

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA
MÁQUINA PROCESADORA DE CAFÉ MOLIDO QUE
DISPENSA BOLSAS PARA INFUSIÓN DIRECTA EN
DIFERENTES GRADOS DE CONCENTRACIÓN**

Proyecto de investigación

Alexis Santiago Gordón Casco

Ingeniería Mecánica

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniería Mecánica

Quito, 20 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Diseño y Construcción de un Prototipo de una Máquina Procesadora de
Café Molido que Dispensa Bolsas para Infusión Directa en Diferentes
Grados de Concentración.

Alexis Santiago Gordón Casco

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Juan Sebastián Proaño, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 20 de mayo de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Alexis Santiago Gordón Casco

Código:

00024343

Cédula de Identidad:

1804376141

Lugar y fecha:

Quito, 20 de mayo de 2019

Resumen

El café es una bebida con propiedades estimulantes que agudiza el enfoque mental, por esta razón, es consumido ampliamente en el mundo. Se determinó la importante preferencia en el consumo de la bebida preparada mediante el proceso conocido como infusión directa de partículas molidas de granos de café tostado. Por esta razón, se propuso innovar el proceso tradicional de la elaboración de esta bebida a través de la fabricación de bolsas de café molido, similares a las bolsas de Té existentes en el mercado. El tener varias cantidades de café en cada bolsita permite preparar infusiones con diferentes concentraciones taza por taza, dependiendo de los gustos y preferencias del consumidor. Los pasos para obtener las bolsitas terminadas son: el Tostado, el Molido y el Empaquetado. Estos procesos involucran la metodología conocida como Finish to Start, es decir, depende de la finalización del proceso anterior para poder continuar con el siguiente proceso y de esta manera poder obtener el producto final terminado. Se diseñó y construyó cada proceso por separado y se encadenó todos los subprocesos en un solo proceso en concreto. El diseño y las simulaciones digitales fueron realizadas en Solid Works, de esta manera se determinaron los respectivos parámetros de resistencia de materiales, dimensiones y se dio paso a la construcción de la máquina. Por otro lado, el mecanismo consta de un control electrónico utilizando Arduino Mega con un microprocesador Atmega328p, debido a la complejidad en el control de cantidades, tiempos y procesos, éste fue el microcontrolador seleccionado y utilizado. Se consolidó todos los procesos en una máquina que cumplió con la normativa establecida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 1123 (2006) y la Norma AISI, en cuanto a la construcción de estructuras de expendio de alimentos procesados, por una parte y por otra, de la calidad del café tostado y triturado. Finalmente, se logró elaborar bolsitas de diferentes gramajes con el objetivo de variar la concentración en cada taza consumida por los usuarios.

Palabras clave: Tostado, Molido, Empacado, Finish to Start, Infusión, Café.

ABSTRACT

The coffee is a drink with stimulant properties that sharpens the mental approach, for this reason, it is consumed extensively in the world. The important preference decided in the toasted consumption of the drink prepared by means of the process known as direct infusion of ground particles of coffee beans. For this reason, we proposed to innovate in the traditional process of the making of this drink across the manufacture of bags of ground coffee, similar to the existing tea bags on the market, the same that it allows to prepare coffee leaked by means of direct infusion with the versatility of doing under different concentrations between each cup, depending on the tastes and preferences of the consumer. The previous processes that will develop in the making of sachets of coffee leaked to different grades of concentration are the Toasting, Ground and the Packaging. These processes involve the methodology known as Finish to Start, that is to say, it depends on the ending of the previous process to be able to continue with the following process and this way be able to obtain the completed final product. The project was provided with an important development of the mechanisms, for this we designed every process to himself separately and the same ones as a process were chained in particular, the design and the digital simulations were realized in Solid Works, this way there decided the respective parameters of resistance of materials, dimensions and it was passed to the construction of the mechanism. On the other hand, the mechanism had an important development of electronic control the same one that for the complexity of the circuit based on a platform Arduino Mega with a microprocessor Atmega328p, due to the complexity of quantities, times and processes, this was the selected and used microcontroller . I consolidate all the processes in a machine that expired with the regulation established by the Ecuadorian Service of Standardization, as for the construction of structures of expense of food processed on one hand and for other one of the qualities of the crushed coffee. Finally, it was possible to produce sachets of different weights in order to vary the concentration in each cup consumed by the users

Key words: Toasting, Ground, Packed, Finish to Start, Infusion, Coffee.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	4
ABSTRACT.....	5
TABLA DE CONTENIDO.....	6
INDICE DE TABLAS.....	9
INDICE DE FIGURAS.....	10
INDICE DE GRÁFICAS.....	13
Lista de Anexos.....	14
1 INTRODUCCION	15
2 Importancia y Justificación.....	17
3 Alcance.....	17
4 Marco Teórico.....	18
4.1 El grano de café, su obtención.....	18
4.2 Beneficios del consumo de café filtrado.....	19
4.3 Generalidades.....	19
4.4 Merms de Producción.....	20
4.4.1 Por instalaciones y diseño del proceso y maquinaria.....	20
4.4.2 Por tomas de muestras.....	21
4.4.3 Limpieza de los componentes que involucra la maquinaria en estudio.....	21

4.4.4 Por pérdida de humedad.....	21
4.4.5 Por aglutinamientos.....	22
4.5 Características de funcionamiento.....	22
4.6 El tostado del café.....	25
4.7 El triturado de café.....	27
4.7.1 Molino Manual.....	27
4.7.2 Molinillo Eléctrico.....	28
4.8 El empaquetado en papel filtro.....	29
5. Objetivos.....	30
5.1 Objetivo General.....	30
5.2 Objetivo Específico.....	30
6 Requerimientos de la Máquina.....	31
7 Especificaciones de Almacenamiento de la Máquina.....	31
8 Especificaciones de Producción.....	32
9 Pruebas de Almacenamiento.....	34
10 Pruebas de Tostado.....	35
11 Pruebas de Infusión.....	39
11.1 Color en función de la cantidad empaquetada en cada bolsita.....	41
12 Tiempos de Tostado.....	42
12.1 Hornilla Pequeña.....	43
12.2 Hornilla Mediana.....	43

13 Interface de la Máquina con el Usuario.....	44
14 Dimensiones de la máquina.....	45
15 Diseño y Construcción.....	47
16 Diseño Final Renderizado.....	53
17 Construcción.....	53
18 Fotos de la Máquina Construida.....	82
19 Plan de Pruebas de Funcionamiento.....	85
20 Verificación de Producción.....	89
21 Ensayos de Producción.....	91
22 Bolsitas Finales Terminadas.....	97
23 Budget.....	99
24 Conclusiones y Recomendaciones.....	99
Bibliografía.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Comparación de los granos de café a diferentes grados de secado previo.....	39
Tabla 1-2. Selección de tolvas de almacenamiento.....	47
Tabla 1-3. Selección del elemento tostador.....	49
Tabla 1-4. Selección del triturador de los granos de café tostados.....	51
Tabla 1-5. Selección del empaquetador.....	52
Tabla 1-6 Budget.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Granos de café verde.....	18
Figura 1-2. Características de funcionamiento.....	23
Figura 1-3. Tostadora de Café.....	26
Figura 1-4. Tostadora de Café: Tostadora de rodillo giratorio.....	27
Figura 1-5. Molinillo de café (manual).....	28
Figura 1-6. Molinillo de café eléctrico, patente E09168396	29
Figura 1-7. Empaquetadura de papel infusión.....	29
Figura 1-8. Empaquetadura de papel filtrante, patente.....	30
Figura 1-9 Pérdida de peso en % debido al tostado de granos de café verde. (Sivetz and Desrosier, 1979)	32
Figura 1-10 Aumento del volumen del café debido al tostado de granos de café verde. (Sivetz and Desrosier, 1979)	33
Figura 1-11. Medición de la capacidad del contenedor con café tostado.....	34
Figura 1-12. Frasco de almacenamiento con 400 gramos de café sin tostar.....	35
Figura 1-13. Comparación de tamaño: Café verde vs Café tostado.....	36
Figura 1-14 Peso de granos de café verde 3, 6 y 9 [g]	37
Figura 1-15. Comparación de los granos de café tostados a diferentes grados de secado previo.....	38
Figura 1-16. Preparación y delimitación de concentración con café procesado de baja concentración. 3 [g].....	41
Figura 1-17. Infusión de café de concentración intermedia con 6 [g] de café tostado.....	41
Figura 1-18. Preparación de una taza de café de alta concentración.....	42
Figura 1-19. Dimensiones máximas de la máquina.....	46

Figura 1-20. Tolva de almacenamiento cilíndrica.....	48
Figura 1-21. Tolva seleccionada (Cilíndrica).....	48
Figura 1-22. Tostador horizontal seleccionado.....	50
Figura 1-23. Eje pivotante (Tambor tostador horizontal.).....	50
Figura 1-24. Vista Isométrica de la máquina final terminada.....	53
Figura 1-25 Loop antes de ser integrado al frasco de almacenamiento.....	54
Figura 1-26 Soporte roscado para el frasco de almacenamiento.....	54
Figura 1-27 Historial térmico del tostado de los granos de café.....	56
Figura 1-28 Historial térmico por radiación en función del tiempo de los granos de café.....	56
Figura 1-29 Tambor Tostador.....	58
Figura 1-30 Elemento calentador. (Proceso de Tostado).....	59
Figura 1-31. Diagrama de Sankey. (Proceso Tostado granos de café verde).....	61
Figura 1-32 Tambor Tostador incorporado el elemento calentador.....	61
Figura 1-33 Base de ventilador y soporte de Tornillo Sin fin.	62
Figura 1-34 Mecanismo de enfriamiento de los granos de café tostados.....	63
Figura 1-35 Ventilador Eléctrico.....	64
Figura 1-36 Tornillo Sin fin.	66
Figura 1-37 Sistema de enfriamiento terminado.....	70
Figura 1-38 Sistema de triturado incorporado al sistema de enfriamiento.....	70
Figura 1-39 Mecanismo de tostado adaptado al sistema de enfriamiento.....	71
Figura 1-40 Motor eléctrico NEMA 17.....	72
Figura 1-41 Servomotor Hi TEC HS 311.....	73
Figura 1-42 Teclado de selección.....	74
Figura 1-43 Soporte del frasco de almacenamiento incorporada en el bastidor.....	75

Figura 1-44 Cuello formador.....	76
Figura 1-45 Cuello formador adaptado al triturador.....	76
Figura 1-46 Soporte para los rodillos de caucho.....	77
Figura 1-47 Elemento calentador para el proceso de sellado.....	78
Figura 1-48 Correa y poleas para los motores NEMA 17.....	78
Figura 1-49 Vista lateral (Procesos de Tostado, Enfriado y Triturado).....	79
Figura 1-50 Cableado inicial para los motores y servos.....	80
Figura 1-51 Cremallera y Piñón (Sistema de Sellado).....	81
Figura 1-52 Vista Isométrica de la Máquina terminada.....	82
Figura 1-53 Vista Lateral con los componentes internos para los diferentes procesos.....	83
Figura 1-54 Vista Frontal	84
Figura 1.55. Bolsita de aproximadamente 3 gramos de café.....	97
Figura 1.56. Bolsita de aproximadamente 6 gramos de café.....	98
Figura 1.57. Bolsita de aproximadamente 9 gramos de café.....	98

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Gramaje obtenido en función del número de pruebas realizadas.....	93
Gráfica 2. 65 % de las bolsas cumplen con las tolerancias de peso.....	94
Gráfica 3. 60 % de las bolsas cumplen con las tolerancias de peso.....	96
Gráfica 4. 70 % de las bolsas cumplen con las tolerancias de peso.....	97

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1- Manual de Operaciones de la Máquina	103
ANEXO 2- Manual de Mantenimiento	104
ANEXO 3- Placa Electrónica (Proteus).....	105
ANEXO 4- Planos	107

INTRODUCCIÓN

Actualmente la demanda por el consumo de café ha incrementado significativamente (Anónimo, 2015), por lo que las industrias cafetaleras se han visto en la obligación de mejorar sus procesos de producción.

Hoy en día, existe una amplia gama de diferentes tipos y presentaciones de café para los consumidores (Gloria, C. 2019). Para tener una diferenciación con tal variedad, se innovó al presentar bolsitas de café molido, similar a las presentaciones ya conocidas de las envolturas de Té aromáticos.

Partiendo de esta idea, se ha implementado un estudio del proceso de elaboración para seleccionar la cantidad de café molido que será empaquetado en cada bolsita que el usuario consume. Esta innovación permite determinar la concentración de café requerida en cada taza y de esta manera poder aprovechar las propiedades antioxidantes, estimulantes y medicinales que aporta este tipo de bebida (Biorero, SN).

A mayor cantidad de contenido de café en cada bolsita, para el mismo volumen de agua, se eleva la concentración de la infusión, reflejada ésta en el incremento de sabor de este tipo de bebida. Esta nueva alternativa brinda una diferente opción en los consumidores al momento de tomar una taza de café.

El proceso de elaboración de café molido, a diferencia de los otros tipos de café como el soluble o instantáneo, requiere de un procedimiento especial, debido a que se lo debe triturar en el instante en que se lo vaya a consumir. Los procesos previos antes de la elaboración de las bolsitas de café son el Tostado, el Triturado y finalmente el Empaquetado. Estos procesos deben ser realizados en el instante en el que el consumidor requiera de este tipo de bebida, de no ser así, al momento de tener el café molido contacto

con el aire por más de 10 minutos se produce una degradación del producto debido a la oxidación que sufre el café molido al tener contacto con el medio ambiente (aire). Esto afecta negativamente en su calidad, aportando índices de acidez y pérdida del aroma y sabor original del café (Salamanca, C. 2015).

Los procesos de Tostado, Molido y Empaquetado son controlados bajo condiciones de tiempo y temperatura establecidos, de esta manera se asegura la elaboración de bolsitas de café molido de alta calidad y manteniendo las propiedades que brinda una taza de café recién elaborada.

Actualmente, se tiene a disposición máquinas dispensadoras de bolsas de café filtrado, similares a la propuesta para el proyecto de investigación. Sin embargo, la limitación de este tipo de máquinas radica en la cantidad estandarizada de producto contenido en cada bolsa de café empaquetada. Aprovechando el beneficio que aporta el proceso de Infusión Directa para variar la concentración de sabor y aroma en cada taza de café, se implementa el diseño y construcción de una máquina dispensadora de café filtrado cuyo factor de concentración varía en función de la cantidad de producto empaquetada en cada bolsita de café. Esto brinda la posibilidad a los consumidores de poder aprovechar los beneficios que aporta este tipo de bebida, variando su concentración de acuerdo al gramaje seleccionado por el usuario a fin de obtener bolsitas de café personalizadas en cada servicio.

Estudios previos de aceptación por parte de los consumidores y la factibilidad del diseño y construcción de este tipo de máquina, hicieron posible la culminación exitosa de este proyecto.

2. Importancia y Justificación

Con estos antecedentes, el trabajo busca satisfacer de una manera fácil y práctica la variación en la concentración del café filtrado en cada taza consumida de acuerdo a los gustos y preferencias del cliente. Para ello, se propone un proceso de elaboración de bolsitas de café molido, similar a las bolsitas de Té existentes en el mercado, que permitan preparar esta bebida con diferentes grados de concentración. Actualmente, los consumidores de este tipo de bebida son mucho más exigentes, es decir, buscan en el mercado nuevas formas de poder disfrutar una taza de café recién preparada. La idea de poder diseñar y construir una máquina que dispense bolsitas individualizadas de café de peso variable, intenta satisfacer los exigentes requerimientos que los consumidores buscan hoy en día al momento de disfrutar de este tipo de bebida en cualquier momento del día.

3. Alcance

El alcance incluye elaborar una estructura mono cuerpo de alta calidad tanto en su estructura externa e interna, misma que aloje internamente un conjunto de mecanismos y componentes electrónicos que cumpla con todos los requerimientos necesarios para poder elaborar y producir bolsitas individualizadas de café de peso variable. Basándonos en un sistema de control electromecánico, se proveerá de bolsitas de café en donde el usuario tendrá la posibilidad de elegir de entre tres opciones de gramaje que serán posteriormente consumidas en el instante que el cliente lo requiera. La máquina deberá reunir una serie de procesos en su interior y el proyecto deberá enfocarse en realizar de manera correcta y eficiente cada uno de ellos para utilizar de manera óptima los recursos energéticos, minimizando en lo posible la cantidad de mermas que se genere en cada uno de los diferentes procesos que lleve a cabo en el interior de la máquina. Así, se espera llegar a cumplir con los objetivos del proyecto de una manera correcta y llegando a satisfacer las

necesidades de todos los usuarios a lo que se refiere a la variabilidad de concentración en cada taza de café servida en función de la cantidad en gramos empaquetada en cada bolsita elaborada.

4. Marco Teórico

4.1 El grano de café, su obtención

Los procesos de post cosecha comienzan a partir de la recolección de las cerezas de café en estado de madurez, sea su fruto de color rojo o amarillo. Posteriormente, se procede al desprendimiento de las cerezas recolectadas, existiendo así la tecnología llamada beneficio húmedo del grano que muchas veces incluye una fase de fermentación; posterior a esto, comienza el lavado del grano. De esta forma, al separar rápidamente la pulpa y el mucilago pasa al siguiente proceso llamado beneficio húmedo que constituye al trabajo arduo y artesanal que está íntimamente ligado a la tradición cafetalera. Una vez que el grano de café ha pasado por el proceso de secado se lo denomina café pergamino. Este café verde o almendra se convierte en el insumo para la elaboración del café tostado, procedimiento que detallaremos posteriormente. Es relevante señalar que la calidad del grano del café requiere de un proceso altamente selectivo, valorizado y categorizado en todas sus fases hasta la obtención del grano.

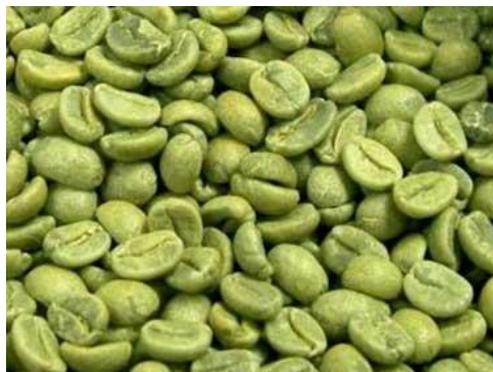


Figura 1. Granos de café verde.

4.2 Beneficios del consumo de café filtrado.

El consumo de café hervido y sin filtrar es una preocupación en particular, ya que existen grupos de población que todavía acostumbran hervir el café directamente en el agua y no lo filtran. Se ha identificado que el café preparado de esta manera eleva las concentraciones plasmáticas de colesterol total y colesterol LDL (Jee SH, He J. 2001).

Por otro lado, la preparación correcta de una taza de café aporta con beneficios relajantes, antioxidantes y estimulantes, esto se deben: “Adicionalmente, a su rica fuente de componentes antioxidantes y promueve la eliminación de radicales libres por parte del ácido clorogénico, ácido hidroxicinámico, cafeína y ácido cafeico”. (del Castillo, Gordón, & Ames, 2005). *Coffea arabica*, contiene una compleja composición química de polisacáridos, monosacáridos, lípidos, esteroides, ácidos grasos, ácidos fenólicos, polifenoles, alcaloides, proteínas, vitaminas y minerales (Koseoglu Yilmaz, Hacibekiroglu, & Kolak, 2014 Parras et al., 2007). Todos estos compuestos mencionados se incrementan sus niveles proporcionalmente a medida que la concentración de café aumenta.

4.3 Generalidades

El café es una de las bebidas más populares del mundo. Su sabor, textura y aroma son el resultado de la selección del tipo de planta combinado con las condiciones geográficas y climas apropiados.

Hay al menos 17 diferentes especies conocidas de planta de café, pero la producción comercial de café se limita principalmente a las plantas de café arábigo (*Coffea arabica*). El cultivo de plantas de café a mayor escala de la especie cultivada es el café arábigo que proporciona el 70% de la producción mundial (Alvarado, M.)

Independientemente del tipo de grano de café con el que se trabaje para la elaboración de las bolsitas personalizadas que el usuario requiera, ocurren en cada uno de los diferentes procesos

previos a la obtención del producto final terminado la denominada pérdidas de producción debido a las mermas generadas durante el proceso de elaboración de las bolsitas de café. Este tipo de pérdidas generadas por estas mermas ocurren por varios factores que detallaremos a continuación.

4.4 Mermas de Producción.

Es importante el estudio de las Mermas de Producción cuando se desea empaquetar un determinado producto ya sea en una bolsa, en un envase o en un frasco. Este tipo de análisis permite determinar la eficiencia de la máquina con la que se está trabajando para poder mitigar las pérdidas generadas en la producción, así como en los costos económicos que involucran dichas pérdidas. Existen diferentes tipos de Mermas de Producción que se pueden generar tanto en una planta industrial completa, así como en una determinada máquina dentro de un sistema continuo de producción.

Tipos de Mermas:

- Por instalaciones y diseño del proceso y maquinaria.
- Por tomas de muestras.
- Limpieza de los componentes que involucra la maquinaria en estudio.
- Por pérdida de humedad.
- Por aglutinamientos.

4.4.1 Por instalaciones y diseño del proceso y maquinaria.

Antes de emprender el plan de ejecución de la producción de una máquina es indispensable verificar que el diseño sea el adecuado. Un buen diseño minimiza las mermas, ahorra energía, tiene una producción constante y evita contaminaciones. La calidad y el tipo de diseño con el que cuente una máquina se ve directamente relacionado con el capital que se invierta para poder adquirir dicha máquina, sin embargo, debemos considerar que una máquina de buena calidad

nos generará un gasto inicial mayor pero que a la larga nos beneficiará en el proceso de producción debido a que las mermas por pérdida serán menores.

4.4.2 Por tomas de muestras.

Las tomas de muestras de un producto se realizan generalmente varias veces durante el día, esto con el objetivo de tener un control de la producción. Los diferentes tipos de muestras se pueden tomar en cualquier parte del sub proceso que involucre la máquina, esto también ayuda a controlar la calidad de producción en cada etapa de los sub procesos antes de llegar al proceso final. Este método de toma de muestras involucra un tipo de mermas de producción, ya que estamos retirando materia prima del propuesto para la elaboración del producto final terminado. Por esta razón, se recomienda implementar un mecanismo extra que pueda recuperar los diferentes tipos de muestras obtenidos y los vuelva a incorporar en el proceso normal de trabajo de la máquina.

4.4.3 Limpieza de los componentes que involucra la maquinaria en estudio.

Es necesario realizar mantenimientos de limpieza periódicos de la máquina para que se pueda eliminar residuos de materia prima que quedan almacenados en cada uno de los diferentes procesos. Es probable que un porcentaje de materia prima pueda recuperarse y agregarse de nuevo al proceso, siempre y cuando no esté contaminado con agentes externos.

4.4.4 Por pérdida de humedad.

Los productos alimenticios al ser procesados tienen una tendencia a perder peso debido a la disminución en su humedad. Sergio Celis, menciona que los productos alimenticios tienen un rango de humedad de entre 8 y 14 % dependiendo del tipo de materia prima con la que se esté trabajando. Esta pérdida de peso debido a la disminución de humedad, evidentemente genera un tipo de merma de producción.

4.4.5 Por aglutinamientos.

Se puede generar un tipo de merma de producción por aglutinamientos de materia prima. Este tipo de aglutinamientos generalmente se produce en los ciclos de secado o de enfriado antes del embolsado del producto final.

De ser verificado que existe un determinado tipo de Merma de Producción en la máquina o en una planta industrial, minimizar y recuperar dichas mermas se convierte en una labor fundamental.

4.5 Características de funcionamiento.

Los requisitos de diseño, deberán ser determinados en función de una serie de procedimientos a cumplir, los cuales son (Ver figura 1-2):

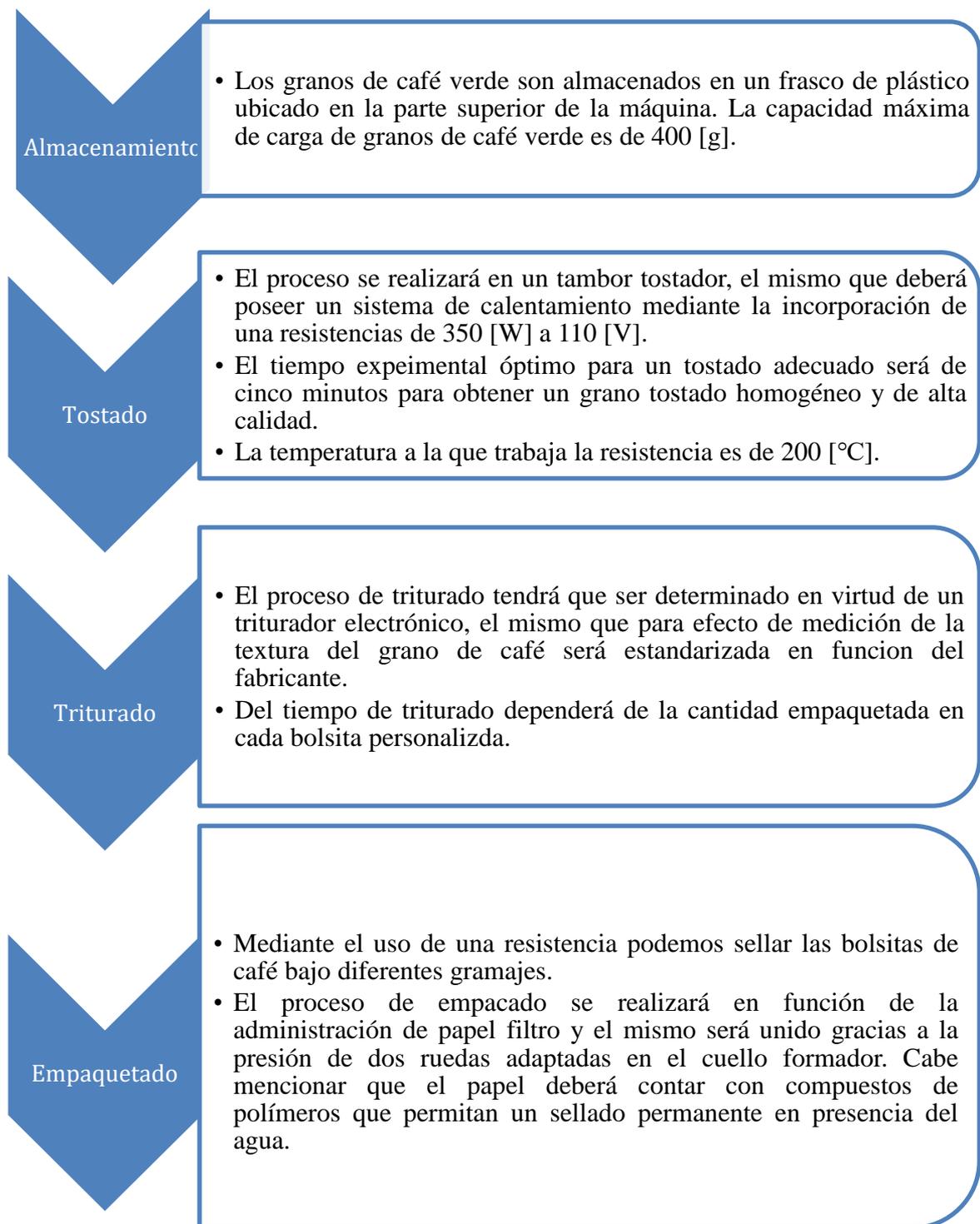


Figura 1-2. Características de funcionamiento.

Para el proceso de Tostado, los granos deben ser previamente seleccionados y lavados a fin de eliminar residuos encontrados en la superficie de los granos de café. El proceso de Tostado es conocido como la etapa crítica debido a la rigurosidad de selección de los granos de café verde antes de ser sometidos al proceso de tueste. El tiempo y la temperatura a la que se lleva a cabo el proceso de tueste modifica las características de acidez y aromas propios del café molido (Carbone, 2016).

El café comercial e instantáneo, antes de su consumo, se caracteriza por un sabor fuerte y equilibrado con un porcentaje leve de acidez. Para lograr este punto de equilibrio entre su aroma y acidez, Carbone menciona que el proceso de tueste se debe llevar a cabo a una temperatura cercana a los 200 [°C] durante un tiempo estimado de 4 [min]. De excederse la temperatura y/o el tiempo de tostado, los resultados serían un tipo de grano oscuro, cuyas características de sabor son mucho más fuertes, con un porcentaje elevado de amargura, pero con una disminución en sus índices de acidez.

Para el proceso de tueste se requiere un sistema de tambor rotatorio fabricado en Acero Inoxidable Serie 304, en cuyo interior los granos serán sometidos a un incremento en su temperatura con la ayuda de una resistencia eléctrica que será colocada en el interior del tambor rotatorio. La temperatura máxima a la cual será sometido el interior del tambor rotatorio será aproximadamente de 230 [°C], temperatura ideal para adquirir las características deseadas de sabor y aroma que aporta los granos de café recién tostados.

En la etapa de triturado se define el tamaño de granulometría de los granos de café que serán posteriormente empaquetados en las bolsas de papel filtro. Es muy importante controlar el tamaño de partícula (granulometría) al momento de realizar la molienda de los granos de café, ya que la textura de café molido influye directamente en el grado de concentración obtenido. Para la etapa del triturado de los granos de café previamente tostados en el proceso anterior, se

utilizará un triturador electrónico que tiene una potencia de 150 [W], cuya característica principal de molienda es su sistema de aspas o cuchillas opuestas que permite un triturado de mejor calidad y con la posibilidad de variabilidad del tamaño de granulometría de los granos de café tostados.

En el empaquetado final se consolidarán los respectivos pedidos en base al proceso de sellado por calor, el mismo que consiste en un mecanismo mediante una resistencia que genera calor y que sella la bolsita de café y de esta manera el producto definitivo es enviado al exterior en una ventanilla de acceso.

4.6 El tostado del café

Es de considerar que una infusión de café verde sin tostar es imbebible (Giner, 2006). El tostado del café es un proceso por el cual, en base a la aplicación de calor controlado, el café forma químicamente sustancias que acentúan en la composición química del grano, mismas variaciones que pueden dar como resultado cambios como son el color, el olor y el sabor (Alvarado, 2007). Este proceso puede tomar alrededor de 4 a 6 minutos, dependiendo de una serie de factores propios de cada grano de café. (Carvajal, 2001)

Dependiendo del grado de tostado del café, el mismo puede ser claro, medio y oscuro, el café más oscuro es el que posee el sabor más amargo y reduce al máximo la acidez del mismo (García & Barreto, 2007). En la figura 1-3 se aprecia un tostador de café tradicional.



Figura 1-3. Tostadora de Café.

(Carbone, 2016)

Al principio de realizar el tostado, se calienta el café y el mismo empieza a cambiar de color, de verde a amarillo, luego a marrón canela (Garcia & Barreto, 2007). El grano pierde el agua en su interior, en especial cuando el mismo llega a una temperatura interna de 200 [°C], es allí cuando los aceites de los granos se desprenden del interior. El aceite determina el sabor del café, es decir que, cuanto más aceite hay en los granos de café, el producto final posee más sabor (Matiello, 1991).

Las variables en el proceso de tostado del café son el tiempo y la temperatura que puede llegar a aplicarse en el proceso (Carvajal, 2001).

De igual manera la patente de tostado de café se puede apreciar en la figura 1-4, la misma que intenta perfeccionar el proceso de tostado, posteriormente se deberá realizar una matriz de valoración para determinar cuál sería la mejor alternativa para la elaboración del producto definitivo (Giner, 2006).

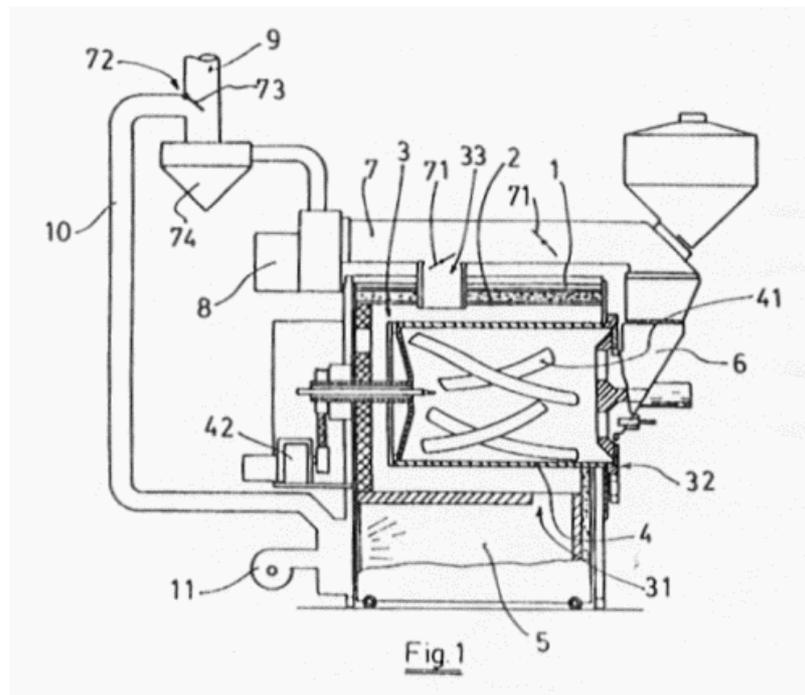


Figura 1-4. Tostadora de Café: Tostadora de rodillo giratorio.
(Carbone, 2016)

4.7 El triturado de café.

El triturado del café, es un proceso que involucra una serie de efectos mecánicos de aplicación inmediata en el café tostado, para este procedimiento se utiliza un molino de café, el mismo que puede ser de distintas maneras (Giner, 2006). Los molinillos son los primeros elementos mecánicos que por medio de manivela trituran los granos de café de manera homogénea. (Han Sub Kwak, 2017). A continuación, se analiza la clasificación de los molinos de café.

4.7.1 Molino Manual.

Su funcionamiento es sencillo: un depósito superior contiene los granos de café a moler y el café molido se recoge en un depósito inferior, a menudo en forma de cajoncillo o gaveta, en la figura 1-5 se aprecia el molino manual (Carbone, 2016). En la figura 1-5 se aprecia el molino manual tradicional, el mismo que reduce las partículas dejándolas caer en la gaveta inferior.



Figura 1-5. Molinillo de café (manual).

4.7.2 Molinillo Eléctrico.

El molinillo eléctrico permite triturar una gran cantidad de granos de café en un reducido tiempo (Giner, 2006), pero sin olvidar que no se debe moler en exceso ya que el grano molido tiende a subir de peso. (Báez)

De esta manera se puede determinar que los molinos eléctricos son en gran medida una buena alternativa para realizar de la manera más rápida el triturado del café (Pecorari, 2016). En la figura 1-6 se aprecia el molinillo de café patentado en Suiza en el año de 2012, el mismo que permite por medio de una tolva alojar el café listo para ser molido.

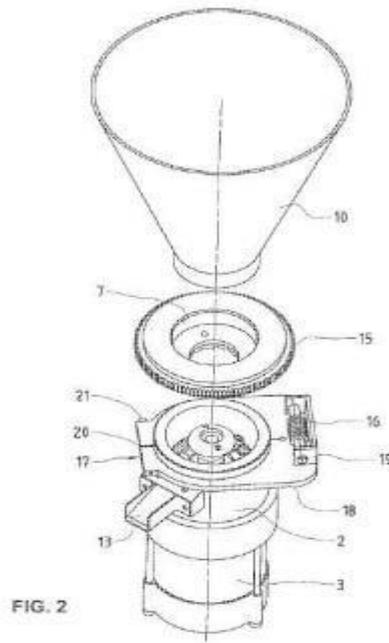


Figura 1-6. Molinillo de café eléctrico, patente **E09168396**.
(Carvajal, 2001)

4.8 El empaquetado en papel filtro.

Una bolsa de papel filtrante contiene en su interior productos triturados, listos para infundir en agua para ser retirada una vez que ha pasado alrededor de 6 minutos (Javier., 2016). En la figura 1-7, se aprecia contenido de café tostado y triturado empaquetado en papel tipo filtro para infusión.



Figura 1-7. Empaquetadura de papel infusión.
(Javier., 2016)

De esta manera se podrá ponderar en medida del desarrollo del mecanismo de sellado por temperatura el diseño de la bolsita, que principalmente ha sido utilizada una bolsa cuadrada (Javier., 2016). En la figura 1-8 se aprecia el elemento de empaquetadura necesario para el diseño de la máquina.

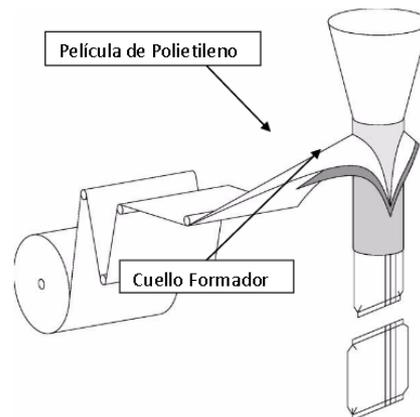


Figura 1-8. Empaquetadura de papel filtrante, patente.
(Javier., 2016)

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Diseñar y construir una máquina prototipo que permita Tostar, Triturar y Empaquetar bolsitas individuales de café molido para infusión directa y en diferentes grados de concentración, en base a la cantidad de contenido de producto en cada bolsita personalizada.

5.2 Objetivo Específico

- Implementar un sistema de elaboración de bolsas de café molido de peso variable.
- Construir un prototipo de bajo costo y fácil manejo.
- Desarrollar un mecanismo de tostado de granos de café.

- Implementar un sistema de direccionamiento de los granos de café tostados y triturados, mismos que permita realizar el empaquetado de los granos de café triturados de manera eficiente.
- Construir un mecanismo de empaquetado que permita graduar la cantidad de café almacenada en cada bolsita elaborada.

6 Requerimientos de la Máquina

Para la caracterización de acuerdo con las necesidades de diseño y fuerza, se determinó que, al tener varios procesos en una sola máquina, la misma tendrá que ser:

- Compacta.
- De fácil manejo.
- De fácil limpieza y mantenimiento.
- Deberá cumplir con los requisitos de materiales que tengan una relación directa con alimentos procesados.
- Segura para los consumidores en todo el proceso, es decir, que tendrá los componentes de manera aislada.
- Silenciosa.
- Robusta.

7. Especificaciones de Almacenamiento de la Máquina

- Frasco de almacenamiento plástico cuya capacidad máxima es de 400 [g].
- Cada bolsita individualizada de café tendrá 3, 6 y 9 [g] de contenido neto aproximadamente.
- El tostador debe almacenar máximo 21.2 [g] de café en grano verde en cada ciclo de trabajo.

- En virtud de las características de capacidad de la máquina, se puede tener una producción aproximada por hora de 3 bolsitas de café, independiente de la concentración en cada servicio.
- En base a la producción mencionada anteriormente, se tiene que verificar que el papel filtro incorporado en la máquina cumpla con los requerimientos de producción.

8 Especificaciones de Producción

- 1 grano de café verde: Peso experimental es de 0.18 [g].
- Al momento de tostar se presenta una pérdida de peso del 16% y un crecimiento del volumen de 33%. (Carbone, 2016).

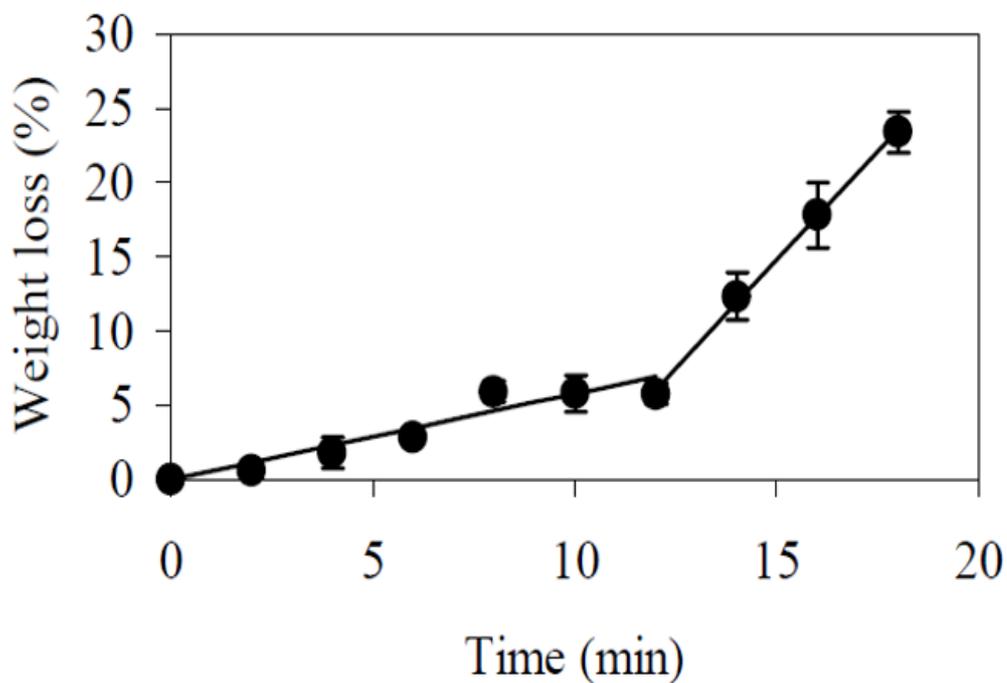


Figura 1-9 Pérdida de peso en % debido al tostado de granos de café verde. (Sivetz and Desrosier, 1979)

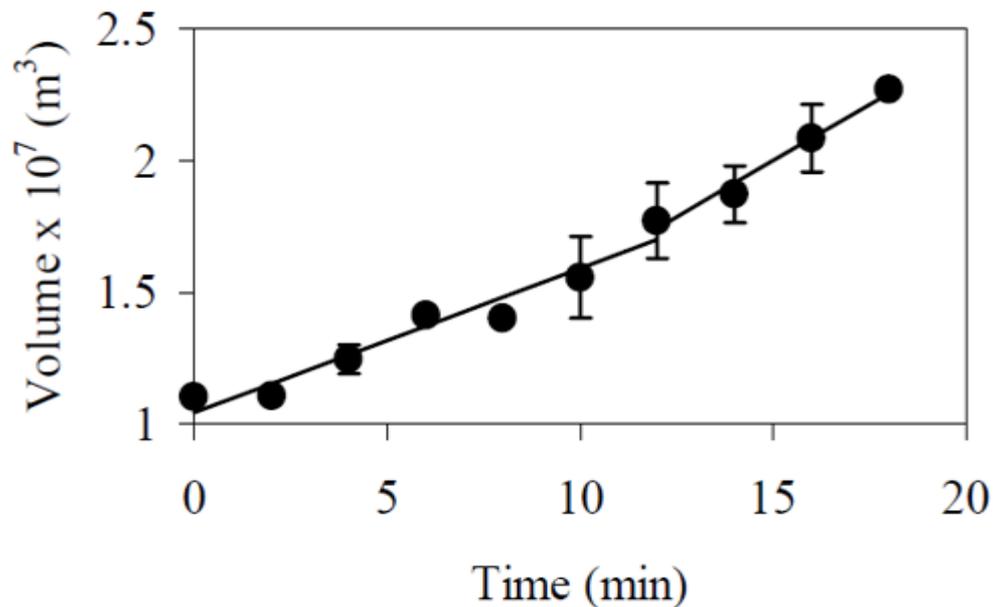


Figura 1-10 Aumento del volumen del café debido al tostado de granos de café verde. (Sivetz and Desrosier, 1979)

- 1 grano de café verde cuenta con un diámetro externo aproximado de 10 [mm].
- 1 grano de café tostado cuenta con un diámetro externo aproximado de 13 [mm].
- Temperatura de tostado es de 200 [°C] aproximadamente durante un tiempo estimado de 5 [min].

Se puede determinar que una persona en promedio consume dos tazas de café al día, es decir, en el desayuno y en la tarde, de esta manera podemos estimar que una familia promedio cuenta con 4 personas y si se cumple la condición mencionada anteriormente, entonces se requieran cuatro bolsas de café para el desayuno y 4 bolsas de café para la tarde. Para complementar el cálculo se puede determinar que, en el peor de los escenarios, estas 8 bolsas diarias podrían contener por selección del cliente un máximo de 9 [g] por bolsa, es decir que se necesitaran un total de 176 [g] de café verde diarios para satisfacer esta condición. Cabe recalcar que lo mencionado anteriormente se cumpliría solo en condiciones ideales, es decir, sin considerar en absoluto las pérdidas por mermas generadas en la producción del producto final terminado.

9 Pruebas de Almacenamiento

En la figura 1-11 se aprecia el frasco de almacenamiento de los granos de café, para medir el volumen del mismo se ha determinado en primera instancia colocar una muestra de café tostado para valorar la diferencia de volumen, debido a lo mencionado en el marco teórico, el café pierde un 16% en relación al peso.

Así se comprueba que el frasco de almacenamiento puede acaparar el café requerido para el ciclo de trabajo.



Figura 1-11. Medición de la capacidad del contenedor con café tostado.

Con los 400 [g] de café verde se podrán realizar aproximadamente 18 bolsitas de café, considerando que en cada ciclo de trabajo se consumen 21.2 [g] de granos de café verde.

En la figura 1-12 se aprecia el contenedor de cristal con granos de café sin tostar, el mismo que como se puede visualizar ocupa aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes de la capacidad total del frasco de almacenamiento, se ha cargado el mismo con 400 [g] de café verde.



Figura 1-12. Frasco de almacenamiento con 400 [g] de café sin tostar.

10 Pruebas de Tostado

En la figura 1-13 se puede diferenciar el tamaño de un grano de café verde y un grano de café tostado, se evidencia que existe un crecimiento de tamaño considerable durante el proceso de tostado, como se determinó en la bibliografía es de un 33% aproximadamente.



Figura 1-13. Comparación de tamaño: Café verde vs Café tostado.

Para el estudio se han adquirido granos de café sin ningún proceso previo, como se puede apreciar en la figura 1-14, se han pesado 9 [g] de granos de café verde sin procesar, los mismos que serán tostados para estudiar el tiempo y la textura obtenida, en total se han pesado 33 granos de café verde para obtener un peso de 9 [g]. De igual manera se han pesado 24 granos de café verde dando un resultado de 6 [g] de café, los mismos que se aprecian en la Figura 1-14. Finalmente, un total de 12 granos de café verde pesan 3 [g], como se aprecian en la misma figura.

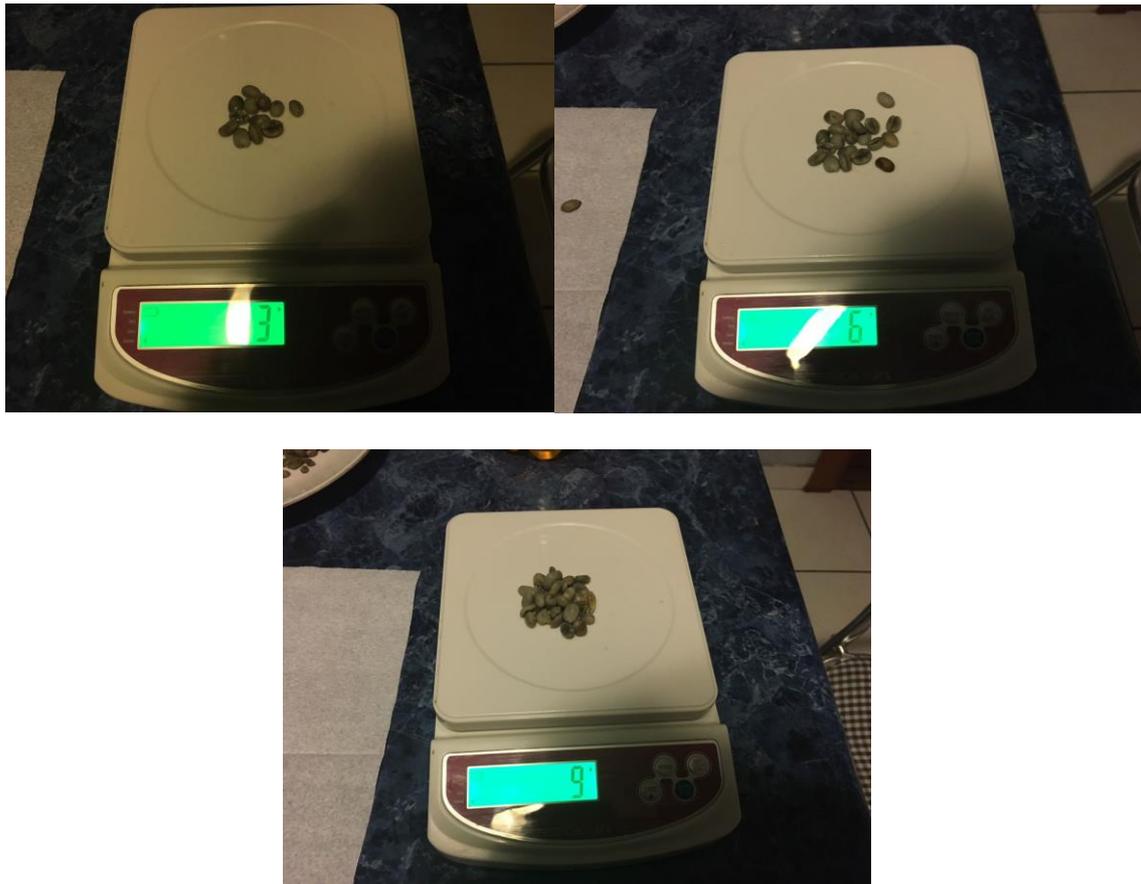


Figura 1-14 Peso de granos de café verde 3, 6 y 9 [g]

En la figura 1-15 se aprecia una comparación final de los granos de café tanto verdes como tostados, con la ayuda de un calibrador se han realizado una serie de tomas de muestras de dimensionamiento. En la parte izquierda se aprecia el tostado de un grano de café verde sin ningún proceso previo, el grano de café no llega a tostarse, en contextura es quebradizo y tiene la tonalidad color de madera.

En el centro de la figura 1-15, se aprecia un grano de café verde secado y lavado, el mismo que al realizarse el procedimiento de tostado, se ha logrado llegar a la textura deseada, se puede apreciar que no existe de igual manera una textura de café notable en el grano, los aceites no llegan a concentrarse para alcanzar la pureza necesaria.

En la parte derecha de la misma figura se aprecia el grano de café verde seco el mismo que tiene las dimensiones más reducidas, se puede determinar que el grano mientras más seco se

encuentra, el proceso de tostado es mucho más abrasivo como podemos evidenciar en la misma figura, sin embargo, para el proceso de tostado se requiere que el grano de café verde esté lo más seco posible y para evitar el proceso acelerado de tostado se necesita controlar la temperatura de tueste.



Figura 1-15. Comparación de los granos de café tostados a diferentes grados de secado previo.

En la tabla 1-1, se aprecia una comparación de los distintos granos de café verde, como se puede determinar, mientras más seco se encuentra el grano de café, mejores son los resultados esperados.

Tabla 1-1. Comparación de los granos de café verde a diferentes grados de secado previo.

Nivel de secado del grano	Tiempo de tostado [min]	Número de granos en 9 [g]	Diámetro del grano [mm]	Apariencia	Peso inicial [g]	Peso final [g]
Verde sin procesar	14	33	9.4	Verde aceituno, figura esférica.	9	4
Verde lavado y secado	8	54	10.3	Café claro, figura irregular.	9	7
Verde seco	5	66	8.1	Verde aceituno, figura irregular	9	7.56

11 Pruebas de Infusión

Las pruebas de infusión se realizaron con el objetivo de verificar la calidad de la concentración que generaba el proceso de infusión de cada tipo de gramaje empaquetado. Bajo un mismo volumen de agua a una temperatura promedio de 95 [°C] se procedió a realizar las pruebas de infusión y observar la variabilidad de color, aroma y sabor independientemente del contenido de gramaje almacenado en cada bolsita personalizada.

Procedimiento de la Prueba

Indistintamente de la cantidad de contenido empaquetada en cada bolsita de café, el procedimiento de la prueba de infusión fue el mismo. Estas pruebas de infusión se realizaron de manera doméstica, es decir, una vez elaboradas las bolsitas de café se procedió a hervir agua a temperatura de ebullición que para la Ciudad de Quito es de 95 [°C], para de esta manera poder observar el color que adquiere el agua en función de la cantidad de café suministrada en cada una de las pruebas realizadas.

Como se mencionó anteriormente, las pruebas de infusión realizadas fueron para tres diferentes tipos de gramaje: 3, 6 y 9 [g] aproximados de contenido neto en cada bolsita.

Los granos de café tostados, triturados y empaquetados en las bolsitas a las cuales se le sometieron a este tipo de prueba fueron procesados de igual manera de forma doméstica, es decir, con la ayuda de una hornilla de cocina se calentó un sartén en donde se realizó el proceso de tostado de los granos de café verde y finalmente el proceso de triturado se realizó con la ayuda de una licuadora. Una vez obtenida la cantidad necesaria de granos de café tostados se procedió a triturar los granos de café para poder finalmente pesarlos y empaquetarlos en el sobre de papel tipo filtro.

11.1 Color en función de la cantidad empaquetada en cada bolsita.



Figura 1-16. Preparación y delimitación de concentración con café procesado de baja concentración, 3 [g].

En la figura 1-17 se aprecia una infusión de café de 6 [g], la misma que es de concentración media, como se puede determinar, tiene un grado intermedio de concentración entre el café empaquetado de 3 [g] y el de 9 [g].



Figura 1-17. Infusión de café de concentración intermedia con 6 [g] de café tostado.

Finalmente, la última prueba de infusión fue para una bolsita de 9[g]. Una muestra de café con las especificaciones en cuanto a color y a sabor, el café es de elevada concentración por lo que como se aprecia en la figura 1-18 produce un café de color más oscuro y sabor mucho más fuerte.



Figura 1-18. Preparación de una taza de café de alta concentración.

Una vez realizado las pruebas de infusión para los diferentes gramajes empaquetados en cada bolsita personalizada, se evidenció el cambio en el color y se verificó el aumento en la intensidad del sabor.

12 Tiempos de Tostado

La temperatura inicial del sartén es de 26.5 [°C]. Con la ayuda de una termocupla Fluke, se puede apreciar que la temperatura será medida en la base del sartén, para esto, se realizarán dos procedimientos previos. Primero, se medirá el tiempo de precalentamiento (200 [°C]) y segundo, se realiza una prueba de tostado de los granos de café para poder observar si los granos alcanzan la textura y el tostado deseado.

Se ha colocado en el sartén en una hornilla pequeña con la finalidad de determinar el tiempo de calentamiento y el ciclo de trabajo. El tiempo para alcanzar la temperatura de 200 [°C] es de 4 [min] con 20 [s].

De igual manera se puede apreciar el tiempo en el que se demora el sartén en realizar un ciclo de tostado que es de 5 [min] con 10 [s]. Los granos de café han sido sometidos a una temperatura de 200 [°C], pero se establece que no se ha llegado al color de café tostado tradicional, es decir, que no mantiene una temperatura de tostado necesaria.

Una vez que se ha realizado el proceso de tostado del grano de café, se procedió a medir el tiempo en el que desciende la temperatura a 40 [°C].

Para la segunda prueba se midió la temperatura de calentamiento del sartén con llama media-alta, el tiempo de calentamiento es menor en comparación con el ensayo anterior. Así mismo, el tiempo de tostado se redujo a 4 [min] con 15 [s].

12.1 Hornilla Pequeña

Temperatura inicial del sartén.	26.5 [°C]
Tiempo de Calentamiento.	4.20 [min]
Tiempo de Tostado.	5.10 [min]
Tiempo de Enfriado.	3.25 [min]

12.2 Hornilla Mediana.

Temperatura inicial del sartén.	26.5 [°C]
Tiempo de Calentamiento.	3.0[min]
Tiempo de Tostado.	4.15[min]
Tiempo de Enfriado.	4.40[min]

13 Interface de la Máquina con el Usuario.

La interacción del usuario con la máquina se realizará de manera digital. Dependiendo del grado de concentración que el usuario requiera en su bolsita de café, la máquina contará con teclas de selección donde se puede elegir la cantidad de café molido que será empaquetado.

Las distintas opciones de gramaje disponibles se lo pueden visualizar en una pantalla LCD basándose en una interfaz directa operada por un Arduino Mega, dando de esta manera una forma fácil e interactiva para el usuario de la máquina para dispensar bolsas individualizadas de café filtrado listas para su consumo.

La seguridad será un objetivo fundamental a la hora de fabricar el presente prototipo, como se ha identificado, existirán tres grandes procesos, los mismos involucran calor concentrado en varios elementos, sonidos de distintos niveles, vibraciones y procesos que pueden poner en peligro la integridad de los usuarios. Por esta razón, se determina que es necesario generar productos que no pongan en peligro la seguridad y la vida de los consumidores.

Para la cobertura de la estructura portante, será necesario utilizar un material que no sea tóxico, que soporte de una manera considerable la corrosión, que sea fácil de maquinar y que el mantenimiento sea sencillo. Sobre la base de estos requisitos de construcción, se ha determinado que es necesario utilizar Acero Inoxidable Serie 304, el mismo que se utiliza en la elaboración de:

- Electrodomésticos.
- Máquinas en la elaboración de productos comestibles.
- Tanques de almacenamiento de alimentos.

Basándose en los requisitos del presente trabajo, se deberá utilizar como material principal el Acero Inoxidable Serie 304, como materia prima base para la construcción del prototipo y de todos los mecanismos internos.

“El Acero Inoxidable Serie 304 es la aleación que resulta de agregar níquel, cromo, hierro y otros elementos al proceso de fundición” (Moore, 2014)

Dependiendo del grado de composición se puede elegir diferentes tipos de aceros inoxidable en base a las necesidades y del uso que se requiera. Los distintos tipos de aceros inoxidable disponibles en el mercado son de la Serie 300, específicamente “los Aceros Inoxidables tipo 304 tiene amplios usos en la industria del procesamiento de alimentos.” (Moore, 2014)

El Acero Inoxidable Serie 304 tiene excelentes propiedades para el soldado y el conformado, se encuentra entre las mejores opciones debido a su resistencia a la corrosión a elevadas temperaturas y fácil maquinado.

Específicamente, para los procesos de Tostado y Empaquetado en donde se requiere adicionar calor al sistema de funcionamiento de nuestro prototipo, este tipo de material resulta el más adecuado debido a la tolerancia y funcionabilidad que tiene el material bajo estas condiciones.

A su vez, resulta conveniente utilizar el Acero Inoxidable Serie 304 para la construcción de la carcasa del prototipo, debido a que su acabado estético, es elegante y llamativo debido por su efecto mate muy en auge hoy en día.

14 Dimensiones de la máquina.

El peso máximo de la maquina tendrá que ser determinado primeramente por las dimensiones que la misma pueda llegar a tener. Para el cálculo de las dimensiones se ha determinado en la figura 1-19 las dimensiones máximas de la máquina para el expendio de bolsitas de café. En cuanto a la altura, la maquina tendrá una altura máxima de 970 [mm], en cuanto al ancho de la máquina se determina que la misma tendrá un ancho máximo de 170 [mm] y en lo que se refiere a la profundidad la maquina tiene 420 [mm].

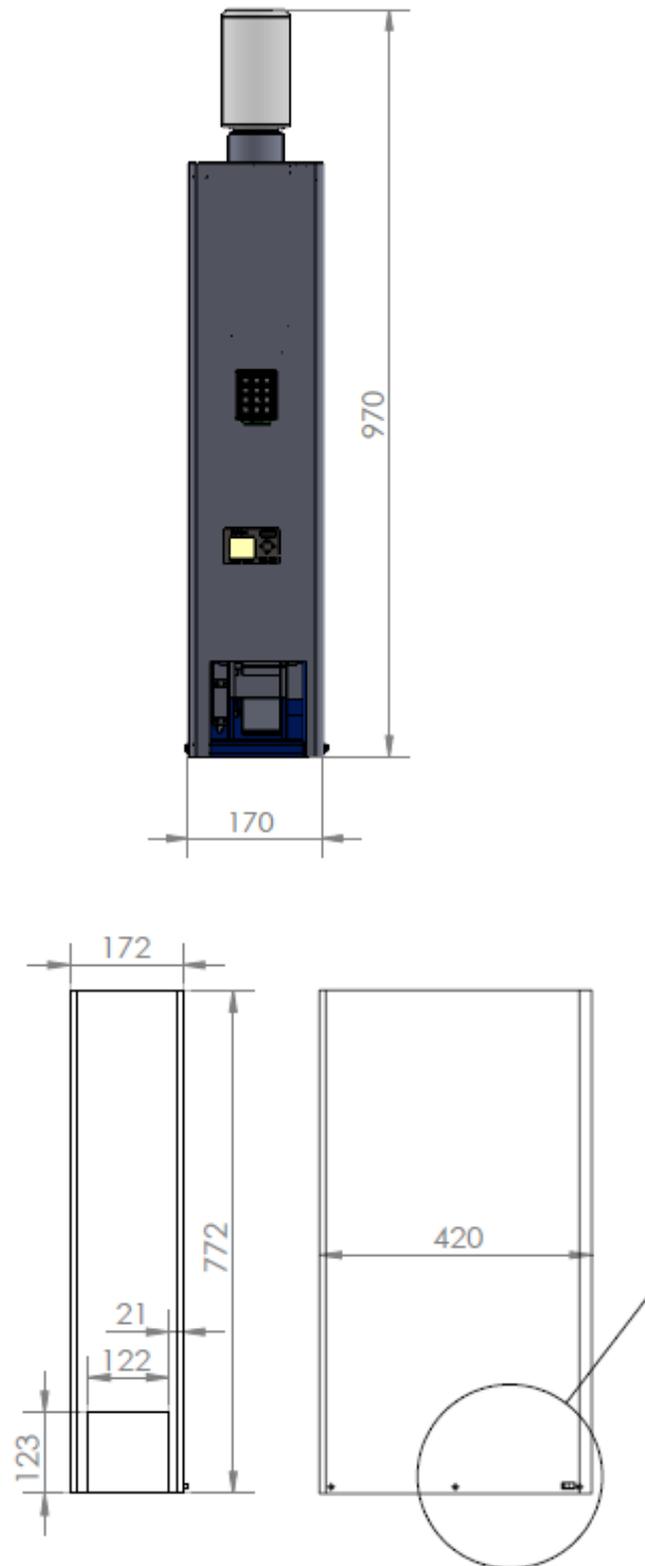


Figura 1-19. Dimensiones máximas de la máquina.

15 Diseño y Construcción

Para dar paso a la construcción del prototipo de la máquina dispensadora de bolsitas de café, se debe seleccionar en base a una matriz de ponderación las distintas opciones para el proceso a seguir.

Como se ha determinado en base a los requisitos de la máquina, el primer proceso ha sido considerado como el almacenamiento de los granos de café verde, el que requiere en base a la capacidad calculada, un volumen determinado para el suministro correcto de granos de café al granel que serán posteriormente empaquetados en cada bolsita individualizada. A continuación, se analizan los dos tipos de tolvas identificadas.

Tabla 1-2. Selección de tolvas de almacenamiento.

13 Tolva	Capacidad [g]	Material	Elemento de medición	Empotramiento a bastidor	Facilidad de mantenimiento
Cilíndrica	400	Acero <u>Inox</u> 304	<u>Loop</u> graduado mediante escotillas.	Soldadura TIG	Fácil.
	[4]	[5]	[5]	[4]	[5]
Rectangular	800	Acero <u>Inox</u> 304	Tornillo sin fin	Empernado directo	Fácil.
	[2]	[5]	[3]	[2]	[5]

De esta manera se ha determinado que el principal problema de la tolva rectangular recae en el sistema de medición de muestras, el mismo que el tornillo sin fin puede resultar más difícil de

manipular por sus características físicas y más complicado de maquinar debido a su geometría.

A continuación, se aprecia en la figura 1-20 la tolva de almacenamiento rectangular.

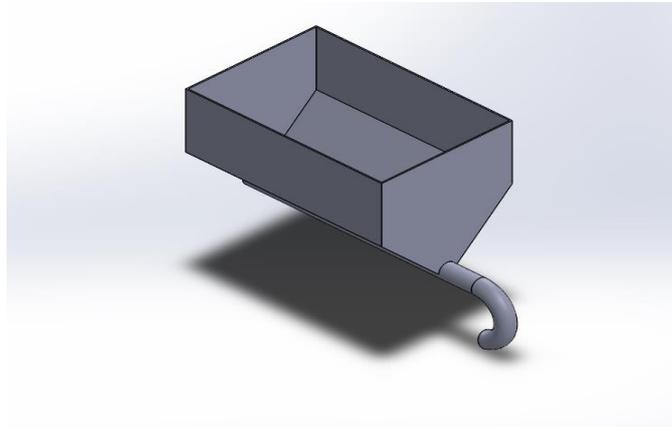


Figura 1-20. Tolva de almacenamiento rectangular.

En lo que se refiere a la tolva seleccionada (Cilíndrica) figura 1-21, se ha realizado un diseño CAD tentativo del elemento de almacenamiento principal. Es importante destacar que al ser cilíndrica la tolva, su tamaño aumentaría por lo que se necesitaría colocar el elemento dispensador de granos de café verde en la parte interior del bastidor.

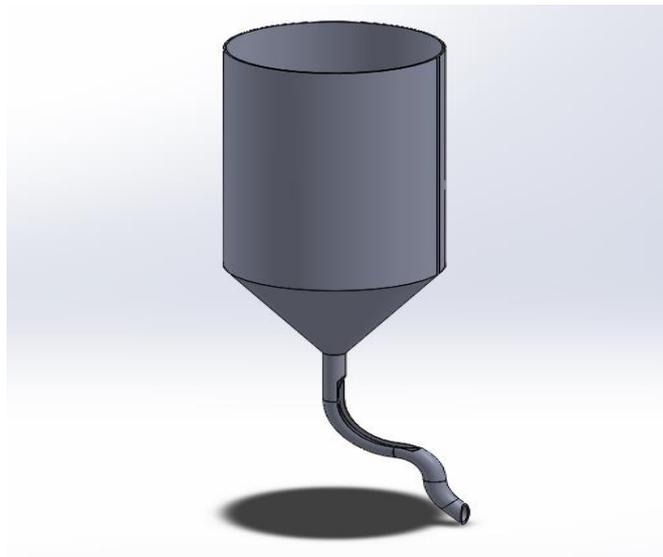


Figura 1-21. Tolva seleccionada (Cilíndrica).

Una vez seleccionada la tolva de almacenamiento cilíndrica, se seleccionó el tostador para los granos de café verde.

Se propone un tambor mezclador horizontal, el mismo que constará en su interior con una resistencia de 350 [W] que funciona a 110 [V]. El movimiento de los granos por otra parte se daría por los dientes colocados en el interior del tambor tostador, el mismo que al girar sobrepondría los granos en contacto con el elemento tostador.

Este diseño es el que se seleccionó para el proceso de tostado de granos de café en el interior de la máquina.

El segundo diseño se basó en un mecanismo, el mismo que contaría con un depósito almacenador, dicho depósito sería calentando directamente por una resistencia colocada en el exterior. Para mover los granos, el elemento tendría que girar de manera constante con un eje de pequeñas protuberancias.

A continuación, se analizan las características de cada mecanismo.

Tabla 1-3. Selección del elemento tostador.

15 Tostador	Capacidad [g]	Material	Elemento de tostado	Eficiencia energética
Tambor horizontal.	100gr [5]	<u>Acero Inox</u> 304 [5]	Resistencia en espira [4]	Alta. [5]
Tambor vertical	100gr [5]	<u>Acero Inox</u> 304 [5]	Niquelinas [1]	Baja. [1]

De esta manera se determinó que el tambor horizontal contaba con una serie de ventajas por sobre sus competidores, es decir, que el mismo permite tostar de manera eficiente y homogéneo a los granos de café verde. En la figura 1-22 se aprecia el mecanismo seleccionado. Para realizar el movimiento, se ha propuesto utilizar un motor Nema 17 unido a un mecanismo de piñones y correas de caucho que permita rotar de forma constante al tambor tostador.

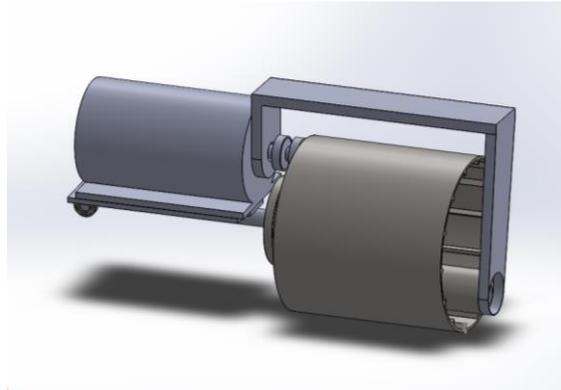


Figura 1-22. Tostador horizontal seleccionado.

Para alimentar al tostador, se ha propuesto proveer de un eje pivotante, el mismo que permita recibir los granos suministrados por la tolva de almacenamiento mediante el loop semicircular. En la figura 1-23 se ha propuesto una estructura que bascule y transporte los granos de café tostados a un tornillo sin fin, el mismo cuenta con una tolva de menores dimensiones.

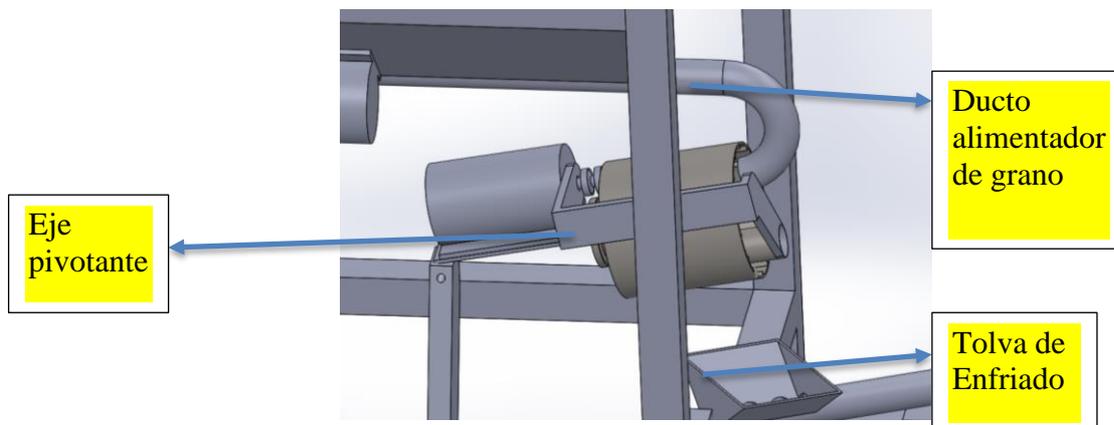


Figura 1-23. Eje pivotante (Tambor tostador horizontal).

El triturado, fue propuesto en base a tres principios de molienda de granos, se ha determinado de esta manera que para el efecto del presente trabajo, los mismos se han de determinar en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4. Selección del triturador de los granos de café tostados.

Triturador	Capacidad [g]	Material	Elemento de triturado	Calidad en triturado
Tornillo sin fin.	100 [5]	Acero galvanizado [2]	Tope con graduación de granulometría [5]	Media. [3]
Tipo licuadora.	100 [5]	Acero 304 y plástico [5]	Cuenta con aspas opuestas. [5]	Alta. [5]
Tornillos invertidos	100 [5]	Acero Inox. 304 [5]	Tornillos opuestos. [5]	Baja. [1]

Así se seleccionó el triturador del tipo licuadora, el mismo que gracias a sus propiedades, es el más adecuado para realizar el proceso de triturado de los granos de café recién tostados.

El último elemento a seleccionar ha sido propuesto como el empaquetador, el mismo que se pudo obtener a partir de dos diseños preliminares.

El primer diseño es el empaquetador de ruedas opuestas, el mismo que funciona por medio de una niquelina para sellar las bolsitas de café en papel filtrante. El otro diseño cuenta con el

mismo cuello formador, pero el empaquetado se lo realiza por medio de selladoras de impulso, los mismos que realizan el empaquetado de las bolsitas de café. A continuación, se analiza la selección del mecanismo de empaquetado.

Tabla 1-5. Selección del empaquetador.

Empaquetador	Capacidad	Material	Elemento de sellado	Calidad en empaquetado
Ruedas con movimiento invertido.	-	Caucho [5]	Niquelina horizontal [5]	Alta [5]
Selladora de impulsos	-	Plástico [3]	Selladoras de impulso [4]	Media [3]

Finalmente, se selecciona como diseño definitivo para el sellado de las bolsitas de café el mecanismo mediante ruedas con movimiento invertido, mismo que cumple con los requerimientos estipulados para la construcción de la máquina.

16 Diseño Final Renderizado

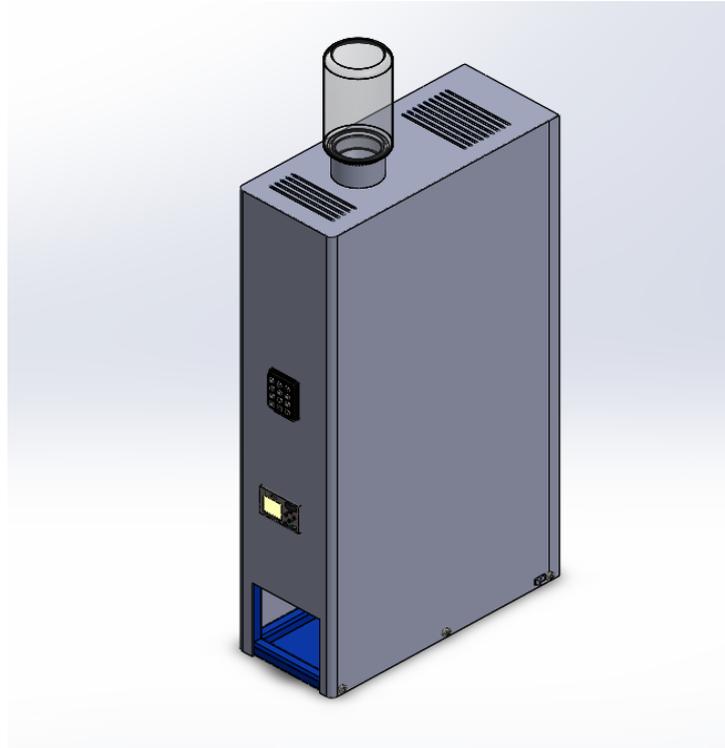


Figura 1-24. Vista Isométrica de la máquina final terminada.

17 Construcción

En la figura 1-25 podemos visualizar el mecanismo de almacenamiento detallado en la figura 1-21 y también se muestra el loop de almacenamiento de granos de café verde que posteriormente será incorporado en la base inferior del soporte del frasco de almacenamiento plástico.



Figura 1-25 Loop antes de ser integrado al frasco de almacenamiento.

En la figura 1-26 podemos apreciar el frasco de almacenamiento de los granos de café verde. En la parte inferior del frasco de almacenamiento se colocó un soporte de Acero Inoxidable Serie 304, con el objetivo de poder adaptar en este elemento el loop de almacenamiento de los granos de café verde detallado anteriormente.



Figura 1-26 Soporte roscado para el frasco de almacenamiento.

En la figura 1-27 podemos observar el tambor tostador en forma de cilindro cuyo material es de Acero Inoxidable Serie 304. La cara superior es hueca para poder incorporar la resistencia calefactora en el interior del tambor tostador. La cara inferior consta de una base con un orificio en su centro en donde se colocará un eje que permita generar un movimiento rotatorio para obtener un proceso de tostado homogéneo de los granos de café verde.

En la etapa del tostado de los granos de café verde se realizó un análisis del incremento de la temperatura de los granos de café en función del tiempo, a esto se lo conoce como el historial térmico del tostado de los granos de café.

$$\frac{\theta}{\theta_i} = \frac{T - T_\alpha}{T_i - T_\alpha} = \exp\left[-\left(\frac{hA_s}{\rho V c}\right)t\right]$$

Condiciones Iniciales:

$$T_i = 298.15 [K]$$

$$T_\alpha = 693.15 [K]$$

$$h_{rad} = 7.10 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \text{ grano de café tostado}$$

$$A_s(\text{grano de café}) = 7.85 * 10^{-5} [m]^2$$

$$\rho = \frac{m_{(\text{grano de café})}}{V_{(\text{grano de café})}}$$

$$\rho = \frac{0.022 [kg]}{\frac{4}{3} (\pi) (5 * 10^{-3} [m])^3}$$

$$\rho = 420.16 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$c = 2050 \left[\frac{J}{kg K} \right] \text{ (calor específico del café)}$$

$$V = 5.23 * 10^{-7} [m^3]$$

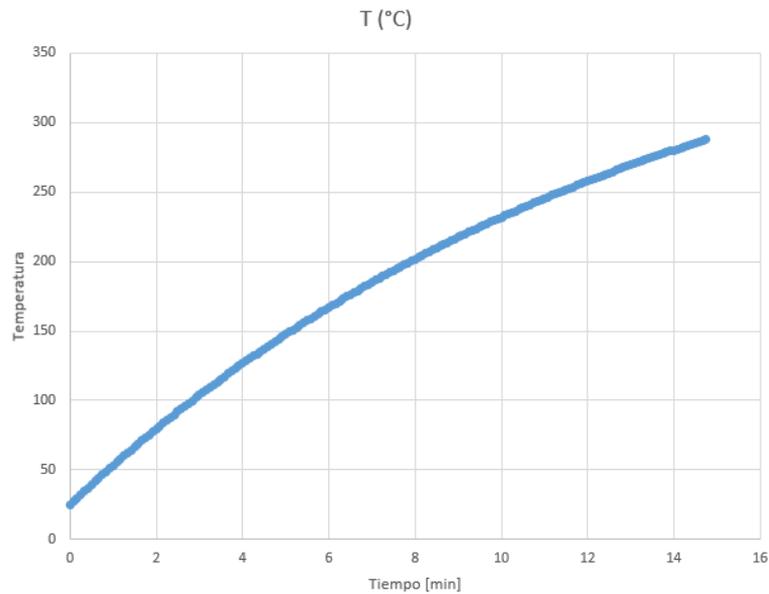


Figura 1-27 Historial térmico del tostado de los granos de café.

Con los datos obtenidos en la hoja de Excel en función de las condiciones iniciales mencionadas, se puede observar en la figura 1-27 el incremento de la temperatura en función del tiempo expresada en minutos. Por ejemplo, a los 8 [min] la temperatura del grano de café en el proceso de tostado es de 200 [°C].

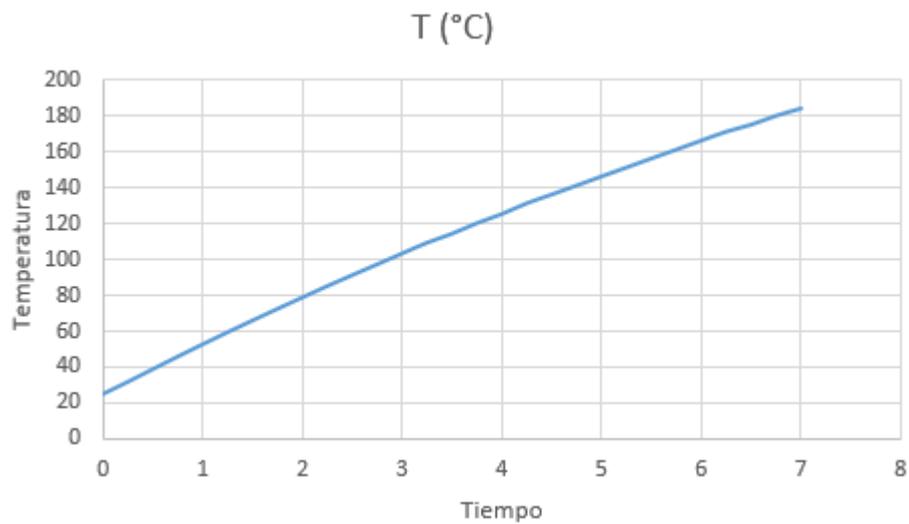


Figura 1-28 Historial térmico por radiación en función del tiempo de los granos de café

En la figura 1-28 se diseñó un nuevo historial térmico por Radiación en el proceso del tostado de los granos de café verde. Para este caso, se obtuvo un nuevo coeficiente de transmisión superficial (h_r) para cada instante de tiempo a lo largo de todo el proceso de tostado. A diferencia de la figura 1-27, donde se consideró el mismo coeficiente de transmisión superficial para todos los instantes de tiempo a lo largo de todo el proceso de tostado.

A continuación, se determinó una eficiencia referencial de cada grano de café en el proceso de tostado y la misma se la determinó de la siguiente manera.

Eficiencia

$$n = \frac{mC_p \frac{\Delta T}{\Delta t}}{W_{elect}}$$

$$n = \frac{0.0212[kg] * 2050 \left[\frac{J}{kgk} \right] * \frac{453K - 298.15K}{420}}{350[W]} * 100\%$$

$$n = 4.58\%$$



Figura 1-29 Tambor Tostador.

En la figura 1-30 se indica la resistencia que será posteriormente incorporada en el interior del tambor tostador. La resistencia a utilizarse funciona a 110 [V] y genera una potencia de 350 [W] que es suficiente para los objetivos esperados del tostado de los granos de café verde. En función de la Potencia suministrada al sistema, así como al Voltaje suministrado para su funcionamiento, se determinó la corriente y la resistencia consumida por este tipo de elemento.

Resistencia Tostador:

$$P = 350[\text{W}]$$

$$V = 110[\text{V}]$$

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{350[\text{W}]}{110[\text{V}]}$$

$$I = 3.18[\text{A}]$$

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{110[\text{V}]}{3.18[\text{A}]}$$

$$R = 34.59[\Omega]$$



Figura 1-30 Elemento calentador. (Proceso de Tostado)

En la figura 1-32 se observa el mecanismo de tostado terminado. Se fabricó un soporte para la resistencia con el objetivo de que se mantenga fija dentro del tambor tostador y así evitar que exista algún tipo de rozamiento con la superficie del tambor tostador al momento de que este

gire. A continuación, se realizó un análisis de transferencia de calor por radiación de los granos de café que son tostados en el interior del tambor tostador.

Velocidad neta de transferencia de calor por radiación desde la superficie:

$$q''_{rad} = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{alr}^4)$$

$$q''_{rad} = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{alr}^4)$$

$$q''_{rad} = (0.52) \left(5.67 * 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right] \right) (473 [K]^4 - 298 [K]^4)$$

$$q''_{rad} = 1243.29 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Intercambio de calor neto por Radiación:

$$q_{rad} = h_{rad}A(T_s - T_{alr})$$

$$h_{rad} = \varepsilon\sigma(T_s + T_{alr})(T_s^2 + T_{alr}^2)$$

$$h_{rad} = (0.52) \left(5.67 * 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right] \right) (473[K] + 298[K])(473[K]^2 + 298[K]^2)$$

$$h_{rad} = 7.10 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(5 * 10^{-3}[m])^2$$

$$A = 7.85 * 10^{-5}[m]^2$$

$$q_{rad} = 7.10 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] * 7.85 * 10^{-5}[m]^2 * (473[K] - 298[K])$$

$$q_{rad} = 0.097[W]$$

$$q = q_{rad} = 0.097[W]$$

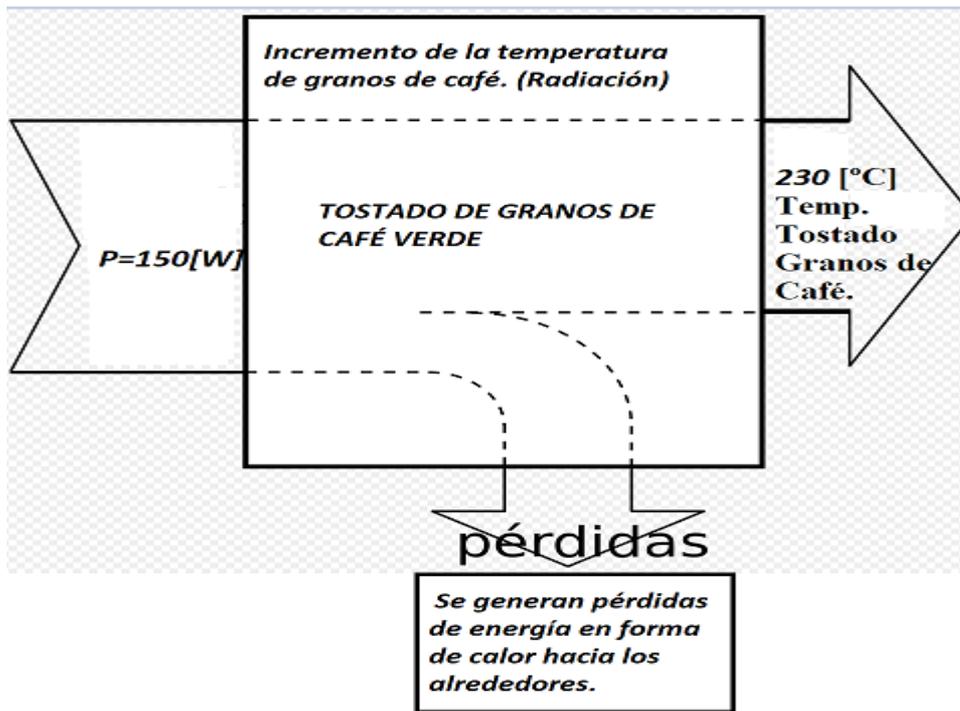


Figura 1-31 Diagrama de Sankey. (Proceso Tostado granos de café verde)



Figura 1-32 Tambor Tostador incorporado el elemento calentador.

En la figura 1-33 se indica los componentes por separado para el proceso de enfriamiento de los granos de café una vez que se hayan tostado.



Figura 1-33 Base de ventilador y soporte de Tornillo Sin fin.

En la figura 1-34 se procedió a ensamblar los componentes mostrados en la figura 1-33. Más adelante se indicarán los subelementos que van dentro del eje cilíndrico y en la parte superior (orificio) del mecanismo.



Figura 1-34 Mecanismo de enfriamiento de los granos de café tostados.

En la figura 1-35 se observa el ventilador eléctrico. Este ventilador se incorporó en la base superior del mecanismo (orificio) de enfriado mostrado en la figura 1-34.



Figura 1-35 Ventilador Eléctrico.

En la figura 1-36 se observa el tornillo sin fin cuyo material es de duralón. Este tornillo sin fin se coloca en el interior del cilindro mostrado en la figura 1-34. Este elemento se encarga de transportar los granos de café previamente tostados hacia el interior de elemento triturador. A continuación, se realizó un análisis torsional del eje del tornillo sin fin para verificar que el mismo no sufra deformaciones durante los ciclos de trabajo.

Esfuerzo cortante máximo en el eje en la superficie externa:

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

$$\tau_{max} = \frac{0.6[N * m] * 5 * 10^{-3}[m]}{\frac{\pi}{32}d^4}$$

$$\tau_{max} = \frac{0.6[N * m] * 5 * 10^{-3}[m]}{\frac{\pi}{32}(1 * 10^{-3}[m])^4}$$

$$\tau_{max} = 3.05 * 10^{10} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Deformación por torsión:

$$J = \frac{\pi}{2}c^4$$

$$J = \frac{\pi}{2}(5 * 10^{-3}[m])^4$$

$$J = 9.81 * 10^{-10}[m^4]$$

Nylon (Duralón): G (Módulo de elasticidad transv.) = $0.20 * 10^{10}[Pa]$

Angulo de Giro:

$$\theta = \frac{TL}{JG}$$

$$\theta = \frac{0.6[N * m] * 0.17[m]}{9.81 * 10^{-10}[m^4] * 0.20 * 10^{10} \left[\frac{N}{m^2} \right]}$$

$$\theta = 0.051[rad] = 2.92^\circ$$

Ángulo de torsión a lo largo de todo el eje del tornillo sin fin:

$$\gamma = \frac{\theta r}{L}$$

$$\gamma = \frac{0.051[\text{rad}] * 5 * 10^{-3}[\text{m}]}{0.17[\text{m}]}$$

$$\gamma = 0.0015[\text{rad}] = 0,09^\circ$$

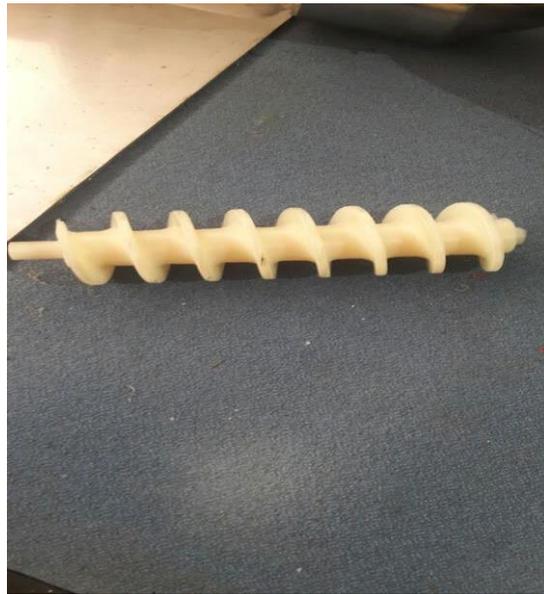


Figura 1-36 Tornillo Sin fín.

En la figura 1-37 tenemos el mecanismo de enfriado visto de diferente posición. Se observa entonces el tornillo sin fin adaptado al soporte cilíndrico de Acero Inoxidable Serie 304 y también podemos apreciar el ventilador eléctrico incorporado en la parte superior de la placa detallada en la figura 1-34. Para esta parte del proceso se realizó un análisis del tiempo requerido para que los granos de café recién tostados que salen del tambor tostador descendan su temperatura a 45 [°C].

Proceso de Enfriamiento:

$$\emptyset = 5[mm] = 0.005[m]$$

$$V = 2.77 \frac{m}{s}$$

$$t = ? a 45^{\circ}C$$

Condiciones Iniciales:

$$P_{\infty} = 1[atm]$$

$$T_{\infty} = 23^{\circ}C$$

$$T_i = 220^{\circ}C$$

Café:

$$\frac{220^{\circ}C + 45^{\circ}C}{2} + 273 K = 405.7 K$$

$$\rho = 630 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$k = 0.037 \left[\frac{W}{mK} \right]$$

$$C_p = 0.8372 + 3.3488X_w \text{ (Earle, 1988)}$$

$$X_w = \text{Fracción Másica del Agua}$$

$$C_p = 0.8372 + 3.3488(5\%)$$

$$C_p = 2050 [J/kgK]$$

Tabla A-4 Incropera: Aire ($T_{\infty} = 293 [K]$): $\mu = 181.6 * 10^{-7} \left[\frac{Ns}{m^2} \right]$, $\nu = 15.36 *$

$$10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right], k = 0.0258 \left[\frac{W}{mK} \right], Pr = 0.709$$

Tabla A-4 Incropera: Aire ($T_s = 405.5 [K]$):

K	$\mu * 10^7 \left[\frac{Ns}{m^2}\right]$
400	230.1
405.5	X=232.37
450	250.7

$$t = \frac{\rho V C_p}{h' A_s} \ln \frac{T_i - T_\infty}{T - T_\infty}$$

$$V = \frac{\pi D^3}{6}$$

$$V = \frac{\pi(1 * 10^{-3}[m])^3}{6}$$

$$V = 5.23 * 10^{-10}[m]^3$$

$$A_s = \pi D^2$$

$$A_s = \pi[1 * 10^{-3}[m]]^2$$

$$A_s = 3.1416 * 10^{-6}[m]^2$$

$$t = \frac{\rho D C_p}{6 h'} \ln \frac{T_i - T_\infty}{T - T_\infty}$$

$$Nu' = 2 + (0.4 Re_D^{\frac{1}{2}} + 0.06 Re_D^{\frac{2}{3}}) Pr^{0.4} \left(\frac{\mu}{\mu_s}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Re_D = \frac{VD}{\nu}$$

$$Re_D = \frac{2.77 \left[\frac{m}{s}\right] * 0.01[m]}{15.36 * 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s}\right]}$$

$$Re_D = 1803.3$$

$$Nu' = 2 + 0.4 * (1803.3)^{\frac{1}{2}} + 0.06 * (1803.3)^{\frac{2}{3}} (0.709)^{0.4} \left(\frac{181.6 * 10^{-7} \left[\frac{Ns}{m^2} \right]}{232.37 * 10^{-7} \left[\frac{Ns}{m^2} \right]} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu' = 26.26$$

$$h' = Nu' * \frac{k}{D}$$

$$h' = 26.26 * \frac{0.037 \left[\frac{W}{m^2K} \right]}{0.01[m]}$$

$$h' = 97.16 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$t = \frac{\rho D C_p}{6 h'} \ln \frac{T_i - T_\infty}{T - T_\infty}$$

$$t = \frac{630 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * (2050 [J/kgK]) * (0.01[m])}{6(97.16) \left[\frac{W}{m^2K} \right]} \ln \frac{220 - 25}{45 - 25}$$

$$t = 50.45[s]$$



Figura 1-37 Sistema de enfriamiento terminado.

En la figura 1-38 podemos apreciar el mecanismo de enfriado incorporado en la base de almacenamiento de plástico del elemento triturador.



Figura 1-38 Sistema de triturado incorporado al sistema de enfriamiento.

En la figura 1-39 se observa tanto el mecanismo de Tostado de los granos de café verde, así como el mecanismo de Enfriado y Triturado soldados en el bastidor de la máquina.



Figura 1-39 Mecanismo de tostado adaptado al sistema de enfriamiento.

En la figura 1-40 tenemos el Motor NEMA 17. Este tipo de motor se utilizó para dar movimientos rotatorios y basculante tanto para los procesos de tostado y enfriado de la máquina. Tanto la Potencia como la Resistencia que tiene este tipo de motor se lo calculó de la siguiente manera en función de datos obtenidos en el Datasheet :

Motor Nema 17:

$$P = IV$$

$$P = 1.7[A] * 12[V]$$

$$P = 20.4[W]$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{12[V]}{1.7[A]}$$

$$R = 7.05[\Omega]$$



Figura 1-40 Motor eléctrico NEMA 17

En la figura 1-41 se observa el servo utilizado en el loop de almacenamiento de los granos de café verde. La cantidad de granos de café verde que serán agregados en el loop de almacenamiento se lo controla mediante un par de escotillas ubicadas en la parte superior e inferior de este elemento. El movimiento de abrir y cerrar las cotillas se los controla mediante este tipo de servo que cumple ampliamente con las necesidades de operación de la máquina. De igual manera, obteniendo datos encontrados en el Datasheet para este tipo de servo se calculó la Resistencia y la Potencia que suministra al sistema.

Servo Hi TEC HS-311:

$$P = IV$$

$$P = 180[mA] * 6[V] \quad (\text{Pre cargado})$$

$$P = 1.08[W]$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{6[V]}{180 * 10^{-3}[A]}$$

$$R = 33.33[\Omega]$$



Figura 1-41 Servomotor Hi TEC HS 311

En la figura 1-42 observamos dos tipos de componentes. El primero, es el teclado de selección en donde el usuario podrá elegir la cantidad de gramos de café tostados y triturados que serán posteriormente empaquetadas en bolsitas individualizadas para su posterior consumo. Segundo, los elementos plásticos conocidos genéricamente como “mariposas” se utilizaron

conjuntamente con los servos y el par de escotillas para regular la cantidad de granos de café verde que serán depositados en el loop de almacenamiento.



Figura 1-42 Teclado de selección.

En la figura 1-43 se adaptó el mecanismo de almacenamiento de granos de café verde ya incorporado el loop de depósito al bastidor de la máquina.



Figura 1-43 Soporte del frasco de almacenamiento incorporada en el bastidor.

En la figura 1-44 se aprecia el cuello formador fabricado de Acero Inoxidable Serie 304. Este modelo de cuello formador cumple dos funciones. La primera, es dar forma a las bolsitas de papel tipo filtro que serán posteriormente selladas y cortadas. Segundo, una vez que los granos de café son triturados, estos son depositados en el interior del cuello formador para que puedan ser almacenadas en las bolsitas que serán elaboradas.



Figura 1-44 Cuello formador.

En la figura 1-45 se incorporó el cuello formador a la base del Triturador. Como se mencionó anteriormente, los granos de café tostados y triturados son depositados en el interior del cuello formador.



Figura 1-45 Cuello formador adaptado al triturador.

En la figura 1-46 se maquinó dos soportes para los motores que darán movimiento a los rodillos de caucho. La función de estos rodillos de caucho es generar un desplazamiento uniforme y

constante del papel tipo filtro que será incorporado en el cuello formador detallado en la figura 1-45.

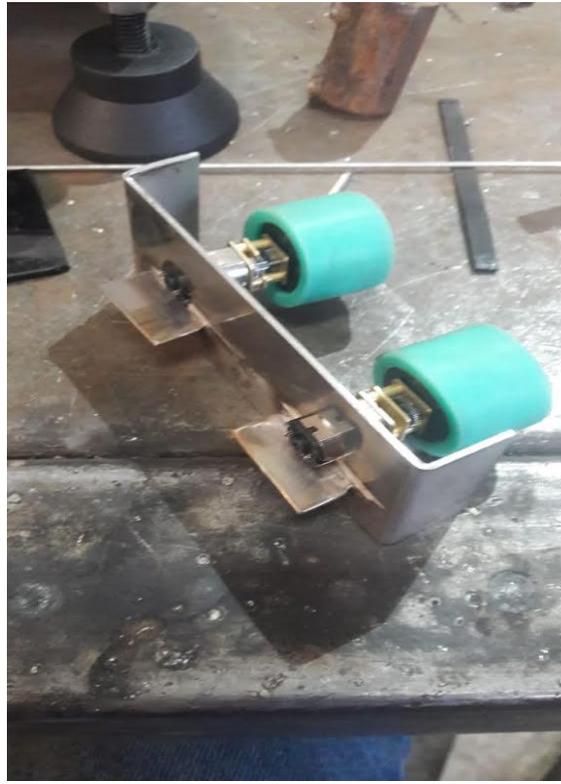


Figura 1-46 Soporte para los rodillos de caucho.

En la figura 1-47 se observa la niquelina que será utilizada para el mecanismo de sellado de las bolsitas de café. Este tipo de niquelina funciona a 110 [V] y 100 [Watts] de potencia. La corriente consumida por la niquelina se lo determinó de la siguiente manera.

Niquelina Sellador Horizontal

$$I = \frac{100[W]}{110[V]}$$

$$I = 0.91[A]$$



Figura 1-47 Elemento calentador para el proceso de sellado.

En la figura 1-48 se aprecia las correas y los dientes que serán adaptadas en los motores NEMA 17. La función de este tipo de correas de caucho es transmitir el torque generado por el motor eléctrico NEMA 17 hacia los ejes de los diferentes elementos rotativos que involucra la máquina. Así mismo, la funcionalidad de los dientes es transmitir de manera eficiente el torque de los motores a los ejes al momento de su funcionamiento.



Figura 1-48 Correa y dientes para los motores NEMA 17.

En la figura 1-49 podemos visualizar una vista lateral del bastidor de la máquina con los mecanismos incorporados de Tostado, Enfriado y Triturado de los granos de café. Cabe recalcar que los ejes de acero inoxidable que componen el bastidor de la máquina se los unió mediante el uso de soldadura tipo TIG. Este Tipo de suelda utiliza como material de aporte un electrodo permanente de Tungsteno acompañado de gas Argón para proteger el arco que genera este tipo de soldadura.



Figura 1-49 Vista lateral (Procesos de Tostado, Enfriado y Triturado)

En la figura 1-50 se procedió a realizar las primeras pruebas de manera aislada o independiente de cada uno de los componentes electrónicos que darían movimiento a los diferentes mecanismos que componen la máquina para la obtención de las bolsitas de café.



Figura 1-50 Cableado inicial para los motores y servos.

En la figura 1-51 se observa el mecanismo de cremallera- piñón- niquelina conjuntamente con el servo motor que dará movimiento a la cremallera mediante un piñón adaptado en el servo motor. Los dientes del piñón encajan con los dientes de la cremallera para generar un movimiento horizontal y de esta manera poder sellar las bolsitas de café mediante el uso de la niquelina detallada en figura 1-47.



Figura 1-51 Cremallera y Piñón (Sistema de Sellado)

18 Fotos de la Máquina Construida



Figura 1-52 Vista Isométrica de la Máquina terminada.



Figura 1-53 Vista Lateral con los componentes internos para los diferentes procesos.



Figura 1-54 Vista Frontal

19 Plan de Pruebas de Funcionamiento

Plan de Pruebas de Funcionamiento.

Introducción.

Audiencia

Este documento está dirigido a los responsables del proyecto por parte del cliente.

Aplicabilidad

El documento se refiere al diseño y construcción de un prototipo de una maquina procesadora de café molido que dispensa bolsas para infusión directa en diferentes grados de concentración.

Propósito

El propósito de este documento es servir de referencia para realizar las pruebas de verificación de cada uno de los procesos que involucra el equipo.

Uso de este documento

Este documento está compuesto por tres secciones. En la primera sección se establece los criterios para la realización de las pruebas, la segunda sección se describe las Especificaciones de las pruebas y finalmente en la última sección se resume todas las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y la validación de las mismas.

Elementos probados

Se comprobarán los distintos elementos que forman parte del sistema mecánico, control y verificación de la instalación de los elementos electrónicos.

Sección 1

Criterios para la realización de las pruebas.

Antes de la realización de las pruebas de funcionamiento que se describe en la próxima sección, tiene que estar probado el cableado y las conexiones de todos los elementos electrónicos instalados que forman parte de cada una de las pruebas realizadas.

Así mismo, el software que forma parte del sistema de automatización tiene que estar probado con anterioridad.

Sección 2

Especificación de las pruebas.

Se realizan las pruebas siguientes.

Prueba 1. Loop de almacenamiento de granos de café verde.

Comprobación de funcionamiento del mecanismo de almacenamiento de los granos de café verde antes de ser sometidos al proceso de tostado.

Alcance y Propósito.

Se comprobará que la cantidad de granos de café verde descargados en el loop de almacenamiento cumplan los requerimientos de variabilidad de gramaje en cada bolsita elaborada.

Instrucciones para la prueba.

- Se verifica que tanto la escotilla superior y la inferior colocadas en la parte superior e inferior del loop de almacenamiento respectivamente, cumplan con los grados de movilidad adecuados para obtener una descarga completa de los granos de café verde hacia el tambor tostador.
- Se verifica que los servos instalados para accionar las escotillas estén conectados y ajustados correctamente. A su vez, se comprueba que el cableado esté aislado de los elementos en movimiento y de las zonas con fuentes de calor.

Prueba 2. Mecanismo de tostado de los granos de café verde.

Verificación de la calidad de tostado de los granos de café verde en función del tiempo de tostado y de la temperatura de tueste en base a la fuente de calor suministrada.

Alcance y Propósito.

Se comprobará visualmente que los granos de café previamente tostados tengan un color homogéneo y de esta manera poder ratificar que la temperatura y el tiempo de tostado son los adecuados para obtener granos de café de buena calidad.

Instrucciones de la prueba 2.

- Se verifica mediante el Datasheet las especificaciones del servomotor que será instalado para el movimiento basculante del tambor tostador.
- Se verifica que el Motor Nema 17 instalado para el movimiento giratorio del tambor tostador esté sujeto correctamente al bastidor de la máquina.
- Se verifica que la correa que une el eje del motor Nema 17 al eje del tambor tostador, estén ajustadas de manera correcta a los engranes.
- Se comprueba que el cableado tanto del servomotor como del Motor Nema 17 estén conectados correctamente y aislados de los elementos en movimiento y de las zonas de fuente de calor.
- Se verifica que la resistencia incorporada en el interior del tambor tostador se encuentre aislada del mismo, es decir, que no tenga contacto con el tambor tostador al momento de realizar el proceso.

Prueba 3. Mecanismo de Enfriamiento de los granos de café previamente tostados.

Se comprueba que el mecanismo de ventiladores cumpla con el objetivo de disminuir la temperatura de los granos de café previamente tostados.

Alcance y Propósito.

- Se verifica que el ventilador colocado en la parte superior del mecanismo esté conectado y funcionando correctamente.
- Se verifica que el motor Nema 17 instalado para el movimiento del tornillo sinfín, esté sujeto correctamente al bastidor de la máquina.
- Se verifica que la correa que une el eje del motor Nema 17 al eje del tornillo sinfín, estén ajustadas de manera correcta a los engranes.

Prueba 4. Sistema de Triturado de los granos de café tostados.

Se verifica que el tipo asignado de triturado sea el adecuado para obtener una granulometría homogénea y que cumpla con los objetivos planteados en el proyecto.

Alcance y Propósito.

Se comprueba que los tiempos de triturados asignados para cada uno de los diferentes tipos de gramaje cumplan con los requerimientos de contenido que serán posteriormente empaquetadas en las bolsitas.

Instrucciones de Operación.

- Se verifica que el Triturador esté incorporado correctamente al bastidor de la máquina.
- Se verifica que el Triturador esté instalado a la fuente de corriente a 110 [V].
- Se asegura que la tapa de plástico colocada en la tolva de triturado esté ajustada en su base correctamente.

Prueba 5. Sistema de Empaquetado.

Se comprueba que las cantidades de producto neto empaquetadas en cada bolsita de café cumpla con los requerimientos de gramaje que el usuario haya requerido.

Alcance y Propósito.

Antes del proceso de empaquetado se verifica que el papel filtro esté previamente pre-sellado de forma hermética, con el objetivo de evitar fugas de producto al exterior en el momento de realizar el proceso de infusión.

Instrucciones de Operación.

- Se verifica que los rodillos de goma estén ajustados correctamente al cuello formador.
- Se verifica que el servomotor que conecta la cremallera con el engrane esté conectado y ajustado correctamente.
- Se comprueba que la resistencia para el sellado horizontal esté conectada a 110 [V].
- Se verifica que los motores que transmiten torque a los rodillos de goma estén conectados y asegurados correctamente.

Sección 3

Resumen de Realización de Pruebas

Prueba 1. Loop de almacenamiento de granos de café verde.

Prueba 2. Mecanismo de tostado de los granos de café verde.

Prueba 3. Mecanismo de Enfriamiento de los granos de Café previamente tostados.

Prueba 4. Sistema de Triturado de los granos de café tostados.

Prueba 5. Sistema de Empaquetado.

20 Verificación de Producción.

1. Loop de almacenamiento de granos de café verde.

Como proceso previo para la elaboración de bolsitas de grano de café tostados y triturados tenemos el ducto medidor de almacenamiento de granos de café verde. Este ducto o conocido

técnicamente como loop de recolección de muestras, se encuentra ubicado en la base inferior del frasco plástico de almacenamiento.

Debemos tomar en cuenta que la capacidad de almacenamiento del frasco plástico de granos de café verde y el ducto de almacenamiento tienen diferentes capacidades de gramaje. Por esta razón, se implementó un sistema de automatización en el loop de almacenamiento con el objetivo de poder censar el gramaje adecuado de granos de café verde que serán necesarios para producir bolsitas de café tostados y triturados a partir de las necesidades requeridas por los usuarios que hagan uso de esta máquina.

Los gramajes establecidos para los diferentes tipos de producción de las bolsitas de café son de aproximadamente 3, 6 y 9 [g], sin embargo, para poder obtener las cantidades netas expuestas anteriormente, se requiere de un determinado tipo de calibración tanto en esta parte del proceso como en los siguientes procesos que precede hasta llegar al producto final terminado.

La calibración en esta parte del proceso se lo realizó mediante ensayos de pruebas y error. Considerando que los granos de café verde no tienen una forma y peso definida, se llegó a la conclusión de que se requiere 21.2 gramos de café verde que serán alojados en el loop de almacenamiento para cumplir con los requerimientos de gramaje deseados en la elaboración de cada bolsita de café.

Se realizaron 10 pruebas para poder corroborar si las capacidades de gramaje del loop de almacenamiento cumplían con los requerimientos de contenido de café verde mencionados anteriormente.

Como ya se indicó, podemos verificar los diferentes tipos de gramaje en cada una de las pruebas realizadas. La variabilidad mínima indicada en cada una de las pruebas radica en que los granos

de café verde no tienen una forma y peso definido, por lo que en determinadas pruebas se almacenaban más granos de café verde que en otras pruebas realizadas.

2. Sistema de triturado de los granos de café tostados.

En esta etapa del proceso se define la cantidad de contenido neto de café tostado y triturado que será empaquetada en cada bolsita elaborada. Para poder cumplir con los requerimientos de contenido de gramaje elaborada en cada bolsita se utilizó un triturador electrónico. Este tipo de triturador cuenta con una tecnología de molienda del tipo de cuchillas invertidas que logra un mayor sabor y aroma que los molinillos tipo prensa y funciona a una potencia de 130 [W]. La cantidad de contenido neto en cada bolsita de café elaborada se lo consiguió variando el tiempo de triturado en cada uno de los diferentes procesos de producción. Cabe recalcar que este tipo de dispositivo permite 18 tipos de molido de granos de café según el grosor y el grado de colado de la preferencia del usuario, sin embargo, se optó por definir un grado de molienda intermedio para todos los procesos de empaquetado que ofrece la máquina.

Para definir la cantidad neta de producto en cada proceso se varió el tiempo de triturado. Tanto para las bolsitas de aproximadamente 3, 6 y 9 [g] se calibraron el tiempo de triturado en 3.5, 6 y 10 [s] respectivamente.

21 Ensayos de Producción.

Este tipo de análisis nos permite conocer la cantidad contenida en cada bolsita de café elaborada en función de cada uno de los diferentes tipos de gramaje seleccionados.

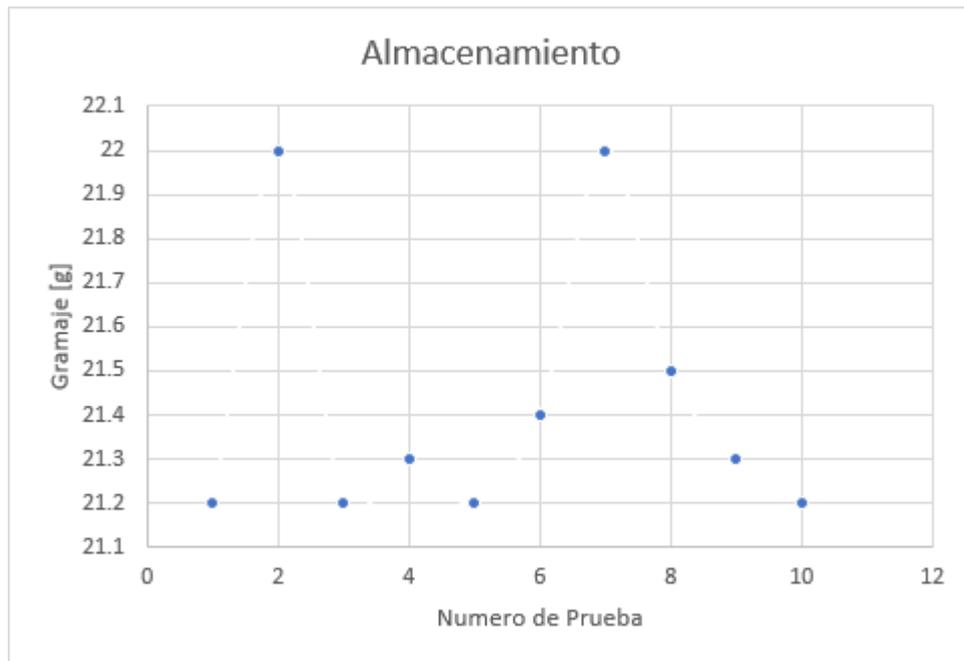
1. Loop de almacenamiento de granos de café verde.

Numero de Prueba	Gramaje [g]
1	21.2
2	22.0
3	21.2
4	21.3
5	21.2
6	21.4
7	22.0
8	21.5
9	21.3
10	21.2

Media Aritmética (μ) [g]	Desviación Estándar (σ)
21.4	0.3

La Media Aritmética indica un valor promedio de un conjunto general de datos. A su vez, la desviación estándar indica cuán dispersos están los datos recolectados en función de su Media Aritmética.

Tanto la Media Aritmética como la Desviación Estándar se calculó para cada uno de los diferentes procesos detallados a continuación.



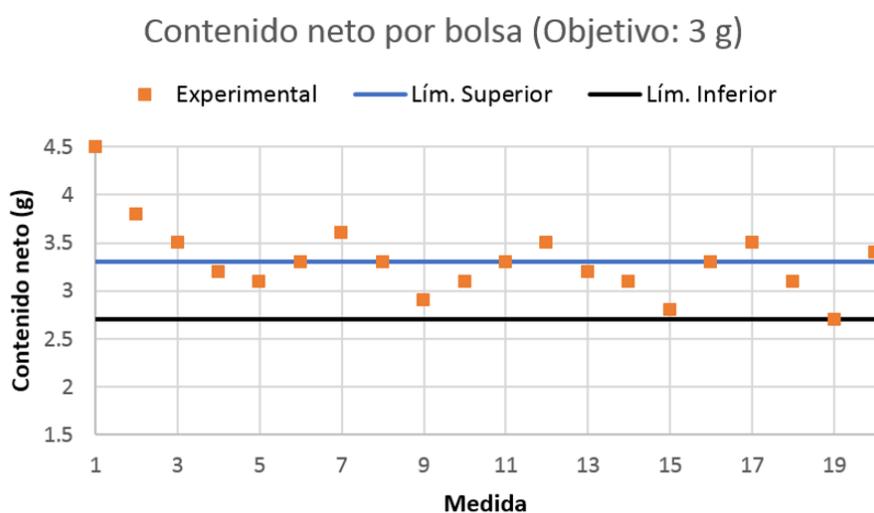
Gráfica 1. Gramaje obtenido en función del número de pruebas realizadas.

2. Sistema de triturado de los granos de café tostados.

Producción para la elaboración de bolsitas de aproximadamente 3 [g] de café.

Numero de Prueba	Tiempo de Triturado [s]	Proceso de 3 gramos de café tostado. [g]	Cantidad neta café triturado [g]
1	3.5	21.2	4.5
2	3.5	22	3.8
3	3.5	21.2	3.5
4	3.5	21.3	3.2
5	3.5	21.2	3.1
6	3.5	21.2	3.3
7	3.5	22	3.6
8	3.5	21.2	3.3
9	3.5	21.3	2.9
10	3.5	21.2	3.1
11	3.5	21.2	3.3
12	3.5	22	3.5
13	3.5	21.2	3.2
14	3.5	21.3	3.1
15	3.5	21.2	2.8
16	3.5	21.2	3.3
17	3.5	22	3.5
18	3.5	21.2	3.1
19	3.5	21.3	2.7
20	3.5	21.2	3.4

Media Aritmética [g]	Desviación Estándar (σ)
3.31	0.37

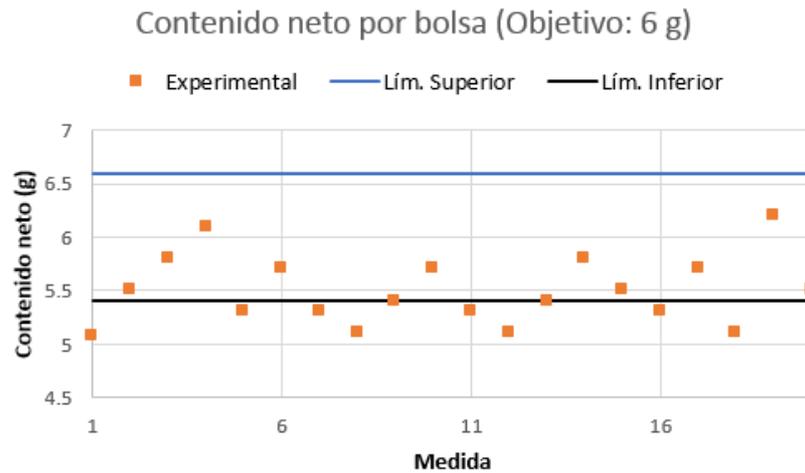


Gráfica 2. 65 % de las bolsas cumplen con las tolerancias de peso.

Producción para la elaboración de bolsitas de aproximadamente 6 [g] de café.

Numero de Prueba	Tiempo de Triturado [s]	Proceso de 6 gramos de café tostado. [g]	Cantidad neta café triturado [g]
1	6	21.2	5.1
2	6	22.0	5.5
3	6	21.2	5.8
4	6	21.3	6.1
5	6	21.2	5.3
6	6	21.2	5.7
7	6	22.0	5.3
8	6	21.2	5.1
9	6	21.3	5.4
10	6	21.2	5.7
11	6	21.2	5.3
12	6	22.0	5.1
13	6	21.2	5.4
14	6	21.3	5.8
15	6	21.2	5.5
16	6	21.2	5.3
17	6	22.0	5.7
18	6	21.2	5.1
19	6	21.3	6.2
20	6	21.2	5.5

Media Aritmética (μ) [g]	Desviación Estándar
5.49	0.31

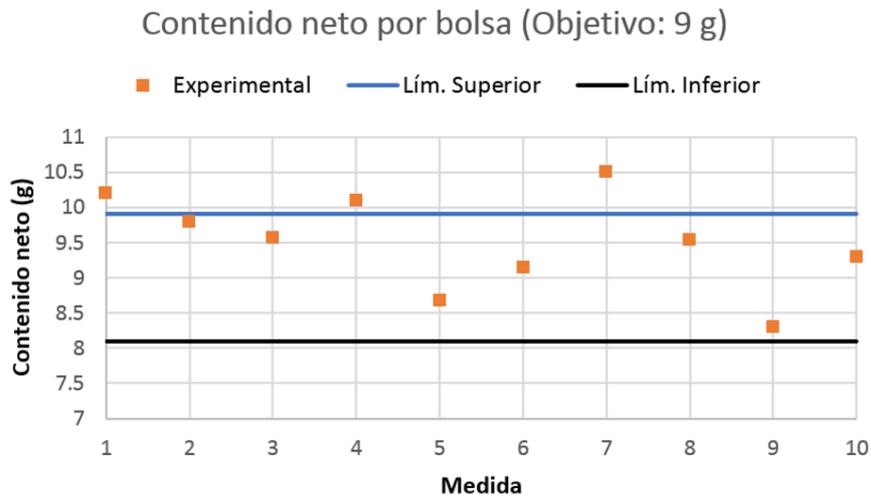


Gráfica 3. 60 % de las bolsas cumplen con las tolerancias de peso.

Producción para la elaboración de bolsitas de aproximadamente 9 [g] de café.

Numero de Prueba	Tiempo de Triturado [s]	Proceso de 6 gramos de café tostado. [g]	Cantidad neta café triturado [g]
1	10	21.2	10.2
2	10	22	9.80
3	10	21.2	9.56
4	10	21.3	10.1
5	10	21.2	8.68
6	10	21.2	9.15
7	10	22	10.5
8	10	21.2	9.54
9	10	21.3	8.3
10	10	21.2	9.3

Media Aritmética (μ) [g]	Desviación Estándar (σ)
9.51	0.65



Gráfica 4. 70 % de las bolsas cumplen con las tolerancias de peso.

22 Bolsitas Finales Terminadas



Figura 1-55 Bolsita de aproximadamente 3 [g] de café.



Figura 1-56 Bolsita de aproximadamente 6 [g] de café.



Figura 1-57 Bolsita de aproximadamente 9 [g] de café

23 Budget

Nombre	Cantidad	Costo \$
Triturador de Café	1	51.75
Papel de empaquetado	2[m ²]	9.20
Selladora de Impulso	1	45.30
Tostador de Café	1	44.85
Balanza en gramo	1	27.60
Interruptor de Encendido	1	6.0
Pantalla LCD	1	15.0
Teclado de selección	1	12.65
Reservorio de Café	1	4.60
Café en grano	450g	4.37
Arduino	1	15.50
Lámina Acero Inoxidable	1.22[cm] x 2.44[cm] efecto mate	176.50
Mano de obra y varios		92.08
	TOTAL \$	417.92

Tabla 1-6 Budget

24 Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez finalizado la construcción del prototipo de la máquina dispensadora de bolsitas de café y realizado las pruebas correspondientes a funcionamiento y verificación de producción, se puede concluir que se ha cumplido satisfactoriamente los objetivos propuestos para este proyecto. Dichos objetivos como el mantener un alto control de calidad y selección de materiales en el proceso de construcción de la máquina, así como la elaboración de bolsitas individualizadas de café de peso variable y verificación de tiempos y temperaturas de trabajo en cada uno de los procesos internos que involucra la elaboración del producto final terminado.

Como recomendaciones para el uso correcto y duradero de la máquina se debe mencionar una limpieza periódica de cada uno de los componentes que involucra los mecanismos internos para la realización de los diferentes procesos que ejecuta la máquina. Segundo, verificar los componentes electrónicos, como los motores, servos y cableado para poder realizar un mantenimiento predictivo en caso de que surja algún tipo de falla en los elementos mencionados anteriormente. Tercero, el propietario de la máquina debe estar pendiente de que la máquina se encuentre abastecida de granos de café verde, así como de papel filtrante en el cuello formador para poder realizar de manera adecuada el proceso de empaquetado de las bolsitas de café.

Bibliografía:

- Alvarado, M. (2007). *Cultivo y beneficiado del café*. San José: EUNED.
- Báez, J. a. (s.f.). *Diseño y Construcción de un prototipo de máquina despulpadora de café para el proyecto "Café de Quito" impulsado por la agencia Metropolitana de Promoción Económica*. Escuela Politecnica del Ecuador.
- Carbone, P. (2016). *El Tostado del Café*. CARBONE espresso. Obtenido de <http://www.carbonespresso.com/>
- Carvajal, T. (2001). *Produccion de cafe tostado y molido, una alternativa micro empresarial*. Portoviejo: INIAP.
- Carmen gloria. (2019, 7 abril). *Tipos de café que existen - Todas las variedades y sus descripciones*. Recuperado 28 abril, 2019, de <https://mundodelcafe.es/tipos-de-cafe/>
- Celis, S. Mermas de Producción. ZHENG CHANG. Consulta online recuperado el 10 de octubre de 2018 desde: <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/mermas-produccion-t40925.htm>
- De Roover, W. (2004). *Guía Técnica de aceros inoxidable*. Bruselas: Euro INOX.
- Del Castillo, M. D. (s.f.). *Peroxyl radical-scavenging activity of coffee brews*. Food Research and Technology.

del Castillo, Gordón, & Ames, 2005; Iway, Kishimoto, Kakino, Mochida, & Fujita, 2004; Sato et al., 2011).

Earle, 1988. *Sustitución de combustible diésel por gas licuado de petróleo en un tostador de café de la Torrefactora del Este en Cuba*. Calor específico del café. Consulta online: recuperado el 14 de mayo de 2019 desde: <https://sites.google.com/site/1rvcta/v1-n2-2010/h2?overridemobile=true>

F. P. Incropera y D. P. De Witt: *Fundamentos de Transferencia de Calor*, 4a Ed, Pearson Educacion, Mexico, 2000

Garcia, P., & Barreto, D. (2007). *Propuesta para el incremento de consumo de café tostado de los asociados de la Junta Nacional del Café*. Lima.

Giner, J. (2006). *El tueste del Café*. Barcelona: ForumCafe.

Han Sub Kwak, S. J. (2017). *The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content*, . Elsevier.

Hibbeler, R.C., “Mecánica de Materiales”, Prentice Hall. 3ra Edición, México, 1995.

INEN. (2006). *123 I ANEXOS*. Quito: INEN.

Han Sub Kwak, Seokgeun Ji, Yoonhwa Jeong, The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content, *Food Control*, Volume 71, January 2017, Pages 210-216, ISSN 0956-7135, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713516303619>)

INEN. (2006). *Norma técnica INEN 123:2006*. Quito: INEN.

Instituto interamericano de cooperacion para la agricultura. (1995). *Estudio de prefactibilidad técnica-económica del Proyecto Tostado y Molido*. San Salvador: Instituto interamericano de cooperacion para la agricultura.

Javier. (2016). *Elaboración de Bolsitas de Aromática o de Té*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/29915739/Elaboracion-de-Bolsitas-de-Aromatica-o-de-Te>

Jee SH, He J. Coffee consumption and serum lipids: A meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Am J Epidemiol* 2001;153(4):353-362.

Koseoglu Yilmaz, P. H. (2014). *Effect of roasting on antioxidant and anticholinesterase capacities of coffee*. *Journal of Food and Nutrition Research*,.

- Letrán, J. B. (2016). *electrónica utilizando un sensor de presión con Arduino. Corto Circuito.[consulta online]*. Obtenido de http://www.cortoc.com/2012/07/balanza-electronica-utilizando-un_21.html
- Matiello, J. (1991). *O café: do cultivo ao consumo*. Rio De Janeiro: Sidalc.
- Moore, L. (08 de 11 de 2016). *Usos comerciales para el acero inoxidable 303, 304 y 316. Acero inoxidable tipo 304.* . Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/usos-comerciales-acero-inoxidable-303-304-316-info_1
- Morán, V. (2006). *Proyecto de Factibilidad para la creación de una microempresa procesadora de café orgánico tostado y molido en la provincia de Manabí*. Manabi: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- Nabil T. Fadai, John Melrose, Colin P. Please, Alexandra Schulman, Robert A. Van Gorder, A heat and mass transfer study of coffee bean roasting, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 104, January 2017, Pages 787-799, ISSN 0017-9310, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.08.083>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931016311814>)
- PandaVending. (2016). Obtenido de http://www.pandavending.com/uploadfiles/KM006_Size_Drawing.jpg
- Pecorari, M. (2016). *Procesos de la elaboración de café: La Molienda*. Obtenido de <http://www.amantesdelcafé.org/info/como-se-hace-molienda-café.html>
- Propiedades medicinales del café* | Bioero. (s.f.). Recuperado 15 abril, 2019, de <http://www.bioero.com/salud/propiedades-medicinales-del-cafe.html>.
- Salamanca, C. (2015, 7 noviembre). *MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL CAFÉ*. Recuperado 28 abril, 2019, de <https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/11753/tcasr1de1.pdf?sequence=5>
- Sevcan Şemen, Selda Mercan, Murat Yayla, Münevver Açikkol, Elemental composition of green coffee and its contribution to dietary intake, Food Chemistry, Volume 215, 15 January 2017, Pages 92-100, ISSN 0308-8146, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.176>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616312092>)

- Sevcan, Ş., S. M., Murat, Y., & Münevver, A. (2017). *Elemental composition of green coffee and its contribution to dietary intake*. Food Chemistry.
- Sivetz, M. and Desrosier, N.W. 1979. *Coffe Technology*. Westport, Co: Avi Publishing Co.
- Tendencias de consumo de Café*. (2016, 5 agosto). Recuperado 15 marzo, 2019, de http://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/tendencias_6.pdf
- Wright. (2013). *Café con leche: Race, class, and national image in Venezuela*. Caracas.

ANEXO 1

Manual de Operaciones de la Máquina.

La mayoría de los accidentes relacionados con la operación de la máquina al momento de realizar ciclos de trabajo se debe a que no se observan las precauciones y reglas básicas de seguridad.

Antes de empezar con el funcionamiento correcto de la máquina por parte de los usuarios, debemos tener en cuenta ciertas consideraciones.

Primeramente, debemos verificar que la máquina esté conectada a la toma de corriente a pared que funciona a 110 [V].

Para que se puedan realizar los ciclos de trabajo de empaquetado de las bolsas de café debemos verificar que el frasco de almacenamiento cuente con la suficiente cantidad de granos de café verde que serán posteriormente Tostados, Triturados y Empaquetados.

ANEXO 2

Manual de Mantenimiento

El mantenimiento que el dispositivo deberá cumplir, contará con una guía, la misma que determinará los pasos y el diseño final tendrá que ser enfocado en estructuras modulares, las cuales permitan la extracción de cada mecanismo de una manera sencilla. De esta manera se podrá programar los mantenimientos necesarios y no se incurrirá en mantenimiento correctivo y peor aún mantenimientos reparativos.

En virtud de que la máquina tendrá una serie de elementos, se necesitará de manera obligatoria:

- Limpiar cada tolva.
- Limpiar los mecanismos que tengan contacto con el café.
- Lubricar cojinetes y rodamientos.
- Limpiar sensores.
- Revisar el funcionamiento de la máquina.
- Verificar los niveles de trabajo de los alojamientos de almacenamiento.
- Revisar los tiempos de trabajo.
- Evitar las paradas a mitad de ciclo no justificadas.
- Realizar periódicamente los mantenimientos preventivos.
- La puerta de la máquina debe estar debidamente cerrada.
- Realizar periódicamente un control visual en elementos de desgaste o posibles anomalías de los componentes.
- Para la limpieza general de los componentes de la máquina, evitar el uso de aire comprimido para eliminar residuos de materia prima en su interior y partes electrónicas.

- Llaves, herramientas y otras piezas no deber quedar en el interior ni sobre la máquina al momento de su ciclo de operación.
- Al terminar la jornada diaria de trabajo es recomendable desconectar totalmente la instalación mediante el interruptor general.

Así se puede determinar que la máquina y los respectivos equipos deben mantener un buen estado y sus condiciones se tienen que cumplir en base a los requisitos necesarios.

De esta manera los componentes del equipo como puertas, bisagras, mecanismos de cierre y placas de protección tienen que estar intactos, apretados y ajustados de acuerdo con las especificaciones de la fabricación.

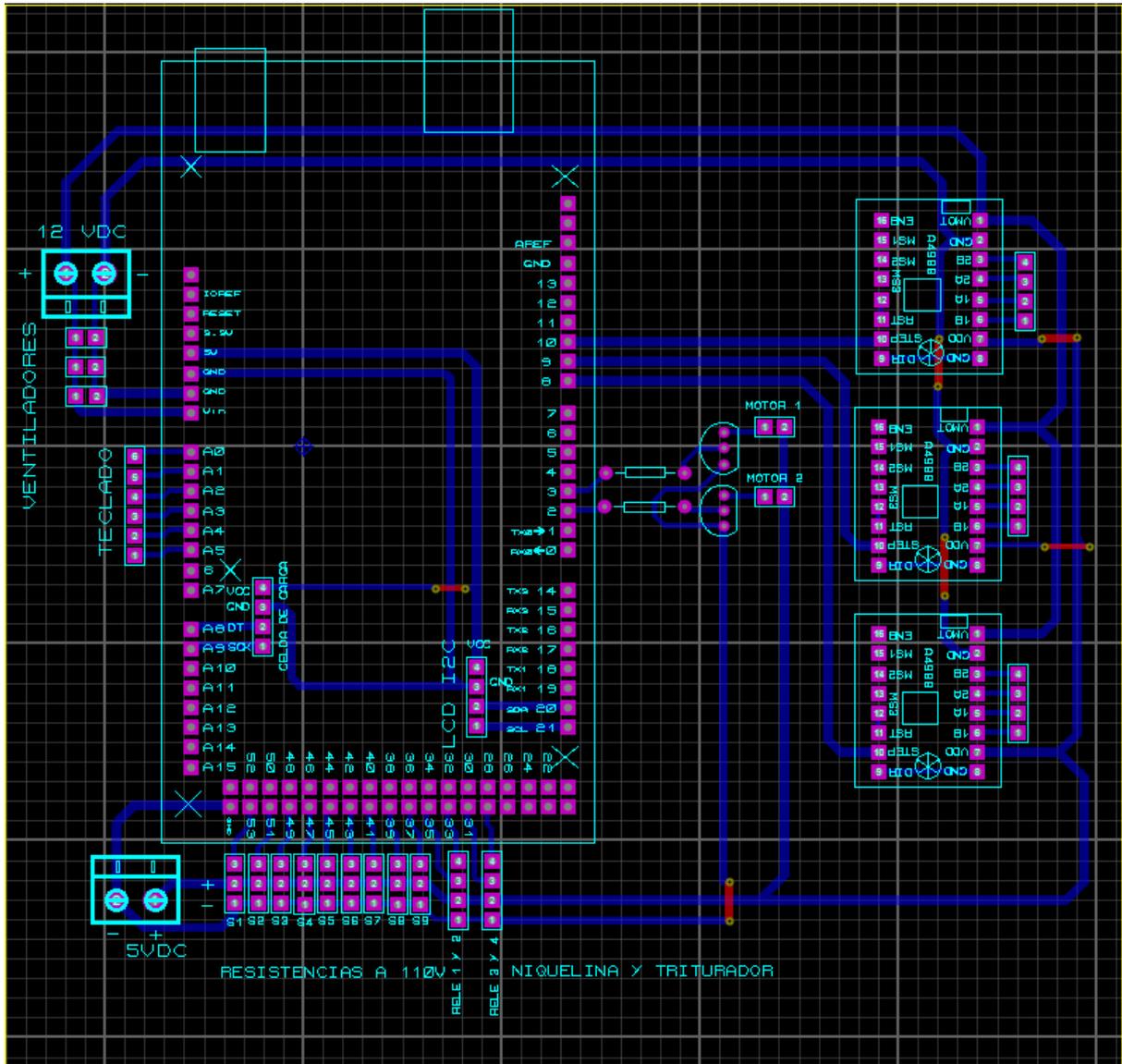
Por último, se tiene que garantizar que las piezas de corte o perforación de los sobres de papel filtrante tienen que mantenerse afilados para minimizar la generación de fragmentos de metal que puedan contaminar los alimentos al momento de consumirlos.

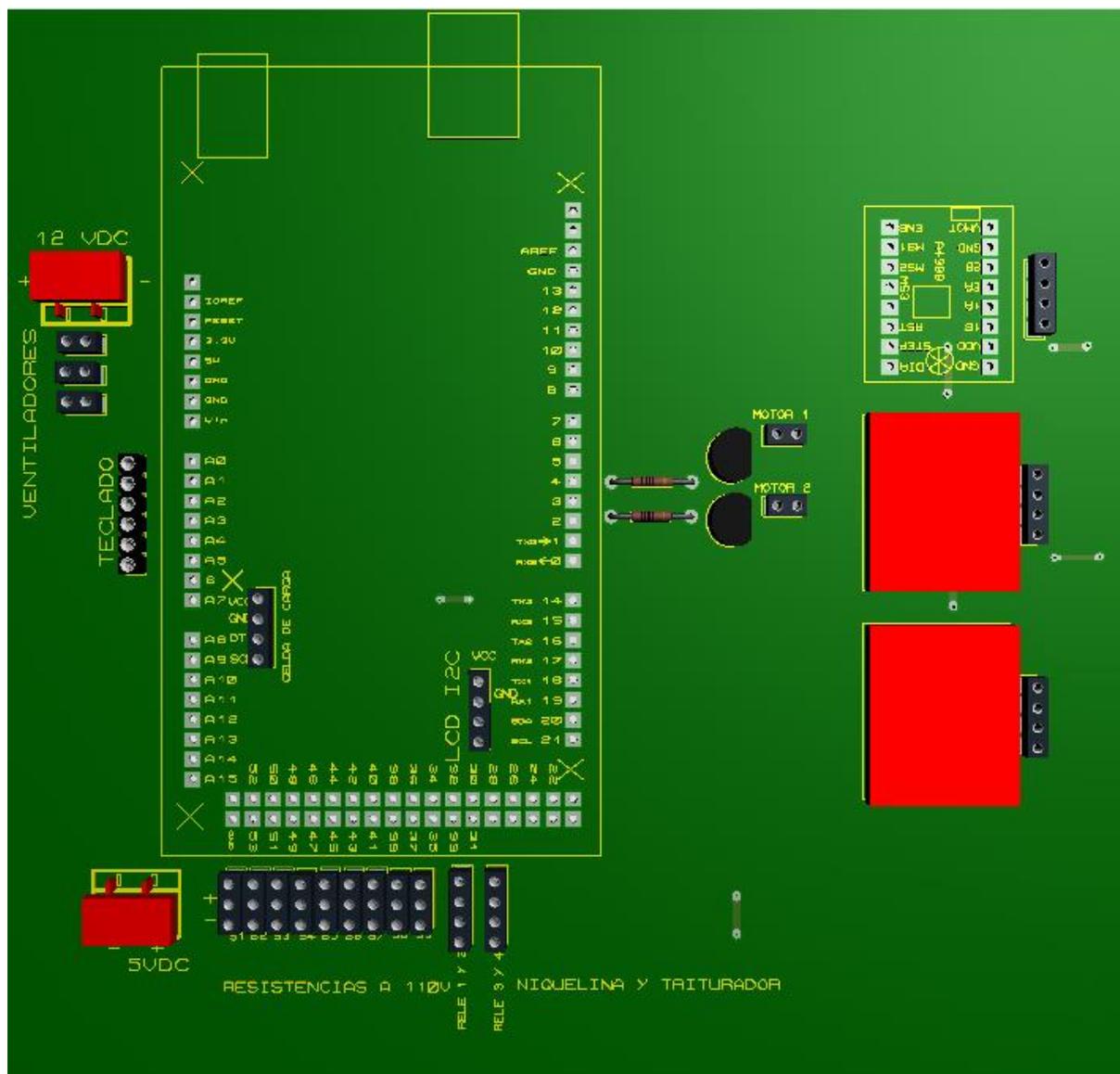
Requerimientos ambientales.

La máquina no tiene requerimientos ambientales especiales, ya que tendrá la mayoría de mecanismos y de partes es en Acero Inoxidable Serie 304. Es importante destacar que la misma debería operar de manera correcta en cualquier condición ambiental, de no ser así, los granos de café pueden ser foco para la proliferación de mohos y de sustancias que dañen su composición. El café de igual manera absorbe los olores, por esta razón no puede estar en contacto con pesticidas. La consideración especial para el óptimo cuidado de los granos de café, incide en un correcto manejo de los mismos, manejando cantidades que no puedan llegar a generar desperdicios.

ANEXO 3

Placa Electrónica (Proteus)





Anexo 4 Planos

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F



				Tolerancia ± 1	Peso 19.5Kg	Material: Varios		
					FECHA	NOMBRE		
				DIB	15/7/17	A. Gordon	Renderizado máquina trituradora empacadora de café	
				REV	19/7/17	M. Vargas		
				APR	19/7/17	M. Vargas		
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO "USFQ".			TEC-17-000	ESCALA 1:4
ED.	MODIF.	FECHA	NOMB.				Actualizado al 19/7/17	USFQ

1

2

3

4

ED.

MODIF.

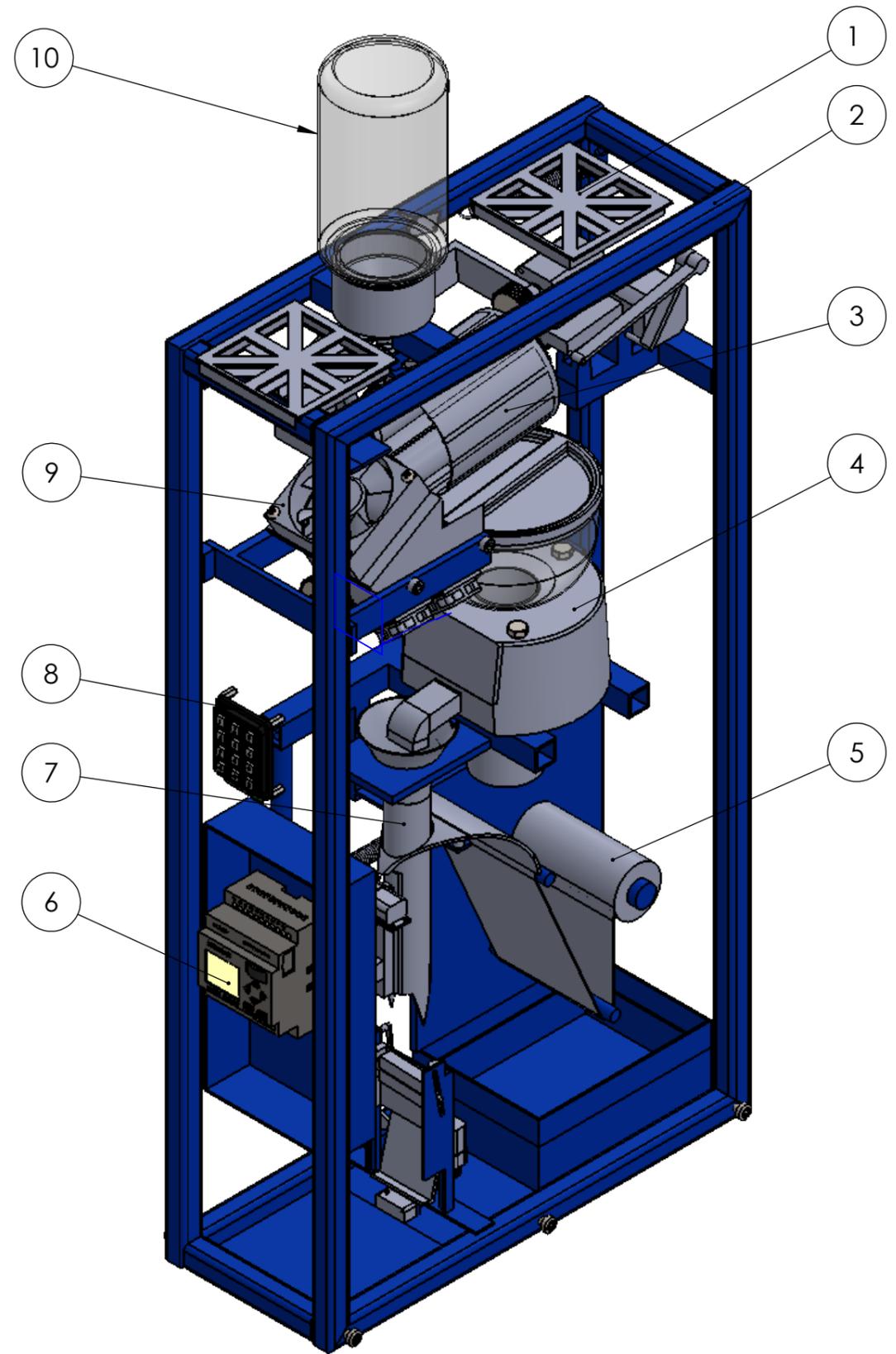
FECHA

NOMB.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO
DE QUITO
"USFQ".

Actualizado al 19/7/17

USFQ



No. Pieza	Cantidad	Ubicación	Denominación	No. Plano	Observaciones
10	1	A1	Almacenamiento	TEC-17-001	
9	1	C1	Enfriador	TEC-17-003	
8	1	D1	Keypad		50X64X7 (MM)
7	1	D1	Empacador	TEC-17-004	
6	1	E1	PLC		Siemens Logo
5	1	D4	Papel Filtrante		Rollo 50mm x 30m
4	1	C4	Triturador		Oster 120W
3	1	C4	Tostador	TEC-17-002	
2	1	B4	Bastidor	TEC-17-000	
1	2	A4	Filtros EPA		Carbon Activado

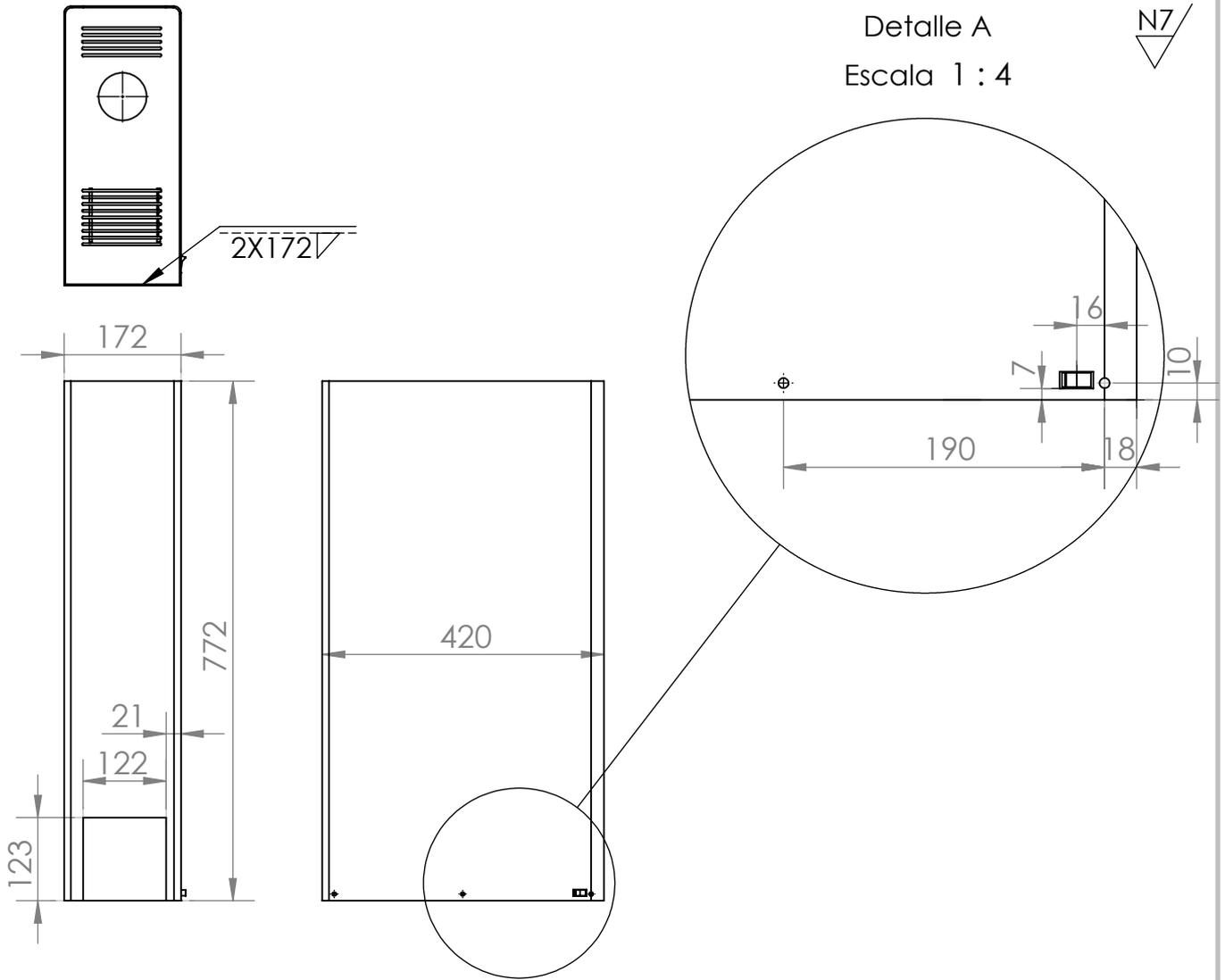
LISTA DE PIEZAS

ED.	MODIF.	FECHA	NOMB.	Tolerancia ± 1	Peso 19.5Kg	Material: Ver lista de materiales	ESCALA 1:4
						Máquina trituradora empacadora de café Vista isométrica	
						TEC-17-000	
						Actualizado al 19/7/17	USFQ

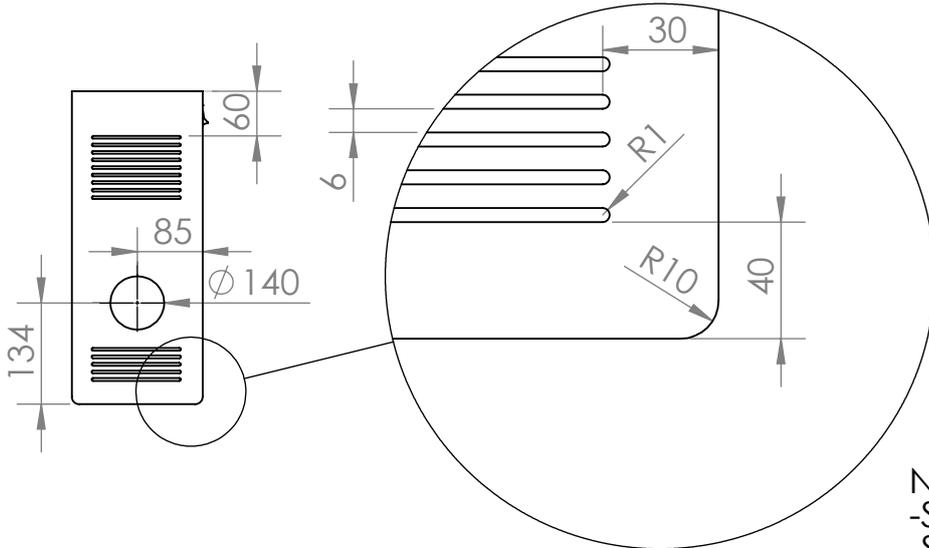
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO "USFQ".

Detalle A
Escala 1 : 4

N7



Detalle B
Escala 1 : 4



Nota:
-Se eliminan aristas vivas.
-Soldadura MIG 70 S-3

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	Pintura Electrostatica			
MATERIAL:	Acero SAE 1020	Tolerancia ± 1	Escala 1:10	DIB. A. Gordon Rev. M. Vargas Apr. M. Vargas
Carcaza		TEC17-000-01		FECHA 19/7/2017

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

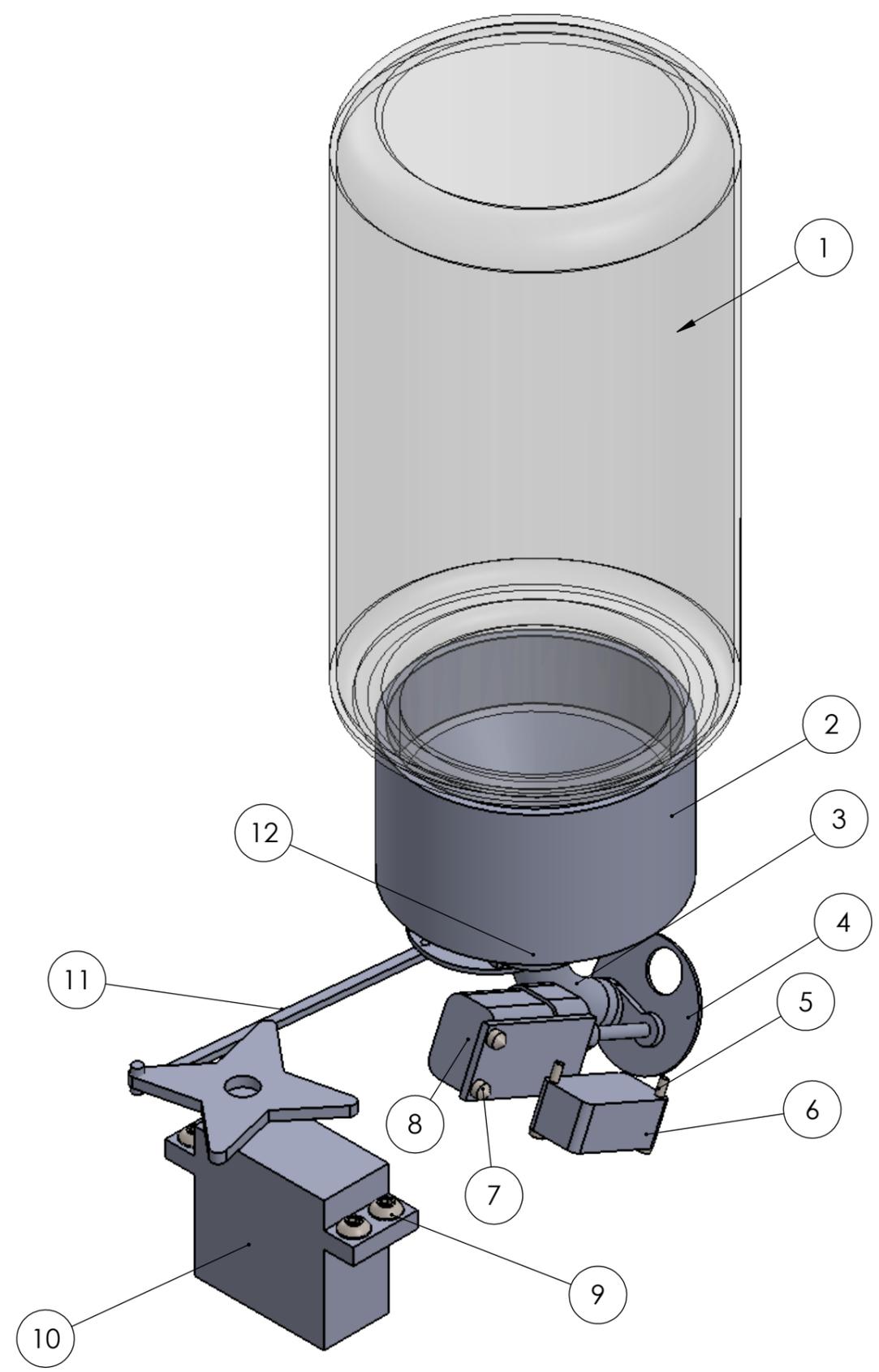
C

C

D

E

F

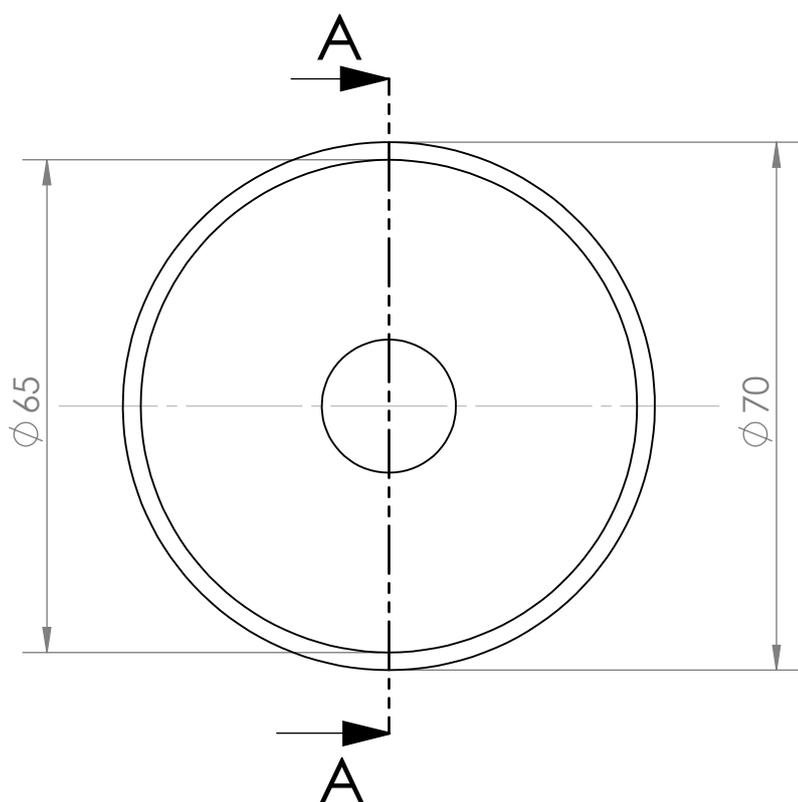
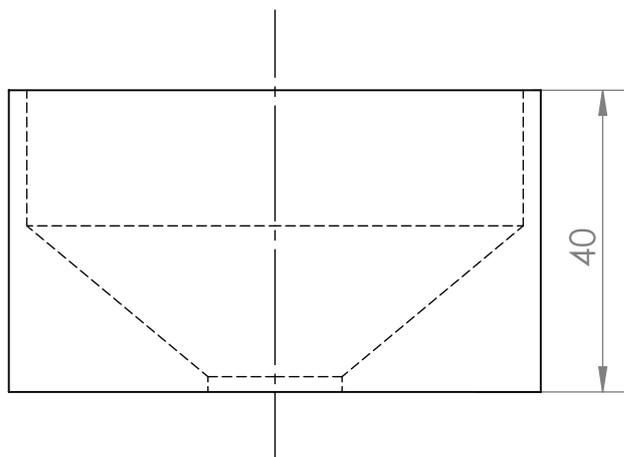


No. Pieza	Cantidad	Ubicación	Denominación	No. Plano	Observaciones
12	1	D2	Escotilla superior	TEC 17-001-02	
11	1	D1	Propulsor		Alambre galvanizado
10	1	F1	Servo		#Serie: S3003
9	4	F3	Perno		Allen M6 x paso 1 x 15mm
8	1	E2	Servo		5-12V 1000RPM
7	2	E3	Perno		M8 x paso 1.25 x 1"
6	1	E4	Final de carrera		125V 5A
5	2	E4	Perno		M4 x paso 0.7 x 15mm
4	2	D4	Escotilla inferior	TEC 17 001-04	
3	1	D4	Rizo	TEC 17 001-03	
2	1	D4	Dispensador	TEC 17 001-01	
1	1	B4	Ventilador		Cristal 0.5Kg

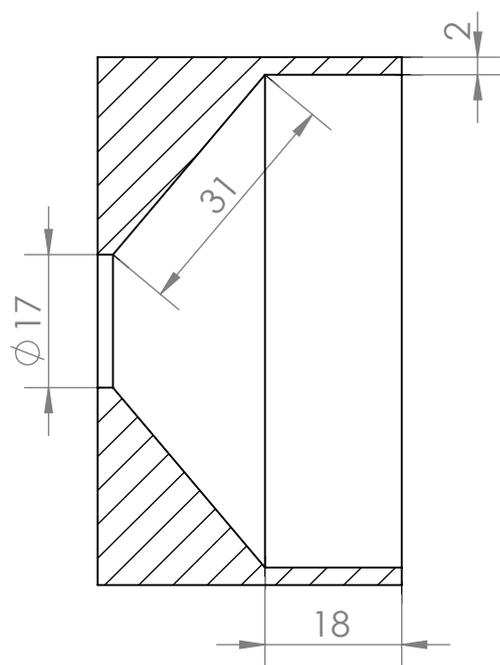
LISTA DE PIEZAS

ED.	MODIF.	FECHA	NOMB.	Tolerancia ± 1	Peso 0.35Kg	Material:	ESCALA	
						Ver lista de materiales		
				FECHA	NOMBRE	Subconjunto 1: Sistema Almacenamiento	ESCALA	
				DIB 15/7/17	A. Gordon		1:1.25	
				REV 19/7/17	M. Vargas			
				APR 19/7/17	M. Vargas			
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO "USFQ".			TEC-17-001	
							Actualizado al 19/7/17	USFQ

1 2 3 4

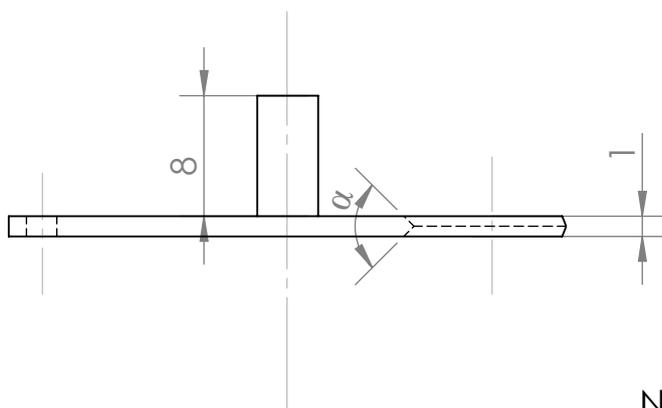
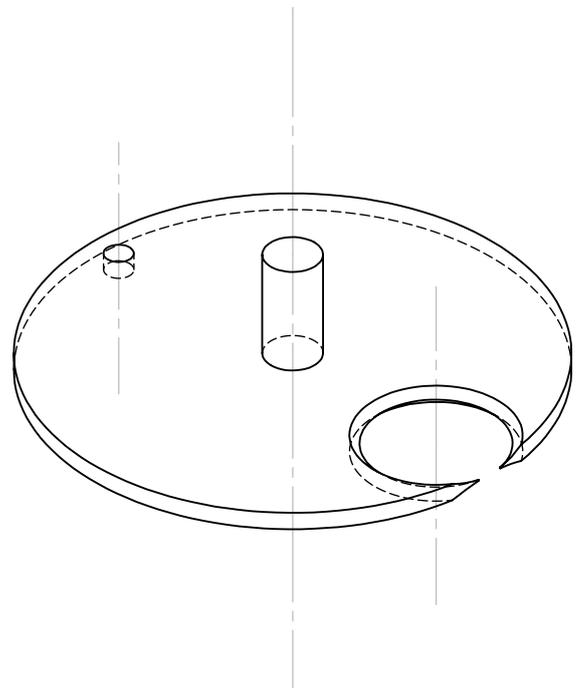
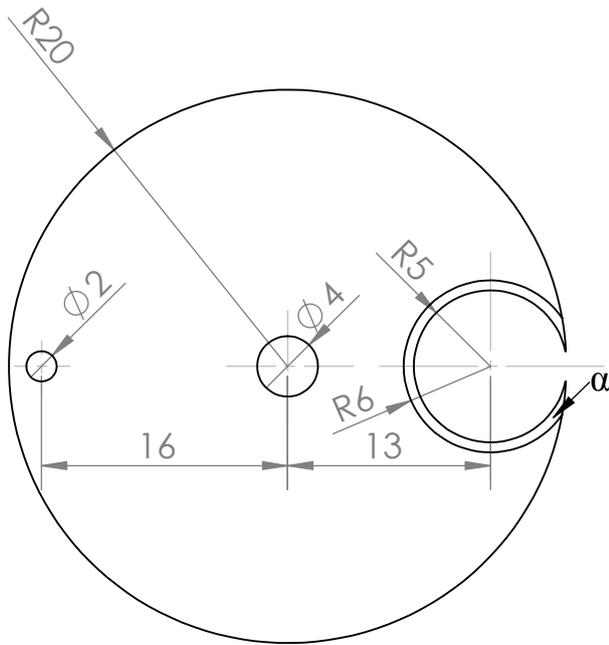


CORTE A-A
ESCALA 1 : 1



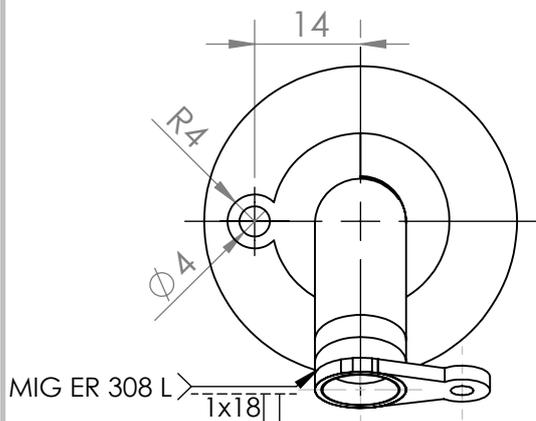
TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	Acero AISI 304	Tolerancia ± 1	Rev.	M. Vargas
		Escala 1:1	Apr.	M. Vargas
Dosificadora de café		TEC17-001-01		FECHA 19/7/2017

N7

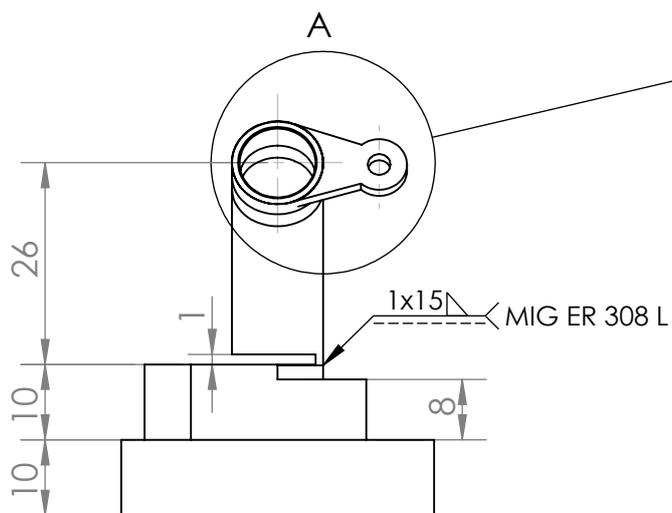
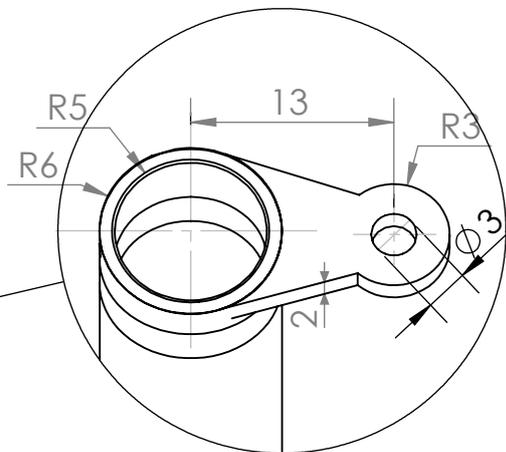


Nota:
 -Eliminar aristas vivas.
 -Avellanado en $\alpha = 90^\circ$

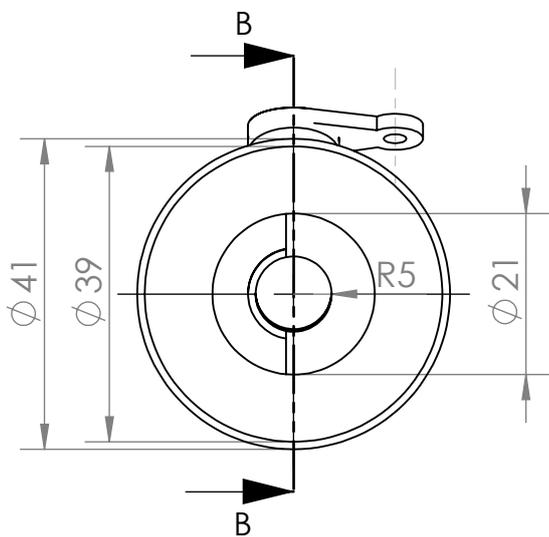
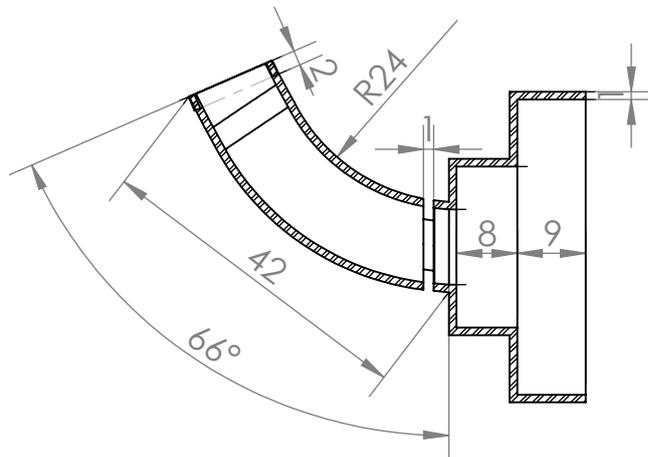
TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO				
MATERIAL:	Acero AISI 304	Tolerancia ± 1	Escala 2:1	DIB. A. Gordon Rev. M. Vargas Apr. M. Vargas
Escotilla superior		TEC17-001-02		FECHA 19/7/2017



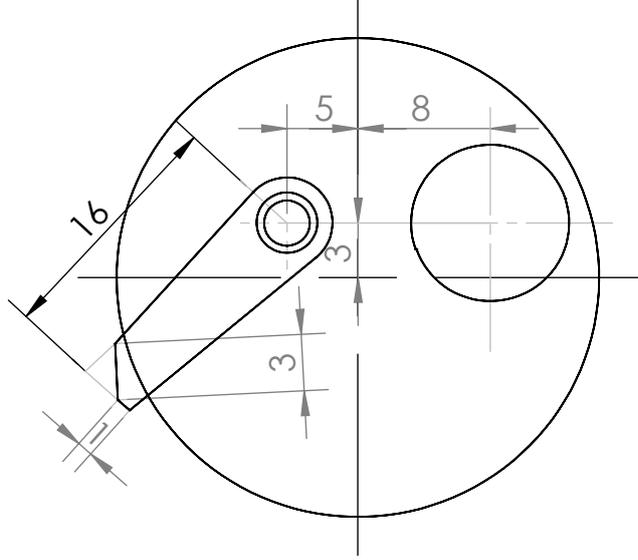
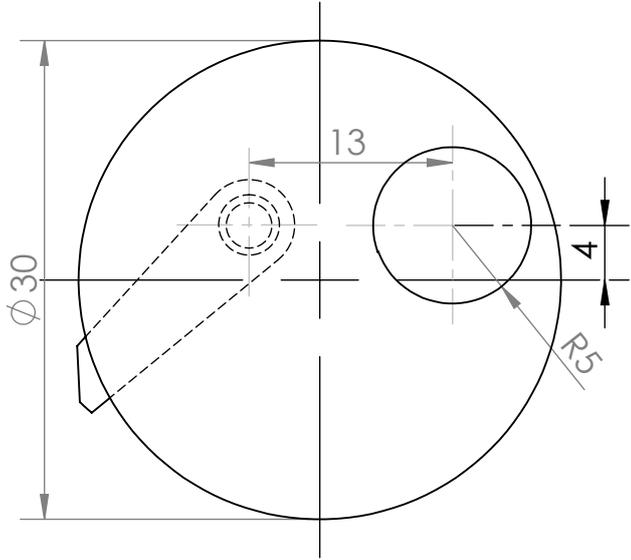
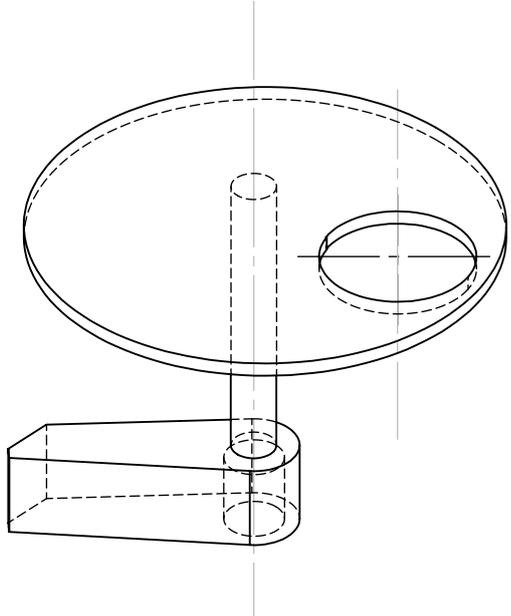
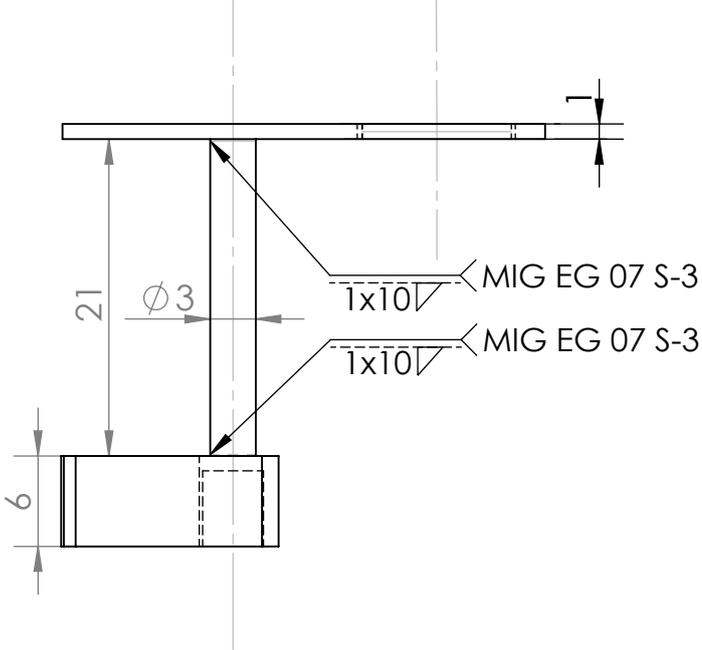
Detalle A
ESCALA 2 : 1



Corte B-B
ESCALA 1:1

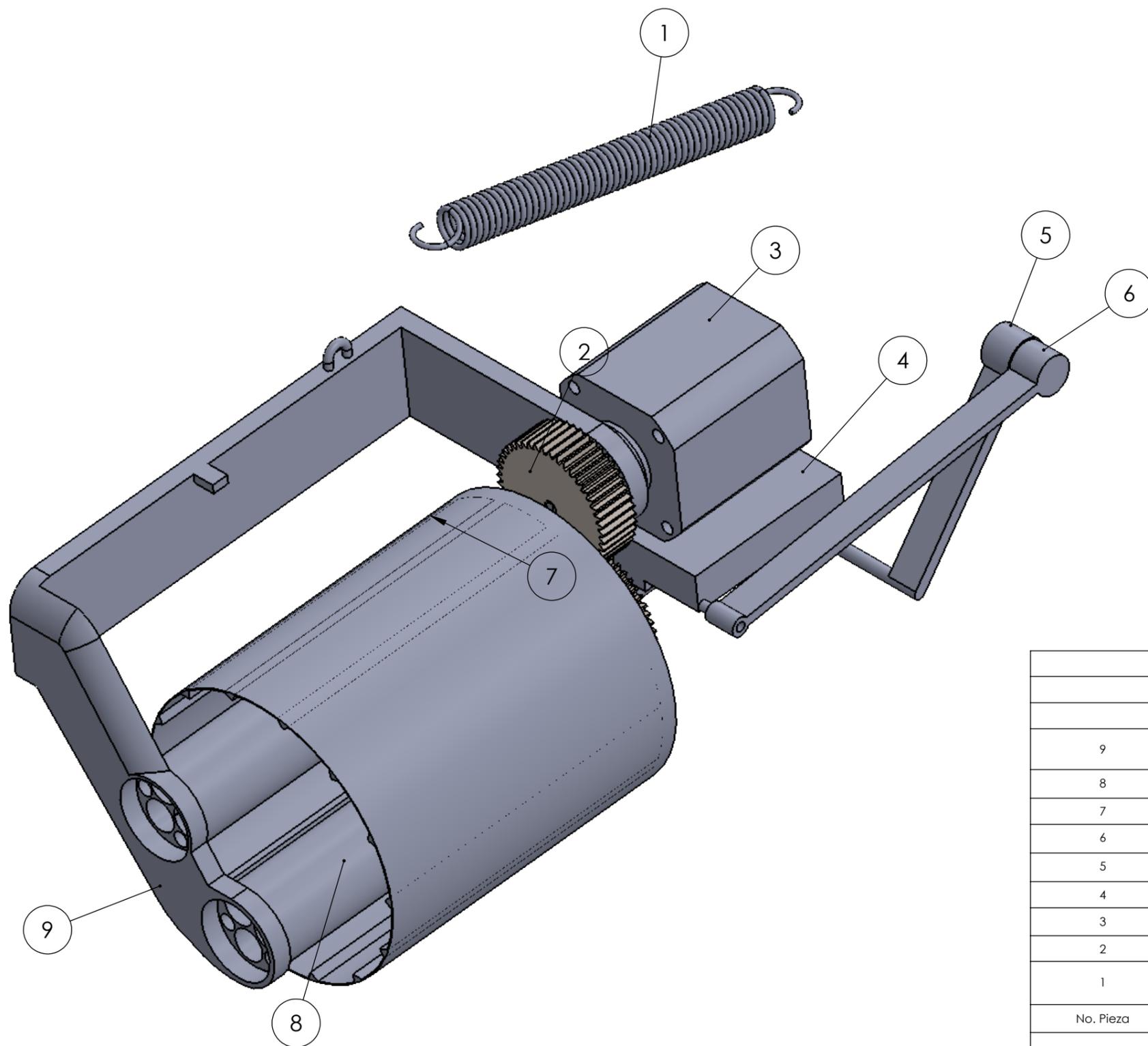


TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	Acero AISI 304	Tolerancia ± 1	Rev.	M. Vargas
			Apr.	M. Vargas
Rizo Dosificador			ESCALA 1:1	TEC17-001-03
				FECHA 19/7/2017



Nota:
-Se eliminan las aristas vivas

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	Acero AISI 304	Tolerancia ± 1	Escala	2:1
			Rev.	M. Vargas
			Apr.	M. Vargas
Escotilla inferior		TEC17-001-04		Fecha 19/7/2017

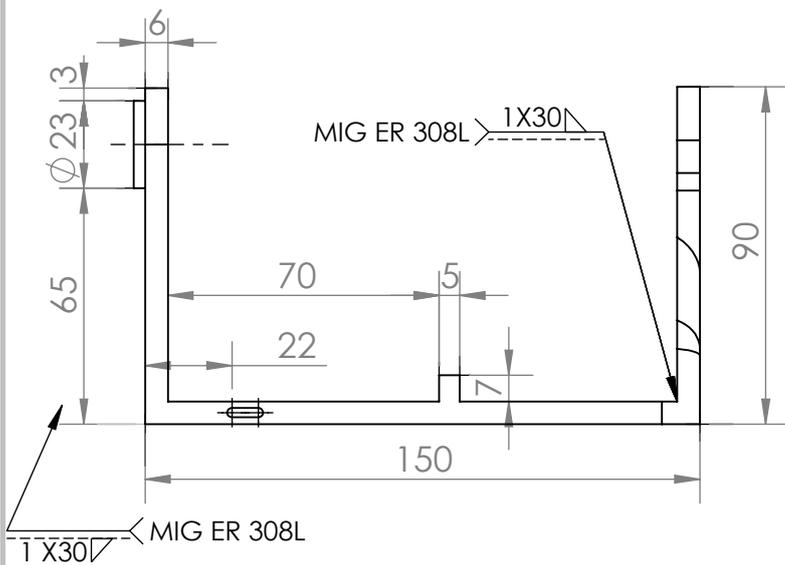
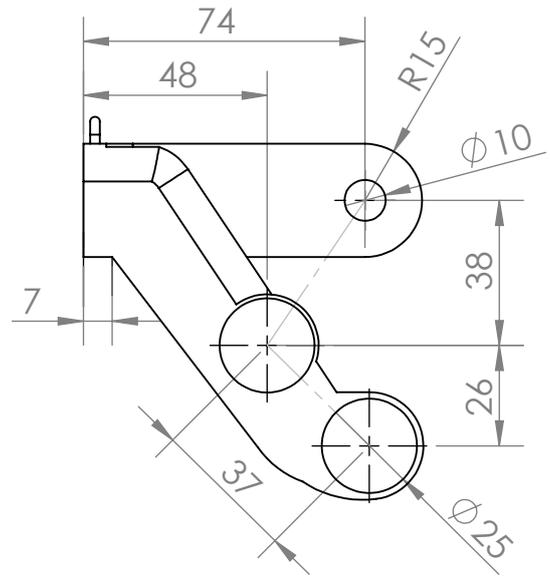
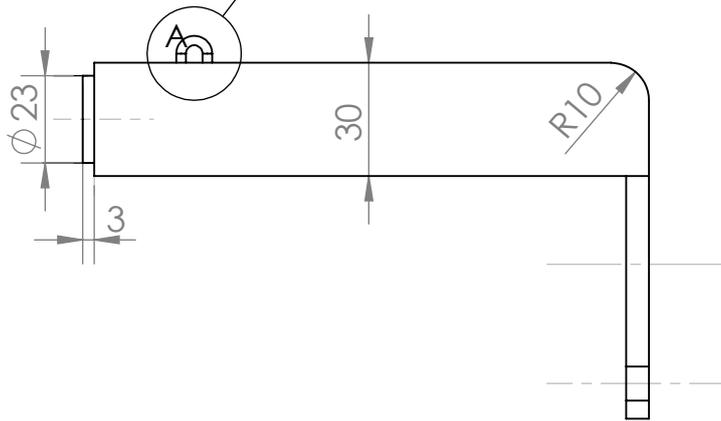
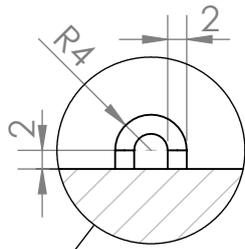


No. Pieza	Cantidad	Ubicación	Denominación	No. Plano	Observaciones
9	1	D1	Porta base de elementos	TEC 17 002-01	
8	2	E2	Porta níquelinas	TEC 17 002-02	
7	1	D4	Tambor	TEC 17 002-03	
6	1	B6	Brazo Propulsor	TEC 17 002-10	
5	1	B5	Brazo Propulsor	TEC 17 002-09	
4	1	C5	Base Pivotante	TEC 17 002-11	
3	2	B4	Motor		Nema 17
2	2	B4	Piñon	TEC 17 002-04	
1	1	A4	Resorte		Bajo contenido de carbono

LISTA DE PIEZAS

Tolerancia	± 1	Peso	0.35Kg	Ver lista de materiales	
DIB	15/7/17	FECHA	A. Gordon	Subensamblaje 2: Sistema Tostado	ESCALA 1:1.25
REV	19/7/17	NOMBRE	M. Vargas		
APR	19/7/17		M. Vargas		
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO "USFQ".				TEC-17-002	USFQ
				19/7/2017	
ED.	MODIF.	FECHA	NOMB.		

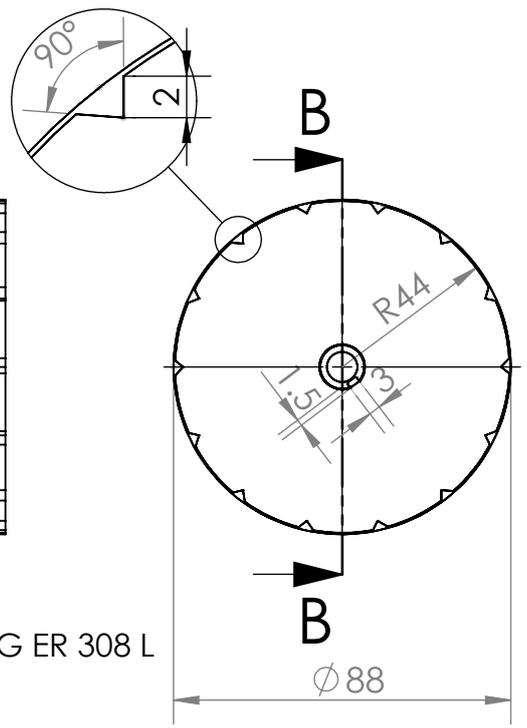
Detalle A
ESCALA(1:1)



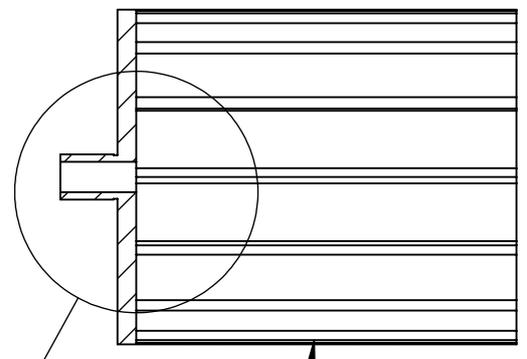
Nota:
-Se eliminan aristas vivas.

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	Acero AISI 304	Tolerancia ± 1	Rev.	M. Vargas
			Apr.	M. Vargas
Porta Niquelinas			TEC17-002-01	
			FECHA 19/7/2017	

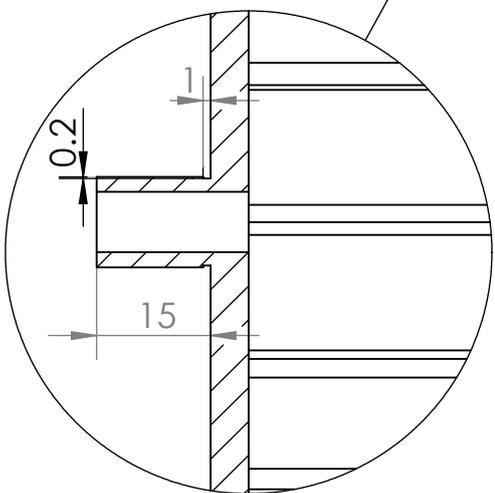
DETALLE C
ESCALA 2 : 1



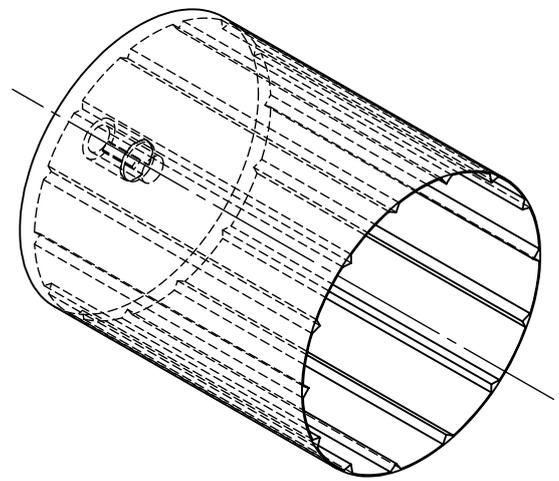
CORTE B-B
ESCALA 1 : 2



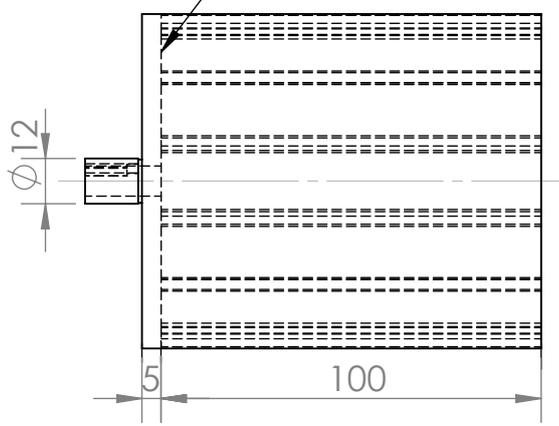
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



1x100 MIG ER 308 L

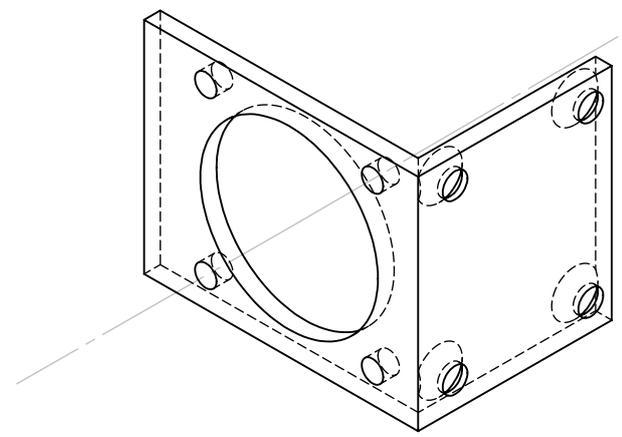
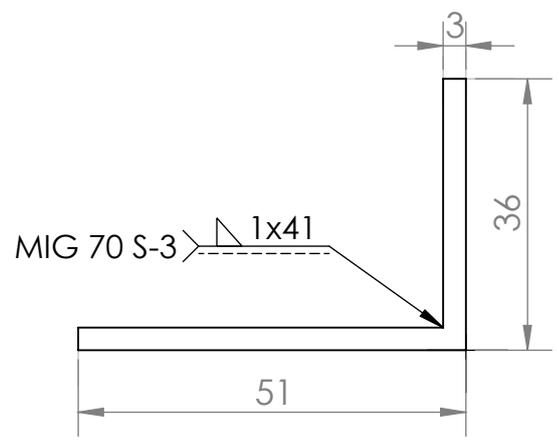
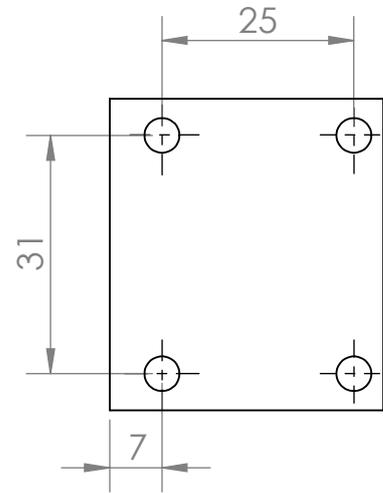
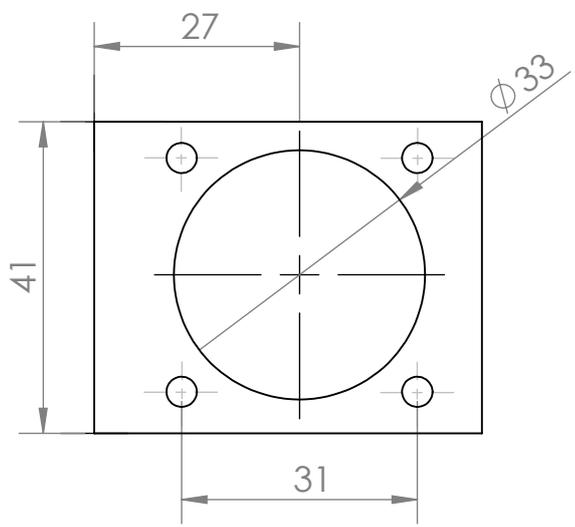


1x276 MIG ER 308 L



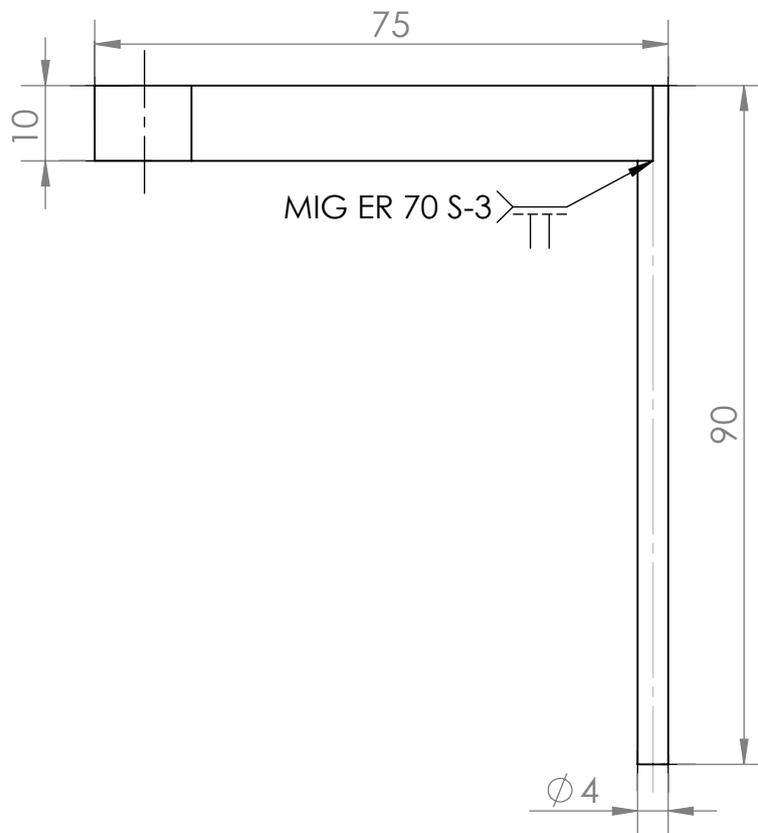
Nota:
-Eliminar aristas vivas.

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	Acero AISI 304	Tolerancia ± 0.1	Rev.	M. Vargas
			Apr.	M. Vargas
Tambor Tostador		USFQ	TEC17-002-03	FECHA 19/7/2017



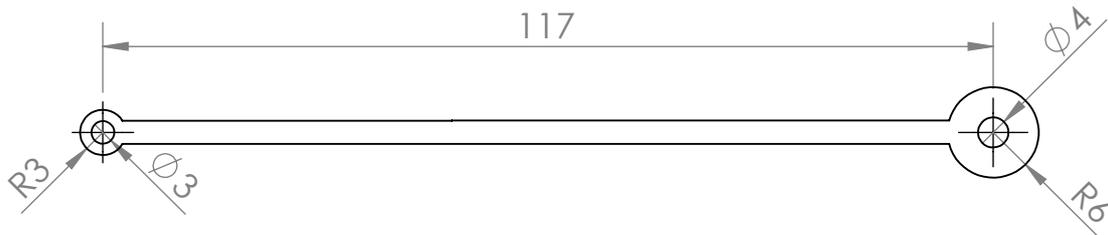
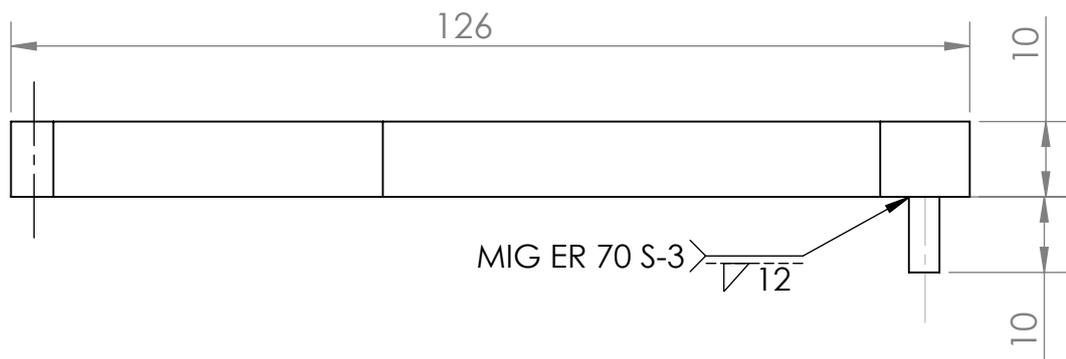
Nota:
 -Eliminar aristas vivas.
 -Todos los orificios son para pernos M4x0,7x6mm

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO				
MATERIAL:	ACERO SAE 1020	Tolerancia ± 1	Escala 1:1	DIB. A. Gordon Rev. M. Vargas Apr. M. Vargas
Base Motor NEMA 17		TEC17-002-08		FECHA 19/7/2017



Nota:
-Eliminar aristas vivas.

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO				
MATERIAL:	ACERO SAE1020	Tolerancia ± 1	Escala 1:1	DIB. A. Gordon Rev. M. Vargas Apr. M. Vargas
Brazo de base basculante.		TEC17-002-09		FECHA 19/7/2017



Nota:
-Eliminar aristas vivas.

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO				
MATERIAL:	Acero SAE 1020	Tolerancia ± 1	Escala 1:1	DIB. A. Gordon Rev. M. Vargas Apr. M. Vargas
Brazo de motor base basculante.		TEC17-002-10		FECHA 19/7/2017

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

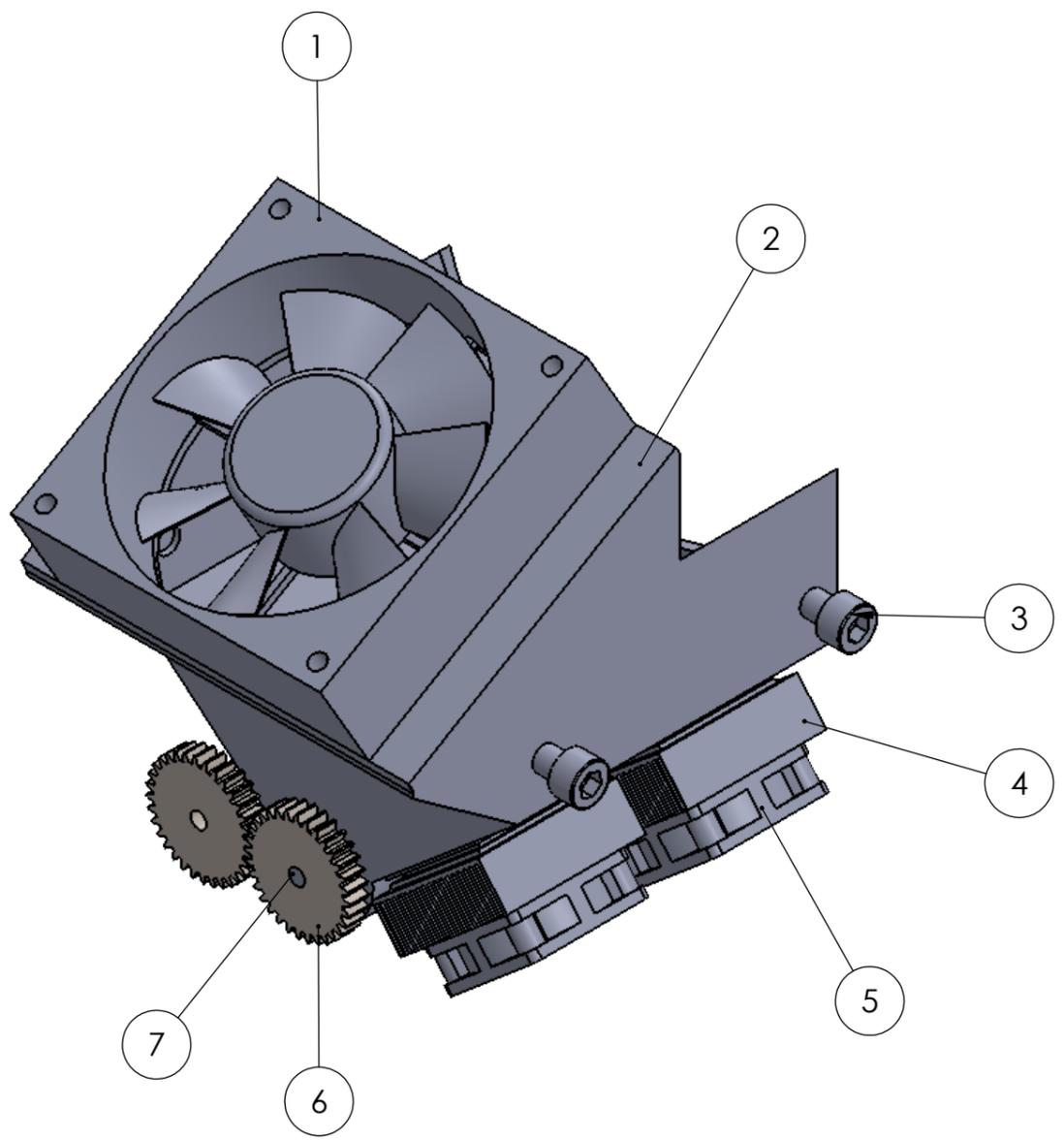
C

C

D

E

F



No. Pieza	Cantidad	Ubicación	Denominación	No. Plano	Observaciones
9	1	E2	Tornillo sin fin	TEC 17 003-02	
7	2	E2	Piñón	TEC 17 003-03	
5	3	E4	Ventilador		12 V 1000Rpm 30 x 30 x 10
4	3	D4	Difusor de calor		30 x 30 x 10
3	4	C4	Perno		Allen M8 x 15mm
2	1	B4	Tolva Enfriadora	TEC 17 003-01	
1	1	B2	Ventilador		12v 1000rpm

LISTA DE PIEZAS

ED.	MODIF.	FECHA	NOMB.	Tolerancia	Peso	Material:	ESCALA
				± 1	0.35Kg	Ver lista de materiales	
						Subconjunto 3: Sistema Enfriado	1:1.25
						TEC-17-003	USFQ
						Actualizado al 19/7/17	

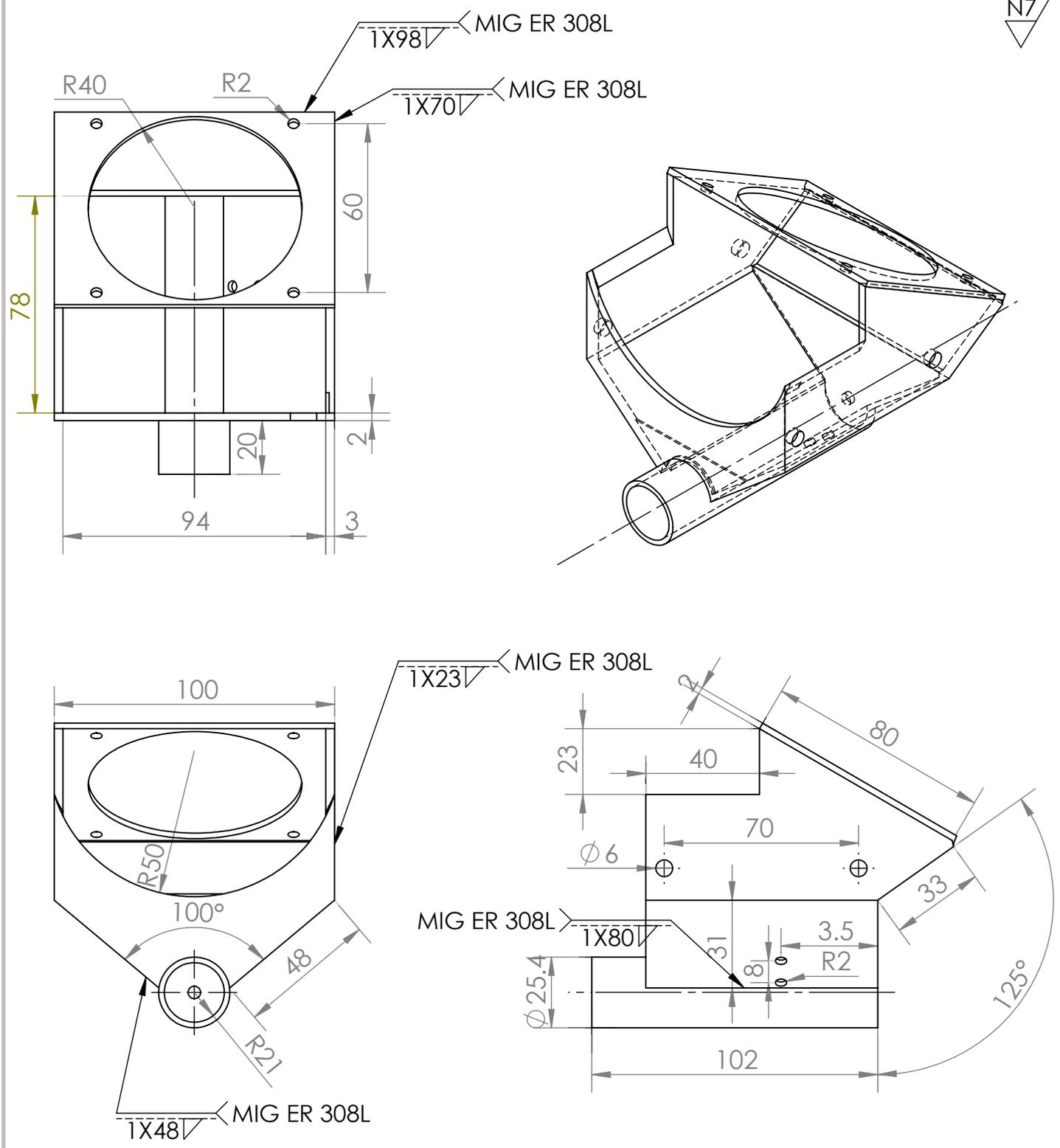
1

2

3

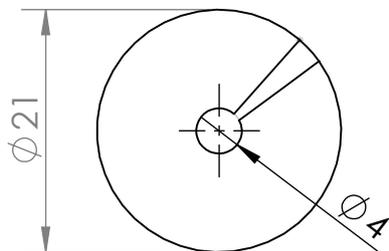
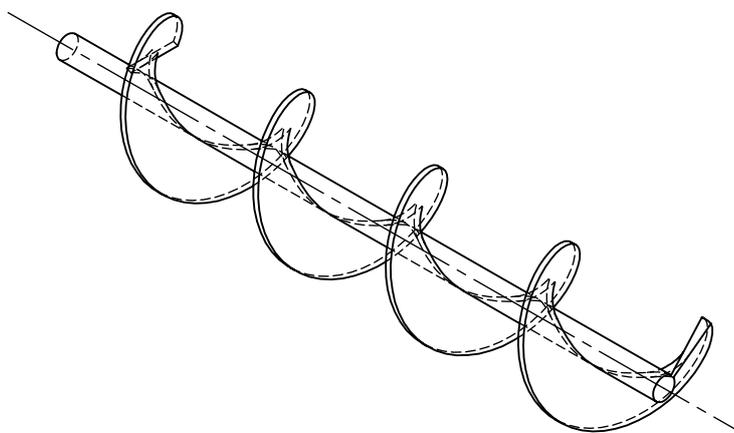
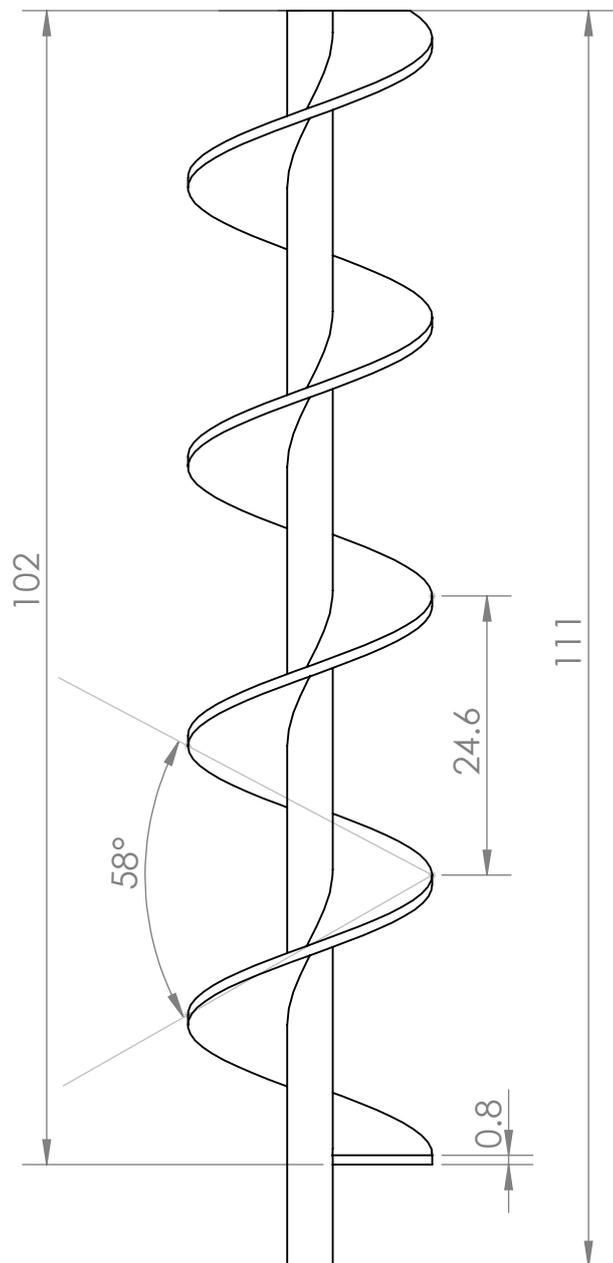
4

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO
DE QUITO
"USFQ".



Nota:
-Eliminar todas las aristas vivas.

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	ACERO AISI 304	Tolerancia ± 0.1	Rev.	M. Vargas
		Escala 1:2	Apr.	M. Vargas
Tolva Enfriadora		TEC17-003-01	FECHA 19/7/2017	



Nota:
-Eliminar aristas vivas.

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO				
MATERIAL:	ACERO AISI 304	Tolerancia ± 0.1	Escala 3:2	DIB. A. Gordon Rev. M. Vargas Apr. M. Vargas
Tornillo sin fin		TEC17-003-02		FECHA 19/7/2017

1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

D

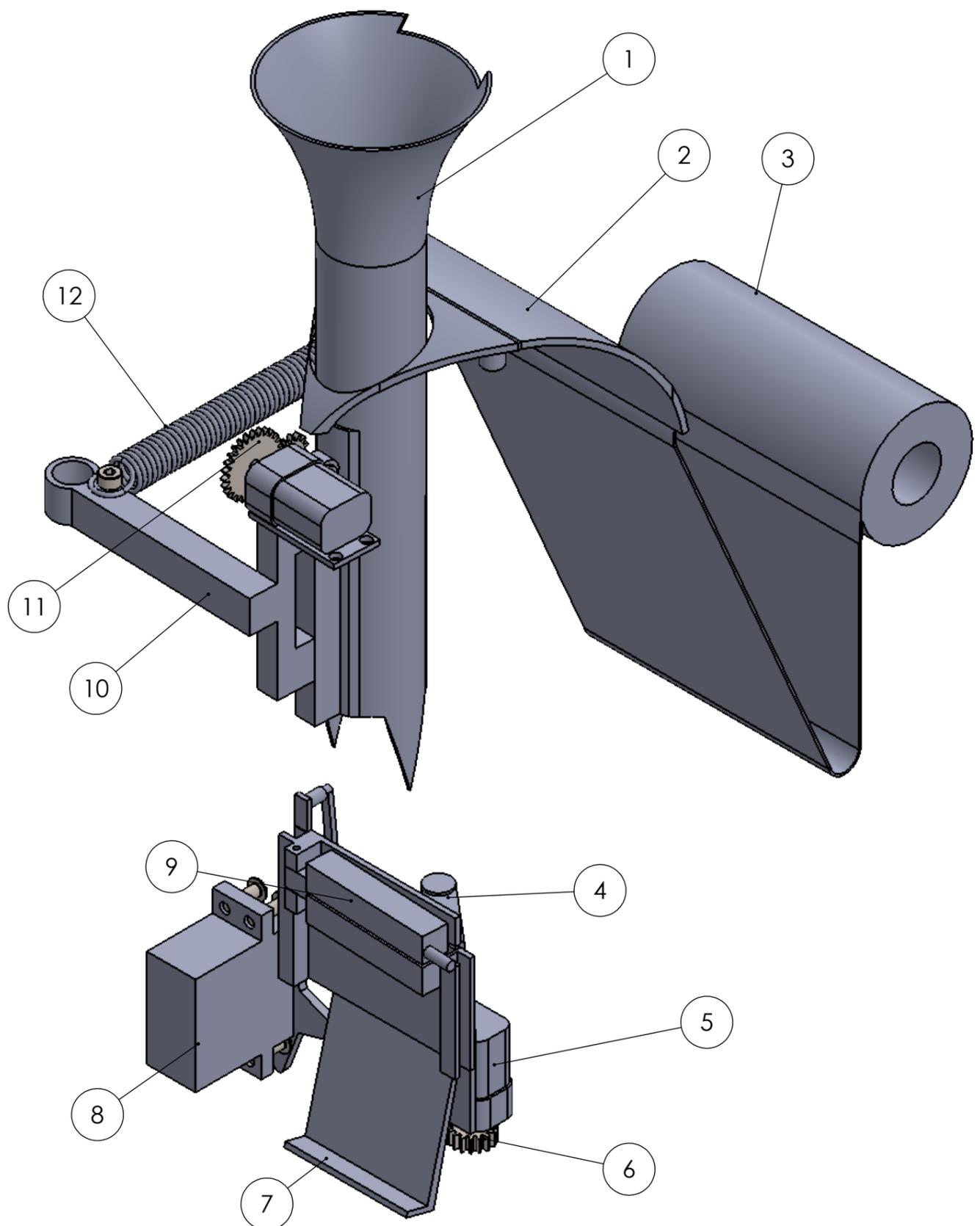
E

F

A

B

C

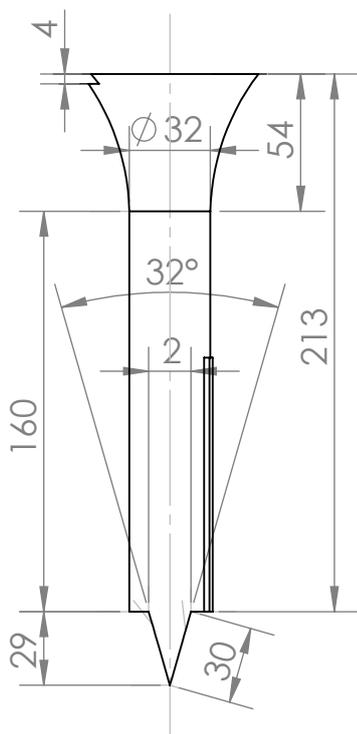
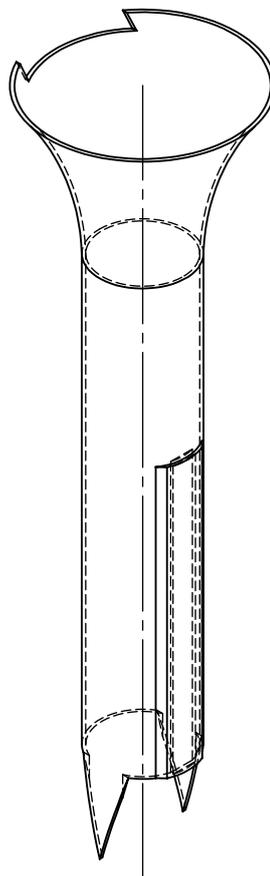
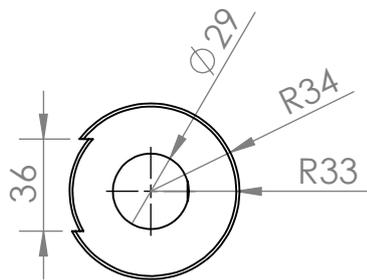


No. Pieza	Cantidad	Ubicación	Denominación	No. Plano	Observaciones
12	1	B1	Resorte		Bajo en carbono
11	2	D1	Piñón	TEC 17 004-05	
10	1	D1	Sellador vertical		
9	1	E2	Sellador horizontal	TEC 17 004-04	
8	1	F1	Servo		S3003
7	1	F2	Colector bolsa formada	TEC 17 004-03	
6	2	F4	Piñón	TEC 17 004-08	
5	2	E4	Motor		5-12v 1000RPM
4	1	E3	Cuchilla	TEC 17 004-09	
3	1	A4	Papel		Filtrante 50mm
2	1	A4	Formador	TEC 17 004-02	
1	1	A3	Tolva de empacado	TEC 17 004-01	

LISTA DE PIEZAS

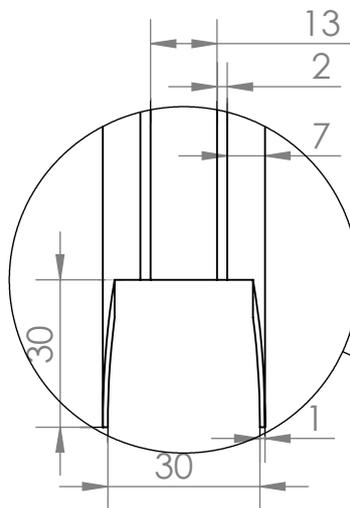
ED.	MODIF.	FECHA	NOMB.	Tolerancia ± 1	Peso 0.35Kg	Material:		
						Ver lista de materiales		
				FECHA	NOMBRE			ESCALA
				DIB 15/7/17	A. Gordon			1:1.25
				REV 19/7/17	M. Vargas			
				APR 19/7/17	M. Vargas			
						UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO "USFQ".	TEC-17-004	USFQ
							Actualizado al 19/7/17	

1 2 3 4



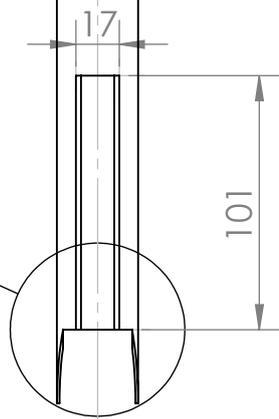
MIG ER 308 L

DETALLE A
ESCALA 2 : 3



Ø 70

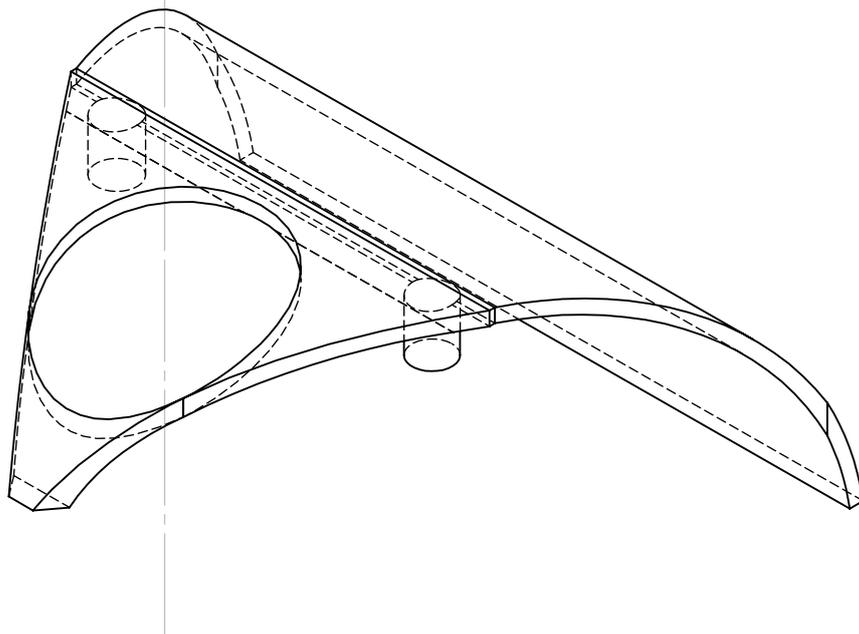
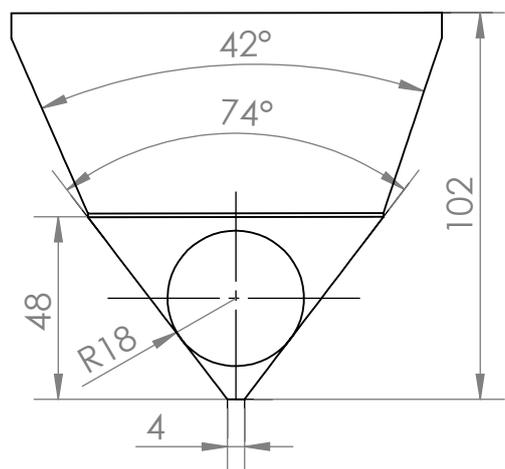
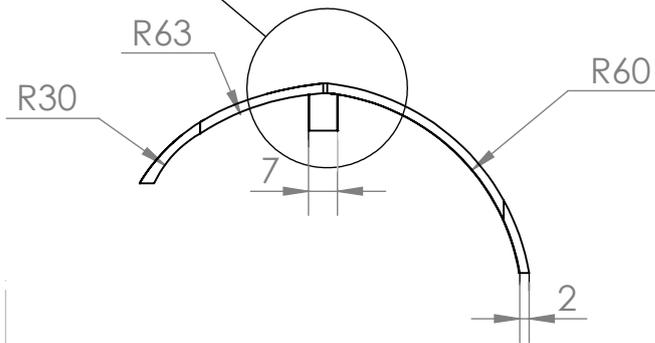
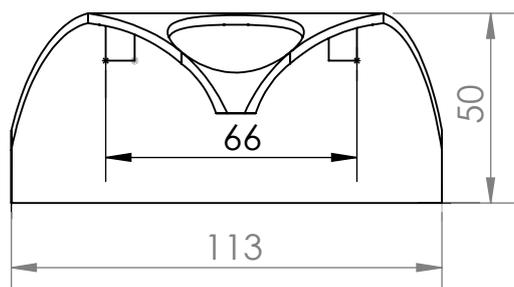
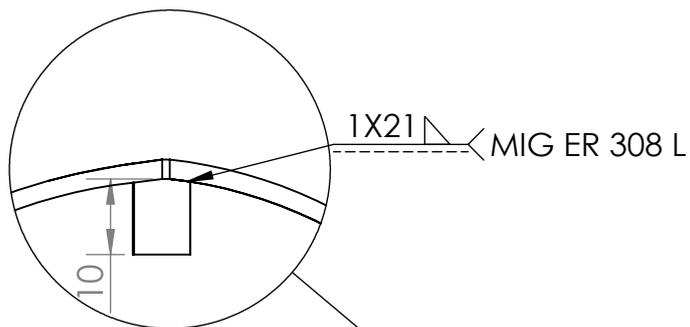
R94



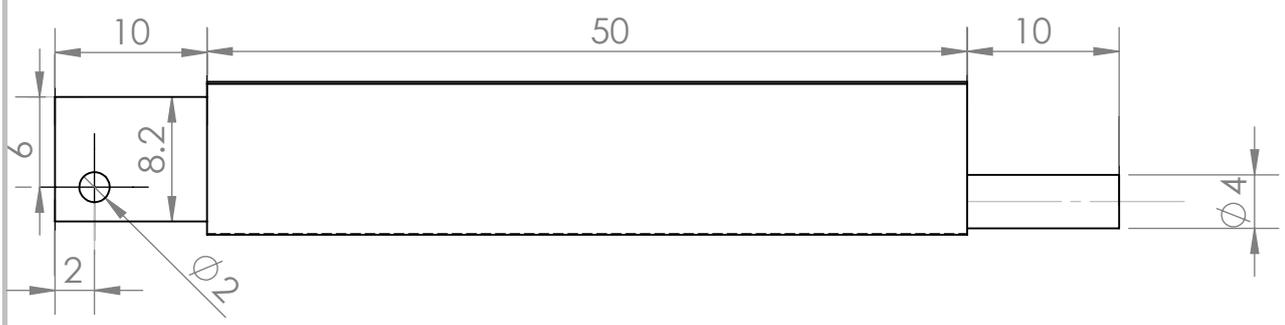
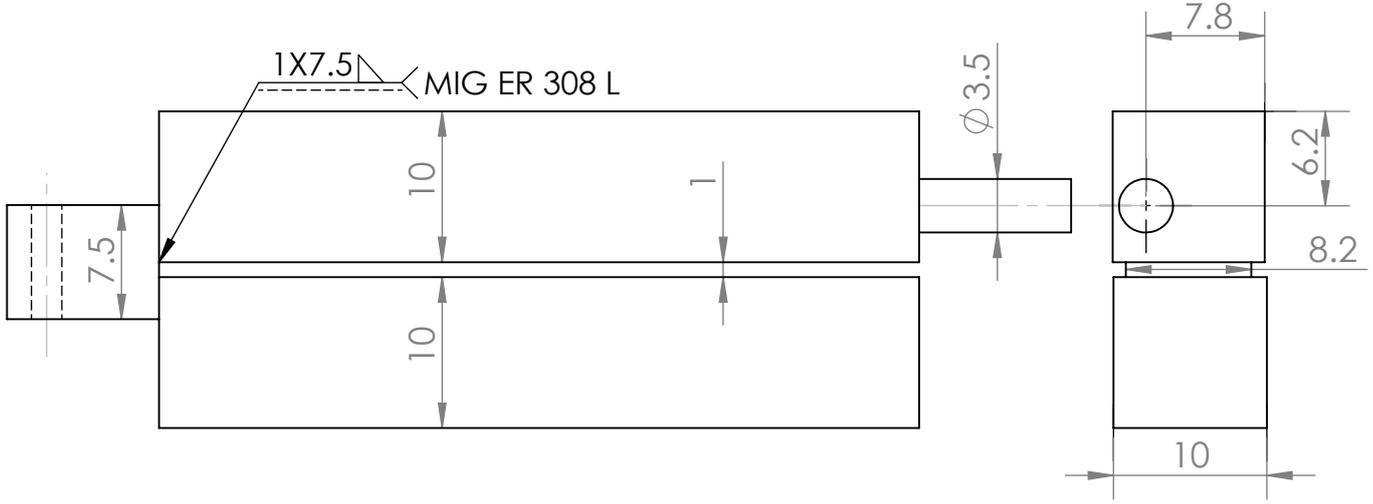
Nota:
-Eliminar aristas vivas.

TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	ACERO AISI 304	Tolerancia ± 1	Rev.	M. Vargas
			Apr.	M. Vargas
Sellador Vertical		Escala 1:3	TEC17-005-01	
				FECHA 19/7/2017

DETALLE A
ESCALA 1 : 1



TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			DIB.	A. Gordon
MATERIAL:	ACERO AISI 304	Tolerancia ± 0.1	Rev.	M. Vargas
			Apr.	M. Vargas
Ducto Formador		Escala 1:2	TEC17-004-02	
				FECHA 19/7/2017



TRAT. TERMICO		USFQ	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO			MIG ER 308 L	
MATERIAL:	ACERO AISI 304	Tolerancia ± 0.1	Escala 2:1	DIB. A. Gordon Rev. M. Vargas Apr. M. Vargas
Selladora Horizontal		TEC17-004-04		FECHA 19/7/2017