccionado para la construcción del eje es AISI 1018.

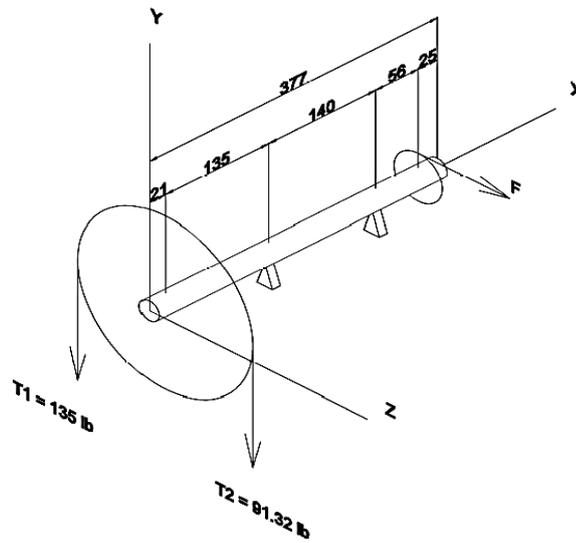


Figura 6. 9: Diagrama de cargas combinadas

Fuente: Autor

- **Diseño por cargas combinadas en el plano X-Y**

Carga de Tensión por la polea conducida

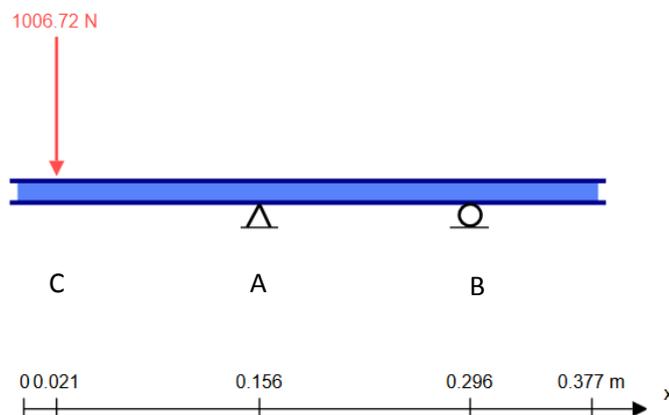


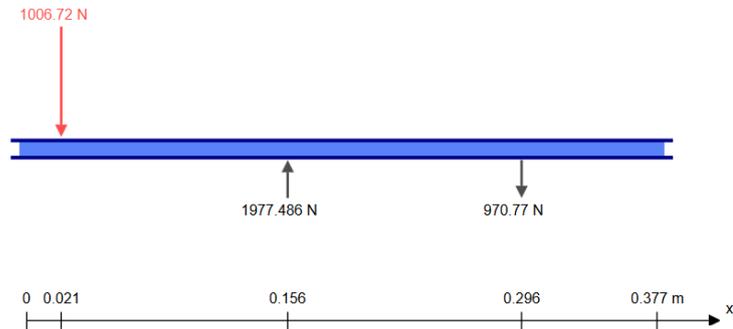
Figura 6. 10: Diagrama de cargas

Fuente: Autor

Carga de Tensión por la polea conducida

$$T_c = 135 + 91.32 = 226.32 \text{ lb}$$

$$T_c = 1006.72 \text{ N}$$



**Figura 6. 11:** Diagrama de cuerpo libre.

Fuente: Autor

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 1006.72N$$

$$\Sigma M_A = 0$$

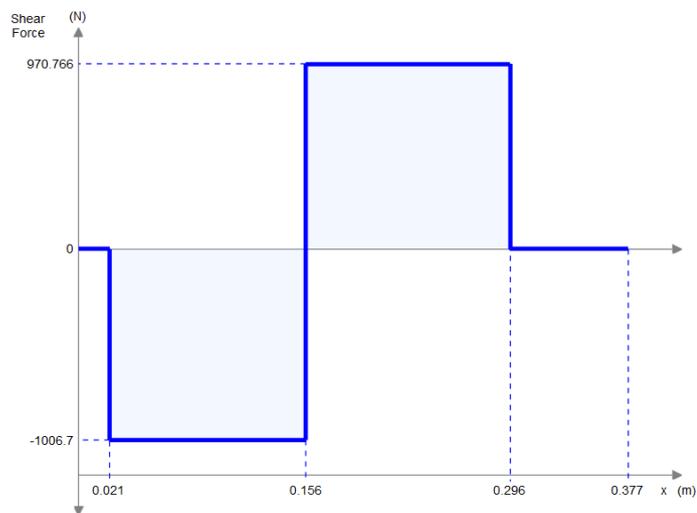
$$R_A = 1006.72N - R_B$$

$$1006.72N(0.135) + R_B(0.140) = 0$$

$$R_A = 1006.72N + 970.76N$$

$$R_B = -970.76N$$

$$R_A = 1977.48N$$



**Figura 6. 12:** Diagrama de fuerza cortante.

Fuente: Autor

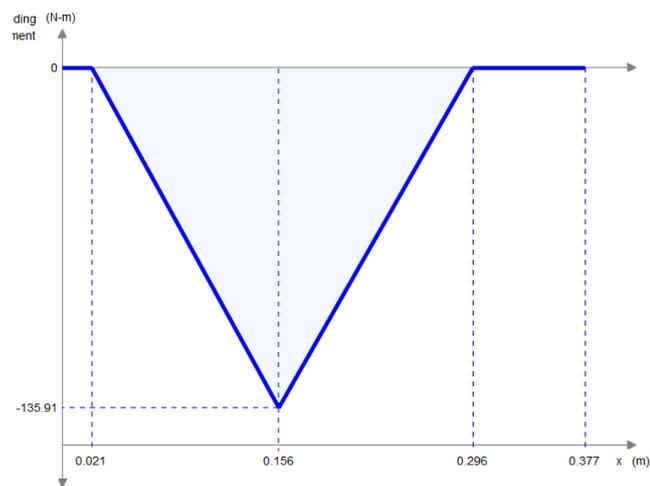
$$M_C = 0$$

$$M_A = -1006.72 * 0,135 \text{ m}$$

$$M_A = -135.90 \text{ Nm}$$

$$M_B = -135.90 + (1006.72 * 0,140)$$

$$M_B = 0$$



**Figura 6. 13:** Diagrama de momento cortante.

Fuente: Autor

$$M1_{max} = 135.90 \text{ Nm}$$

**Carga en el cigüeñal en el eje**

$$\tau = Fxd$$

Ec. (6.36)

Dónde:

$\tau$  = Torque calculado del cigüeñal

$F$  = Fuerza aplicada en el cigüeñal

$d$  = distancia de giro del cigüeñal

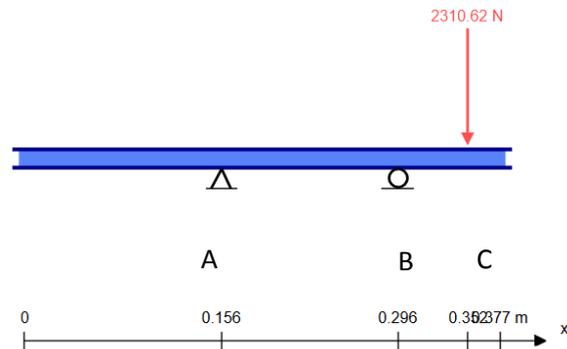
Despejando F de la Ec. (6.36)

$$F = \frac{\tau}{d}$$

$$F = \frac{36.97 \text{ Nm}}{0.016 \text{ m}}$$

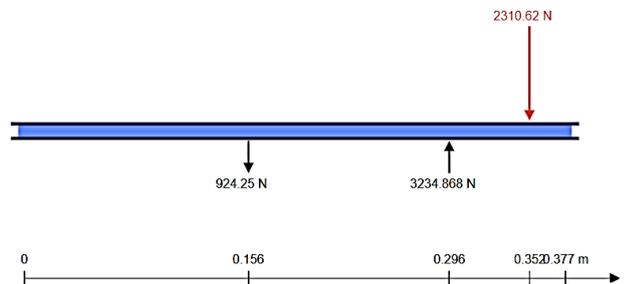
$$F = 2310.62 \text{ N}$$

- **Diseño por cargas combinadas en el plano X-Z**



**Figura 6. 14:** Diagrama de fuerzas

Fuente: Autor



**Figura 6. 15:** Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 2310.62$$

$$R_A = 2310.62 \text{ N} - R_B$$

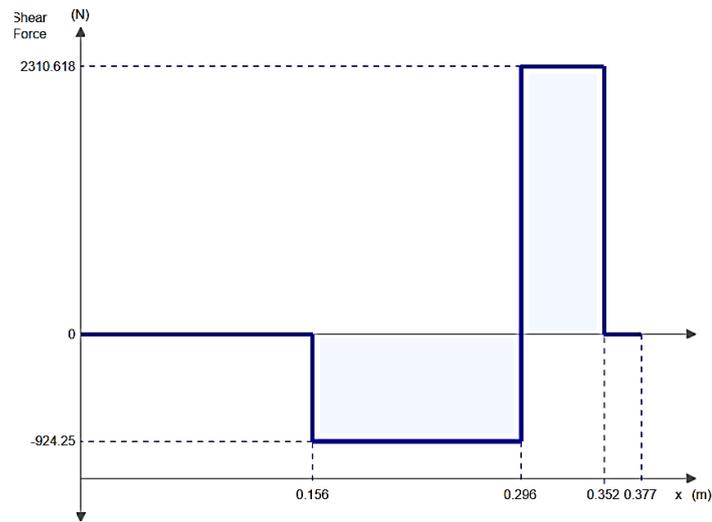
$$R_A = 2310.62 \text{ N} - 3234.87 \text{ N}$$

$$R_A = -924.25 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_B(0.140) - 2310.62(0.196) = 0$$

$$R_B = 3234.87 \text{ N}$$



**Figura 6. 16:** Diagrama de fuerza cortante

Fuente: Autor

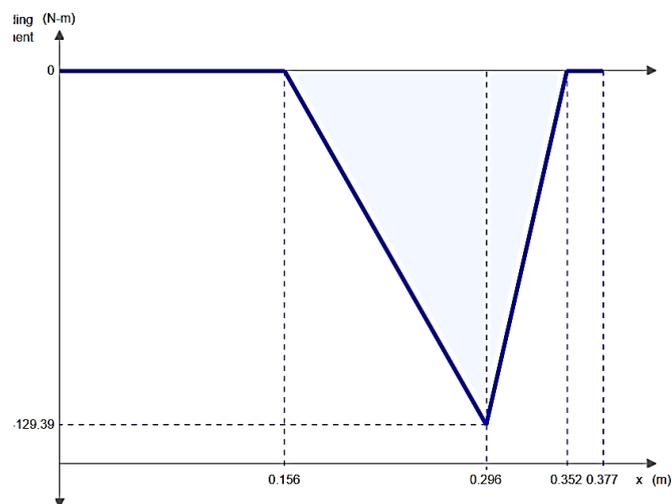
$$M_A = 0$$

$$M_B = -924.25 * 0,140 \text{ m}$$

$$M_B = -129.39 \text{ Nm}$$

$$M_C = -129.39 + (2310.62 * 0.056)$$

$$M_C = 0$$



**Figura 6. 17:** Diagrama de momento cortante.

Fuente: Autor

$$M2_{max} = -129.39 Nm$$

A continuación calculamos el momento total en base a los momentos calculados:

$$MT = \sqrt{(M1_{max})^2 + (M2_{max})^2} \quad \text{Ec. (6.37)}$$

$$MT = \sqrt{(135.90)^2 + (129.39)^2}$$

$$MT = 187.64 Nm$$

- **Diseño estático del eje**

Para el diseño se debe considerar lo siguiente:

Material a usar; acero AISI 1018; que es de fácil adquisición en el mercado

El valor de resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) es leído desde de tabla, (ANEXO D9)

Factor de seguridad 1.4 que siempre debe ser mayor que la unidad.

- Esfuerzo máximo por flexión

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3} \quad \text{Ec. (6.38)}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 187.64}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{1911.28 N.m}{d^3}$$

- Esfuerzo máximo por torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi * d^3} \quad \text{Ec. (6.39)}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 36.97 N.m}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{118.28 N.m}{d^3}$$

- Usando Teoría de Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{\sigma x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. (6.40)}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{1911.28}{d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{118.28}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{1911.37}{d^3}$$

$$S_y = 220 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec. (6.41)}$$

$$1.4 = \frac{220}{\frac{1911.37 \text{ N.m}}{d^3}}$$

$$d^3 = \frac{1911.37 * (1.4)}{220 * 10^6}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1911.37 * (1.4)}{220 * 10^6}}$$

$$d = 22.99 \text{ mm}$$

#### • **Diseño dinámico**

En este diseño se toma en cuenta la falla del material por fatiga; introduciendo en el cálculo ciertos parámetros como:

- Acero AISI 1018
- Velocidad de rotación del eje 288 rpm
- Trabajo continuo de 24 horas
- 72000 ciclos de rotación
- Factor de seguridad 1.4
- Ya que conocemos el diámetro por fatiga calculado anteriormente suponemos que:  $k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f = 0.33$

#### • **Resistencia a la fatiga en viga rotatoria**

Resistencia a la tensión;  $S_{ut} 400 \text{ MPa}$

$$S'_e = 0.5 (S_{ut}) \quad \text{Ec. (6.42)}$$

$$S'_e = 0.5 (400)$$

$$S'_e = 200 \text{ Mpa}$$

- **Resistencia a la fatiga en viga**

$$S_e = 0.3 * S'_e \quad \text{Ec. (6.43)}$$

$$S_e = 0.33 * 200$$

$$S_e = 66 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la fatiga**

$f = 0.9$ ; Para aceros con  $S_{ut} < 70\text{Kpsi}$ ; AISI 1018 – 58 Kpsi

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e} \quad \text{Ec. (6.44)}$$

$$a = \frac{(0.9 * 400)^2}{66}$$

$$a = 1963.63 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * S_{ut}}{S_e}\right) \quad \text{Ec. (6.45)}$$

$$b = -0.2455$$

$$S_f = aN^b \quad \text{Ec. (6.46)}$$

$$S_f = 1963.63(72000)^{-0.2455}$$

$$S_f = 126.06 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_f}{\sigma} \quad \text{Ec. (6.47)}$$

$$n = \frac{S_f * \pi * d^3}{32 M}$$

$$d^3 = \frac{32 * M * n}{S_f * \pi}$$

$$d^3 = \frac{32 * 187.64 * 1.4}{126.06 * \pi}$$

$$d = 25,44 \text{ mm}$$

El eje comercial más cercano es de 1 pulgada o 25.4mm y por facilidad de adquisición seleccionamos este diámetro.

- **Comprobación con diámetro de 25.4mm**

**Factor de condición superficial**

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad \text{Ec. (6.48)}$$

Los factores a y b (ANEXO D10)

$$a = 4.51 \text{ MPa}$$

$$b = -0.265$$

$$Ka = 4.51 * 400^{-0.265}$$

$$Ka = 0.92$$

**Factor de tamaño**

$$Kb = 1.24 d^{-0.107}$$

Ec. (6.49)

$$Kb = 0.87$$

**Factor de carga**

$$Kc = 0.59 \text{ (ANEXO D11)}$$

Leído desde tabla

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**Factor de temperatura**

$$Kd = 1$$

Leído desde tabla para una temperatura de 20°

**Factor de confiabilidad**

$$Ke = 0.814 \text{ (ANEXO D13)}$$

Leído desde tabla para una confiabilidad del 99%

**Factor de efectos varios**

Para un eje de sección uniforme y sin ningún tipo de muesca o similares el factor:

$$Kf = 1$$

**Límite de resistencia a la fatiga**

$$Se = Ka * Kb * kc * Kd * Ke * Kf * S'e$$

Ec. (6.50)

$$Se = 0.92 * 0.87 * 0.59 * 1 * 0.814 * 1 * 200 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 76.88 \text{ MPa}$$

- **Cálculo de resistencia a la fatiga**

$f = 0.9$  ; Para aceros con  $S_{ut} < 70 \text{ Kpsi}$ ; AISI 1018 58 Kpsi

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e} \quad \text{Ec. (6.44)}$$

$$a = \frac{(0.9 * 400)^2}{76.88}$$

$$a = 1685.74 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * S_{ut}}{76.88}\right) \quad \text{Ec. (6.45)}$$

$$b = -0.2234$$

$$S_f = aN^b \quad \text{Ec. (6.46)}$$

$$S_f = 1685.74(72000)^{-0.2234}$$

$$S_f = 138.56 \text{ MPa}$$

- **Factor de seguridad**

$$\sigma' = 122.32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 122.32 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{xy} = 7.56 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{S_f}{\sigma} \quad \text{Ec. (6.47)}$$

$$n = \frac{138.56}{122.32}$$

$$n = 1.13$$

Criterio de Goodman modificado

Esfuerzos medios

$$\sigma_m = \sqrt{3 * \tau_{xy}} \quad \text{Ec. (6.51)}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3 * 7.56}$$

$$\sigma_m = 4.76 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Alternante

$$\sigma_a = \sigma_x = 122.32 \text{ MPa}$$

$$nf = \frac{S_y}{\sigma_a + \sigma_m} \quad \text{Ec. (6.52)}$$

$$nf = \frac{220 \text{ MPa}}{122.32 + 4.76}$$

$$nf = 1.73$$

Bajo el criterio de Goodman modificado; que se considera uno de alta fiabilidad se puede seleccionar un eje de 25.4mm o 1 pulgada de diámetro que satisface el diseño.

#### 6.6.2.9. Selección de rodamientos

Se seleccionaran rodamiento rígidos de bolas en base al catálogo SKF para lo cual se utiliza la reacción en B (3234.78 N) por ser la mayor la reacción entre ambas y se elegirá un solo rodamiento debido a la semejanza en las condiciones de montaje, se calculara los rodamientos con una confiabilidad de 90% y una temperatura de funcionamiento de  $\leq 40^\circ\text{C}$

$$\text{diámetro interno} = 25.4\text{mm}$$

$$\text{Carga máxima radial} = 3234.78\text{N}$$

$$\text{Velocidad angular del eje} = 288 \text{ rpm}$$

$$C_0 = S_0 * P_0 \quad \text{Ec. (6.53)}$$

$$P_0 = F_r \quad \text{Ec. (6.54)}$$

$$C = p \sqrt[3]{\frac{L_{10h} * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}} \quad \text{Ec. (6.55)}$$

$$P = F_r \quad \text{Ec. (6.56)}$$

Donde:

$C_0$ : Capacidad de carga estática de rodamiento

$C$ : Capacidad de carga dinámica del rodamiento

$S_0$ : Factor de seguridad estático

$F_r$ : Carga radial real

$P_0$ : Carga estática equivalente

$P$ : Carga dinámica equivalente

$L_{10h}$ : Duración nominal del rodamiento

$n$ : Velocidad constante de rotación

El factor  $S_0$  toma un valor de 1 para condiciones de trabajo media y situaciones normales de vibración

$$P_0 = F_r = P = 3234.78 \text{ N}$$

$$C_0 = 1 * 3234.78$$

$$C_0 = 3234.78 \text{ N}$$

$$C = p \sqrt[3]{\frac{L_{10h} * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}}$$

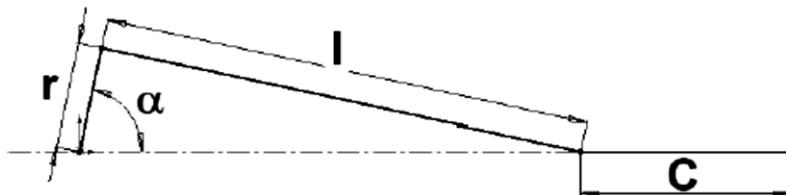
$$C = 3234.78 \sqrt[3]{\frac{40000 * 288 * 60}{1000000}}$$

$$C = 28.60 \text{ KN}$$

A continuación se procederá a seleccionar el rodamiento SKF con un diámetro interior de 25mm. El rodamiento seleccionado es el 6405 cuyas características se muestran en la tabla siguiente: (ANEXO D14)

Los valores de  $C$ ,  $C_0$  calculados son menores a los de la tabla por lo tanto el rodamiento seleccionado cumple con los requerimientos de carga.

#### 6.6.2.10. Diseño para la biela manivela.



**Figura 6. 18:** Esquema Biela manivela

Fuente: Autor

Donde:

$l = \text{longitud de la biela (m)}$

$r = \text{longitud de la manivela (m)}$

$C = \text{carrera del pistón (m)}$

$\alpha = \text{ángulo de giro de la manivela (m)}$

**Datos:**

$l = 20\text{cm} = 0.2\text{m}$

$C_1 = 1\text{cm} = 0.01\text{m}$

$C_2 = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$

$C_3 = 3\text{cm} = 0.03\text{m}$

• **La longitud de la manivela**

$$C = 2r \quad \text{Ec. (6.57)}$$

Realizando el despeje de r obtenemos:

$$r = \frac{C}{2} \quad \text{Ec. (6.58)}$$

• **La velocidad máx. del pistón**

Se origina cuando la biela y la manivela coinciden de manera perpendicular. Se produce cuando:

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{l}{r} \quad \text{Ec. (6.59)}$$

$$V = wr \left( \text{Sen}\alpha + \frac{\lambda}{2} \text{Sen}2\alpha \right) \quad \text{Ec. (6.60)}$$

Donde:

$V = \text{velocidad máxima del pistón (m/seg)}$

$\omega = \text{velocidad angular (rad/seg)}$

$\lambda = \text{relación entre la longitud de la manivela y la biela}$

La manivela gira a una velocidad de 288 rpm o 30.15 rad/seg

$$\omega = 30.15 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$\lambda = \frac{r}{l} \quad \text{Ec. (6.61)}$$

• **La rapidez máx. del pistón**

$$a = \omega^2 r (1 + \lambda) \quad \text{Ec. (6.62)}$$

Donde:

$a = \text{aceleración máxima del pistón}$

Tabla de resultados:

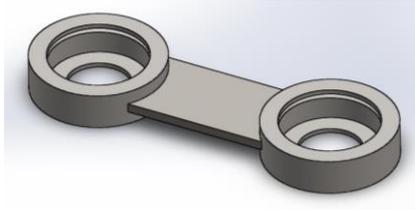
Tabla 6. 1: Tabla del sistema biela manivela.

L. manivela	M	Ángulo de giro	Grados	Velocidad pistón	m/seg	Aceleración pistón	m/seg <sup>2</sup>
r1	0.005	$\alpha_1$	88.56°	V1	0.147	a1	4.59
r2	0.01	$\alpha_2$	87.13°	V2	0.296	a2	9.41
r3	0.015	$\alpha_3$	85.71°	V3	0.445	a3	14.46

Fuente: Autor

**6.6.2.11. Cálculo del dimensionamiento de la biela**

Se asume una pletina de 40mm de ancho, largo 151mm y espesor 6mm en la que en sus extremos irán colocados alojamientos para cojinetes antes calculados y soldados con electrodo E6011.



**Figura 6. 19:** Biela

Fuente: Autor

Confirmación que la pletina tolere la fuerza empleada.

- **Análisis de la relación de esbeltez**

Es el resultado entre de la distancia efectiva de la columna sobre el radio de giro

$$\frac{KL}{r} \tag{Ec. (6.63)}$$

Dónde:

$K$  = Factor de la longitud efectiva.

$L$  = Longitud real de la columna entre los soportes (m)

$r$  = Radio de giro mínimo (m)

Despejamos  $r$ .

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \tag{Ec. (6.64)}$$

Dónde:

$I$  = Inercia de la sección transversal

$A$  = Área de la sección transversal

$$A = 240mm^2 = 0.372plg^2$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \tag{Ec. (6.65)}$$

$$I = \frac{(40)(6)^3}{12}$$

$$I = 720 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{720 \text{ mm}^4}{240 \text{ mm}^2}}$$

$$r = 1.732 \text{ mm}$$

Las equivalencias de K para conseguir la longitud efectiva. Para diferentes condiciones en las uniones en los extremos. (ANEXO 15)

Para una columna cuando está articulada-articulada se ocupa una equivalencia de K=1

Se reemplaza las equivalencias, en la Ec. (6.63). Así:

$$\text{Relación de esbeltez} = \frac{1(151)}{1.732}$$

$$\text{Relación de esbeltez} = 87.18$$

- **Solución de la constante de la columna (Cc), que determinará si la columna es corta o larga.**

Se resuelve según la ec.:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ec. (6.66)}$$

Dónde:

$E$  = Modulo de elasticidad (Kpsi) del material de la columna

$S_y$  = Resistencia de fluencia (Kpsi) del material

Al reemplazar nos da la siguiente expresión:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(29000Kpsi)}{36Kpsi}}$$

$$C_c = 126.099$$

Posterior al cálculo de  $C_c$ , se ejecuta un cotejo entre la relación de esbeltez y la  $C_c$ , para establecer si la columna es corta o larga y discernir que opción utilizar:

- Cuando la relación de esbeltez  $\frac{KL}{r} es > C_c$  se utiliza la expresión de Euler,

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad \text{Ec. (6.67)}$$

- Cuando la relación de esbeltez  $KL/r es < C_c$ , se utiliza la expresión de J. B. Johnson,

$$P_{cr} = A S_y \left[ 1 - \frac{S_y(KL/r)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad \text{Ec. (6.68)}$$

Ejecutamos la comparación antes descrita entre la relación de esbeltez y la constante de la columna:

$$KL/r < C_c$$

$$87.18 < 126.099$$

Se utiliza la expresión de J. B. Johnson, Ec. (6.64) para calcular la carga crítica de pandeo

$$P_{cr} = (0.372plg^2)(36Kpsi) \left[ 1 - \frac{36Kpsi(87.18)^2}{4\pi^2(29000Kpsi)} \right]$$

$$P_{cr} = 10.19 Klb = 45345.5N$$

Para saber que la pletina selecta sea la pertinente se ejecuta el cotejo: la capacidad crítica debe ser  $>$  la capacidad real.

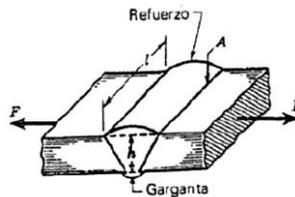
$$P_{cr} > P_{real}$$

$$45345.5N > 1701 \text{ OK}$$

### 6.6.2.12. Diseño de la soldadura de la estructura

Se escoge una junta a tope que no utiliza preparación de biselado ya que es un grosor muy pequeño.

Se calcula la resistencia mecánica de la pieza.



**Figura 6. 20:** Junta a tope

Fuente: Autor

La fuerza  $F$  será el peso total de la estructura más la cantidad de cebada que se colocara en la tolva, siendo esta carga  $F$  es la que va a actuar sobre el dicho elemento.

Los elementos estructurales grandes serán de tubo cuadrado de  $40\text{mm} \times 2\text{mm}$ , longitud de  $9.75\text{m}$  y un peso de  $2.41\text{kg/m}$ . (ANEXO D20)

$$P_{EEG} = 2.41 * 9.75\text{m} = 23.49 \text{ Kg} = 230.44 \text{ N} \quad \text{Ec. (6.69)}$$

$$\text{Peso total de la cebada en la tolva} = 2 \text{ qq} = 90.72 \text{ Kg} = 889.96 \text{ N}$$

$$P_{TOTAL} = \text{Ec. (6.12)} + P_{EEG} + P_{CT} \quad \text{Ec. (6.70)}$$

$$P_{TOTAL} = 1166.63 + 230.44 + 889.96 = 2287.03 \text{ N}$$

$$P_{TOTAL} = \frac{2287.03}{4} = 571.75 \text{ N}$$

El esfuerzo normal medio está dado por cuando existen cargas de tensión y compresión

$$\sigma_1 = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec. (6.71)}$$

Dónde:

$\sigma_1$  = Esfuerzo normal medio, (Pa)

$F$  = Carga de tensión o compresión, (N)

$h$  = Media de la garganta = 0.002m

$l$  = Longitud de la soldadura = 0.04m

Tenemos que el esfuerzo medio de la junta por acción de la carga cortante es:

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec. (6.72)}$$

Dónde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante medio, (Pa)

*Las soluciones del esfuerzo normal y cortante medio son:*

$$\sigma_1 = 7.14MPa$$

$$\tau = 7.14MPa$$

Para una carga cortante, con el (ANEXO D16) se hallará el esfuerzo permisible, así tenemos:

$$\tau_{adm} = 0.4 S_y \quad \text{Ec. (6.73)}$$

Para una carga de tensión, con el (ANEXO D16) se hallará el esfuerzo permisible, así tenemos:

$$\sigma_{adm} = 0.6 S_y \quad \text{Ec. (6.74)}$$

Dónde:

$S_y$  = Límite de fluencia del material, (MPa)

Ahora se procede a elegir la soldadura o electrodo con la Ec. (6.67), y con el límite de fluencia del AISI 1018, es 220MPa = 32 kpsi (ANEXO D17)

$$\tau_{adm} = 88MPa$$

Se comprueba que la unión es la correcta segun:

$$\tau_{adm} \geq \tau_{req}$$

Donde:

$\tau_{adm}$  = Esfuerzo cortante admisible, (Pa)

$\tau_{req}$  = Esfuerzo cortante requerido o calculado, (Pa)

$$88 MPa \geq 7.14MPa$$

Utilizando la Ec. (6.68)

$$\sigma_{adm} = 132MPa$$

Se comprueba que la unión es satisfactoria con:

$$132 MPa \geq 7.14MPa$$

Donde:

$\sigma_{adm}$  = Esfuerzo normal admisible, (Pa)

$\sigma_{req}$  = Esfuerzo normal requerido o calculado, (Pa)

De la expresión anterior se verifica que el esfuerzo de tensión y cortante son apropiados.

Con un electrodo E6011 que tiene una resistencia de 60 kpsi y de acuerdo al (ANEXO D18), se tiene que la fuerza permisible por unidad de longitud de 1/16"

de pulgada de espesor de filete es  $F = 0.795 \text{ kip/pulg}$

$$F_{per} = 0.795 * l \quad \text{Ec. (6.75)}$$

Dónde:

$l$  = Longitud de la soldadura, 40mm = 1.57 pulg

$$F_{per} = 1.25 \text{ kip} = 5.56 \text{ KN}$$

Tenemos la siguiente condición:

$$F_{per} \geq F_{req}$$

Dónde:

$F_{per}$  = Fuerza permisible, (N)

$F_{req}$  = Fuerza requerido, (N)

$$5.56 \text{ KN} \geq 0.571 \text{ KN} \quad OK$$

- **Diseño dinámico de la soldadura:**

Empleando la ec. de Marin, Ec. (6.50):

$$S_e = S'_e * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f$$

Dónde:

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico, (MPa)

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga del elemento giratorio, (MPa)

$K_a$  = Factor de modificación de la condición superficial

$K_b$  = Factor de modificación del tamaño

$K_c$  = Factor de modificación de la carga

$K_d$  = Factor de modificación de la temperatura.

$K_e$  = Factor de confiabilidad

$K_f$  = Factor de modificación de efectos varios

Tenemos que el límite a la fatiga es de 220 MPa,

Con la Ec. (6.42) calculamos el límite de fatiga:

$$S'_e = 0.5 * 220 = 110 \text{ MPa}$$

Ka, que es el factor de superficie, en una soldadura lo trataremos como una superficie maquinada en frío, con la Ec. (6.48).

$$ka = 4.51(220)^{-0.265} = 1.08$$

En el factor de tamaño para un corte uniforme en la soldadura tenemos:

$$kb = 1$$

Para el factor de carga se supone una carga flexionante:

$$kc = 1$$

Se considera una temperatura 100°C, en el escenario más extremo de operaciones

$$kd = 1.02$$

Usamos una confiabilidad del 99%.

$$ke = 0.814$$

El factor de concentración de esfuerzos para soldadura,  $k_{fs} = 1.2$  (ANEXO D19), para el factor de defectos diversos

Sustituyendo en la Ec. de Marín tenemos:

$$Se = 110 * 1.08 * 1 * 1 * 1.02 * 0.814 * 1.2$$

$$Se = 118.36 \text{ MPa}$$

Con el postulado de la falla de la energía de la distorsión o Von Mises:

$$\sigma_{max} = \sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \text{Ec. (6.76)}$$

$$\sigma_{max} = 14.28 \text{ MPa}$$

- **Esfuerzos normales y cortantes:**

Esfuerzo flexionante máximo:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max}}{2} \quad \text{Ec. (6.77)}$$

$$\sigma_a = 7.14 \text{ MPa}$$

Esfuerzo medio:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max}}{2} \quad \text{Ec. (6.78)}$$

$$\sigma_m = 7.14 \text{ MPa}$$

Teoría de falla de Gerber:

$$\frac{n\sigma_a}{S_e} + \left(\frac{n\sigma_m}{S_{ut}}\right)^2 = 1 \quad \text{Ec. (6.79)}$$

$$1.05 * 10^{-3}n^2 + 0.060n - 1 = 0$$

$$n = 13.33$$

Se tiene que el tubo cuadrado de 2mm de espesor no fallar estática ni dinámicamente.

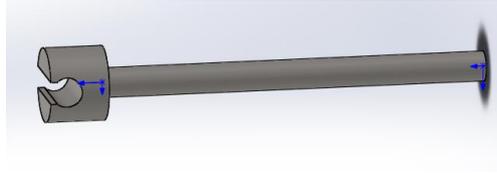
## **6.7.METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO**

Inmediatamente de haber obtenido el diseño de la máquina empezamos a la construcción tomando en cuenta la aspecto de cada uno de los componentes del equipo, elaborando con cuidado dichas piezas.

Seguidamente se explica el proceso de construcción de cada uno de los componentes.

### **6.7.1. Dado**

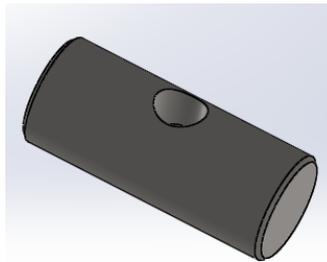
Este elemento es construido con acero de transmisión AISI 1018 se realiza un cilindro mediante las operaciones de cilindrado, refrentado y fresado para luego realizar un perforado, las siguientes dimensiones son: diámetro externo de 63.5 mm, diámetro interno de 25.4mm, longitud de 40mm y que irá soldado a un eje de 1 pulg. y longitud de 327mm como se muestra a continuación:



**Figura 6. 21:** Dado y eje

**Fuente:** Autor

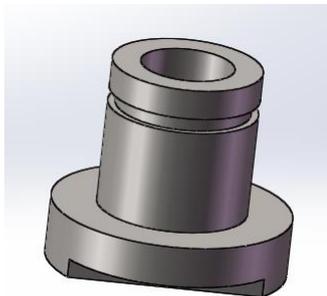
Luego se construye un eje con una rosca M 12 que va ir colocado en el diámetro interno de 25.4mm como se muestra en la siguiente figura



**Figura 6. 22:** Pasador

**Fuente:** Autor

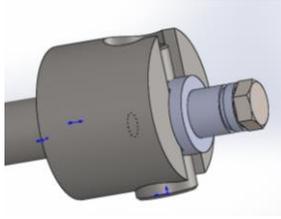
Posteriormente se construye una unión en el cual irá sujeto con un perno M12 que servirá para ajustar la excentricidad.



**Figura 6. 23:** Unión

**Fuente:** Autor

Por ultimo vemos el ensamble completo de nuestro sistema

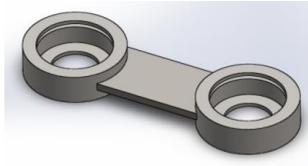


**Figura 6. 24:** Cigüeñal completo

**Fuente:** Autor

### 6.7.2. Biela

Esta construido en una barra rectangular ASTM A36 que posteriormente se suelda con electrodos E6011 los alojamientos para rodamientos, la distancia entre rodamiento será de 200mm



**Figura 6. 25:** Biela

**Fuente:** Autor

### 6.7.3. Estructura.

Es una estructura de tubo cuadrado de 40mm x 40mm x 2mm que se suelda con electrodos E6011 de 1550mm de alto y 1300mm de ancho.



**Figura 6. 26:** Estructura grande

**Fuente:** Autor

#### 6.7.4. Armazón para los tamices

Se construirá de tubo cuadrado de 20mm x 20mm x 2mm, en sus lados laterales y ángulos donde irán colocados las planchas de acero inoxidable 304 como se muestra en la figura.



**Figura 6. 27:** Estructura para planchas perforadas

**Fuente:** Autor

Finalmente todos los elementos de la máquina quedan ensamblados como se muestra a continuación.



**Figura 6. 28:** Máquina Tamizadora

**Fuente:** Autor

#### 6.8.ADMINISTRACIÓN

Se analizaran a continuación los costos, en los cuales se incluirá un porcentaje del 10% por imprevistos, para calcular el costo total.

### 6.8.1. Costos directos

Los costos de los materiales se detallan a continuación:

**Tabla 6. 2:** Costo de materiales mecánicos

N°-	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario \$	Precio total \$
1	Ángulo 20x20x2	mm	2	4,5	9
2	Tubo cuadrado 20x20x2	mm	2	7.10	14,2
3	Tubo cuadrado 40x40x2	Mm	2	20,5	40,5
5	Plancha de acero inoxidable 304 1022x2044x0.7mm	mm	2	75	150
6	Plancha de acero inoxidable 304 1000x600mm perforaciones diámetro 4mm	mm	1	360	360
7	Plancha de acero inoxidable 304 1000x600mm perforaciones diámetro 3mm	Mm	1	260	260
8	Plancha de acero inoxidable 304 1000x600mm perforaciones diámetro 2mm	Mm	1	280	280
9	Eje de acero 1020 2.5"	mm	306	17	17
10	Eje de acero 1020 1"	mm	362	32	32
11	Eje de acero 1020 7/8"	mm	380	2,5	2,5
12	Motor eléctrico TEMCO 2HP		1	250	250
13	Chumaceras P 205		2	5,5	11
14	Rodamientos 6204		10	5	50
15	Polea A 9"		1	19	19
16	Pernos de 4x10mm galvanizados	U	110	0,046	5,06
17	Pernos 1/4 x 1 1/4 galbanizados	U	60	0,069	4,14
18	Tuercas 5/8	U	12	0,23	2,76
19	Electrodos E6011	kilos	5	15	15
20	Pintura	lt	2	6,38	12,76
21	Tiñer	lt	1	1,8	3,6
				<b>Total</b>	1538,52

Fuente: Autor

**Tabla 6. 3:** Costos varios

N°	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario \$	Precio total \$
1	Hojas	Resmas	2	5	10
2	Impresiones	Resmas	2	50	100
3	Internet	Hora	90	0.90	81
				<b>Total</b>	<b>191</b>

Fuente: Autor

Tabla de los costos de trabajo por fabricación del equipo a construir.

**Tabla 6. 4:** Mano de obra

Descripción	Horas trabajadas	Costo/hora	Total \$
Maestro	80	2,31	184,8
Ayudante	70	2,31	161,7
<b>Total</b>			<b>346,5</b>

Fuente: Autor

## **INVERSIÓN TOTAL**

**Tabla 6. 5:** Costo total

DESCRIPCIÓN	COSTO \$
Costo de materiales mecánicos	1538,52
Costos varios	191
Costo de mano de obra	346,5
<b>Sub total</b>	<b>2076,02</b>
10% para imprevistos	207,60
<b>TOTAL</b>	<b>2283,62</b>

Fuente: Autor

## **6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

La propuesta debe poseer un plan de evaluación a fin de perfeccionar sus resultados.

Los equipos cambian día a día por lo que se puede efectuar cambios, ajustes, perfeccionamientos acordes de las exigencias.

Para el siguiente avance de nuestra máquina, se puede efectuar innovaciones ya sea en el tamaño de perforaciones de la plancha inoxidable para que se utilice con otro tipo de granos realizando estudios e investigaciones para que pueda ser adaptado a otras necesidades.

Un sistema que se adaptaría es un aspirador para evitar la polución de las partículas más pequeñas.

### 6.9.1. Funcionamiento

Especificaciones técnicas

**Tabla 6. 6:** Especificaciones del equipo de limpieza

<b>Motor</b>	Potencia (HP)		Revoluciones (rpm)
	2		1720
<b>Poleas</b>	Material	Diámetro (plg)	Relación de transmisión
	Acero AISI 1020	1.5	1:6
	Aluminio	9	
<b>Eje</b>	Material		Dimensiones (mm)
	AISI 1020		327
<b>Banda</b>	Tipo		Número
	A		38
<b>Planchas perforadas de tol</b>	Material		Dimensiones (mm)
	A 304		1000x600
<b>Estructura</b>	Material		Perfil
	Tubo cuadrado		40x40x2

Fuente: Autor

### 6.9.2. Principios de operación

1. Acoplar el enchufe a un tomacorriente con una salida a 110V.
2. Poner la cebada en la tolva de alimentación.
3. Calibrar la abertura de la salida de la tolva.
4. Colocar un recipiente a las salidas de los canales para recoger la cebada.
5. Constatar que no hayan cosas extrañas en el artefacto.
6. Posteriormente de ejecutar estas instrucciones situar el interruptor de encendido “ON”.
7. A continuación de limpiar la cebada apagar con el interruptor “OFF”.

### 6.9.3. Mantenimiento

1. Con una brocha asear la tolva de suministro.
2. Limpieza de las planchas perforadas, limpiar con una brocha la cebada adherida a las planchas de tol.
3. Lubricar los componentes móviles de la máquina teniendo cuidado de que no tenga contacto con las planchas perforadas ya que estas son las que están en roce con la cebada.
4. No introducir las manos en el aparato cuando este encendida y trabajando
5. Tapar la máquina con un forro para evitar la que los residuos de polvo se peguen en la equipo.

### 6.9.4. Sugerencias de seguridad

Observar los distintivos de seguridad para evitar potenciales accidentes en el instante de manipular el artefacto.



**Figura 6. 29:** Señalética de seguridad

Fuente: Autor

### 6.9.5. Resultados de las pruebas

La finalidad de realizar las pruebas de funcionamiento es verificar su adecuado funcionamiento.

**Prueba 1.-** Se coloca 33lb de cebada y se desplaza la excéntrica desde el centro a una distancia de 5mm.

Al poner en marcha la maquina se puede observar que la cebada que cae en la primera bandeja no se desliza y comienza a amontonarse en las planchas perforadas dificultando que los granos atraviesen las perforaciones.



**Figura 6. 30:** Prueba 1a

Fuente: Autor



**Figura 6. 31:** Prueba 1b

Fuente: Autor

**Prueba 2.-** Ocupamos 33lb de cebada y esta vez la excéntrica se desplaza a una distancia de 10mm, los granos siguen amontonándose pero no en la misma proporción que en la prueba 1, pero ya pasan por las perforaciones varios granos.



**Figura 6. 32:** Prueba 2a

Fuente: Autor



**Figura 6. 33:** Prueba 2b

Fuente: Autor

**Prueba 3.-** Con 33lb más y con un desplazamiento de 15mm de la excéntrica se observa que los granos se desplazan por toda la superficie de la bandeja y los granos de diferentes tamaños caen por las perforaciones de una bandeja a otra seleccionado por tamaño los granos primero el más grueso, después el grano medio y finalmente el grano pequeño.



**Figura 6. 34:** Prueba 3a

Fuente: Autor



**Figura 6. 35:** Prueba 3b

Fuente: Autor

Además un parámetro importante es la abertura del sistema de dosificación ya que la abertura de la misma debe graduarse en unos 5mm a 10mm para que pueda caer el grano con facilidad a través del dosificador.



**Figura 6. 36:** Vista Superior

Fuente: Autor



**Figura 6. 37:** Vista Inferior

Fuente: Autor

También la vibración de la máquina ayuda a que los granos de cebada se desplacen y caigan por el sistema de dosificación.

**Tabla 6. 7:** Resumen pruebas de funcionamiento

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO				
N°	Cantidad (lb)	Excéntrica Desplazamiento (mm)	Abertura dosificador (mm)	Limpieza
PRUEBA 1	33	5	5 a 10	Mala
PRUEBA 2	33	10	5 a 10	Buena
PRUEBA 3	33	15	5 a 10	Muy buena

Fuente: Autor

### 6.9.6. Conclusiones.

- La máquina puede trabajar a con diferentes desplazamientos graduando su radio de giro en el cigüeñal si se quiere que el desplazamiento sea más grande según la necesidad.
- Con la construcción del sistema de limpieza mecánico se comprueba que el modelo diseñado y hecho se ajusta a los requerimientos para el grano de cebada optimizando la producción.
- La utilización de este equipo disminuye el tiempo de limpieza con respecto a la limpieza manual.

### **6.9.7. Recomendaciones**

- Al ejecutar el proceso de limpieza el operador deberá apartarse de la máquina cuando los elementos móviles comiencen a girar, para prevenir accidentes.
- Limpiar todos los componentes de acero inoxidable, que estén en contacto con la cebada.
- Es preciso seguir las indicaciones que se señalan en el manual de operación para no tener dificultades e inconvenientes en el proceso de limpieza mecánico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica. Mc Graw-Hill.
- Chasi, Y. (2014). SISTEMAS DE ELAVACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA NOVEL DE LA CIUDADA DE LATA CUNGA Y SU INCIDENCIA EN EL NIVEL DE PRODUCCIÓN. Ambato.
- Egas Astudillo, L. (2006). DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA DE ELABORACIÓN DE UN CEREAL INSTANTANEO A PARTIR DE LA CEBADA.
- FAO. (1985). Procesamiento de semillas de cereal y leguminosas de grano. Roma: W.P. Feistritzer.
- García, M. (08 de 11 de 2010). TC/mat Tecnología de Cereales. Recuperado el 03 de 02 de 2015, de Universidad de Granada: <http://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>
- INEC. (10 de 05 de 2011). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Recuperado el 11 de 01 de 2015, de [www.ecuadorencifras.gob.ec/](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/): <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Cebada.pdf>
- INIAP. (24 de 04 de 2012). Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur. Recuperado el 04 de 02 de 2015, de <http://www.iniap.gob.ec>: <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20los%20productores%20de%20cebada%20de%20la%20Sierra%20Sur..pdf>
- López Gómez, V. (2015). DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MAQUINA CLASIFICADORA VIBRATORIA DE GRANOS DE MAÍZ SEGÚN SU TAMAÑO. Quito.
- Malpartida, I. (2007). Diseño y construcción de una máquina venteadora de trigo. Lima.
- Mesías López, F. (2011). Estudio del proceso de picado de papas y su factibilidad de automatización, en el restaurante Stars del canton de Patate. Amabto.

- Mott PE., R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. PEARSON Educación.
- Nagles, J. (2009). Diseño de una máquina prelimpiadora de laboratoria de arroz. Pereira.
- SEPROYCO. (14 de 01 de 2011). Servicios, Proyectos y Consultoría . Recuperado el 08 de 01 de 2015, de [www.seproyco.com](http://www.seproyco.com): [http://www.seproyco.com/www/index.php?option=com\\_content&view=article&id=152:estudio-de-mercado-de-la-cebada-en-ecuador&catid=57:desarrollo-y-competitividad-empresarial&Itemid=157](http://www.seproyco.com/www/index.php?option=com_content&view=article&id=152:estudio-de-mercado-de-la-cebada-en-ecuador&catid=57:desarrollo-y-competitividad-empresarial&Itemid=157)

# ANEXOS

## ANEXO A

### CARACTERÍSTICAS DE MÁQUINAS LIMPIADORAS DE CEBADA

## ANEXO A1: Zaranda cilíndrica rotativa.

Fuente: [www.industriaruly.com.ar](http://www.industriaruly.com.ar)

tratamiento de semillas

### tamañador de granos MODELO TR

**Chasis:** Sobre un eje, con llantas 14" ventiladas.  
**Mando:** Con motor eléctrico o a explosión.  
**Carga:** Noria alimentadora a correa con paletas de goma.  
**Sistema de limpieza:** Rolo giratorio preparado con zarandas cambiables. Sinflin para traslado del material.  
**Boquillas de descarga:** Con botseros.



62 • e-mail: [info@industriaruly.com.ar](mailto:info@industriaruly.com.ar) / [industriarulyrsl@hotmail.com.ar](mailto:industriarulyrsl@hotmail.com.ar) • Sitio web: [www.industriaruly.com.ar](http://www.industriaruly.com.ar)

## ANEXO A2: Equipo con aspirador y zarandas.

Fuente: [www.bec-car.com](http://www.bec-car.com).



[Consultar sobre el producto](#)

[Imprimir producto](#)

#### Características

- Práctica y económica.
- Limpia cualquier tipo de semilla con un simple cambio de zarandas.
- Puede funcionar con motor a explosión.

Por su sistema de limpieza, le permite eliminar con gran precisión todas las impurezas y cuerpos extraños; dejando la semilla limpia y seleccionada, lista para la siembra o comercialización.

Esta equipada con dos planos de zarandas cambiables, de fácil extracción y auto limpieza por pelotitas de goma.

Por su diseño permite que toda la semilla recorra ambas zarandas en toda su longitud. Realizando por ello una muy buena calidad de limpieza.

Una potente turbina y dos posiciones de aspiración son los elementos que le permitirán obtener una calidad de trabajo muy destacada eliminando las impurezas livianas que las zarandas no pueden sacar.

Provisión de serie: motor eléctrico monofásico, dos juegos de zarandas a elección.

#### Accesorios

- Muñeco con poleas y correas, para accionamiento con motor a explosión.

#### Dimensiones

Ancho 1.1 mt.  
Alto 1.9 mt.  
Largo 1.9 mt.  
Peso 260 Kg.

E-mail

Santa Joaquina 855. Telefax: +54 341 4941329. Email: [info@bec-car.com](mailto:info@bec-car.com). S2138BWO Carcarañá, Santa Fe, Argentina.

## ANEXO A3: Equipo con zarandas.

Fuente: [www.sircaecuador.com](http://www.sircaecuador.com)



### Clasificadora de Granos SIRCA



La **Clasificadora de Granos SIRCA**, incorpora soluciones tecnológicas para mayor productividad y eficiencia.

Construcción metálica, este clasificador de bandejas distribuye uniformemente el producto de acuerdo a su espesor y peso, volviéndose un proceso sencillo y práctico, evitando desperdicio del producto.

La capacidad es de aproximadamente 1.5 toneladas por hora.

**Su estructura** compuesta de tres bandejas individuales, incluyen planchas perforadas para la clasificación del producto de acuerdo al espesor y peso.

El sistema para mover las bandejas está compuesto por ejes de acero, poleas y motor, generando un movimiento uniforme de las bandejas para que el producto quede clasificado.

No dañan el producto.

De fácil operación y mantenimiento.

De bajo costo de operación y bajo consumo de energía eléctrica.

**Capacidad Promedio:** 35 qq. (Quintales) ó 1,5 Toneladas por hora

## ANEXO B

### COTIZACIONES DE MÁQUINAS LIMPIADORAS DE CEBADA



**ANEXO B2: Equipo con aspirador y zarandas.**

Fuente: www.bec-car.com.

 <p> <b>Dirección:</b> Sta Joaquina 855  <b>Localidad:</b> (2138) Carcaraña - Santa Fe  <b>Teléfonos:</b> 0341-4941329 / 4941630 / 4941599  <b>Email:</b> atcliente@bec-car.com  <b>Web:</b> www.bec-car.com                 </p>	<p>Nro de página: 1</p> <p><b>PRESUPUESTO N°</b> 0001 - 00004386</p> <p>Fecha de Emisión: 03/07/2015</p>
	<p>CUIT: 30-70962756-9</p> <p>Ing. Brutas: 091-039201-3</p> <p><b>IVA Responsable Inscripto</b></p>
<p><b>Sr(esa): PUENTE DIEGO</b> Cuentas: 6407</p> <p>Domicilio:</p> <p>Localidad: TUNERANUA</p>	

CÓDIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	BONIF.	SUBTOTAL
50001	1.00	SELECCIONADORA DE SEMILLAS MOD. LSC-10 750 KG/HORA según tipo semilla. Equipada con 2 PLANOS de limpieza 0,5x1m Sistema ASPIRACION doble. Chinango de Carga c/BATEA extraíbl Se ENTREGA con MOTOR trifásico 2HP y 4 zarandas A ELECCIÓN.	U\$ 8,715.00		8,715.00
PRECIO FOB ROSARIO - SANTA FE					
Fecha de entrega: / /					
Subtotal			Iva	21.00	
Subtotal			8,715.00	Iva 10.50	915.08
Imp. Internos:					
Exento:					
<b>TOTAL</b>					<b>9,630.08</b>

Estos precios son por mercadería puesta en Santa Joaquina 855 - Carcaraña (fábrica).

Cond. de pago: **A convenir**

**VALIDES DE LA OFERTA 48 HORAS**

Quedamos a su disposición para ampliar cualquier información.

**Nota:** De estar de acuerdo con la presente cotización, agradeceremos nos lo hagan saber mencionando el N° de cotización, acompañando los datos completos, correspondientes a la firma para su correcta facturación.

USUARIO: JUAN CRUZ

GRACIAS POR CONSULTAR

F 7.2/01 - Rev 0

## ANEXO B3: Equipo con zarandas.

Fuente: [www.sircaecuador.com](http://www.sircaecuador.com)



Guayaquil, 9 de Julio del 2015

Sr.  
Diego Puente  
Teléfono/Celular: 098 357 8815  
E-mail: [disebas130@hotmail.com](mailto:disebas130@hotmail.com)  
Ambato.-

### PROFORMA

**POR LO SIGUIENTE** \_\_\_\_\_ **DEBE**

Una CLASIFICADORA PARA GRANOS, marca SIRCA  
Capacidad: 35 qq/hora.  
Para Seleccionar: Grano limpio, Sisco y basura.

- Construido de estructura metálica
- Motor eléctrico WEG de 2 HP
- Zaranda para grano limpio, seco, listo para comercialización.
- Tolva para descarga de grano en la clasificadora.
- Tres descargas: a) grano 1, seco y limpio, b) para sisco y grano vano, c) para basura.

PRECIO .....	\$ 6.700,00
	+ IVA

#### Observaciones:

- Medidas de la Clasificadora: Largo: 2,20 mt. Ancho: 1,30 mt. Alto: 1,70 mt.
- No se incluye transporte.
- Garantía: 1 año.
- Forma de pago: Al contado.

Att.

ING. JORGE RUIZ CÁRDENAS  
GERENTE COMERCIAL

ANEXO C

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y COTIZACIONES  
DE LOS DIFERENTES EQUIPOS DE LIMPIEZA

**ANEXO C1: Evaluación para seleccionar el sistema mecánico para la limpieza de la cebada de acuerdo a las características y cotizaciones de cada equipo**

Fuente: Autor

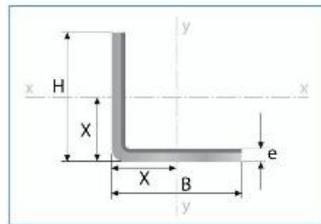
**TABLA 1.** Tabla realizada en base a proformas de máquinas para realizarla limpieza cebada e información recopilada de las diferentes paginas web consultadas

EMPRESA	SOLUCIÓN	DENOMINACIÓN	COSTO (\$)	CONSTRUCCIÓN	CANT. PRODUCTO		DIMENSIONES (mm)			MANEJO
					kg/h	qq/h	Ancho	Alto	Largo	
RULY	A	Zarandas cilíndricas rotativas	16555	Gato de apoyo, sin fin interno, robusto, noria alimentadora, planchas perforadas, motor de 6 HP	3000	66	1200	2100	4500	Difícil
BEC-CAR	B	Aspirador y zarandas	9630	Turbina de aspiración planchas perforadas, motor de 2HP	750	17	1100	1900	1900	Medio
SIRCA	C	Zaranda	6700	Ejes de cero, poleas, planchas perforadas, motor de 2 HP	1587	35	1300	1700	2000	Facil

ANEXO D  
TABLAS FIGURAS Y CATALOGOS DE PRODUCTOS

## ANEXO D1: Perfiles estructurales ángulos

Fuente: Catálogo acero IPAC



Largo Normal:  
6 metros  
Recubrimiento:  
Negro o Galvanizado  
Calidad de Acero:  
ASTM A 36 / ASTM A 572 Gr. 50  
Norma de Fabricación:  
NTE INEN 1623  
Espesores:  
Desde 1,50 a 6,00 mm  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos previa consulta

Designaciones		Peso	Propiedades Estáticas							
			Eje x-x			Eje y-y				
H	B	e	P	I	W	i	I	W	i	X=Y
mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
20	20	1,50	2,65	0,21	0,15	0,47	0,21	0,15	0,47	0,54
		2,00	3,46	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,59
		3,00	4,96	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,64
25	25	1,50	3,36	0,42	0,24	0,59	0,42	0,24	0,59	0,67
		2,00	4,40	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,72
		3,00	6,37	0,79	0,45	0,76	0,79	0,45	0,76	0,77
30	30	1,50	4,06	0,75	0,35	0,71	0,75	0,35	0,71	0,79
		2,00	5,34	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	0,84
		3,00	7,78	1,41	0,67	0,92	1,41	0,67	0,92	0,89
40	40	1,50	5,48	1,83	0,63	0,95	1,83	0,63	0,95	1,04
		2,00	7,23	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	1,09
		3,00	10,61	3,50	1,22	1,25	3,50	1,22	1,25	1,14
		4,00	13,83	4,46	1,58	1,23	4,46	1,58	1,23	1,19
		5,00	16,90	5,21	1,89	1,22	5,21	1,89	1,22	1,24

## ANEXO D2: Circunferencias interiores para bandas en V

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 17-10**

Circunferencias interiores de bandas en V estándar

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

### ANEXO D3: Dimensiones de conversiones de longitud

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 17-11**

Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

### ANEXO D4: Factor de corrección del ángulo de contacto $k_1$

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 17-13**

Factor de corrección del ángulo de contacto  $K_1$  para transmisiones de banda plana VV\* y en V

$\frac{D-d}{C}$	$\theta$ , grados	VV	$K_1$ Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

\*Un ajuste de curva de la columna VV en términos de  $\theta$  es  
 $K_1 = 0.143\,543 + 0.007\,46\,8\,\theta - 0.000\,015\,052\,\theta^2$   
 en el intervalo de  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ .

## ANEXO D5: Factor de corrección de la longitud de la banda $k_2$

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 17-14**

Factor de corrección de longitud de banda  $K_2^*$

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

\*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

## ANEXO D6: Potencia nominal de banda en V

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 17-12**

Potencias nominales de bandas en V estándar

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90	
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
	17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

## ANEXO D7: Factores de servicio sugeridos $k_s$

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 17-15**

Factores de servicio sugeridos  $K_s$  para transmisiones de banda en V

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

## ANEXO D8: Parámetro según el tipo de banda

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 17-16**

Algunos parámetros de bandas en V\*

Sección de la banda	$K_b$	$K_c$
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

\*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

## ANEXO D9: Propiedades de los aceros

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170

## ANEXO D10: Parámetros para factor de condición superficial

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 6-2**

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{ut}$ , kpsi	$S_{ut}$ , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horger (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

## ANEXO D11: Factor de carga.

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

## ANEXO D12: Factor de temperatura.

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 6-4**

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero. \* ( $S_T$  = resistencia a la tensión a la temperatura de operación;  $S_{RT}$  = resistencia a la tensión a temperatura ambiente;  $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$ )

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

\*Fuente de datos: figura 2-9.

## ANEXO D13: Factor de condición superficial

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 6-5**

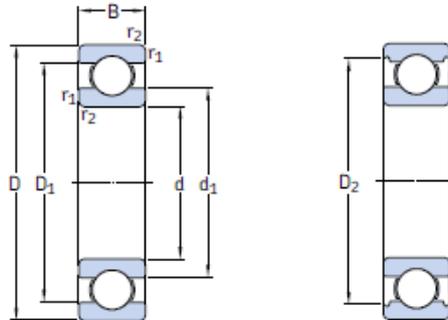
Factores de confiabilidad  $k_a$  correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_a$	Factor de confiabilidad $k_a$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

## ANEXO D14: Rodamiento rígido de bolas

Fuente: Catalogo de rodamientos FAG

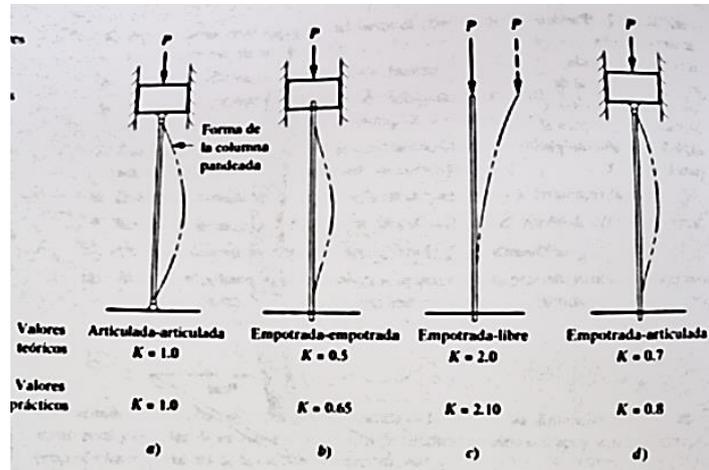
### 1.1 Single row deep groove ball bearings d 25 – 35 mm



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed		
mm			C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	r/min		kg	–
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,06	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	* 6005
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,4	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,22	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	64 05
	28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,17
68		20	26,2	15,3	0,605	22 000	14 000	0,32	62/28

## ANEXO D15: Valor K para longitud efectiva

Fuente: Robert L.Mott, Diseño de elementos de máquinas.



## ANEXO D16: Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	$n^*$
Tensión	A tope	$0.60S_u$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_u$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_u$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_u$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_u$	

\*El factor de seguridad  $n$  se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.  
 †El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de  $0.40S_u$  del metal base.

## ANEXO D17: Limite DE fluencia del acero 1018

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla A-22**

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales\* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Fluencia	Última	A la fractura
			$S_y$	$S_x$	$\sigma_f$
			Mpa (kpsi)	Mpa (kpsi)	Mpa (kpsi)
1018	Acero	Recoocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) <sup>†</sup>
1144	Acero	Recoocido	358 (52.0)	646 (93.7)	808 (130) <sup>†</sup>
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) <sup>†</sup>
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)
303	Acero inoxidable	Recoocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) <sup>†</sup>
304	Acero inoxidable	Recoocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) <sup>†</sup>
2011	Aleación de aluminio	T6	167 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) <sup>†</sup>

\*Los valores se toman de una o dos coladas y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%. <sup>†</sup>Valor derivado.

## ANEXO D18: Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 9-6**

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Programa A: Carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete							
Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)							
	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal							
$^{\dagger}F =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

\*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AWS-AWS Task Committee. <sup>†</sup> $F = 0.707\tau_{perm}$ .

Fuente: Adaptada de Omer W. Blodgett (ed.), *Stress Allowables Affect Weldment Design*, D412, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, mayo de 1991, p. 3. Reproducido con autorización de Lincoln Electric Company.

## ANEXO D19: Factor de concentración de esfuerzos para soldadura

Fuente: Shigley Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica

Tipo de soldadura	$K_{ts}$
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

## ANEXO D20: Perfiles estructurales tubo cuadrado

Fuente: Catálogo acero DIPAC

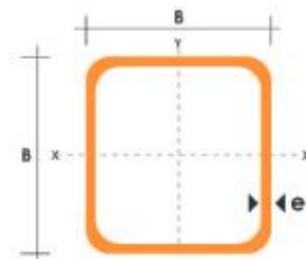
### TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

#### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Prevía Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20.00mm a 100.00mm
<b>Espesor</b>	Desde 2.00mm a 3.00mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPEJOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52



ANEXO E:

FOTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA TAMIZADORA

Anexo E1: Estructura



Anexo E2: Estructura para las bandejas



Anexo E3: Biela



Anexo E4: Dado



Anexo E5: Ensamble de la transmisión



Anexo E6: Tamizadora ensamblada



ANEXO F:

CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE CEREALES Y DATOS  
OBTENIDOS DEL ENSAYO REALIZADO EN LA FACULTAD DE CIENCIA  
E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**ANEXO F1. CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE CEREALES  
DE LA FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS.**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
Campus Huachi; Av. Los Chasquis. Edificio (FCIAL) Telef. 2400987 – Email: [fcial@uta.edu.ec](mailto:fcial@uta.edu.ec)  
LABORATORIOS Campus Huachi y Campus Ingahurco (Av. Colombia y Chile)  
Ambato – Ecuador

**CERTIFICACIÓN**

A petición verbal de la parte interesada, y en calidad de Jefe de Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, CERTIFICO: que el señor **DIEGO SEBASTIÁN PUENTE TIPÁN, C.C. 1803542495**, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica **ha realizado trabajos de la fase experimental** del proyecto de trabajo de titulación: **“Estudio de un sistema mecánico aplicado a la limpieza de cebada en la elaboración de harina de máchica para mejorar la producción artesanal”**, en el Laboratorio 1.4 (Tecnología de Cereales) el 25, 29 de febrero, y el 2 de marzo del 2016.

Para constancia de lo anotado me remito a los archivos correspondientes, y autorizo a la parte interesada para que haga uso del presente para el trámite que sea pertinente.

Ambato, Marzo 4, 2016

Marco A. Amaluís G., Ing. M.S.

JEFE DE LABORATORIOS FCIAL



ANEXO F2. Hoja de uso de laboratorio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS  
 LABORATORIOS  
 LABORATORIO DE: *Tecnología de Cereales y Derivados*  
 MODULO: *CARRERA:*

FCIAL-SGC-UL-01

Revisión N° 1 reemplaza a N° 0  
 Elaborado por: *[Firma]*  
 Ing. Marco Amalulsa  
 Aprobado por: *[Firma]*  
 Ing. Lenin Garcés

USO DEL LABORATORIO										
N°	FECHA	HORA INICIO	HORA FIN	USUARIO (Nombre Apellidos)	TEMA DEL TRABAJO	MATERIALES USADOS	EQUIPOS USADOS	OBSERVACIONES	FIRMA USUARIO	FIRMA AUXILIAR
	21/12/15	10:00	17:00	Marcelo Robayo	Evaluación del efecto de la sustitución de harinas por el mollejo de chíca en pan dulce	Harinas Bowlis	Horno Balanza Pajmulador Amasadora		<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
	11/01/16	10:00	17:00	Marcelo Robayo	Evaluación del efecto de la sustitución de harinas por el mollejo de chíca en pan de canchale	Harinas Bowlis	Horno Balanza Pajmulador Amasadora		<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
	22/01/16	16:00	16:50	Diana Lalo	Reubrimientos Comestibles	Tamiz # 30, 60 Tapa y fondo			<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
	25/01/16	17:00	18:00	Diego Rente	% de impurezas en la cebada	Tamices de diferente medida	Tamizador eléctrico Balanza		<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
	29/01/2016	17:00	19:10	Diego Rente	% de impureza en la cebada	Tamices de diferente medida	Tamizador eléctrico Balanza		<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
	02/02/16	17:00	18:15	Diego Rente	% de impureza en la cebada	Tamices de diferente medida	Tamizador eléctrico Balanza		<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>

Pag. de

**ANEXO F3. ENSAYO 1. Cebada limpia sistema manual**

**CARACTERISTICAS DE LOS  
TAMICES**

N°	DESCRIPCION	
Tamiz 1	N° 4	4.75 mm
Tamiz 2	N° 8	3.36 mm
Tamiz 3	N° 14	1.4 mm

Tiempo requerido para cada prueba 5min

**PRUEBA N° 01**

Peso inicial para la prueba 100,04gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	96,17	0
Tamiz 3	3,71	0
Bandeja fondo	0	0,16
<b>Total</b>	<b>99,88</b>	<b>0,16</b>

**PRUEBA N° 02**

Peso inicial para la prueba 100,02gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	98,61	0
Tamiz 3	1,1	0
Bandeja fondo	0	0,31
<b>Total</b>	<b>99,71</b>	<b>0,31</b>

**PRUEBA N° 03**

Peso inicial para la prueba 100,08gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	96,53	0
Tamiz 3	3,33	0
Bandeja fondo	0	0,22
<b>Total</b>	<b>99,86</b>	<b>0,22</b>

**PRUEBA N° 04**

Peso inicial para la prueba 100,04gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	97,03	0
Tamiz 3	2,51	0
Bandeja fondo	0	0,5
<b>Total</b>	<b>99,54</b>	<b>0,5</b>

**PRUEBA N° 05**

Peso inicial para la prueba 100gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	96,42	0
Tamiz 3	3,38	0
Bandeja fondo	0	0,2
<b>Total</b>	<b>99,8</b>	<b>0,2</b>

**ANEXO F4. ENSAYO 2** Cebada limpia sistema mecánico

**CARACTERISTICAS DE LOS  
TAMICES**

N°	DESCRIPCION	
Tamiz 1	N° 4	4.75 mm
Tamiz 2	N° 8	3.36 mm
Tamiz 3	N° 14	1.4 mm

Tiempo requerido para cada prueba 5min

**PRUEBA N° 01**

Peso inicial para la prueba 100,4gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	96,09	0,5
Tamiz 3	1,85	0
Bandeja fondo	0	1,96
<b>Total</b>	97,94	2,46

**PRUEBA N° 02**

Peso inicial para la prueba 100,02gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0,04	0
Tamiz 2	98,81	0
Tamiz 3	0,11	0
Bandeja fondo	0	1,06
<b>Total</b>	98,96	1,06

**PRUEBA N° 03**

Peso inicial para la prueba 100,03gr

N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	97,87	0,1
Tamiz 3	0,1	0,1
Bandeja fondo	0	1,86
<b>Total</b>	97,97	2,06

**PRUEBA N° 04**

Peso inicial para la prueba 100,05gr

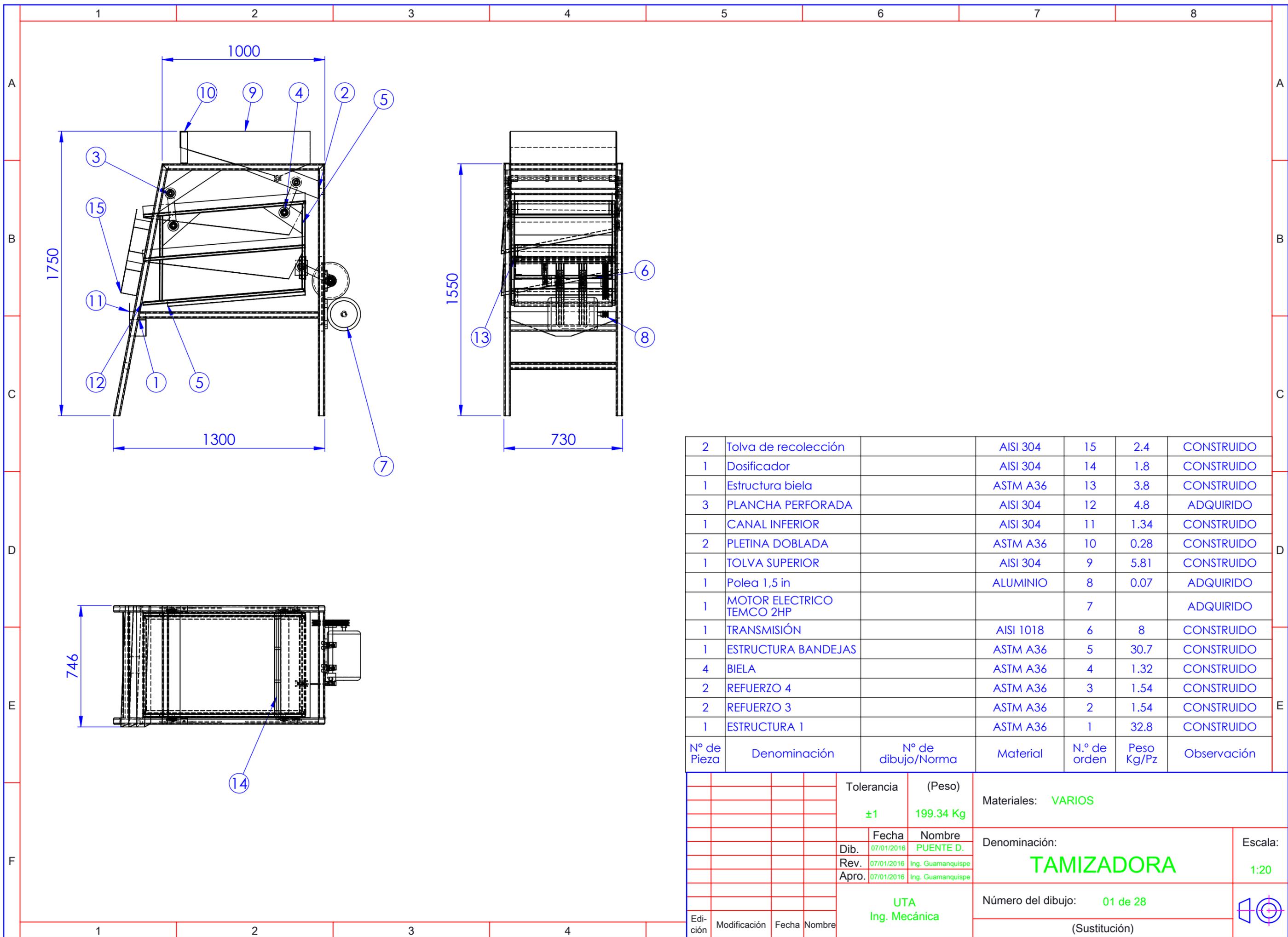
N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	96,63	0
Tamiz 3	1,75	0
Bandeja fondo	0	1,67
<b>Total</b>	98,38	1,67

**PRUEBA N° 05**

Peso inicial para la prueba 100,04gr

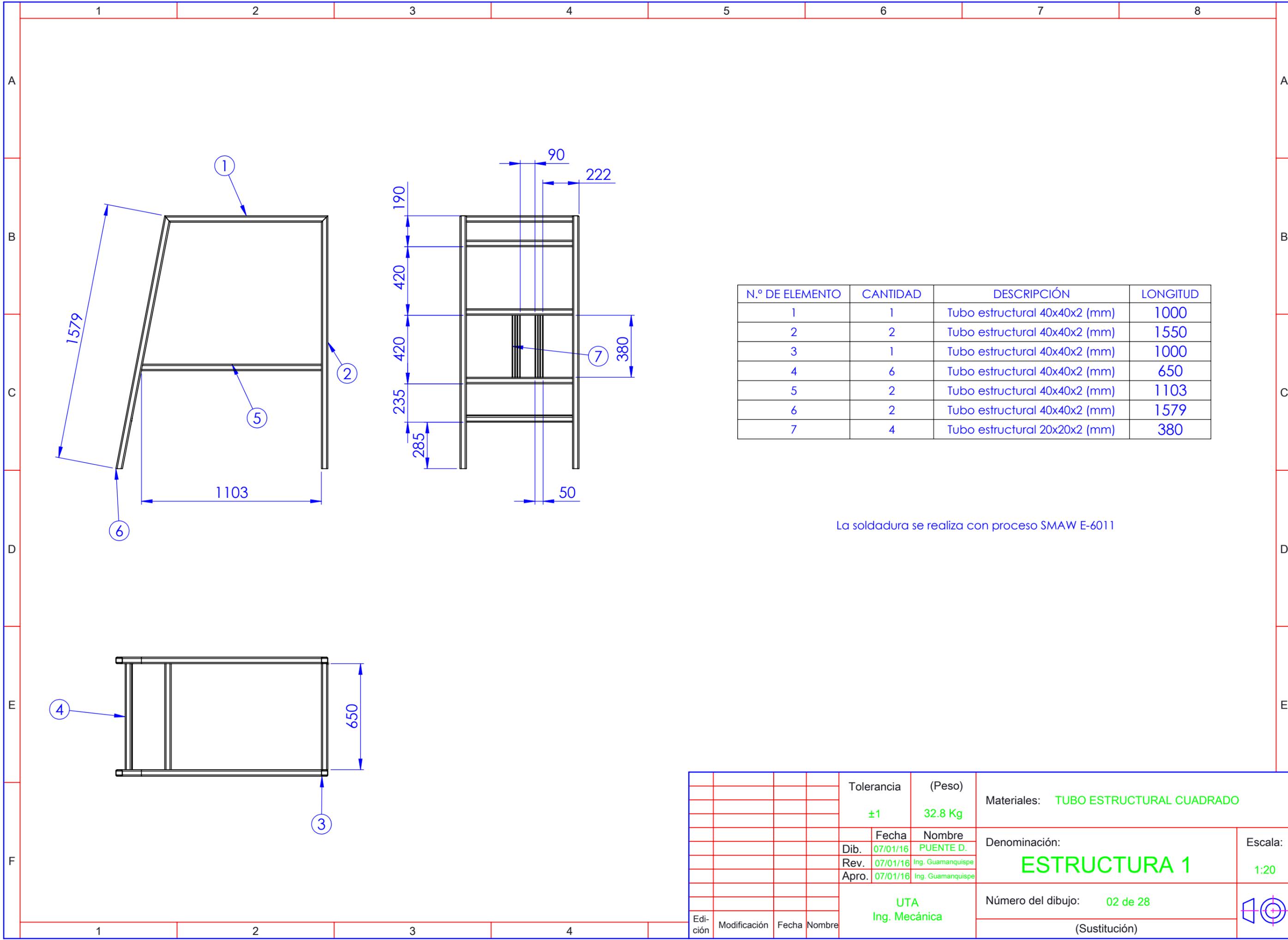
N°	Peso cebada (gr)	Peso impurezas (gr)
Tamiz 1	0	0
Tamiz 2	98,9	0
Tamiz 3	0,14	0
Bandeja fondo	0	1
<b>Total</b>	99,04	1

# PLANOS



Nº de Pieza	Denominación	Nº de dibujo/Norma	Material	N.º de orden	Peso Kg/Pz	Observación
2	Tolva de recolección		AISI 304	15	2.4	CONSTRUIDO
1	Dosificador		AISI 304	14	1.8	CONSTRUIDO
1	Estructura biela		ASTM A36	13	3.8	CONSTRUIDO
3	PLANCHA PERFORADA		AISI 304	12	4.8	ADQUIRIDO
1	CANAL INFERIOR		AISI 304	11	1.34	CONSTRUIDO
2	PLETINA DOBLADA		ASTM A36	10	0.28	CONSTRUIDO
1	TOLVA SUPERIOR		AISI 304	9	5.81	CONSTRUIDO
1	Polea 1,5 in		ALUMINIO	8	0.07	ADQUIRIDO
1	MOTOR ELECTRICO TEMCO 2HP			7		ADQUIRIDO
1	TRANSMISIÓN		AISI 1018	6	8	CONSTRUIDO
1	ESTRUCTURA BANDEJAS		ASTM A36	5	30.7	CONSTRUIDO
4	BIELA		ASTM A36	4	1.32	CONSTRUIDO
2	REFUERZO 4		ASTM A36	3	1.54	CONSTRUIDO
2	REFUERZO 3		ASTM A36	2	1.54	CONSTRUIDO
1	ESTRUCTURA 1		ASTM A36	1	32.8	CONSTRUIDO

		Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>VARIOS</b>			
		<b>±1</b>	<b>199.34 Kg</b>				
		Fecha	Nombre	Denominación:			
		Dib. 07/01/2016	PUENTE D.	<b>TAMIZADORA</b>			
		Rev. 07/01/2016	Ing. Guamanquispe			Escala:	
		Apro. 07/01/2016	Ing. Guamanquispe			1:20	
		UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 01 de 28			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

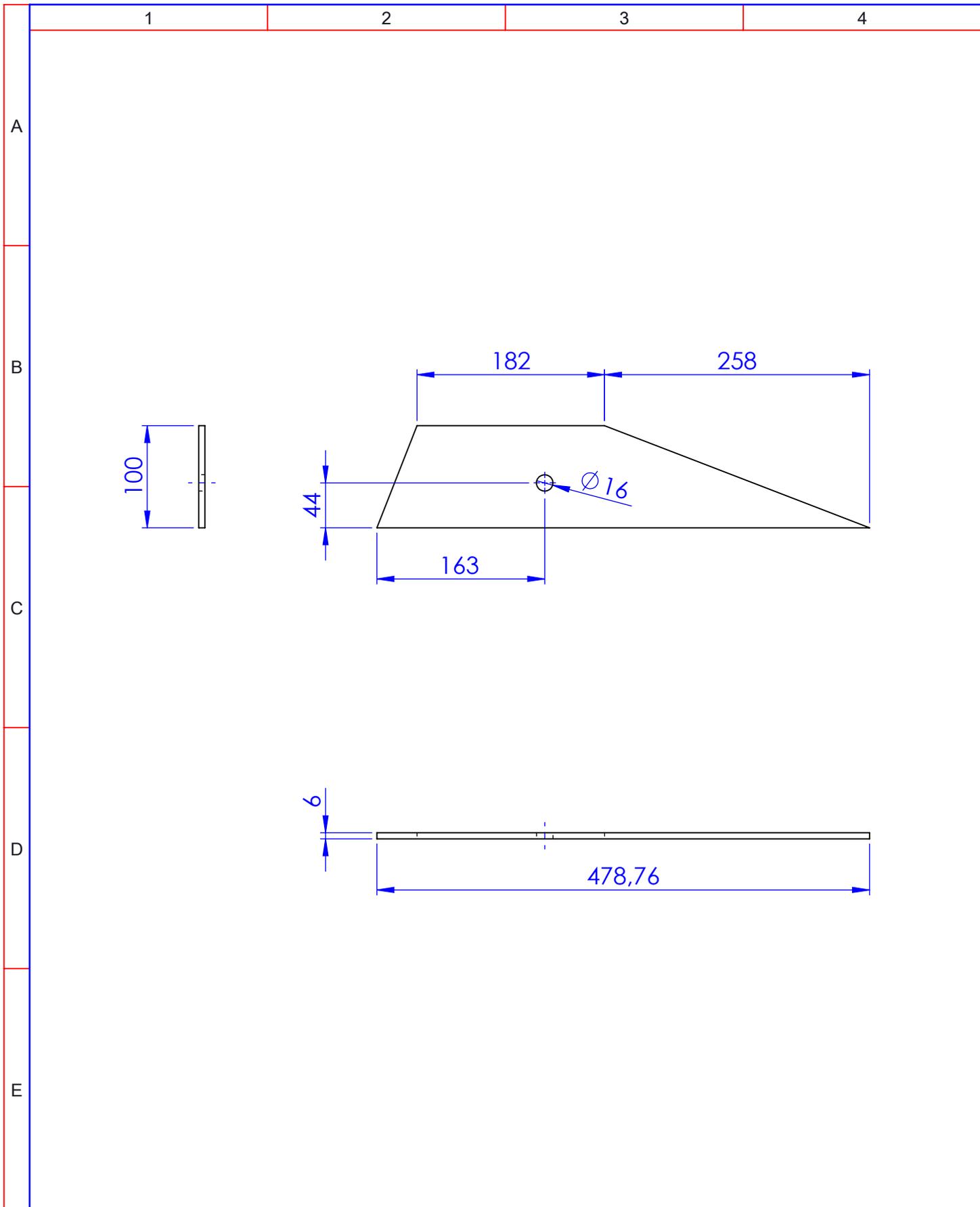


N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	1	Tubo estructural 40x40x2 (mm)	1000
2	2	Tubo estructural 40x40x2 (mm)	1550
3	1	Tubo estructural 40x40x2 (mm)	1000
4	6	Tubo estructural 40x40x2 (mm)	650
5	2	Tubo estructural 40x40x2 (mm)	1103
6	2	Tubo estructural 40x40x2 (mm)	1579
7	4	Tubo estructural 20x20x2 (mm)	380

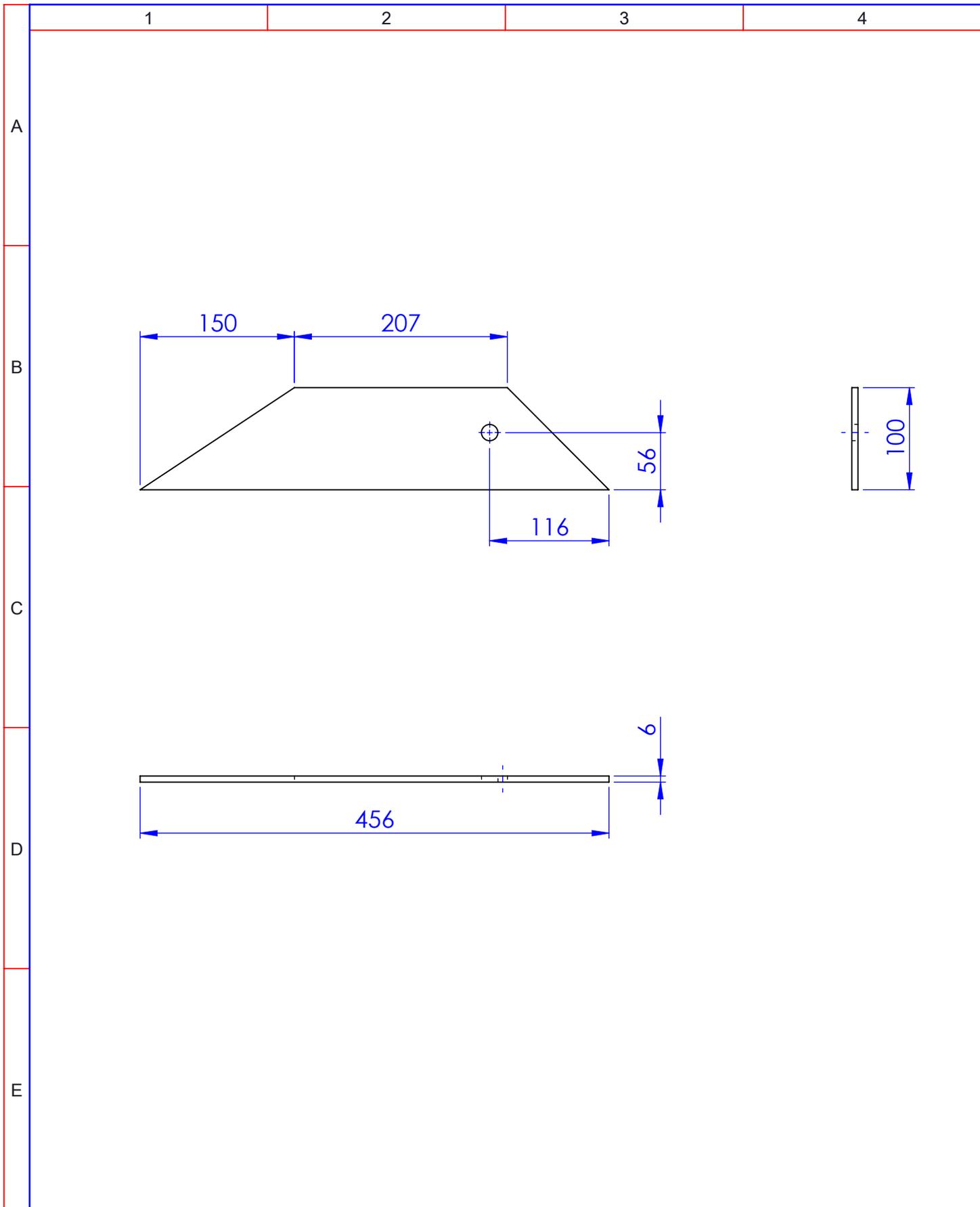
La soldadura se realiza con proceso SMAW E-6011

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO
				±1	32.8 Kg	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ESTRUCTURA 1</b>
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.	
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe	
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe	Número del dibujo: 02 de 28
				UTA Ing. Mecánica		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)

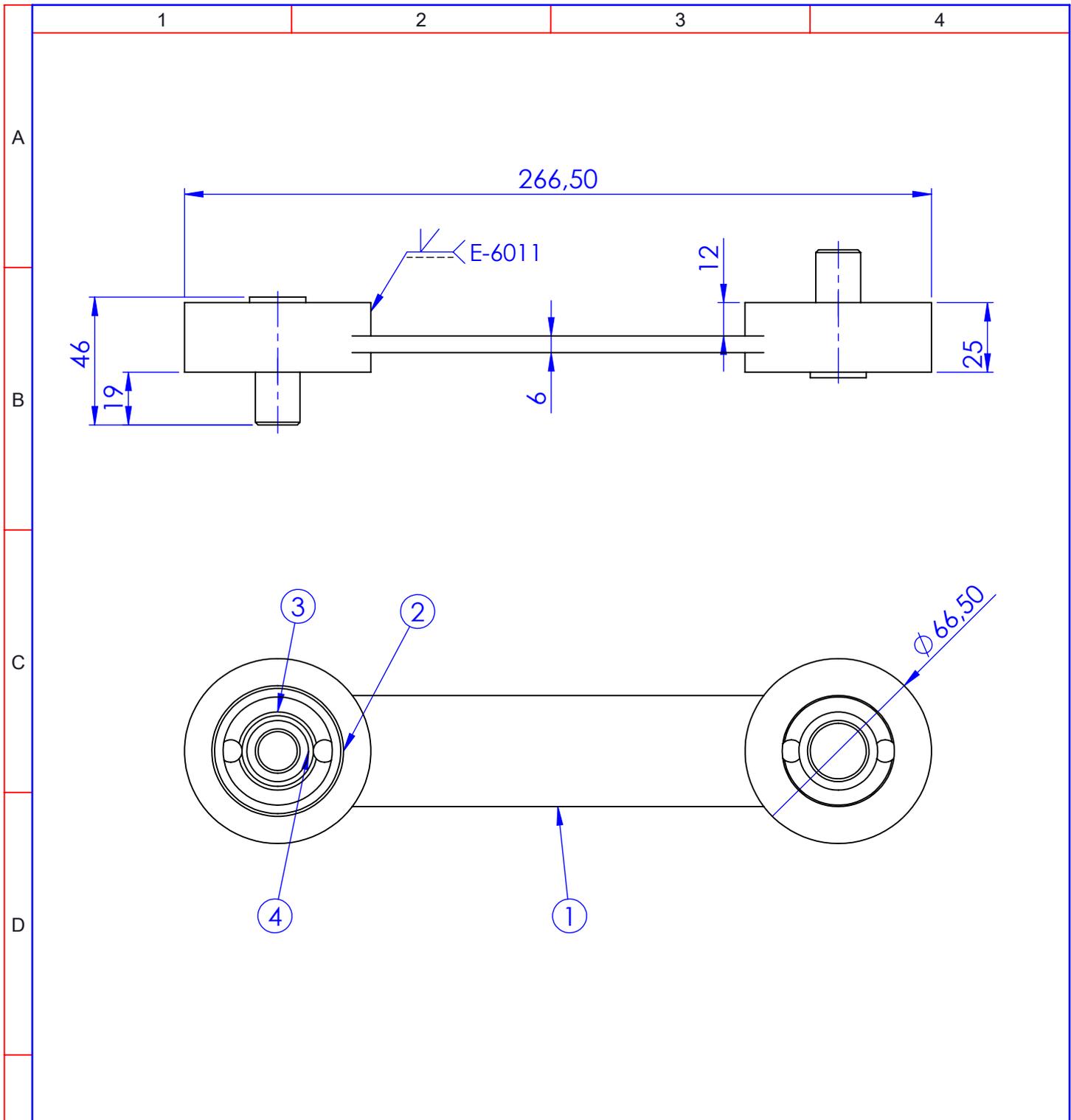
Escala:  
1:20



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ASTM A36</b>	
				<b>±1</b>	<b>1.54 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>REFUERZO 3</b>	Escala: <b>1:5</b>
			Dib.	<b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>		
			Rev.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
				Apro.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe	
				<b>UTA</b>		Número del dibujo: <b>03 de 28</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>Ing. Mecánica</b>		(Sustitución)	

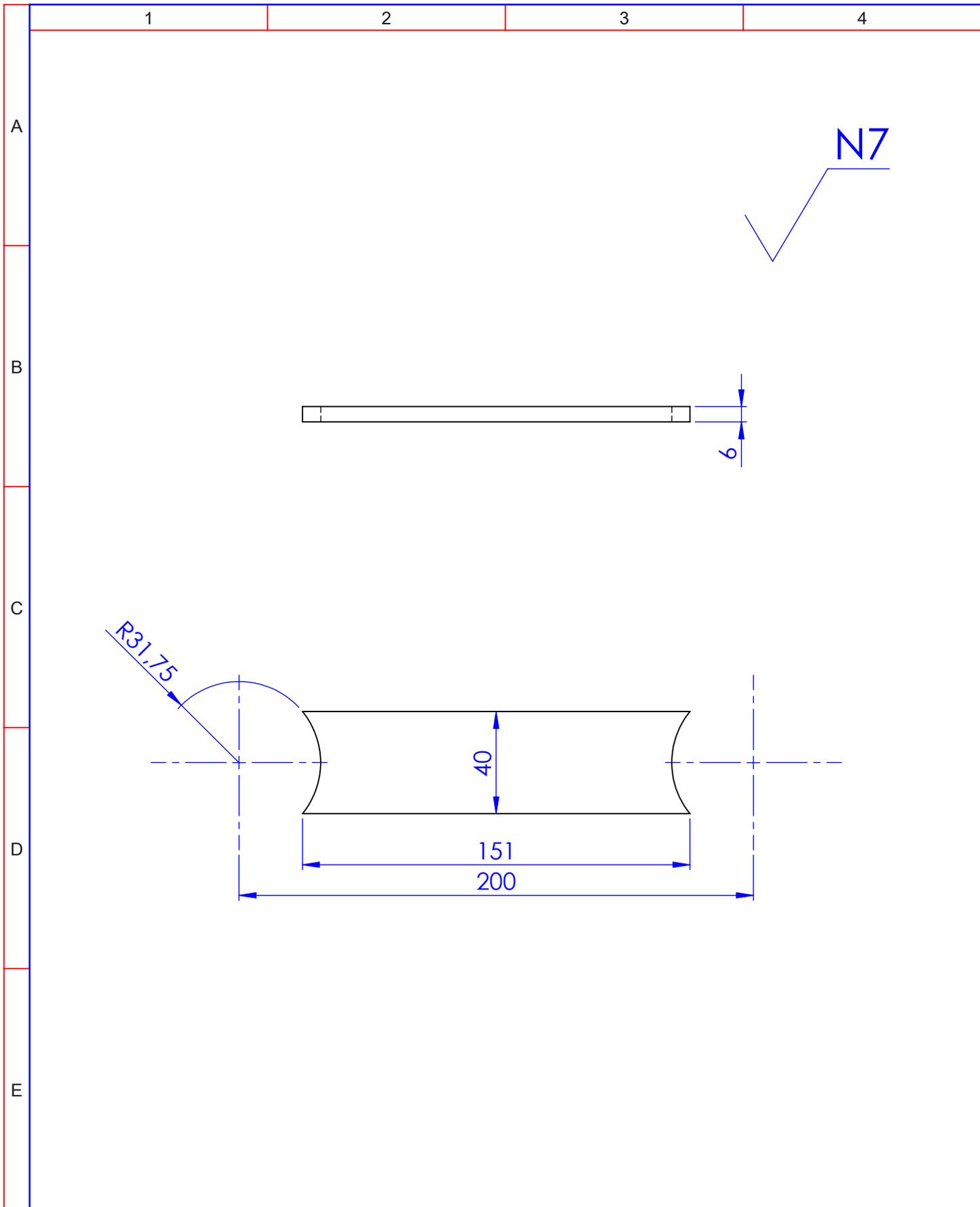


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ASTM A36</b>		
				<b>±1</b>	<b>1.54 Kg</b>	Denominación:		
				Fecha	Nombre	<b>REFUERZO 4</b>		
				Dib. <b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>			Escala:
				Rev. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe			<b>1:5</b>
				Apro. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe	Número del dibujo: <b>04 de 28</b>		
				<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



2	PASADOR		AISI 1018	4	0.98	CONSTRUIDO
2	RODAMIENTO			3	0.019	ADQUIRIDO
2	ALOJAMIENTO		AISI 1018	2	0.35	CONSTRUIDO
1	UNIÓN ALOJAMIENTO		ASTM A 36	1	0.26	CONSTRUIDO
Nº de Pieza	Denominación	Nº de dibujo/ Norma	Material	N.º de Orden	Peso Kg/Pz	Observación

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 1018 / A36</b>	
				<b>±1</b>	<b>1.32 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BIELA</b>	Escala: <b>1:2</b>
				Dib. <b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>		
				Rev. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
				Apro. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
				<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>		Número del dibujo: <b>05 de 28</b>	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ASTM A36</b>	
				<b>±1</b>	<b>0.26 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>UNIÓN ALOJAMIENTO</b>	Escala: <b>1:2</b>
			Dib.	<b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>		
			Rev.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
			Apro.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
				<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>		Número del dibujo: <b>06 de 28</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

A

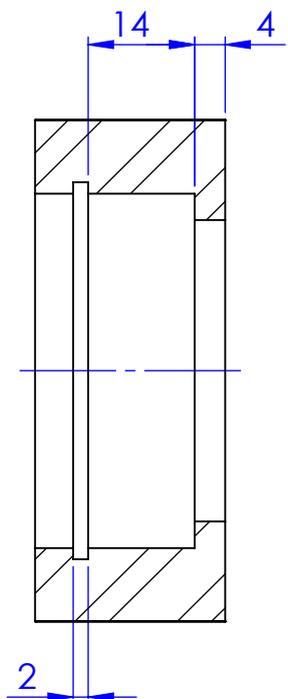
B

C

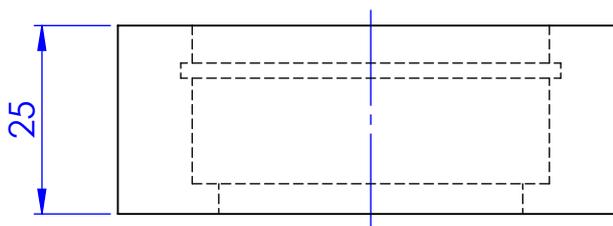
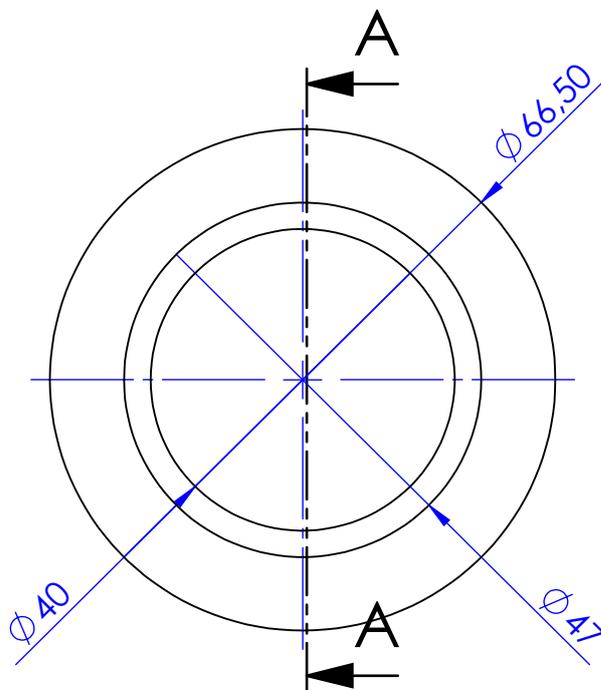
D

E

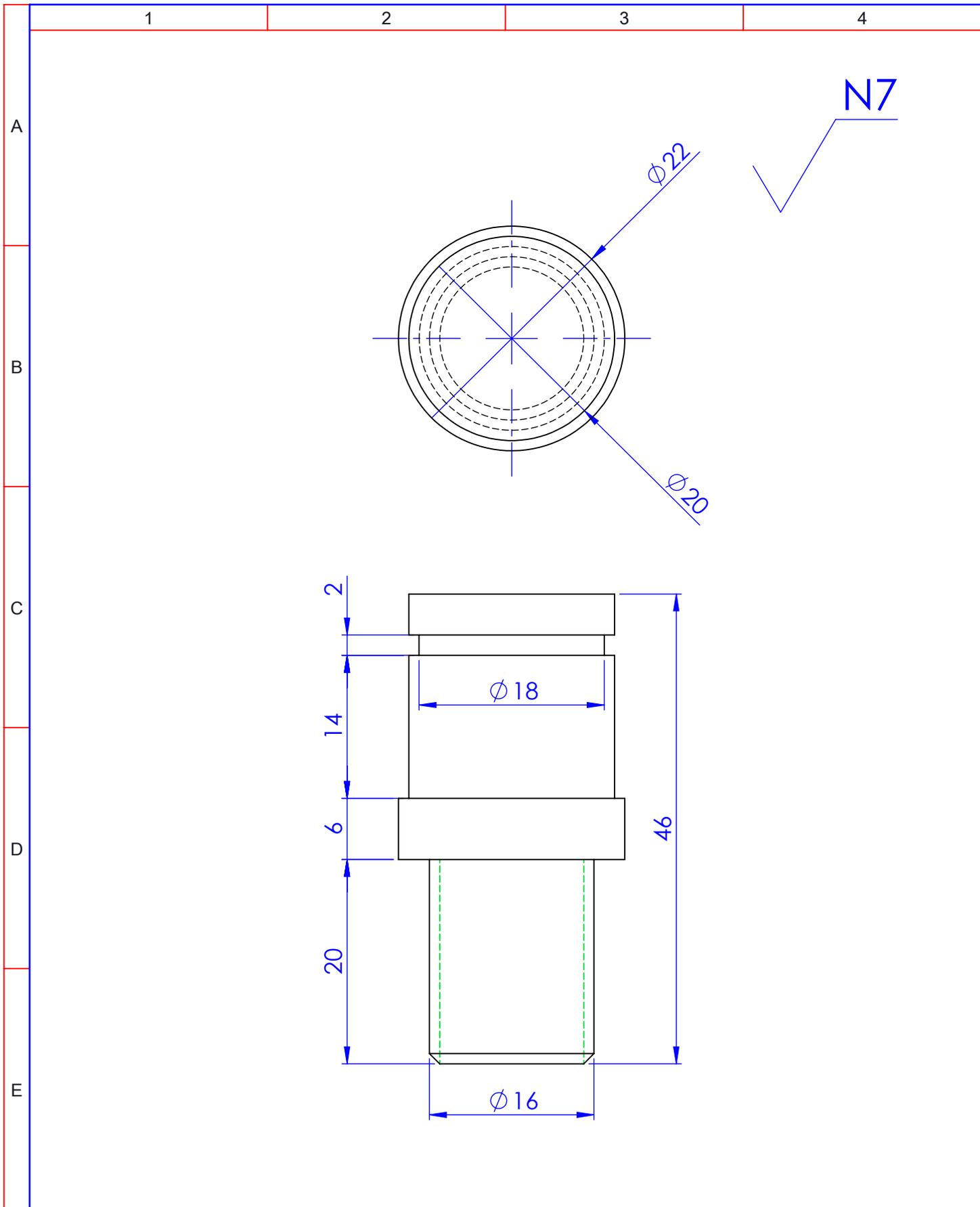
N7



CORTE A-A  
ESCALA 1:1



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1018	
				±0.5	0.35 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.	<b>ALOJAMIENTO</b>	1:1
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 07 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1018	
				±0.5	0.98 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PASADOR</b>	Escala: 2:1
			Dib.	07/01/16	PUENTE D.		
			Rev.	07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro.	07/01/16	Ing. Guamanquispe	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 08 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1

2

3

4

A

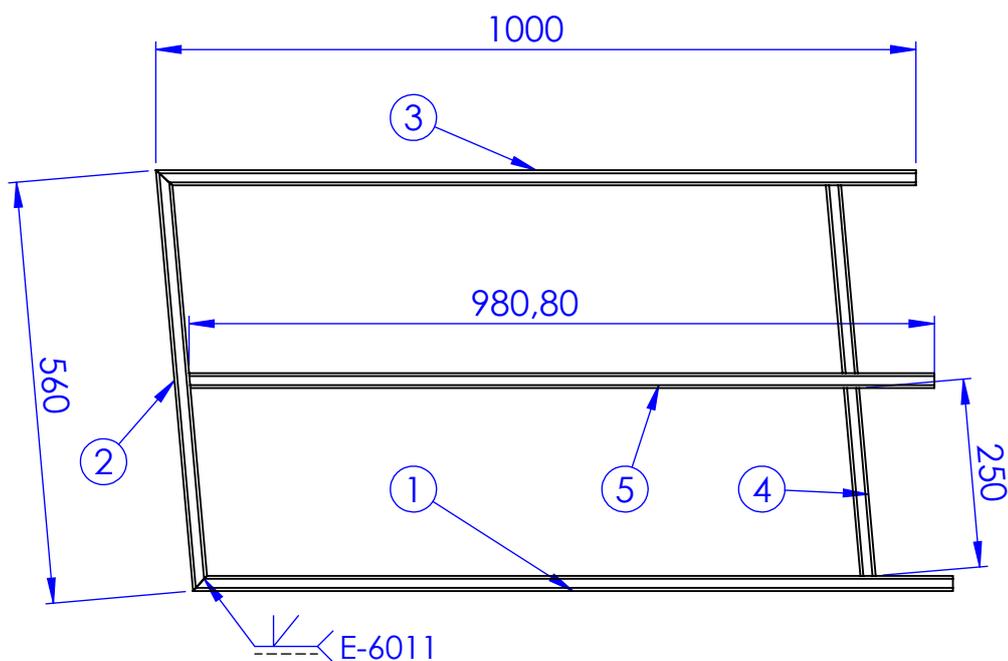
N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD (mm)
1	1	Tubo estructural cuadrado 20x20x2 (mm)	1000
2	1	Tubo estructural cuadrado 20x20x2 (mm)	560
3	1	Tubo estructural cuadrado 20x20x2 (mm)	1000
4	2	Tubo estructural cuadrado 20x20x2 (mm)	250
5	1	Tubo estructural cuadrado 20x20x2 (mm)	980.8

B

C

D

E



Tolerancia

(Peso)

Materiales: A 36

±1

4.19 Kg

Dib.

Fecha  
07/01/16Nombre  
PUENTE D.

Denominación:

Escala:

Rev.

07/01/16

Ing. Guamanquispe

**ESTRUC. LATERAL**

1:10

Apro.

07/01/16

Ing. Guamanquispe

Número del dibujo:

10 de 28



Edición

Modificación

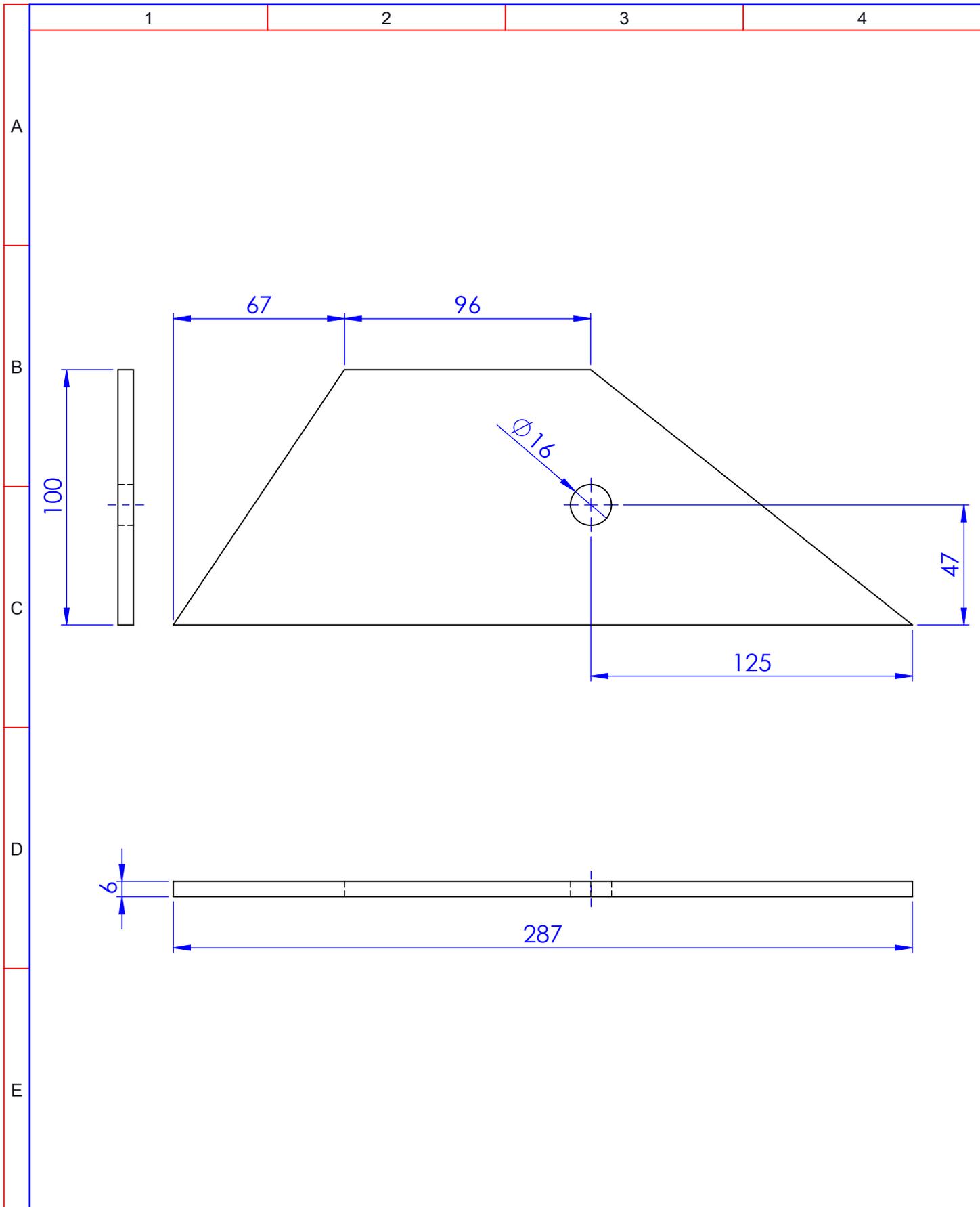
Fecha

Nombre

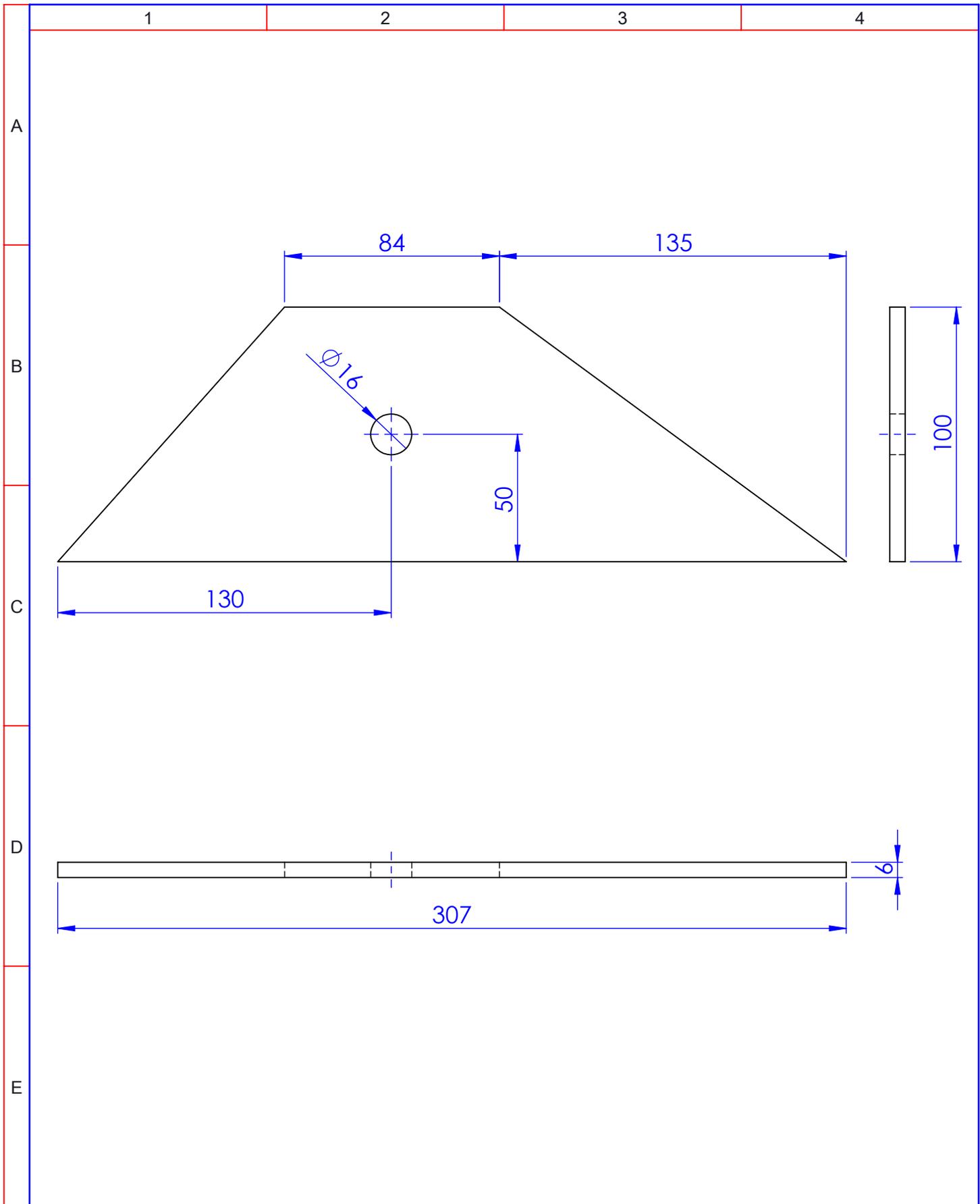
UTA  
Ing. Mecánica

Número del dibujo: 10 de 28

(Sustitución)



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ASTM A36</b>	
				<b>±1</b>	<b>0.89 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>REFUERZO 1</b>	Escala: <b>1:2</b>
			Dib.	<b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>		
			Rev.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
				Apro.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe	
				<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>		Número del dibujo: <b>11 de 28</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ASTM A36</b>	Escala:	
				<b>±1</b>	<b>0.89 Kg</b>			Denominación: <b>REFUERZO 2</b>
				Fecha	Nombre	Número del dibujo: <b>12 de28</b>		
				Dib. <b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>			(Sustitución)
				Rev. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe			
				Apro. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>				

1

2

3

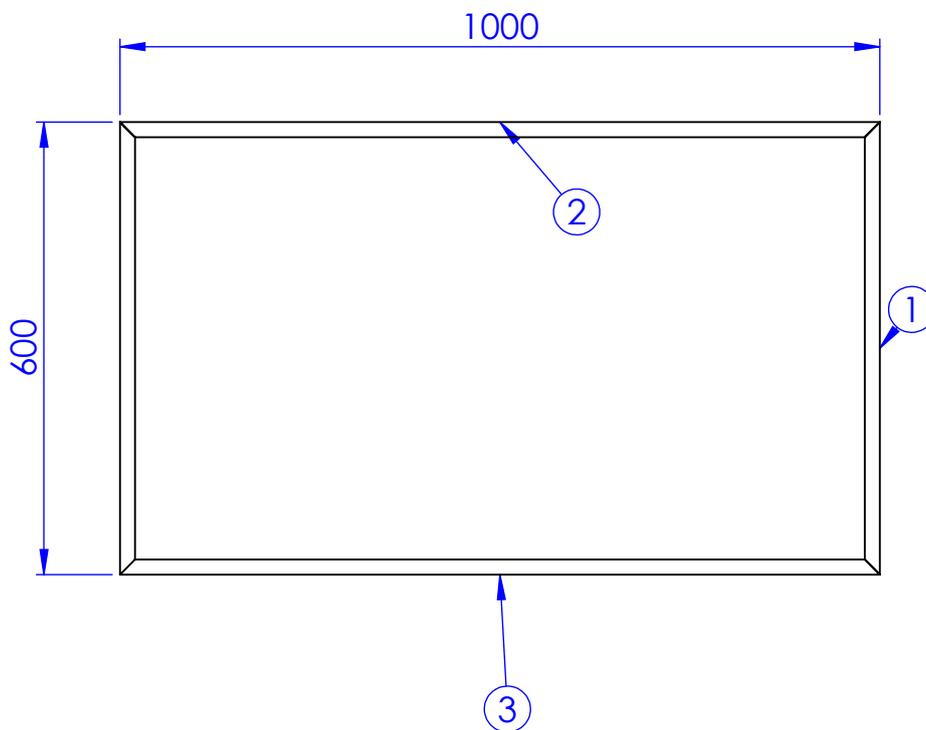
4

A

N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD (mm)
1	1	Ángulo (20x20x2mm)	600
2	1	Ángulo (20x20x2mm)	1000
3	1	Ángulo (20x20x2mm)	1000

B

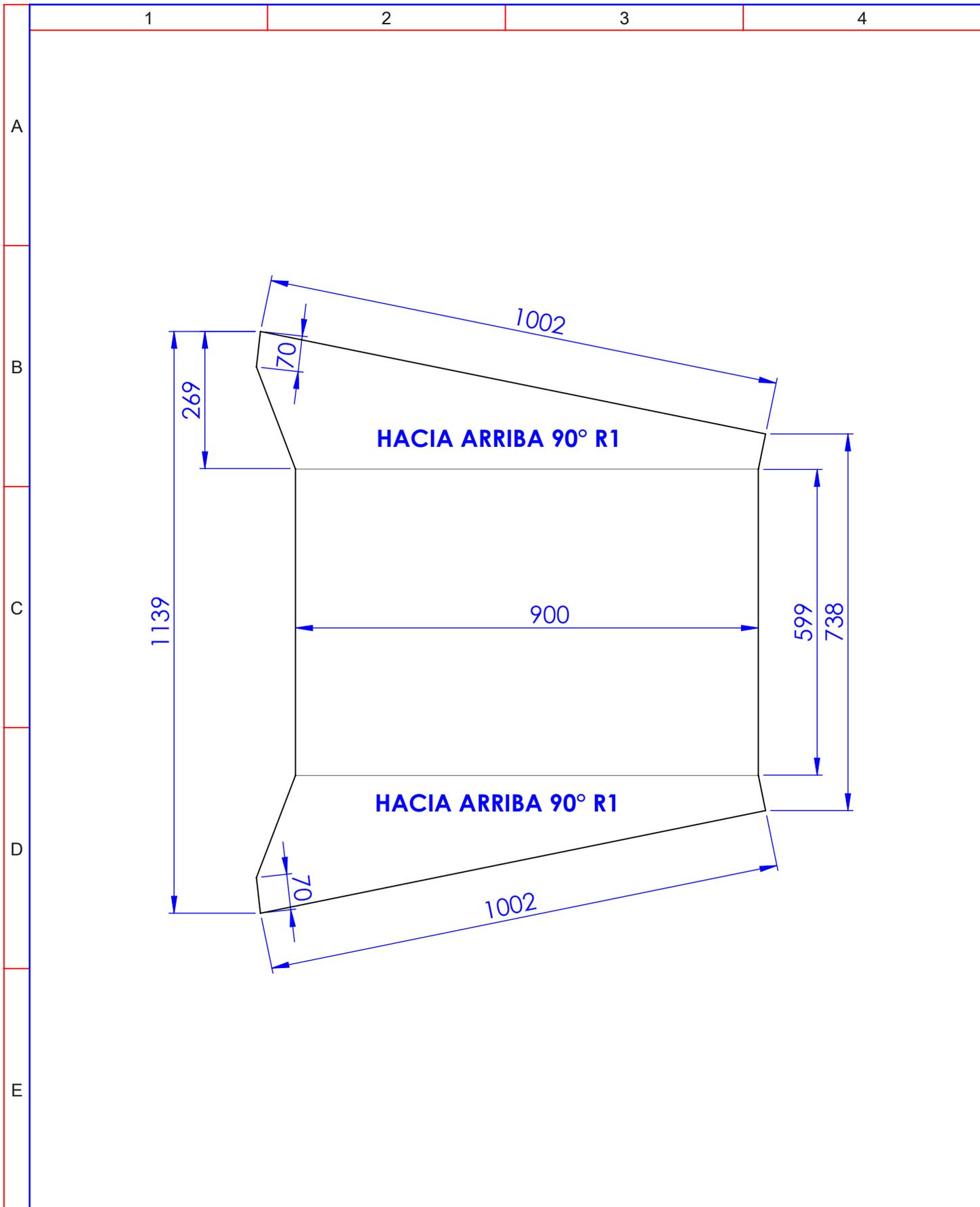
C



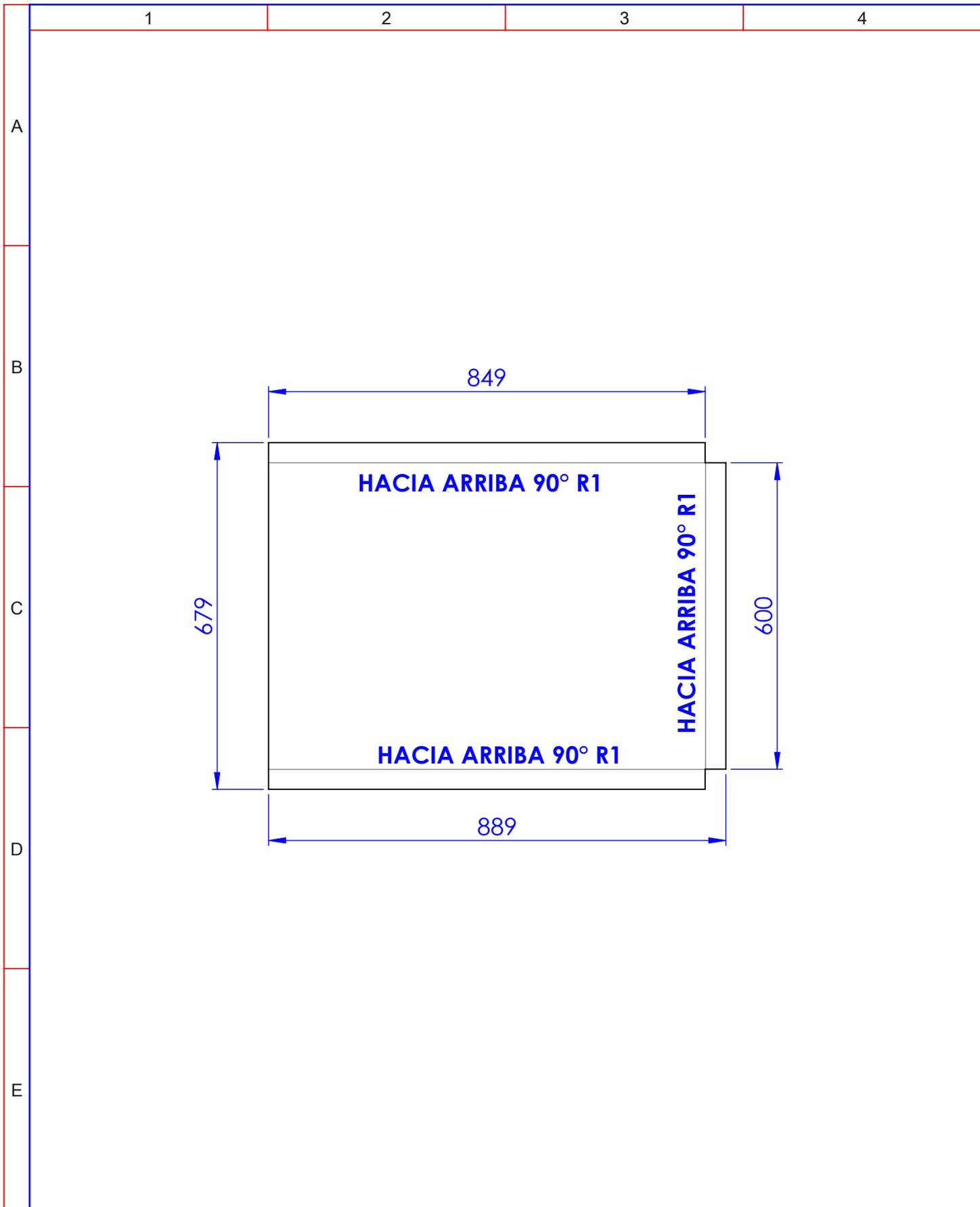
D

E

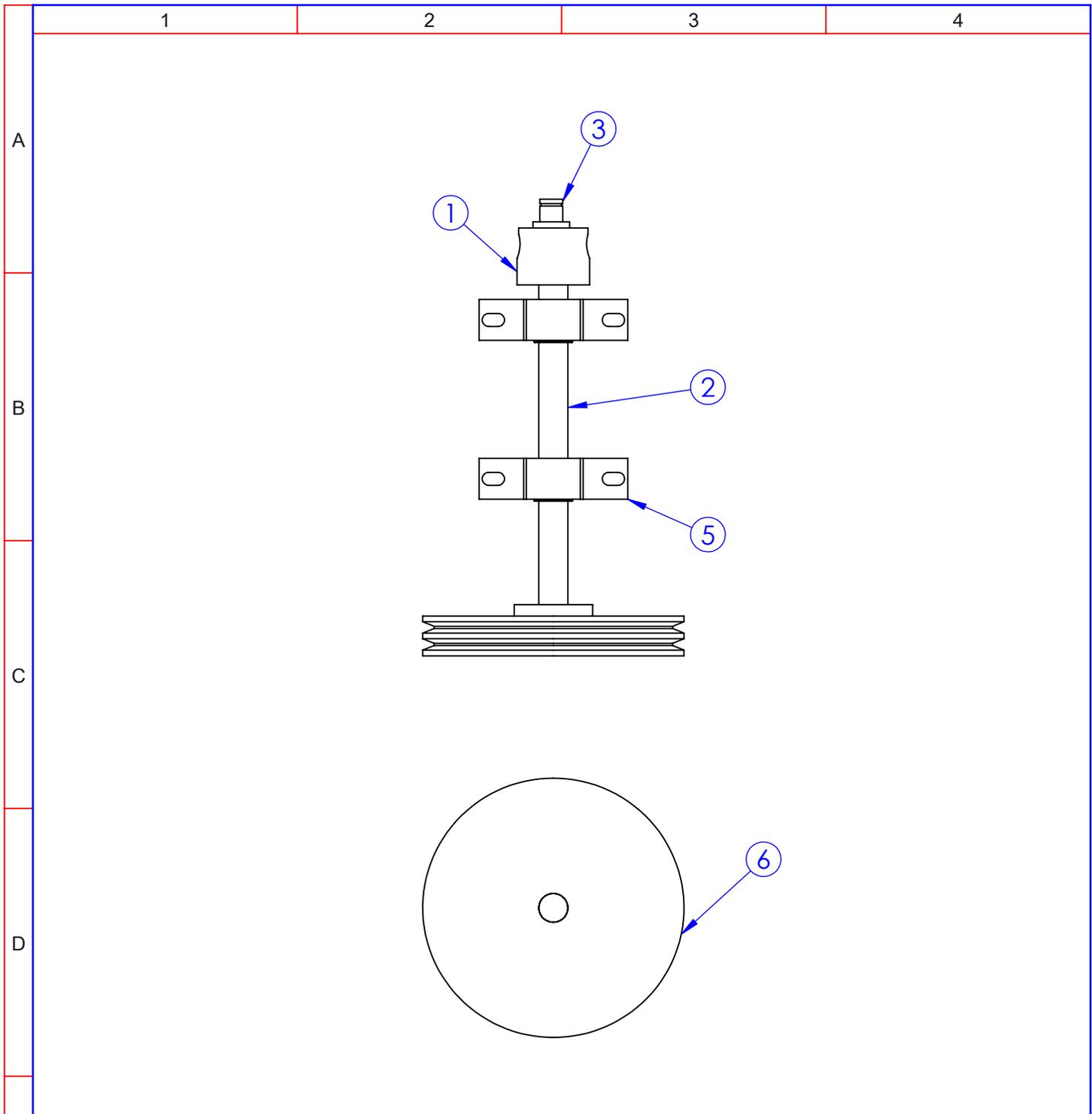
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ASTM A36</b>	
				<b>±1</b>	<b>1.9 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ANGULOS BASE</b>	Escala: <b>1:10</b>
				Dib. <b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>		
				Rev. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
				Apro. <b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe		
				<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>		Número del dibujo: <b>13 de 28</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±1	4.81 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.	<b>BANDEJA SUPERIOR</b>	1:10
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 14 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±1	3.36 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.	<b>BANDEJA DE RECOLEC.</b>	1:10
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 15 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1	Polea 9in		ALUMINIO	6	3.7	ADQUIRIDO
2	Chumacera P205			5	0.97	ADQUIRIDO
1	PASADOR1		AISI 1018	4	0.11	CONSTRUIDO
1	UNIÓN		AISI 1018	3	0.06	CONSTRUIDO
1	EJE		AISI 1018	2	1.3	CONSTRUIDO
1	DADO		AISI 1018	1	0.97	CONSTRUIDO
Nº de Pieza	Denominación	Nº de dibujo/Norma	Material	N.º de Orden	Peso Kg/Pz	Observación

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>VARIOS</b>	
				<b>±1</b>	<b>8.09 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TRANSMISIÓN</b>	Escala: <b>1:5</b>
				Dib. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe	Número del dibujo: <b>16 de 28</b>	
				<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

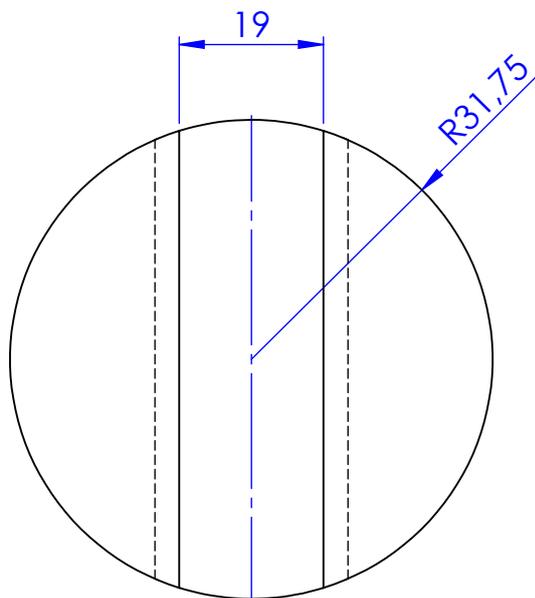
3

4

A

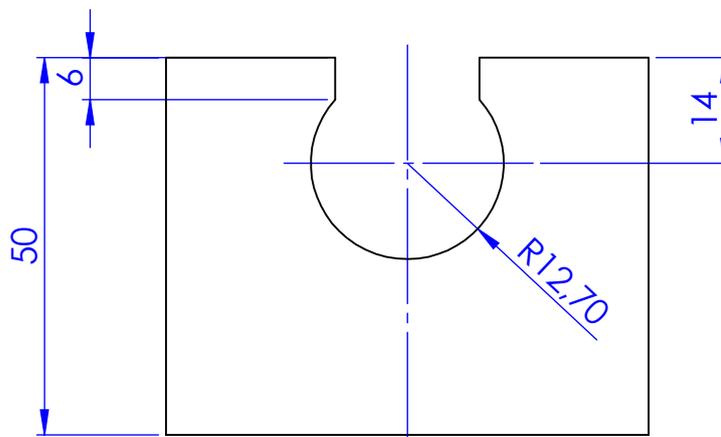
N7

B



C

D



E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1018	
				±0.5	0.97 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.		
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe	DADO	1:1
				UTA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	

1

2

3

4

A

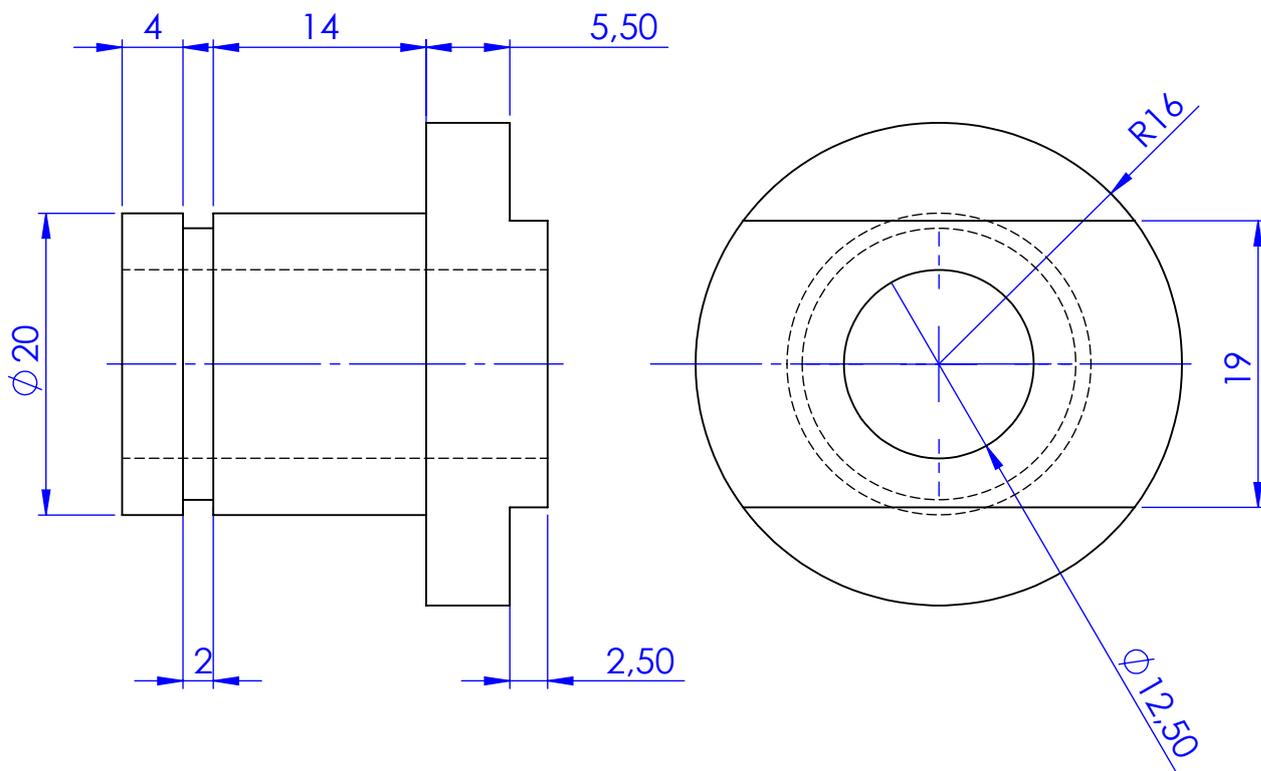
B

C

D

E

N7



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1018	
				±0.5	0.06 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>UNIÓN</b>	Escala: 2:1
			Dib.	07/01/16	PUENTE D.		
			Rev.	07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro.	07/01/16	Ing. Guamanquispe	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 18 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

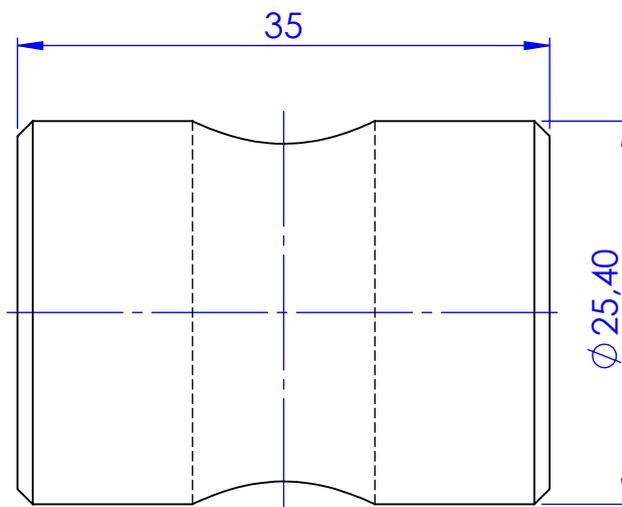
3

4

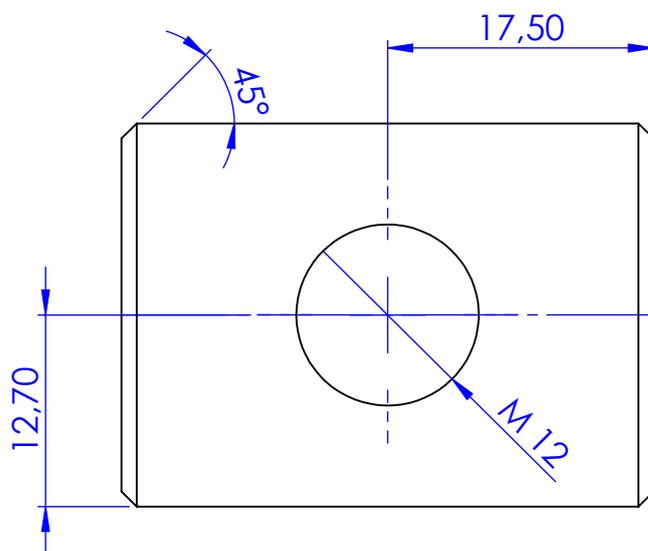
A

N7

B



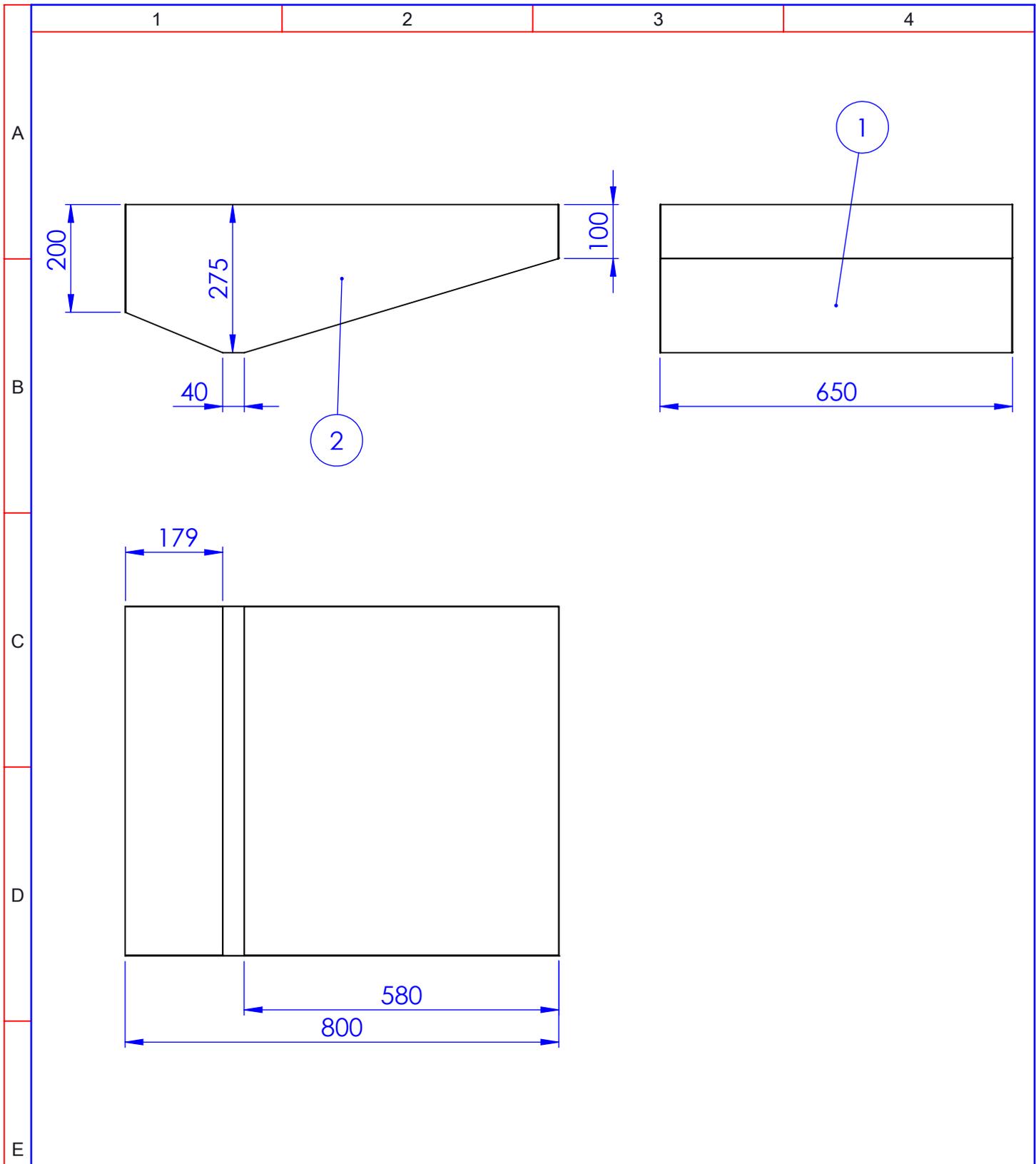
C



D

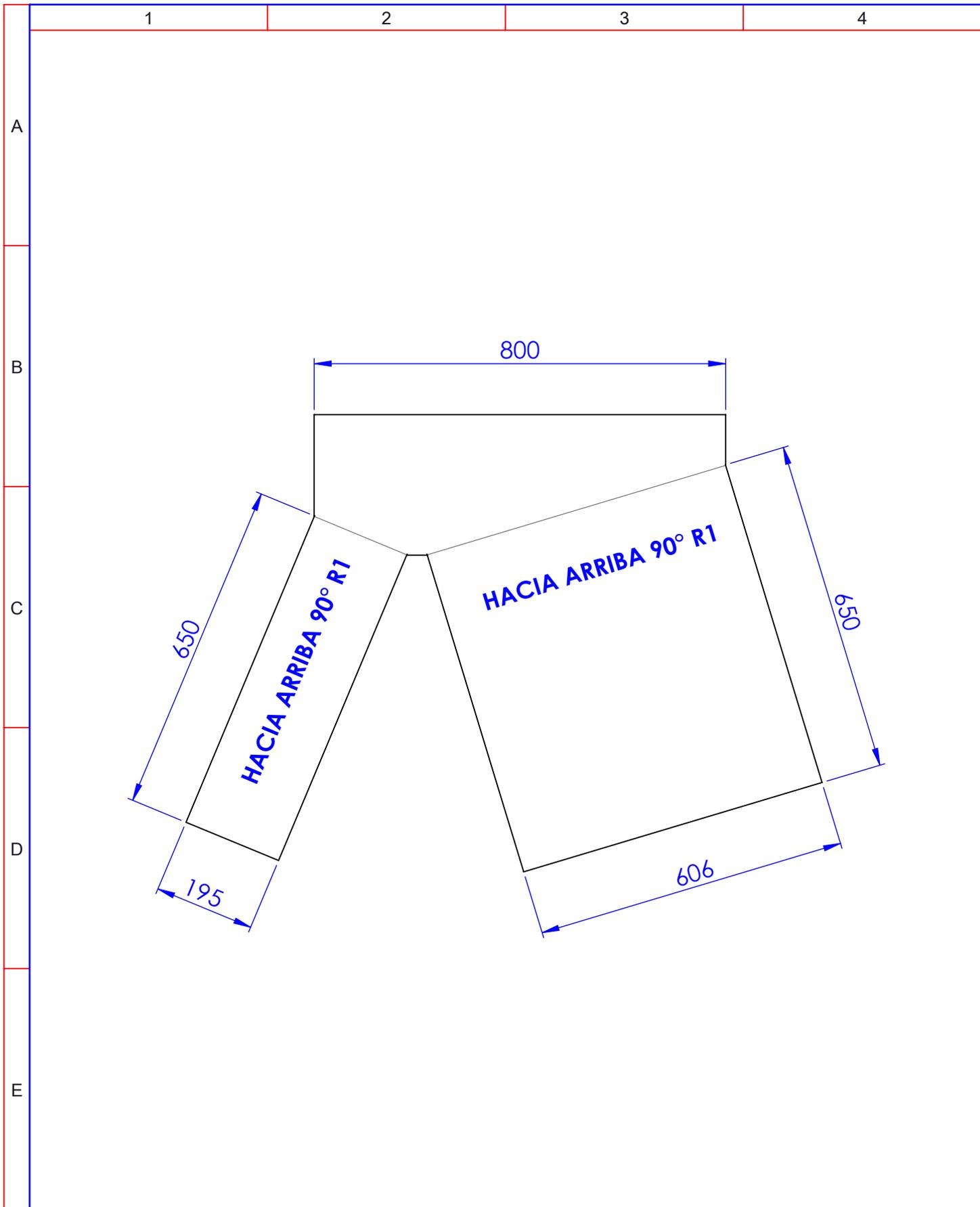
E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1018	
				$\pm 0.5$	0.11 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.	<b>PASADOR 1</b>	2:1
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1	TOLVA SUPERIOR TAPA		AISI 304	2	1.9	CONSTRUIDO
1	TOLVA SUPERIOR I		AISI 304	1	3.8	CONSTRUIDO
N° de Pieza	Denominación	N° de dibujo/Norma	Material	N.º de Orden	Peso Kg/Pz	Observación

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 304</b>	
				<b>±1</b>	<b>5.81 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TOLVA SUPERIOR</b>	Escala: <b>1:10</b>
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.		
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe	Número del dibujo: <b>20 de 28</b>	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±1	3.81 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TOLVA SUPERIOR 1</b>	Escala: 1:10
			Dib.	07/01/16	PUENTE D.		
			Rev.	07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro.	07/01/16	Ing. Guamanquispe	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 21 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

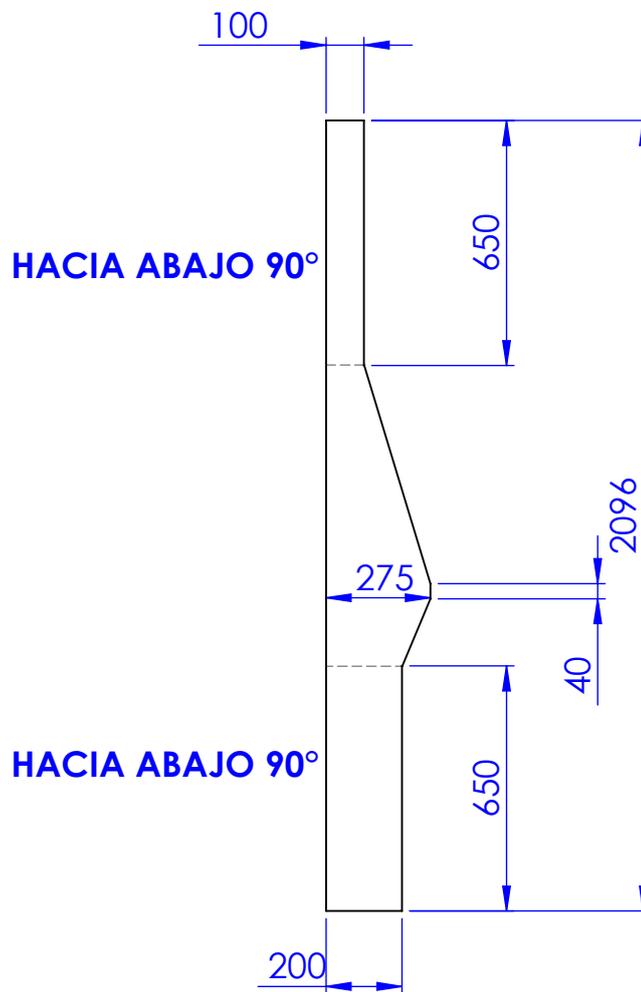
A

B

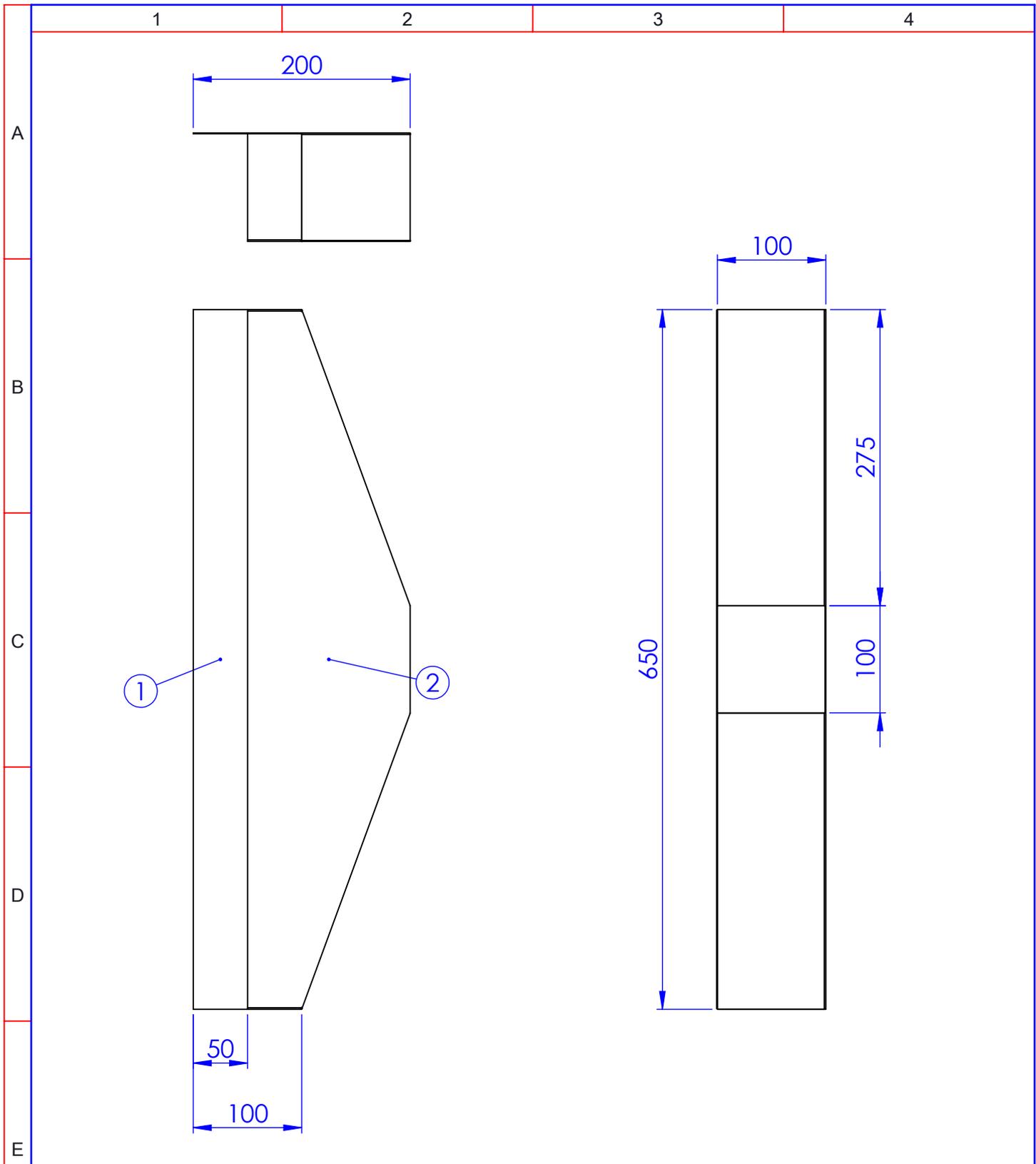
C

D

E

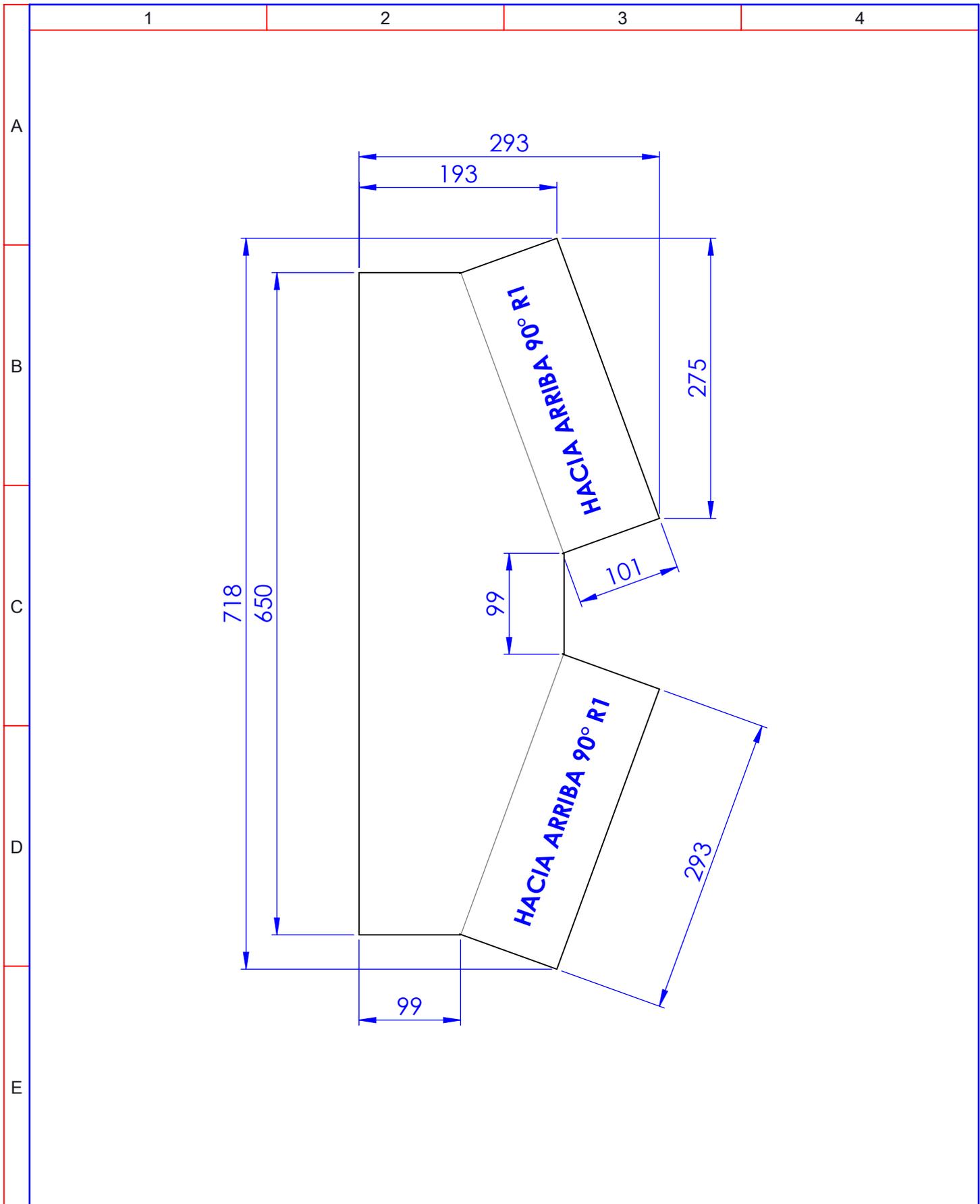


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±1	1.99 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TOLVA SUP. TAPA</b>	Escala: 1:20
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.		
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 22 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

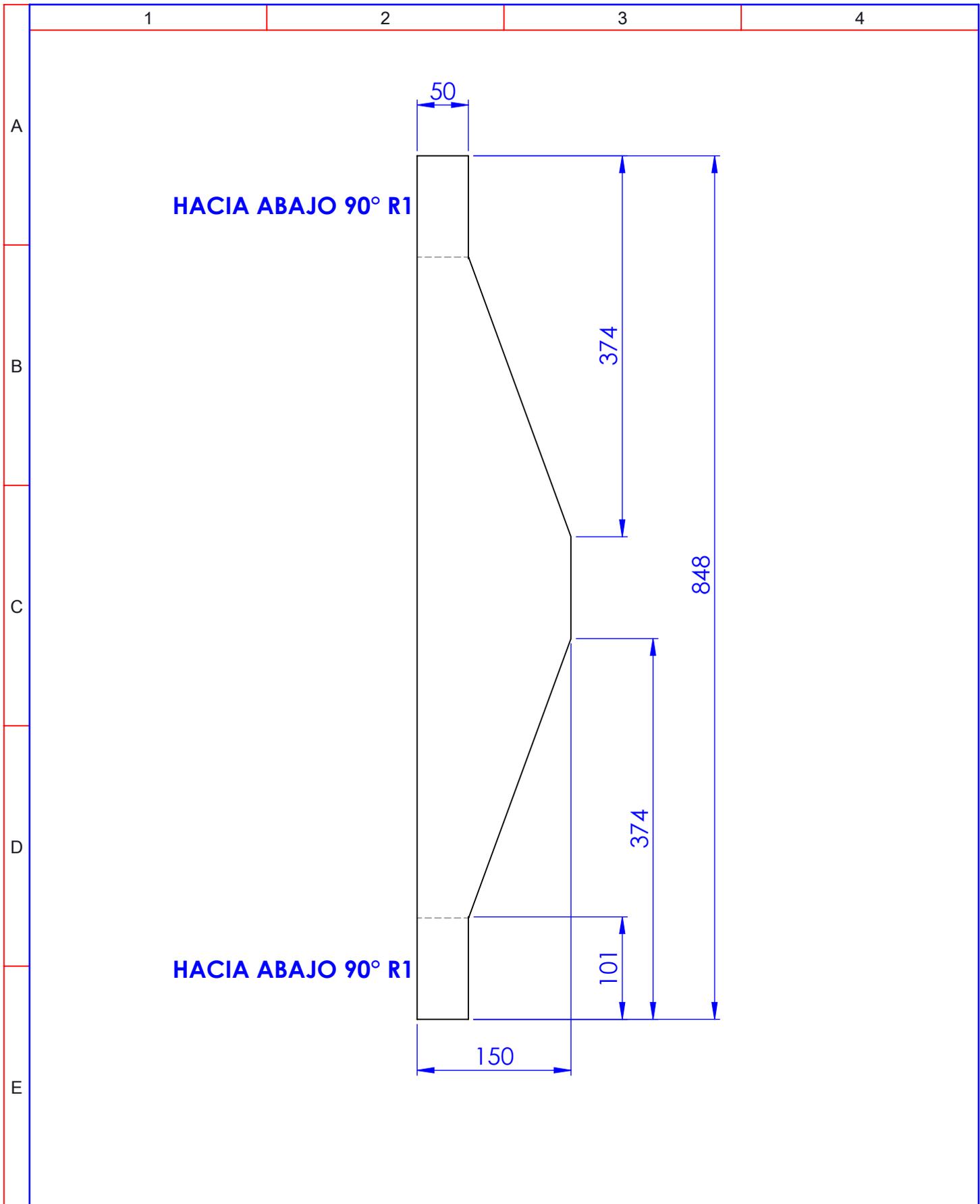


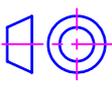
1	CANAL2 TAPA		AISI 304	2	0.44	CONSTRUIDO
1	CANAL2		AISI 304	1	0.89	CONSTRUIDO
N° de Pieza	Denominación	N° de dibujo/Norma	Material	N.º de Orden	Peso Kg/Pz	Observación

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 304</b>			
				<b>±1</b>	<b>1.34 Kg</b>				
				Fecha	Nombre	Denominación:			
				Dib. 07/01/16	PUENTE D.	<b>CANAL INFERIOR</b>			
				Rev. 07/01/16	Ing. Guamanquispe			Escala:	
				Apro. 07/01/16	Ing. Guamanquispe			1:5	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: <b>23 de 28</b>			
						(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						

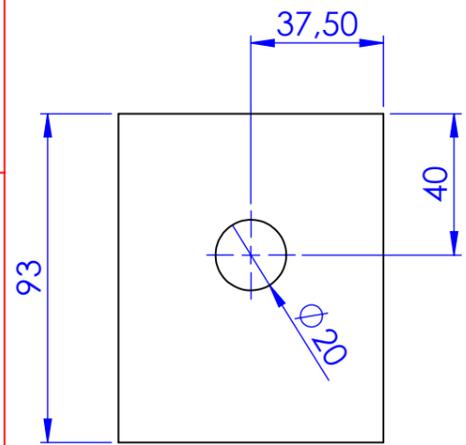


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±1	0.89 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>CANAL 2</b>	Escala: 1:5
			Dib.	07/01/16	PUENTE D.		
			Rev.	07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro.	07/01/16	Ing. Guamanquispe	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 24 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

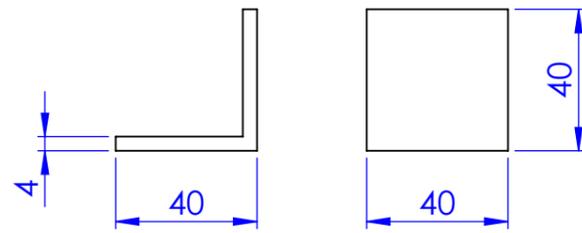


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±1	0.44Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>CANAL 2 TAPA</b>	Escala: 1:5
			Dib.	07/01/16	PUENTE D.		
			Rev.	07/01/16	Ing. Guamanquispe		
				Apro.	07/01/16	Ing. Guamanquispe	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 25 de 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

PLACA DE UNIÓN



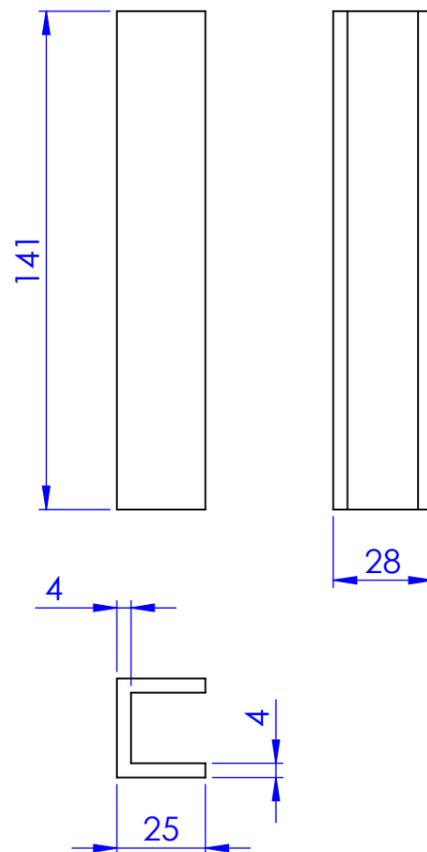
Refuerzo a



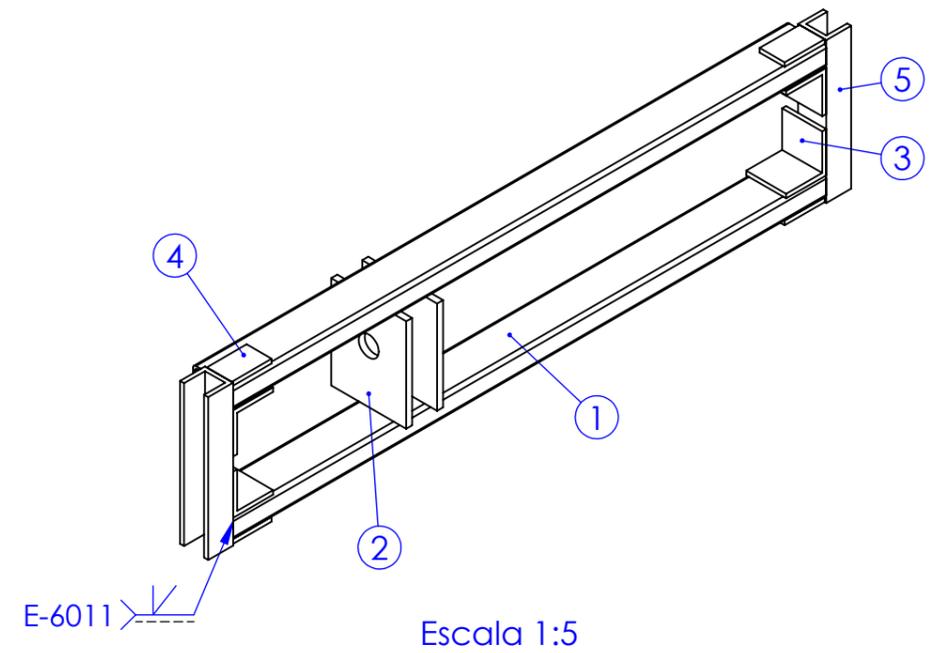
Refuerzo b



Unión de Refuerzo

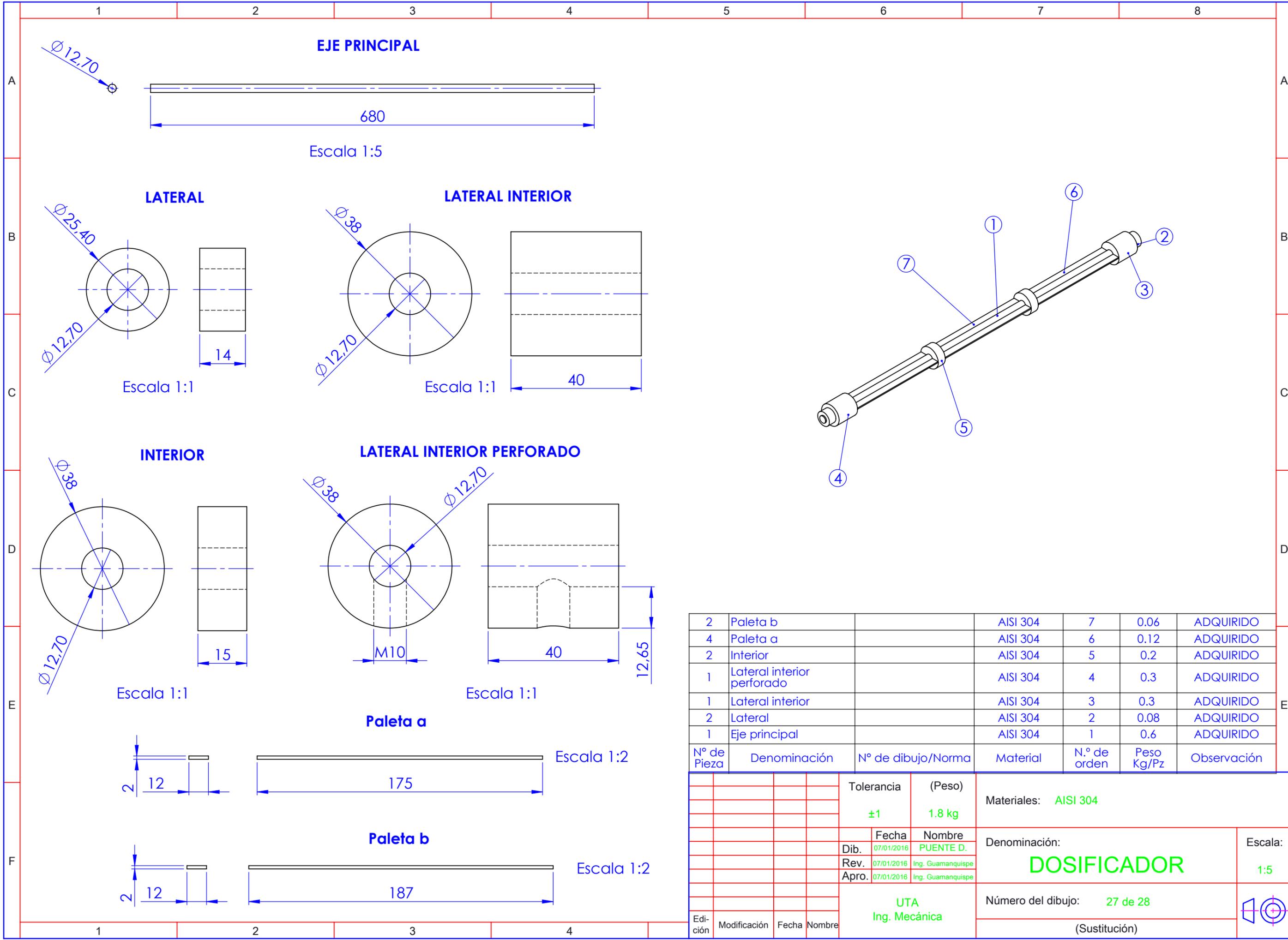


La soldadura se realiza con proceso SMAW E-6011



Nº de Pieza	Denominación	Nº de dibujo/Norma	Material	N.º de Orden	Peso Kg/Pz	Observación
2	Unión de refuerzo		ASTM A36	5	0.6	ELABORADO
4	Refuerzo b		ASTM A36	4	0.12	ELABORADO
4	Refuerzo a		ASTM A36	3	0.38	ELABORADO
2	PLACA DE UNIÓN		ASTM A36	2	0.62	ELABORADO
1	Perfiles Tubo rectangular 40x20mm		ASTM A36	1	2	ADQUIRIDO

Tolerancia		(Peso)	Materiales: <b>ASTM A36/AISI 304</b>	
±1		3.8 kg		
Fecha		Nombre	Denominación:	
Dib.	07/01/2016	PUENTE D.	<b>ESTRUCTURA BIELA</b>	
Rev.	07/01/2016	Ing. Guamanquispe	Escala: 1:2	
Apro.	07/01/2016	Ing. Guamanquispe	Número del dibujo: 26 de 28	
UTA		Número del dibujo: 26 de 28		
Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	

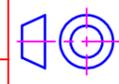


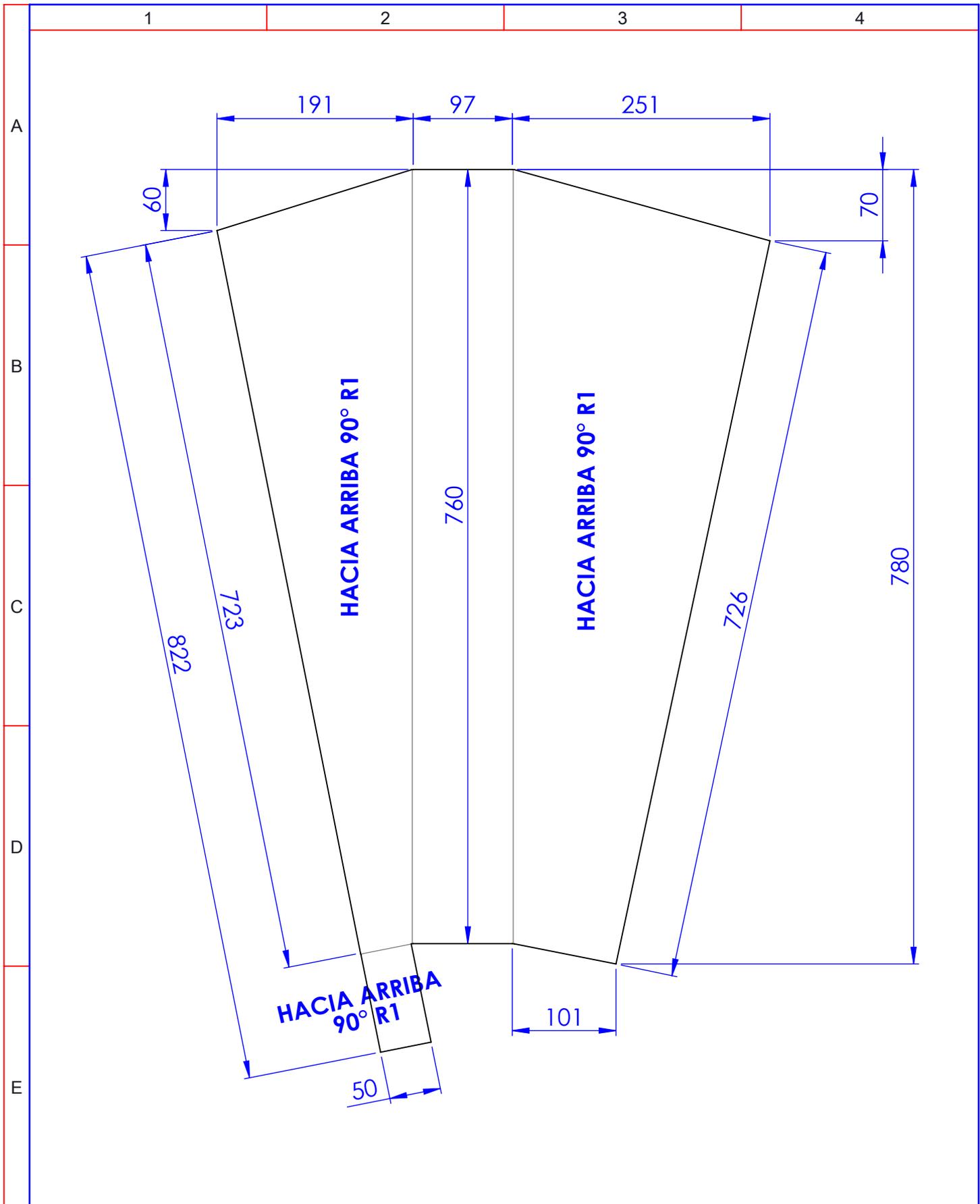
N° de Pieza	Denominación	N° de dibujo/Norma	Material	N.º de orden	Peso Kg/Pz	Observación
2	Paleta b		AISI 304	7	0.06	ADQUIRIDO
4	Paleta a		AISI 304	6	0.12	ADQUIRIDO
2	Interior		AISI 304	5	0.2	ADQUIRIDO
1	Lateral interior perforado		AISI 304	4	0.3	ADQUIRIDO
1	Lateral interior		AISI 304	3	0.3	ADQUIRIDO
2	Lateral		AISI 304	2	0.08	ADQUIRIDO
1	Eje principal		AISI 304	1	0.6	ADQUIRIDO

Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 304</b>	Denominación:	Escala:
				$\pm 1$	1.8 kg			
							<b>DOSIFICADOR</b>	1:5
							Número del dibujo: <b>27 de 28</b>	
							(Sustitución)	

Dib.	Fecha	Nombre
07/01/2016	07/01/2016	Ing. Guamanquispe
07/01/2016	07/01/2016	Ing. Guamanquispe

**UTA**  
 Ing. Mecánica





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 304</b>	Denominación: <b>TOLVA DE RECOLEC.</b>	Escala: <b>1:5</b>
				<b>±1</b>	<b>2.4Kg</b>			
				Fecha	Nombre	Número del dibujo: <b>28 de 28</b>	<b>(Sustitución)</b>	
			Dib.	<b>07/01/16</b>	<b>PUENTE D.</b>			
			Rev.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe			
			Apro.	<b>07/01/16</b>	Ing. Guamanquispe			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>				