

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**MODELADO DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA PRODUCCIÓN
DE HARINA EN INVENTOR**

Proyecto Técnico

Iván Rafael Cuadrado Moncayo

Proyecto de Titulación como requisito para la
obtención del título de Ingeniero Mecánico

Quito, 22 de diciembre de 2016

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE APROBACION DE PROYECTO DE TITULACIÓN

**MODELADO 3D CAD DE UN MOLINO DE MARTILLO PARA
PRODUCCION DE HARINA EN AUTODESK INVENTOR**

Iván Rafael Cuadrado Moncayo

Calificación: -----

Nombre del Profesor, Título académico, Lorena Bejarano, Ph.D.

Firma -----

Quito, 22 de diciembre de 2016

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: Iván Rafael Cuadrado Moncayo

Código: 00012239

Cédula de Identidad: 0502422520

Lugar y fecha: Quito, 22 de diciembre de 2016

Dedicatoria,

A mis padres: por el inmenso apoyo brindado a lo largo de mi carrera, por todo su amor y enseñanzas a lo largo de todos estos años. Por haberme brindado todo su contingente moral, espiritual y económico. Por haberme impulsado día a día para ser profesional.

Agradecimientos,

Quiero dejar grabado nuestro más grato agradecimiento a la empresa Cereales la Pradera, por habernos permitido desarrollar y aplicar este proyecto de Tesis.

De igual forma, mi grato reconocimiento a Lorena Bejarano y Alfredo Valarezo profesores que durante este tiempo fueron una ayuda y constante apoyo.

RESUMEN

Debido a la falta de apoyo y malas políticas gubernamentales hacia el sector industrial alimenticio, que ha tenido el Ecuador a lo largo de la última década, muchas de las empresas se han visto en la necesidad de cerrar sus fábricas, esto debido a la falta de inversión y además por la importación de productos similares con un menor costo, provenientes principalmente de Argentina, Canadá y EEUU.

Dentro del sector alimenticio, el harinero ha sido uno de los más golpeados, debido principalmente al encarecimiento del costo final de su producto. Las empresas que han sobrevivido a la crisis, se han visto en la necesidad de volverse competitivos, cambiando sus antiguos modelos de producción y tecnologías rudimentarias en procesos más sofisticados y eficientes. Cereales La Pradera es una industria harinera ecuatoriana, que hoy en día se encuentra azotada por este fenómeno.

Esta tesis diseñará e implementará un método barato y la vez más eficiente para la producción de harina, esto se hará mediante la implementación de un molino de martillos. Este nuevo proceso, reducirá los costos y tiempos de producción, para de esta manera volverse más competitivos, acaparar un mayor segmento de mercado y, además, contribuir con el desarrollo de la industria ecuatoriana.

ABSTRACT

Due to the lack of support and the awful government politics to the alimentary industrial sector, which Ecuador has had during the last decade, many businesses have been obligated to shut down their factories. This is product of not having investment and because of the importation of similar cheaper products from other countries, mostly from Argentina, Canada and the USA.

Within the alimentary area the flour production sector has been one of the most affected ones mainly because of the increment in the price of the final product. The business that have survived this crisis, have been forced to become competitive, changing their previous ways of production and old technologies into more sophisticated and efficient methods. Cereals La Pradera is an Ecuadorian flour industry that currently is struck by this phenomenon.

The goal of thesis is to design and implement a cheaper and at the same time more efficient method for the production of flour. This will be made by implementing a hummer mill for flour. This new method will reduce costs and production time and by following this course become more competitive and gain a bigger piece of the market and contribute to the development of the Ecuadorian industry.

TABLA DE CONTENIDO

1.- OBJETIVOS.....	10
1.1 Objetivo General	10
1.2 Objetivos Específicos	10
2.- INTRODUCCION.....	11
3.- PROCESOS DE MOLIENDA	12
3.1. ¿Qué es un Molino?	12
3.2. Tipos de Molinos	12
3.3 Molino de Martillos	12
4.- CALCULOS Y DESARROLLO.....	13
4.1- Capacidad de molienda.....	13
4.2. Diseño de los Martillos para la Trituración del Grano	15
4.3. Diseño del Disco Porta Martillos.....	24
5.- ANALISIS DE COMPONENTES CRÍTICOS DEL MOLINO.	26
5.1.- Perno Porta Martillos	26
5.2.- Martillos	29
5.3.- Eje Principal.....	31
6.- CONCLUSIONES	33
7.- RECOMENDACIONES.....	34
8.- BIBLIOGRAFIA.....	35
9.- ANEXOS (PLANOS DEL MOLINO)	36

TABLA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Molino de Martillos	12
Gráfica 2. Ubicación de los Martillos y Discos.....	14
Gráfica 3. Impacto Grano – Martillo	15
Gráfica 4. Radio de Giro del Martillo.....	16
Gráfica 5. Desgaste y cambio de lado del Martillo.....	19
Gráfica 6. Posición de los agujeros en el Martillo	19
Gráfica 7. Longitud del Martillo	20
Gráfica 8. Configuración del Disco y los Martillos.....	21
Gráfica 9. Centro de Gravedad, Largo del Martillo y Fuerza de Corte.....	22
Gráfica 10. Mallado del Perno Porta Martillos	26
Gráfica 11. Perno Porta Martillos sometido a Carga	26
Gráfica 12. Deformación Perno Porta Martillos	27
Gráfica 13. Von Mises Stress	28
Gráfica 14. Factor de Seguridad del Perno	28
Gráfica 15. Mallado del Martillo	29
Gráfica 16. Martillo sometido a Fuerza.....	29
Gráfica 17. Deformación del Martillo en extremo Superior.....	30
Gráfica 18. Von Mises Stress	31
Gráfica 19. Eje Principal de Molino sometido a Cargas.....	31
Gráfica 20. Von Mises Stress	32
Gráfica 21. Factor de Seguridad del Perno	32

1.- OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

- A partir del Diseño y Construcción de un molino para producción de harina se desea someter por medio del Programa Ingenieril Inventor a cargas a los elementos principales y corroborar estos resultados con los cálculos desarrollados para la construcción.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar la animación del molino diseñado con las medidas reales de cada parte para de esta forma poder tener una idea precisa del funcionamiento de la maquina.
- Presentar los planos de cada una de las partes que conforman la maquina diseñada. Estos planos serán realizados bajo norma y permitirán que en el caso de que la máquina sea construida nuevamente se la pueda reproducir completamente sin ningún tipo de problemas.
- Corroborar por medio de la utilización del programa ingenieril inventor que las partes diseñadas por medio de cálculos y consideraciones de diseño soportaran el trabajo para la cual fueron diseñadas para de esta forma garantizar el correcto y continuo desempeño del molino de martillos diseñado

2.- INTRODUCCION

En los últimos años el consumo de harina en el Ecuador bordea las 48000 toneladas (Moreta, 2015), cifra que ha hecho que la Industria harinera ecuatoriana este experimentado cambios hacia una nueva y mejorada forma de producción. Por esta razón, la empresa “Cereales la Pradera”, se ha visto obligada a realizar una reestructuración en su forma de producción, mediante la implementación de un molino, que optimice el tiempo de producción, aumente la capacidad de molienda y que se rija a estándares de calidad alimenticia internacionales.

Este proyecto tiene por objetivo implementar un nuevo sistema de producción de harina, el cual será más versátil y barato, con lo que se pretende reducir los tiempos y maximizar el volumen de producción que actualmente posee la empresa. El modelo de molino que requiere en estos momentos la empresa, será escogido de varias opciones existentes en el mercado. La elección se basará tomando en cuenta capacidad de molienda, tiempos de producción, espacio físico y costos.

Adicional al diseño y construcción de este molino, se realizará el modelado del mismo sometiéndolo a cargas y esfuerzos que ratifiquen los cálculos realizados y que garanticen que el molino no tendrá falla alguna.

3.- PROCESOS DE MOLIENDA

3.1. ¿Qué es un Molino?

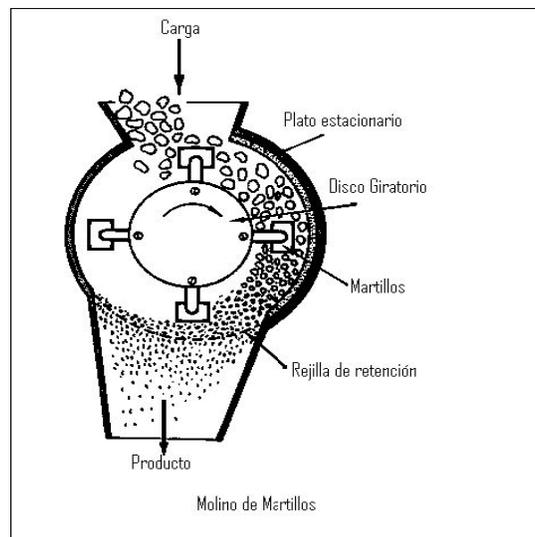
Un molino es una máquina o artefacto que sirve para moler, triturar o romper granos, piedras etc, utilizando la energía que producen ciertas fuerzas como: el viento, el hombre o animales (Camuñas. 2009).

3.2. Tipos de Molinos

En la actualidad existen varias clases de molinos. Entre los principales que se utilizan hoy en día están: Molino de bolas, Molino de Rodillos, Molino de Martillos, etc (Pizarro, 2009),

3.3 Molino de Martillos

En el molino de martillo la fractura del maíz se produce por el choque y corte entre los martillos y los granos enteros o trozos de ellos. El grano de maíz absorbe la energía potencial del martillo en la caída, dicha energía es la necesaria para triturar el grano. El material molido sale a través de orificios ubicados abajo del molino. La grafica 1, que se muestra a continuación, ha sido tomada de la siguiente página: www.fam.de/generator/streamjpeg.php?res=flwid.



Gráfica 1. Molino de Martillos

4.- CALCULOS Y DESARROLLO

4.1- Capacidad de molienda.

La capacidad de molienda es el primer parámetro que se requiere para el diseño del Molino. Este valor (está basado en la capacidad de molienda de la empresa “Cereales la Pradera” y que ha sido determinado por el Gerente de Producción de la empresa), es de 1000 Kg por hora, es decir, se necesita moler 22 quintales por hora para cumplir la demanda que tiene en la actualidad la empresa. Si se parte de la siguiente conversión de unidades, se puede obtener aproximadamente cuantos granos se deberán triturar por minuto para cumplir la capacidad requerida de molienda.

Si se tiene:

$$1000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ grano}}{0.08 \text{ g}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 2.0833 \times 10^5 \frac{\text{granos}}{\text{min}}$$

Como se puede apreciar, la cifra obtenida anteriormente es muy alta. Se ha considerado como parámetro de diseño que la velocidad angular del molino sea de 3250 [r.p.m].

Con este valor se puede realizar la siguiente operación para determinar aproximadamente el número de granos que se deberán triturar por cada revolución del eje del motor, dividiendo el número de granos por minuto que se necesita triturar para las revoluciones que impone el motor (3250 r.p.m):

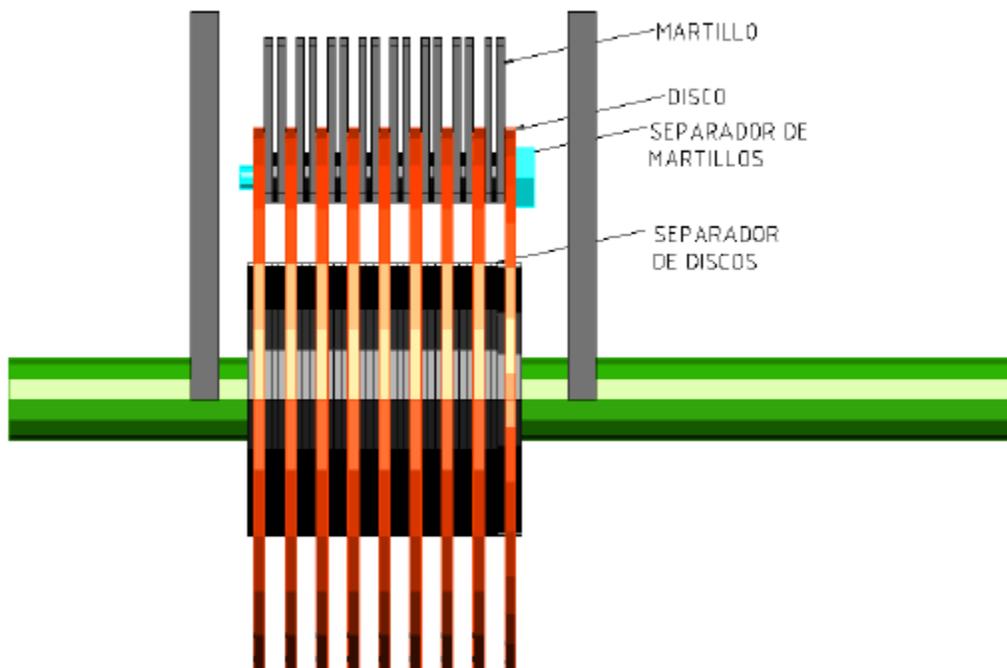
$$\frac{2.0833 \times 10^5 \frac{\text{granos}}{\text{min}}}{3250 \text{ rpm}} = 64 \text{ granos/rev}$$

Donde:

ω es la velocidad angular del motor y el número aproximado de granos que se deben triturar por cada revolución del motor que es de 64 granos/rev.

Siendo 64 los granos que se deben triturar por cada revolución y se supone que cada martillo del molino golpeará un grano, se tiene que el molino deberá tener 64 martillos por cada cámara (en total el molino tendrá 2 cámaras de trituración, es decir, 128 martillos).

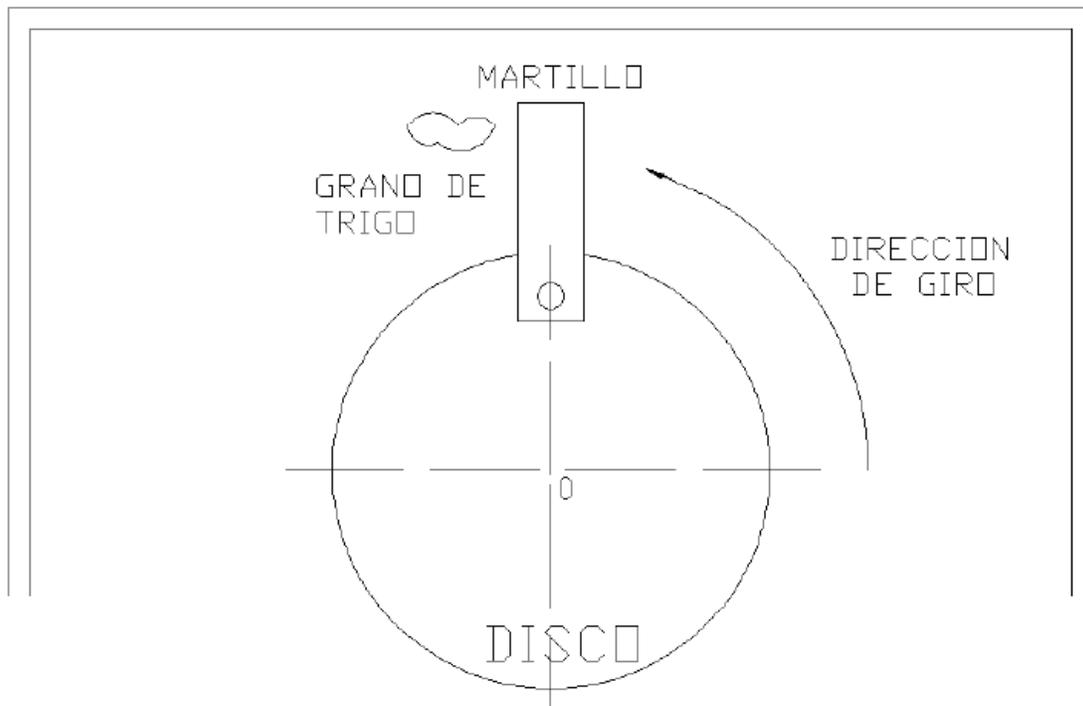
Por otro lado, si se considera que por cada disco del molino habrá 4 martillos, separados 90° entre sí (consideración de diseño), y se disponen 2 martillos entre cada disco, separados mediante una arandela o separador, se obtienen 9 discos. Las respectivas ubicaciones que tendrán los martillos, así como los discos, se muestran en la grafica 2:



Gráfica 2. Ubicación de los Martillos y Discos

4.2. Diseño de los Martillos para la Trituración del Grano

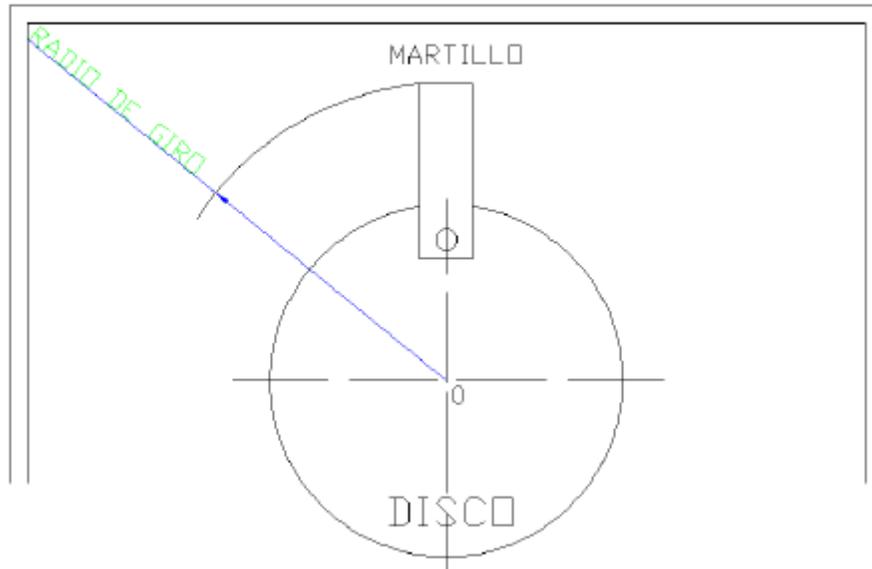
El diseño de los martillos es fundamental en el molino, ya que esta pieza será la que produzca la fractura de los granos de trigo al momento del choque entre ambos (martillo y grano). La representación de este choque se lo puede observar en la grafica 3.



Gráfica 3. Impacto Grano – Martillo

El choque del grano y el martillo cuando está girando es mayoritariamente de forma frontal por lo que el espesor del martillo debe ser igual o mayor al espesor del grano. Realizando mediciones de 50 muestras de granos de trigo, se obtuvo que el grosor promedio de un grano es de 2.5 mm, por lo que se determina que el espesor del martillo por consideración de diseño será de 4mm. El material requerido para la fabricación es acero inoxidable ya que se trata de una aplicación para una industria alimenticia (Carvi, 2009). El espesor requerido para los martillos (4mm) y se puede encontrar fácilmente en el mercado.

A continuación, se procede a determinar el valor del radio de giro (R_g) y con esto tener una idea aproximada de cuál deberá ser la medida del martillo. La gráfica 4 se muestra el radio de giro del martillo:



Gráfica 4. Radio de Giro del Martillo

El valor del radio de giro se puede despejar de la ecuación de la velocidad angular final por medio de la ecuación 1, que es:

$$\omega_c = \frac{V_c}{R_g} \quad (1)$$

La incógnita de esta ecuación es V_c que es la velocidad del sistema con carga (en el cual se considera a los martillos, discos, ejes y demás componentes como un solo cuerpo y que al conjunto se lo conoce como volante).

Ahora bien, se determinó experimentalmente que la energía necesaria para romper el trigo, es equivalente a dejar caer un objeto metálico de 120 gr desde una altura de 50 cm sobre el grano (la masa aproximada del trigo es de 0.08 gr, cuando tiene una humedad del 12al 14%).

La energía de ruptura del trigo o energía potencial en este caso, viene definida por la ecuación 2, que es:

$$E_{potencialoderuptura} = m * g * h \quad (2)$$

Donde:

$$m \text{ (masa del objeto metálico)} = 120 \text{ g}$$

$$g \text{ (gravedad)} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$h \text{ (altura)} = 50 \text{ cm}$$

A esta energía potencial se la puede traducir en la práctica como la energía que debe tener el martillo cuando está girando y choca contra el grano.

Por otro lado, cuando en la molienda el grano de trigo choca con el martillo se genera energía cinética y la fórmula de esta energía se la encuentra en la ecuación 3, que es:

$$E_C = \frac{1}{2} m_t * V^2 \quad (3)$$

Se iguala la ecuación 2 y 3 y se despeja la velocidad, con lo que se obtiene la ecuación 4, que es:

$$V_t = \sqrt{\frac{m_m * g * h}{m_t}} \quad (4)$$

Reemplazando los valores:

$$V_t = \sqrt{\frac{120 \text{ gramos} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.5m}{0.08 \text{ gramos}}}$$

$$V_t = 85.21 \frac{m}{s}$$

La velocidad obtenida es la velocidad tangencial del martillo, que se llamará V_c (velocidad de vacío o sin carga).

En la molienda, cuando el grano choca con el martillo se produce una disminución en la velocidad del mismo, por lo que existe una velocidad que será menor a la velocidad de vacío a la que se llamará V_c , (Velocidad con carga) y que se la puede obtener a partir del coeficiente de fluctuación (esta ecuación se utiliza en proyectos que utilizan volantes) y que está definida por la ecuación 5, que es:

$$C_s = \frac{V_v - V_c}{V} \quad (5)$$

Donde V es igual a la velocidad tangencial del volante, tomada como la velocidad tangencial media cuya fórmula viene definida en la ecuación 6, que es:

$$V = \frac{V_v - V_c}{2} \quad (6)$$

Si se reemplaza la ecuación 6 en la ecuación 5 y se despeja V_c , se obtiene:

$$V_c = -V_v * \frac{C_s - 2}{C_s - 2} \quad (7)$$

El valor de C_s para molinos de harina está entre (0.015 y 0.025) y se encuentra en la tabla 16.5 de libro de Shigley. Reemplazando este valor en la fórmula 7 se obtiene:

$$V_c = -85.21 \frac{m}{s} * \left(\frac{0.025 - 2}{0.025 - 2} \right)$$

$$V_c = 83.11 \frac{m}{s}$$

Con esta velocidad obtenida se despeja el valor del radio de giro de la ecuación 1, y se obtiene:

$$R_g = \frac{V_c}{\omega}$$

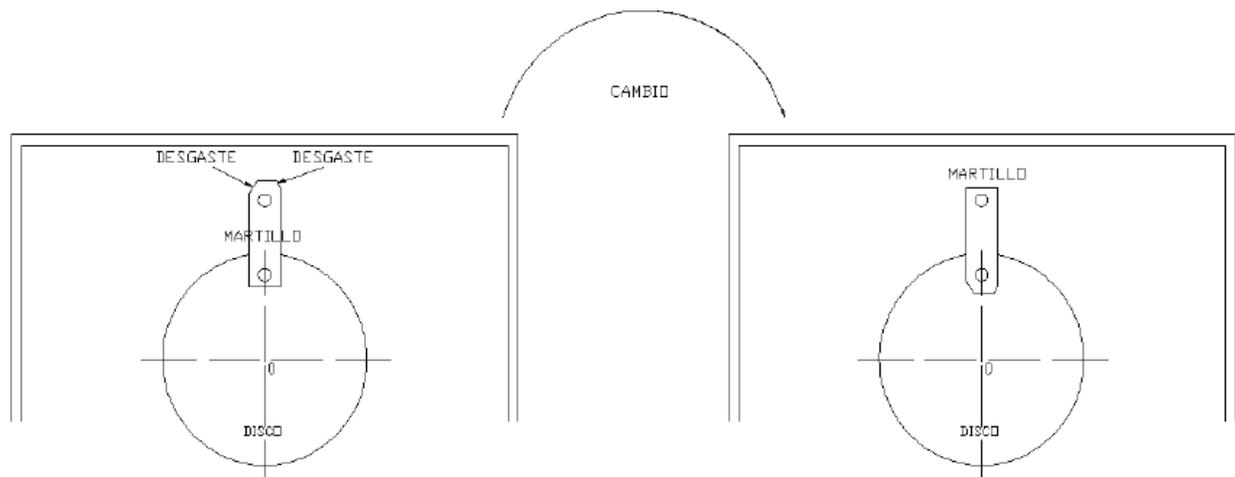
Reemplazando los valores:

$$R_g = \frac{83.11 \frac{m}{s} * 60}{3250 \text{ rpm} * 2 * \pi}$$

$$R_g = 0.244m$$

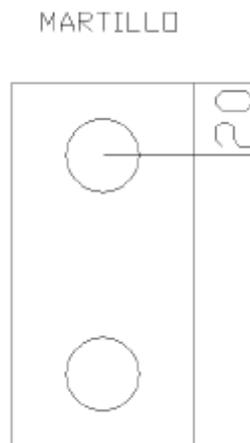
Por facilidad de manejo se escogerá un valor de radio de giro de 0.25m por lo que la longitud L del martillo deberá estar acorde con la medida del radio de giro obtenido anteriormente.

- Como parámetro de diseño se considera que el martillo tendrá dos agujeros de 20mm de diámetro, para cambiar el lado del martillo cuando este desgastado, como se muestra en la gráfica 5:



Gráfica 5. Desgaste y cambio de lado del Martillo

- Los agujeros estarán a 20mm del borde del martillo al centro del agujero como se muestra en la gráfica 6:

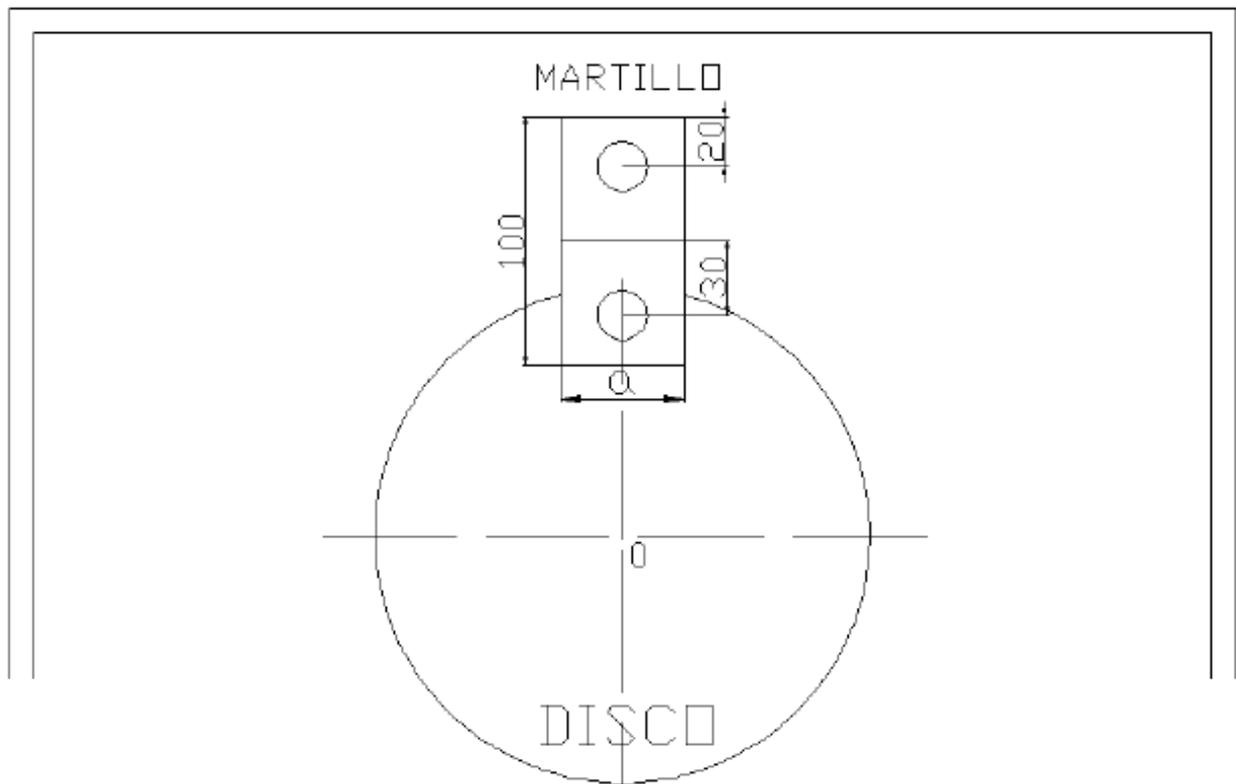


Gráfica 6. Posición de los agujeros en el Martillo

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones, sumado a que el diámetro del eje (que estará conectado con el eje del molino, para producir el movimiento del disco y por ende de los martillos), que pasará por medio de los discos porta martillos será de dos pulgadas, se propone una longitud de 100mm para los martillos. Una medida superior del martillo aumentaría el peso que el motor debe

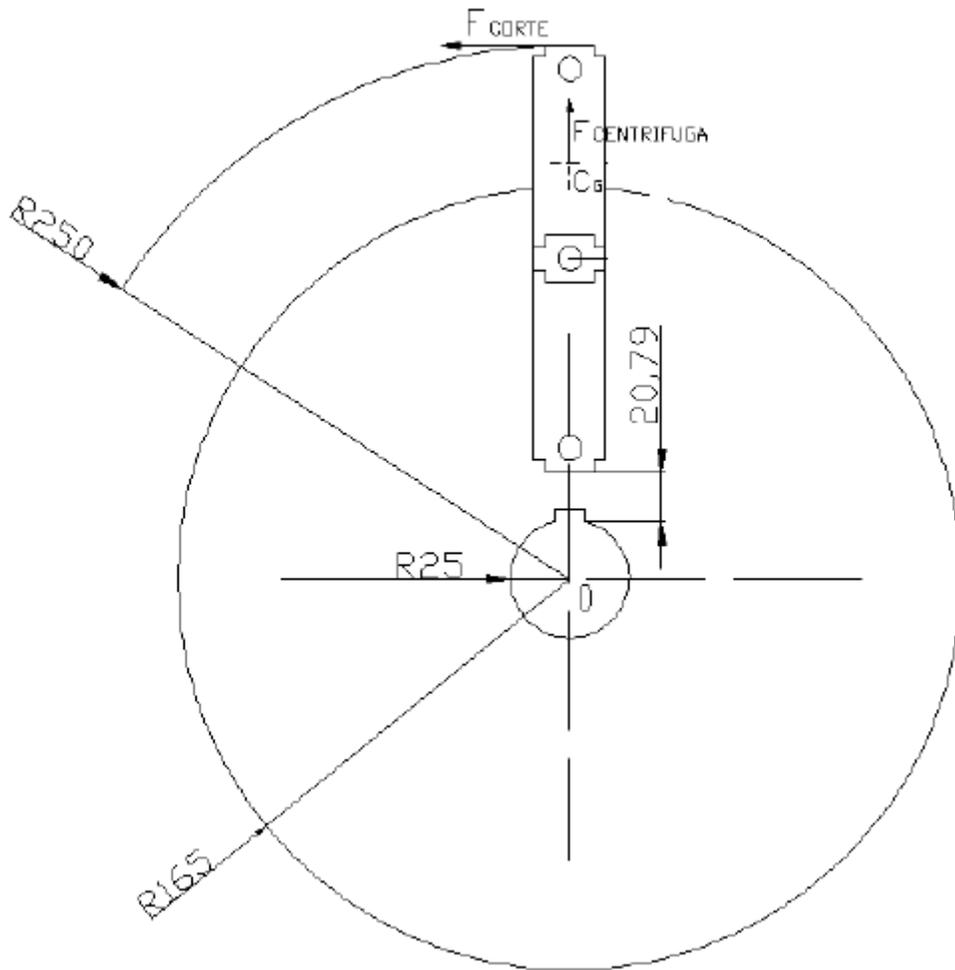
girar, además de aumentar el costo ya que todo el molino será construido con acero inoxidable AISI 304 sugerido para industria alimenticia (Carvi, 2009).

La longitud final del martillo y la longitud d se muestra en la gráfica 7:



Gráfica 7. Longitud del Martillo

Con la longitud final del martillo y realizando el dibujo conjuntamente con la medida del radio de giro se puede obtener el diámetro del disco, que será de 330mm como se muestra en la gráfica 8:



Gráfica 8. Configuración del Disco y los Martillos

Con los valores anteriormente obtenidos se puede determinar el ancho del martillo para se toma en consideración lo siguiente:

La fuerza de corte produce un momento que es dado por la siguiente ecuación 8, que es:

$$M = Fc * d \quad (8)$$

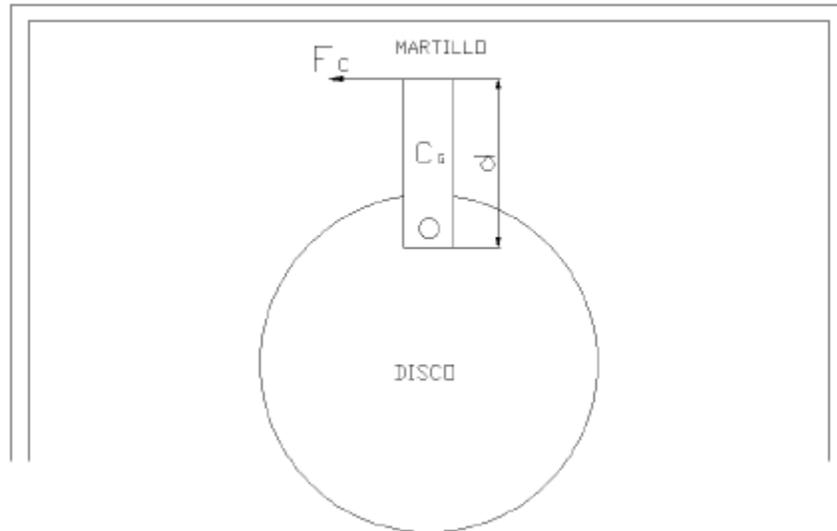
Donde:

M es el momento

Fc es la fuerza de corte

d es el largo del martillo

La gráfica 9, indica la distancia d y la posición de la Fuerza de Corte.



Gráfica 9. Centro de Gravedad, Largo del Martillo y Fuerza de Corte

El momento de Inercia del martillo está dado por la ecuación 9, que es:

$$I_o = \frac{1}{12} * m_m * d^2 \quad (9)$$

Donde:

m es masa del martillo.

Ahora, el momento que produce la fuerza de corte con respecto al centro de giro del martillo viene dado la ecuación 10, que es:

$$M = I_o * \alpha \quad (10)$$

Igualando la ecuación 8 y la ecuación 10 y se despeja la fuerza de corte como indica la ecuación 11, se obtiene:

$$F_c = \frac{I_o * \alpha}{d} \quad (11)$$

Reemplazando la ecuación 9 en la ecuación 11 y despejando la masa se obtiene la ecuación 12, que es:

$$m_m = \frac{F_c * 12}{\alpha * d} \quad (12)$$

Donde:

d es la longitud del martillo (10mm).

La Fuerza de Corte fue determinada experimentalmente en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional y el valor que se obtuvo es de 2.2 N.

La aceleración angular α se determina de la siguiente manera:

La fórmula del movimiento angular desacelerado viene dado por la ecuación 13, que es:

$$\omega_v^2 = \omega_c^2 + 2 * \alpha * \theta \quad (13)$$

Donde:

θ es el espacio recorrido por los martillos.

Se despeja la aceleración angular y se obtiene la ecuación 14, que es:

$$\alpha = \frac{\omega_v^2 - \omega_c^2}{2 * \theta} \quad (14)$$

Donde:

ω_v es igual a 3250 rpm y transformando se obtiene 340.33 rad/s

$$\omega_c = \frac{V_c}{R_g} = \frac{83.11 \frac{m}{s}}{0.25m} = 332.44 \text{ rad/s}$$

Donde:

$\theta = 90$ grados y transformado se obtiene 1.5708 rad

Despejando la aceleración angular α de la ecuación 13 y reemplazando los valores se obtiene:

$$\alpha = \frac{(340.33)^2 - (332.44)^2 \frac{rad^2}{s^2}}{2 * 1.5708 \text{ rad}}$$

$$\alpha = 1689.63 \frac{rad}{s^2}$$

Reemplazando el valor de la aceleración angular en la ecuación 12, se obtiene:

$$m_m = \frac{2.2 \text{ N} * 12}{1689.63 \frac{1}{s^2} * 0.1m}$$

$$m_m = 0.156 \text{ kg}$$

$$m_m = 156 \text{ gr por cada martillo.}$$

Con el valor obtenido se puede calcular el ancho del martillo. El peso del martillo viene dado por la ecuación 15, que es:

$$P_m = V * P_e \quad (15)$$

Donde:

V es el volumen del martillo y,

P_e es el peso específico del acero (7850 kg/m³)

Si se descompone el Volumen y se lo reemplaza en la ecuación 15, se obtiene:

$$P_m = d * a * e * P_e$$

Donde:

d es el largo del martillo (0.1m)

e es el espesor del martillo (0.0004m)

a es el ancho del martillo

Si se despeja el ancho del martillo a y se reemplaza los valores se obtiene:

$$a = \frac{P_m}{P_e * e * L}$$

$$a = \frac{0.156 \text{ kg}}{7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.004 \text{ m} * 0.1 \text{ m}}$$

$$a = 0.0496 \text{ m}$$

$$a = 50 \text{ mm}$$

4.3. Diseño del Disco Porta Martillos

Con el diseño de los martillos que se realizó en la sección anterior, algunos de las medidas para el disco se han obtenido, como por ejemplo:

El disco será circular porque presenta las siguientes ventajas:

Ventajas:

1. La fuerza centrífuga (radial en todo momento), coloca a los martillos en posiciones de 90° entre sí, la zona de esfuerzos es más larga, por lo tanto el esfuerzo normal por tracción es menor.

2. Mejores condiciones para el balanceo dinámico, ya que es circular.

Desventajas:

1. Ligeramente más pesado que otras configuraciones, como la triangular y circular.
2. Requiere mayor número de martillos, 4 por cada disco. En la configuración triangular por ejemplo, solo se necesitarían 3 martillos por cada disco.

A continuación se exponen algunos datos para el disco:

Diámetro del Disco, D_D es de 330 mm

4 agujeros (por donde pasarán los pernos porta martillos), de diámetro de 20mm

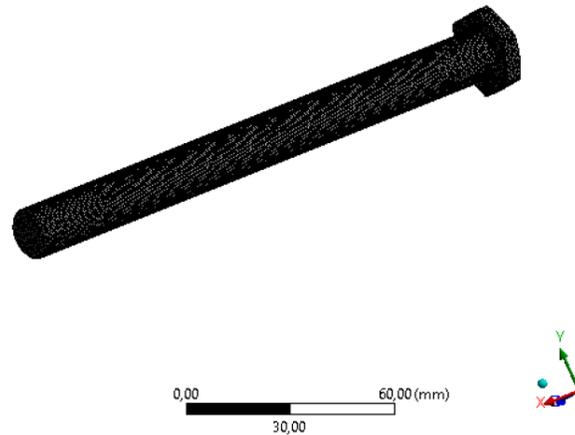
1 agujero en el centro del disco de 2 pulgadas para el eje del molino. Se ha tomando este valor porque generalmente los motores poseen un eje de 2 pulgadas, lo que evitaría problemas al unir el eje del motor con el eje del molino, por medio del matrimonio.

El espesor del disco será de 6mm de plancha de acero inoxidable ya que es una medida que se puede encontrar fácilmente en el mercado.

5.- ANALISIS DE COMPONENTES CRÍTICOS DEL MOLINO.

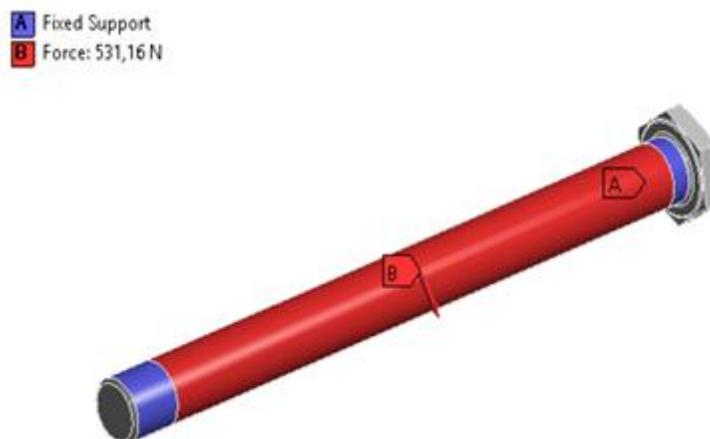
5.1.- Perno Porta Martillos

En la gráfica 10, se muestra el dibujo y mallado del perno en el programa ingenieril Inventor:



Gráfica 10. Mallado del Perno Porta Martillos

En la gráfica 11, se muestra el perno sometido a una carga de 531.16 N, en el punto A y B.

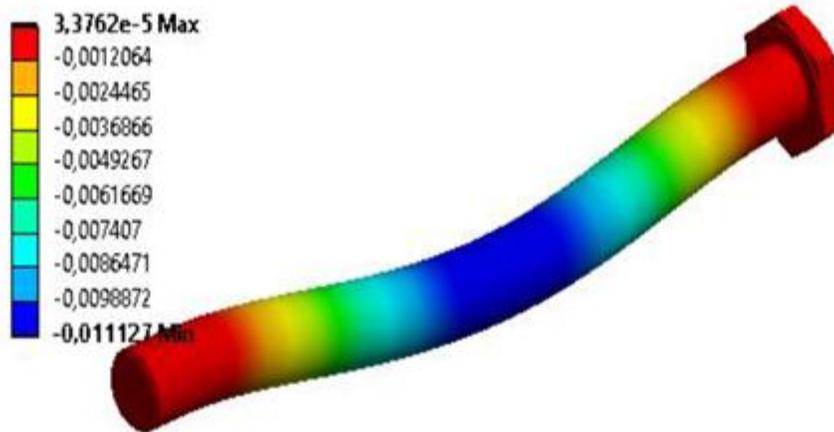


Gráfica 11. Perno Porta Martillos sometido a Carga

Después de realizar el análisis del perno con la carga sugerida se obtiene los siguientes resultados de Deformación y Von Mises:

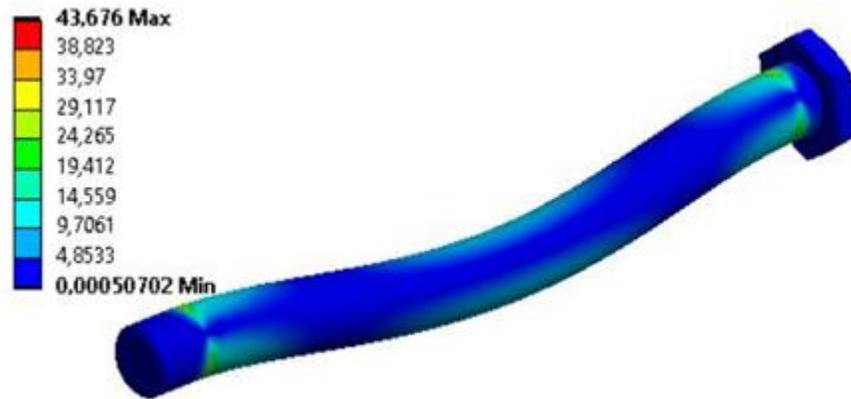
TABLA 1

Definición		
TIPO	Deformación	(Von-Mises) Stress
Orientación	Eje Y	
Mínimo	-1,1127e-002 mm	5,0702e-004 MPa
Máximo	3,3762e-005 mm	43,676 MPa



Gráfica 12. Deformación Perno Porta Martillos

Como se puede observar en la tabla 1, el perno sometido a la carga inicial presenta una mínima deformación en todo su largo, por lo que el funcionamiento de este elemento va a estar asegurado. En la gráfica 12, la deformación del perno está sobredimensionada para que se pueda visualizar de mejor forma la mínima deformación que tiene del perno.



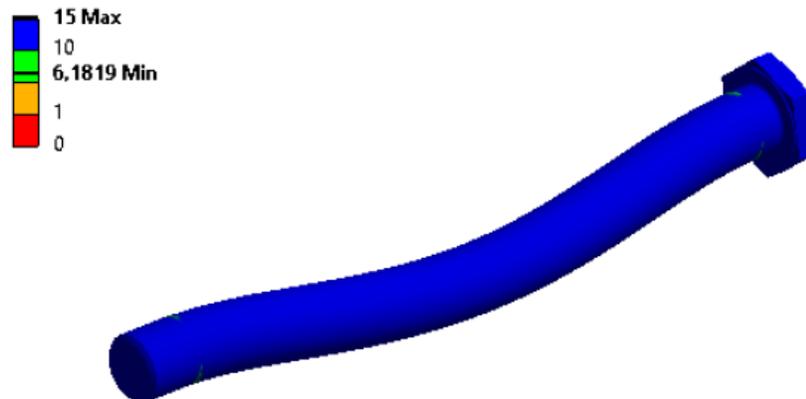
Gráfica 13. Von Mises Stress

El presente cuadro obtenido en el modelado de la pieza, nos indica que el factor mínimo de seguridad para el perno porta martillos con las dimensiones y materiales descritos en el diseño será de: 6.18, siendo el mayor de 15.

Stress Tool > Safety Factor

Time [s]	Minimum	Maximum
1,	6,1819	15,

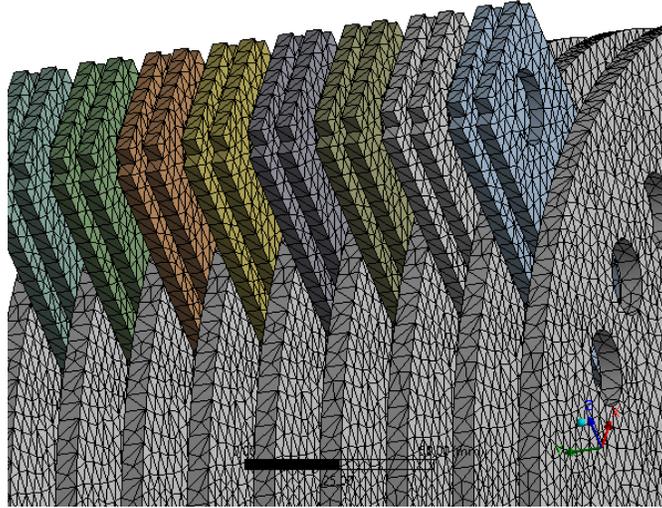
B: Static Structural
 Figure
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 21/12/2016 23:40



Gráfica 14. Factor de Seguridad del Perno

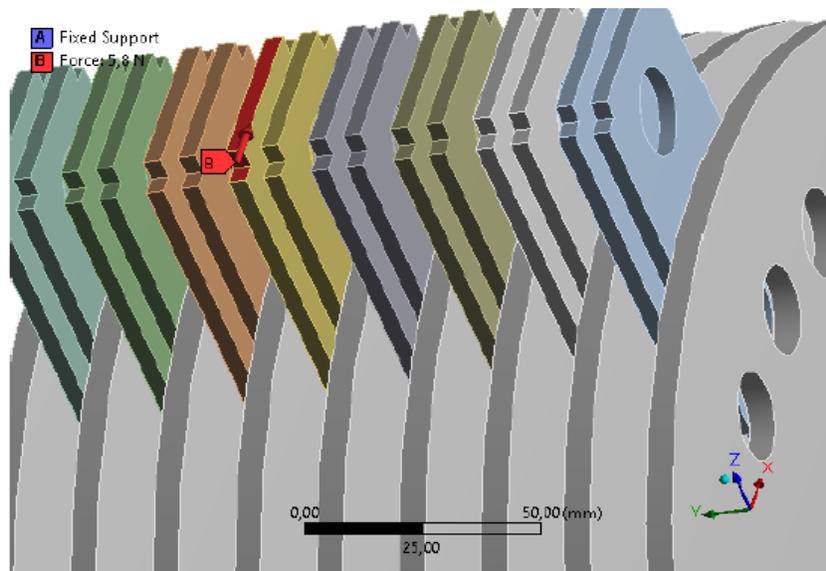
5.2.- Martillos

En la gráfica 15, se muestra el dibujo y mallado del martillo con el conjunto de discos en el programa ingenieril Inventor:



Gráfica 15. Mallado del Martillo

La gráfica 16, muestra los martillos armado con los discos, sometida a una fuerza de 5.8 N en el extremo superior del martillo (cuando el grano golpea con la parte superior del martillo para la trituración).

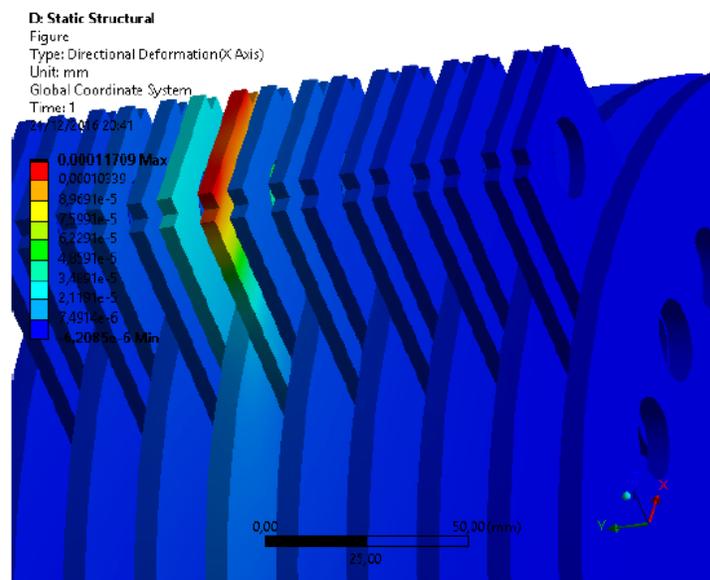


Gráfica 16. Martillo sometido a Fuerza

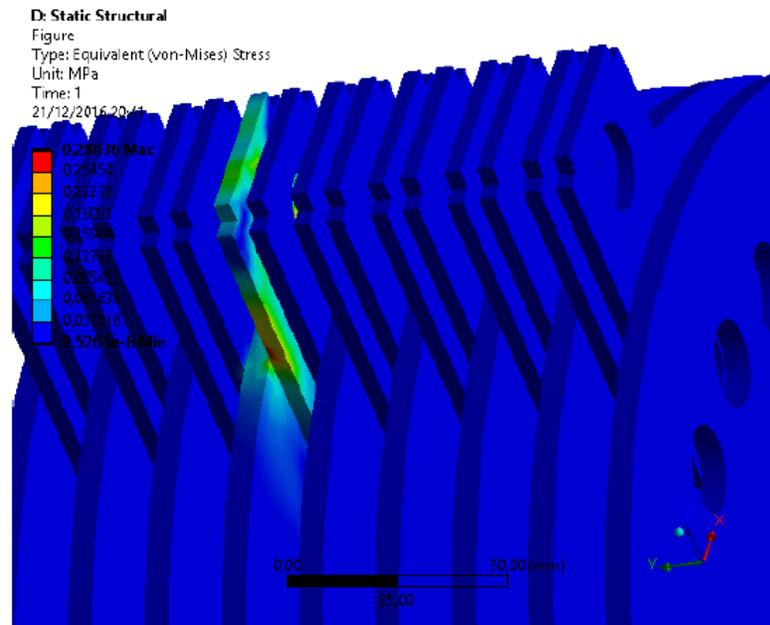
Después de realizar el análisis del martillo con la carga sugerida se obtiene los siguientes resultados de Deformación y Von Mises del a deformación de este elemento producto del choque con el grano de maíz:

TABLA 2 Definición		
Tipo	Deformación	(Von-Mises) Stress
Orientación	Eje X	
Resultados		
Mínimo	-6,2085e-006 mm	9,5265e-008 MPa
Máximo	1,1709e-004 mm	0,28636 MPa

Como se puede observar en la tabla 2, el martillo sometido a la carga inicial presenta una mínima deformación en toda su estructura, por lo que el funcionamiento de este elemento va a estar asegurado. En la gráfica 17, se puede la deformación la mínima deformación del martillo en la parte superior.



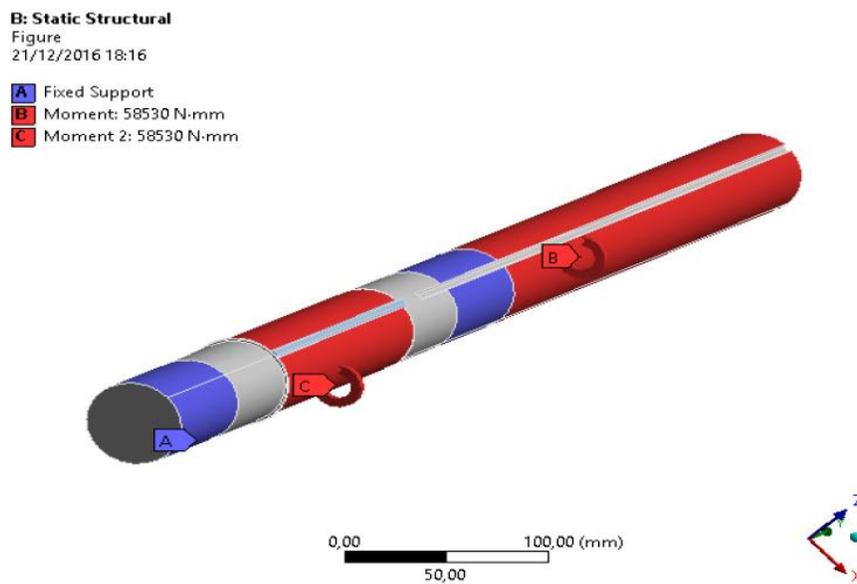
Gráfica 17. Deformación del Martillo en extremo Superior



Gráfica 18. Von Mises Stress

5.3.- Eje Principal

El siguiente gráfico es del dibujo del eje principal del molino sometido a dos fuerzas A y C (momento):



Gráfica 19. Eje Principal de Molino sometido a Cargas

Después de realizar el modelado y el análisis del eje se producen los siguientes resultados:



Gráfica 20. Von Mises Stress

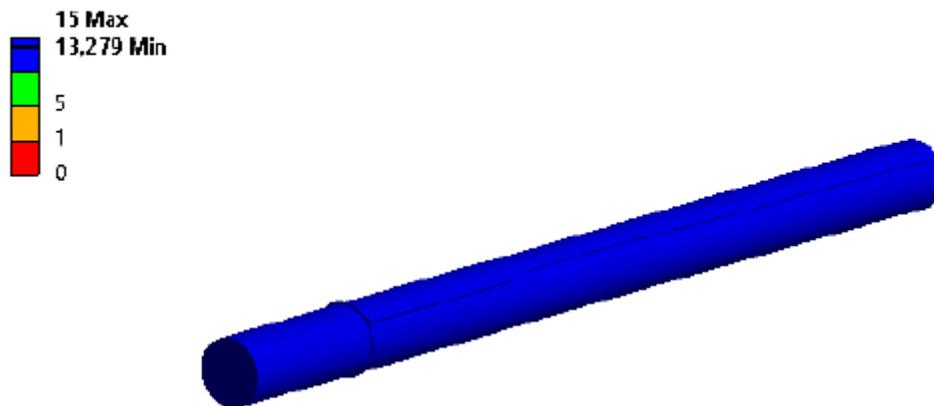
En la tabla 3, se indica que el factor de seguridad para el eje es de 15, por lo que dicha parte no va a tener ningún tipo de daño y de esta forma se garantizará el funcionamiento del molino.

Stress Tool > Safety Factor

Time [s]	Minimum	Maximum
1,	13,279	15,

TABLA 3

B: Static Structural
 Figure
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 21/12/2016 18:16



Gráfica 21. Factor de Seguridad del Perno

6.- CONCLUSIONES

1.- Todos los componentes diseñados y construidos tienen factores de seguridad altos, lo cual asegura su correcto funcionamiento dada a la fiabilidad de sus componentes.

2.- El molino está diseñado para ser implementado en pequeñas y medianas empresas, porque su capacidad de molienda es moderada.

3.- El molino está apegado a las normas internacionales de alimentos, por que ha sido construido con acero inoxidable A 304.

4.- En el diseño del molino se ha tratado de optimizar al máximo el tamaño del mismo, para que al momento de instalarlo con todos los demás componentes que tiene el molino como: tolva, aspirador de harina, empaquetadora no requiera un espacio físico grande.

7.- RECOMENDACIONES

- 1.- Para que la productividad y rendimiento del molino no disminuya, se recomienda estar atento al desgaste de los componentes internos, principalmente de los martillos.
- 2.- Se recomienda hacer un mantenimiento preventivo, principalmente con lo referente a bandas y engrase de los rodamientos.
- 3.- Para que no exista sobrecarga de granos en las cámaras, hay que implementar un dosificador después de la tolva.
- 4.- Se recomienda estar atento al desgaste de las piezas internas del molino, ya que esto puede provocar que el molino se desalíe o desbalance produciendo daños.
- 5.- Los operarios del molino deben trabajar con protectores auditivos, ya que el ruido que produce el motor supera altísimamente los valores estipulados para el ser humano, lo que puede provocar serios problemas auditivos.
- 6.- Si por cualquier razón se necesita detener y abrir el molino, hacerlo después de que este se encuentre completamente en reposo, el contacto de cualquier parte humana con los martillos en movimiento puede causar una lesión grave.

8.- BIBLIOGRAFIA

Gere, James M. Mecánica de Materiales. México: Thomson, 2002.

Hibbeler, R. C. Mecánica Vectorial para Ingenieros: Dinámica. México: Pearson, 2004.

Ramp, Ricardo. Tecnología y Producción de Harinas de Trigo. Quito, 1976.

Shigley, Joseph E. El Diseño en Ingeniería Mecánica. México: McGraw-Hill, 2005.

Shigley, Joseph E. El Proyecto en Ingeniería Mecánica. México: McGraw-Hill, 2005.

Garzón, Edwin. Tesis. Quito: E.P.N, 1987. Fundamentos de las operaciones con sólidos.

9 Diciembre 2008

www.slbn.files.wordpress.com/2008/10/iii-unidad_opmec_problemas_leyes_rt.ppt.

12 de Diciembre de 2016

<http://olmo.pntic.mec.es/~jpag0004/resena.htm#arriba>

12 de Diciembre de 2016

<http://www.quiminet.com/pr8/Martillo%2Bde%2BReflejos.htm>.

12 de Diciembre de 2016

www.fam.de/generator/streamjpeg.php?res=flwid.

12 de Diciembre de 2016

<http://www.revistalideres.ec/lideres/consumo-harina-ecuador-toneladas-molinos.html>

12 de Diciembre de 2016

<https://1aaditiqigrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-trituradoras-y-molinos/>

12 de Diciembre de 2016

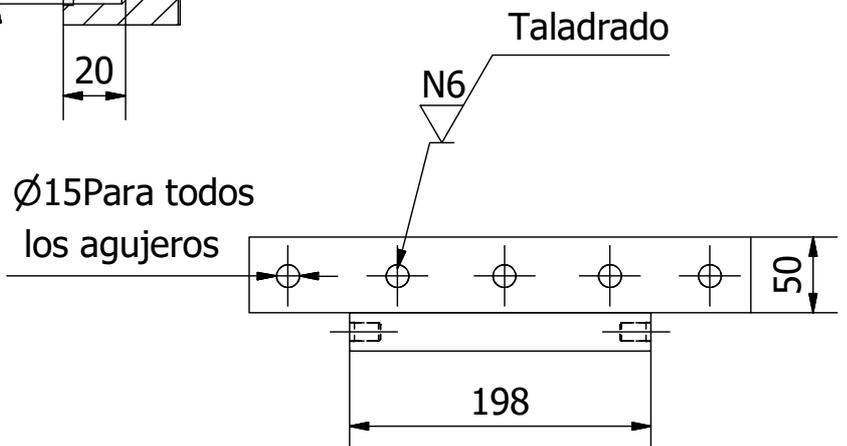
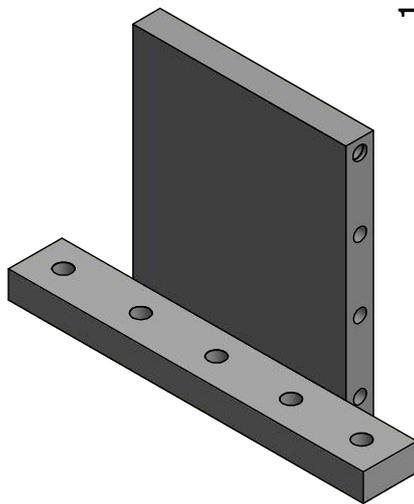
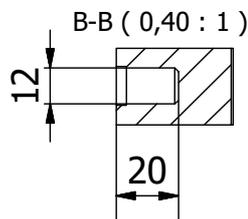
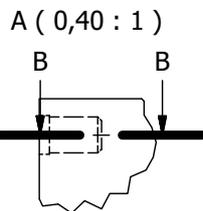
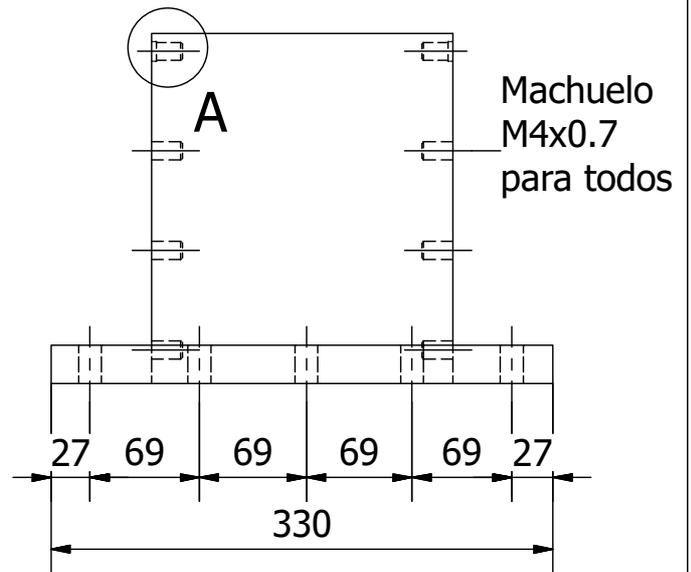
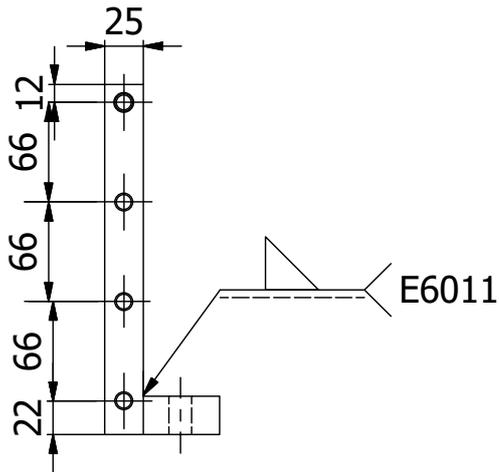
<http://www.grupocarvi.com/es/noticias>

12 de Diciembre de 2016

<http://www.madrideos.net/todomolinos/generalidades.htm>

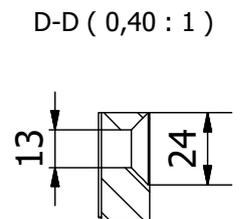
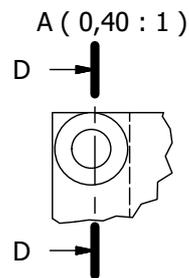
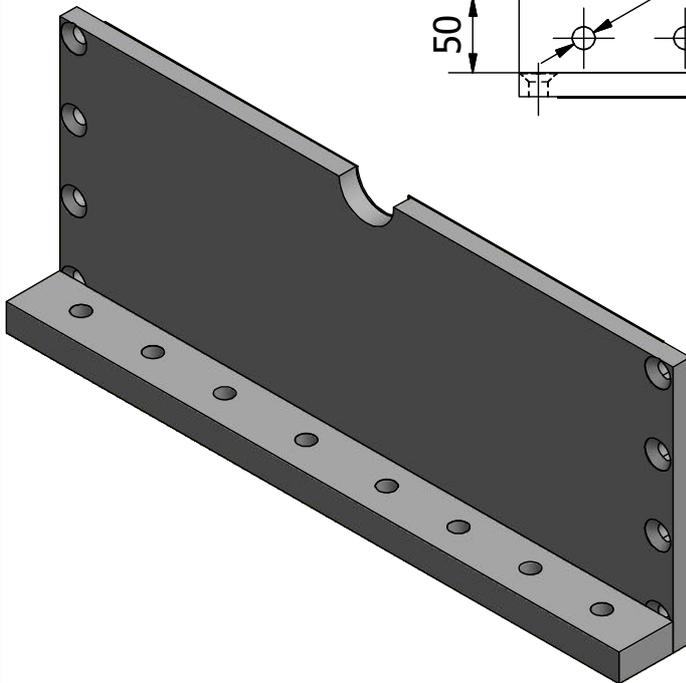
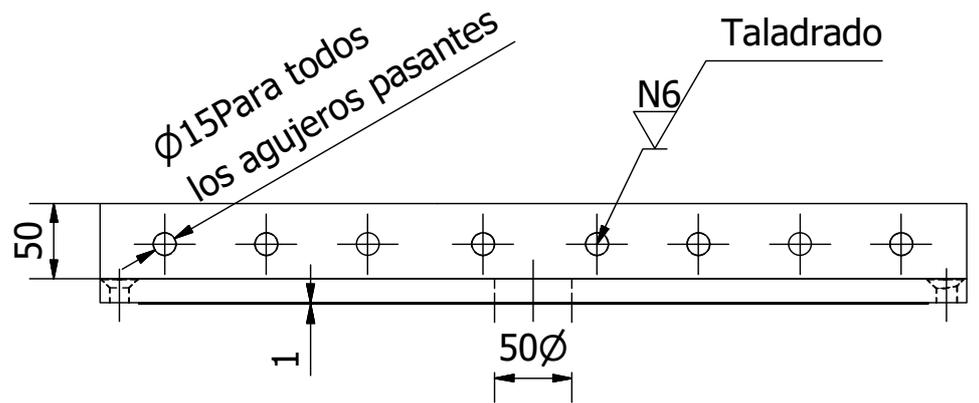
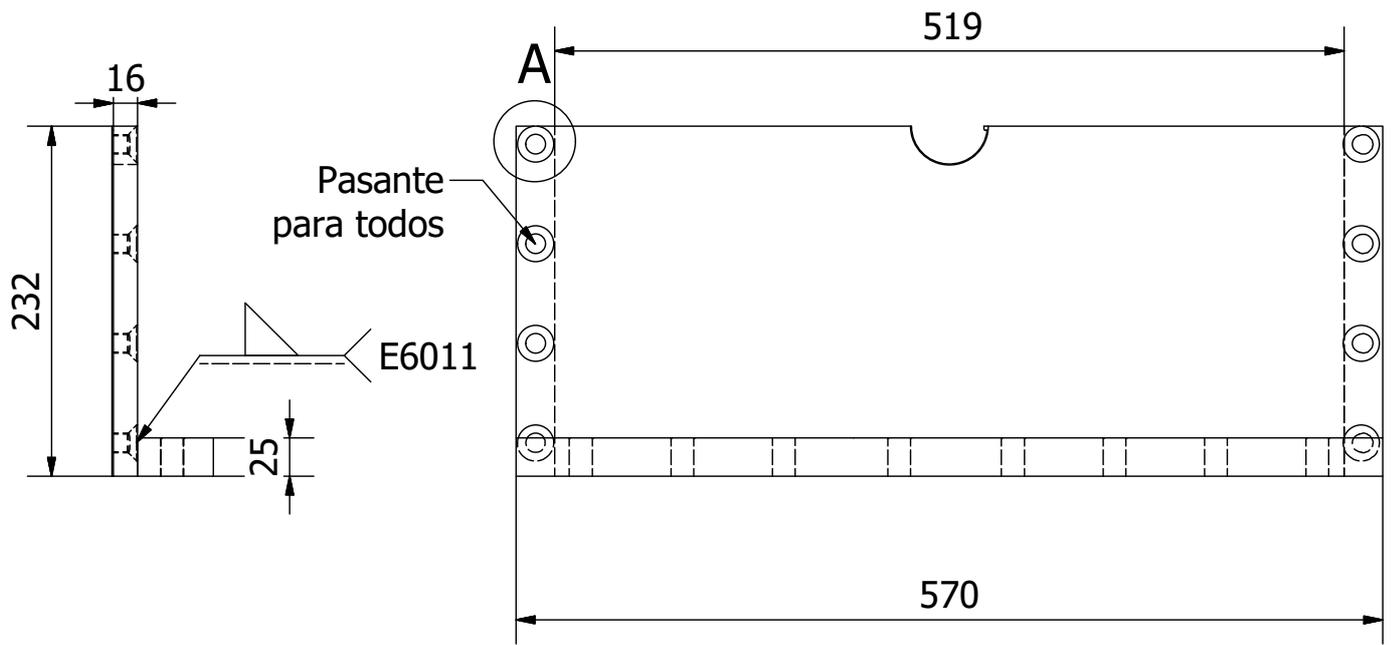
9.- ANEXOS (PLANOS DEL MOLINO)

(N9 / N10)



				Tolerancia		AISI 1020	
				+ - 1,00			
				Fecha	Nombre	Carcasa Frontal y Posterior	Escala:
			Dib.	08/01/17	Cuadrado I.		1:5
			Rev.				
			Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_002	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

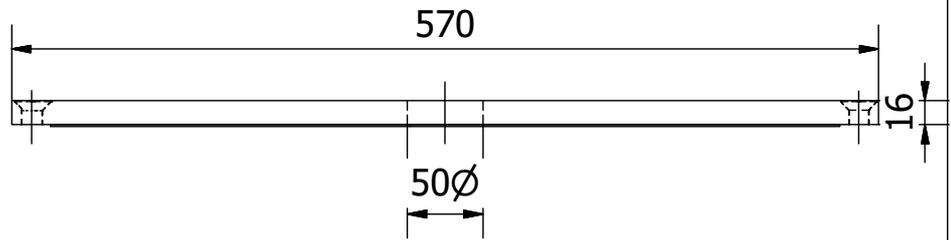
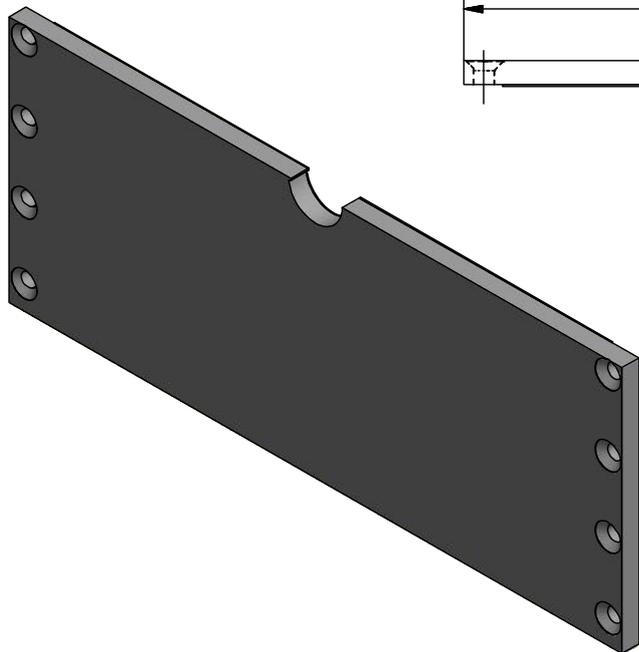
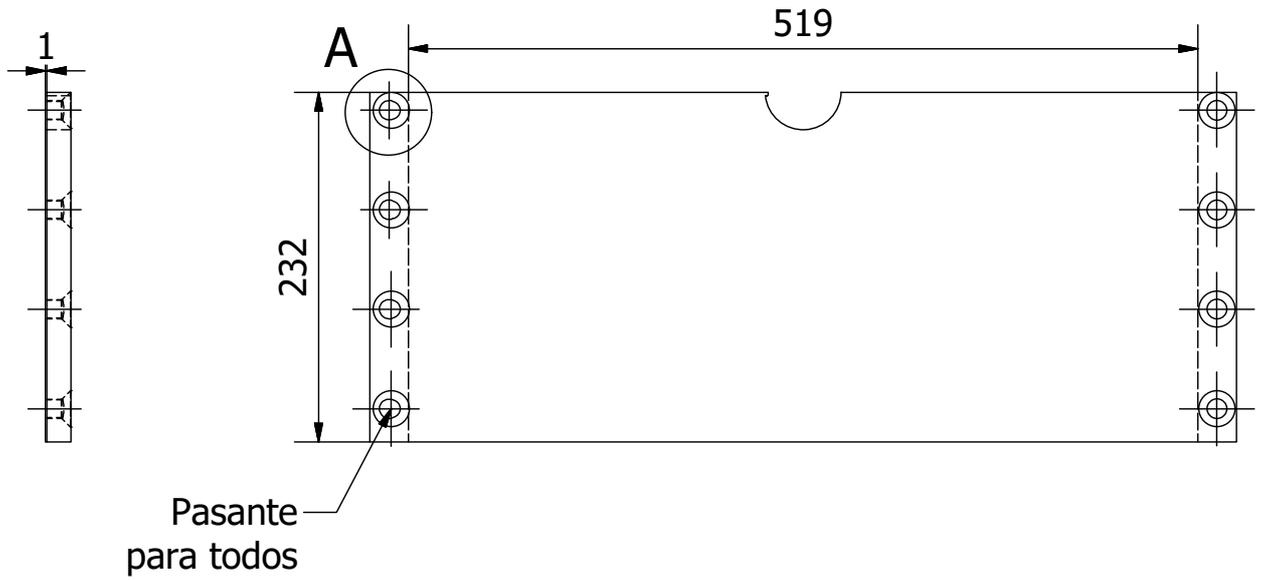
(N9 / N10)



				Tolerancia		AISI 1020	Escala: 1:5
				+/- 1,00			
				Fecha	Nombre	Carcasa lateral inferior	LMM_003
			Dib.	08/01/17	Cuadrado I.		
			Rev.				
			Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

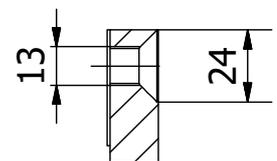
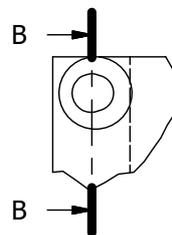


(N9 / N10)



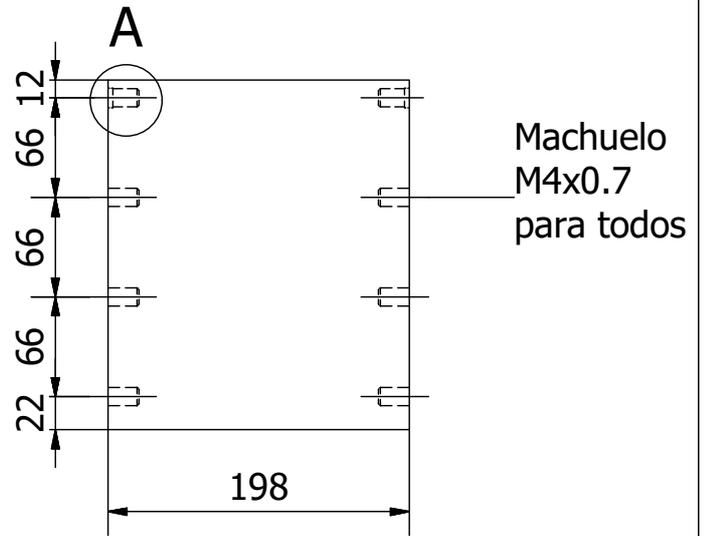
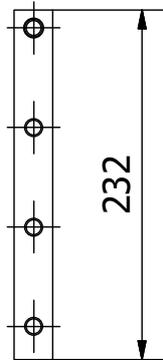
A (0,40 : 1)

B-B (0,40 : 1)

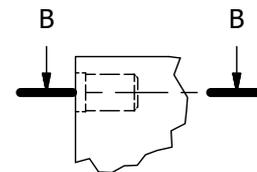


				Tolerancia		AISI 1020	
				+ - 1,00			
				Fecha	Nombre	Carcasa lateral niveles superiores	Escala: 1:5
			Dib.	08/01/17	Cuadrado I.		
			Rev.				
			Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_004	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

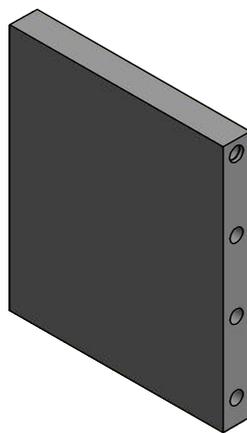
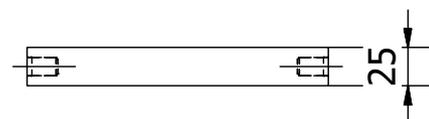
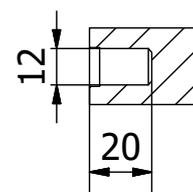
(N9 / N10)



A (0,40 : 1)

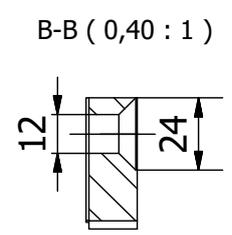
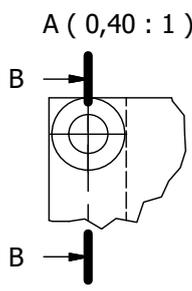
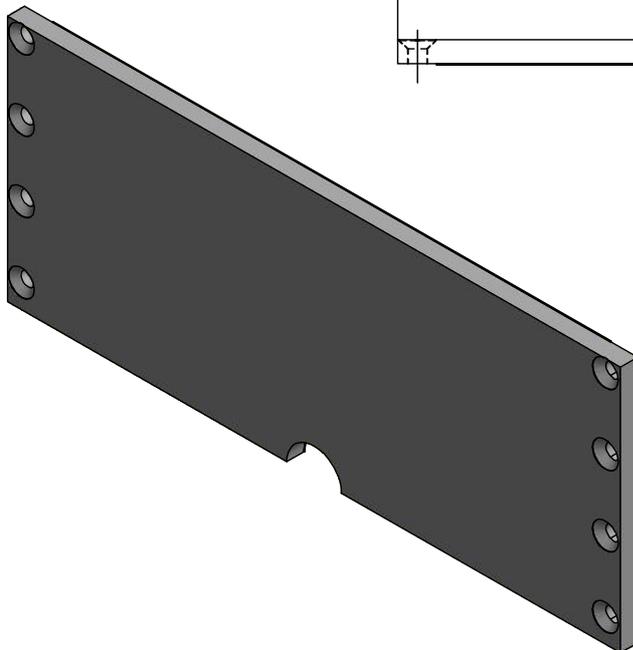
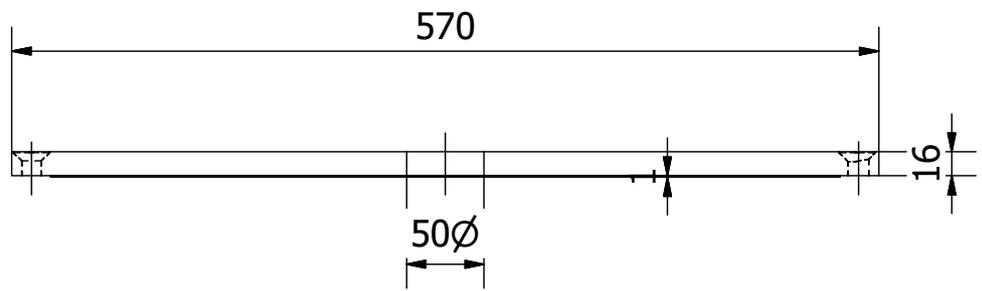
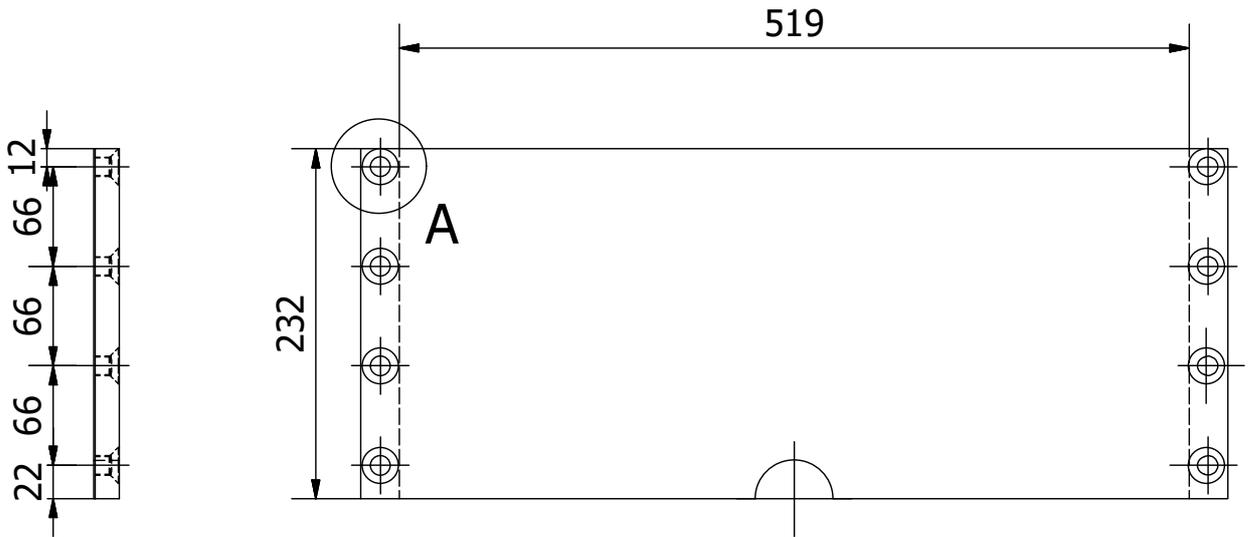


B-B (0,40 : 1)

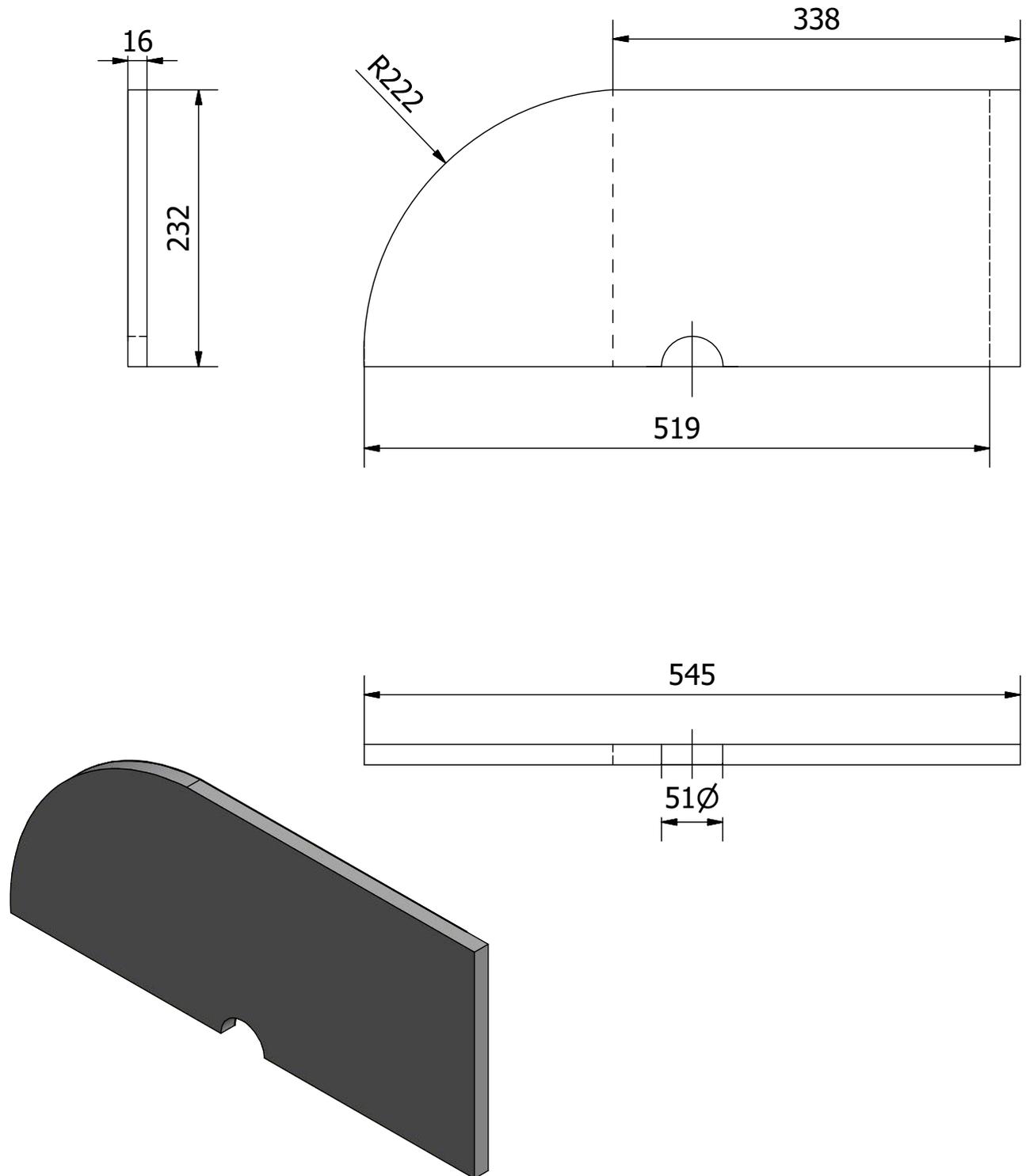


				Tolerancia		AISI 1020	Escala: 1:5
				+/- 1,00			
				Fecha	Nombre	Carcasa frontal y posterior niveles superiores	LMM_005
			Dib.	08/01/17	Cuadrado I.		
			Rev.				
				Aprob.			
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

(N9 / N10)

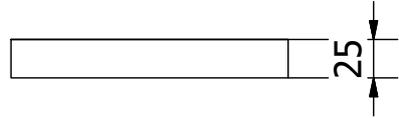
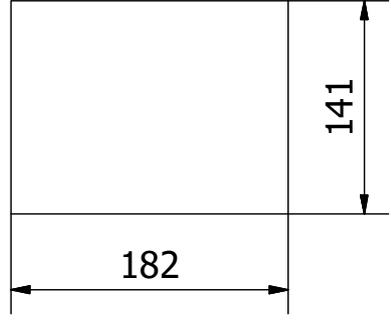
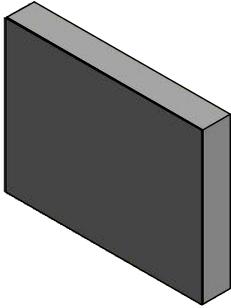


				Tolerancia		AISI 1020	Escala: 1:5
				+ - 1,00			
				Fecha	Nombre	Carcasa lateral niveles superiores	
				Dib. 08/01/17	Cuadrado I.		
				Rev.			
				Aprob.			
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_006	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



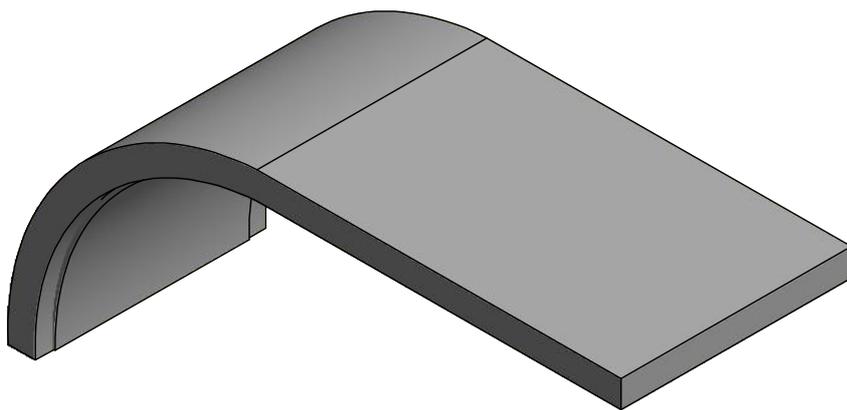
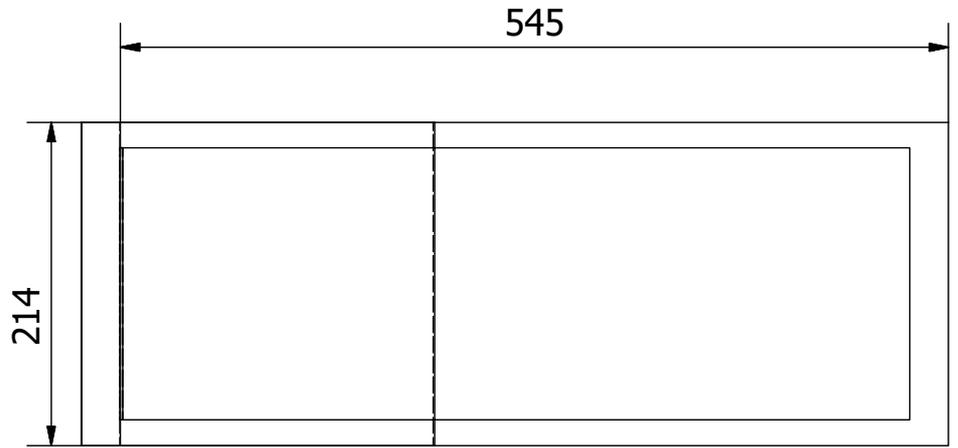
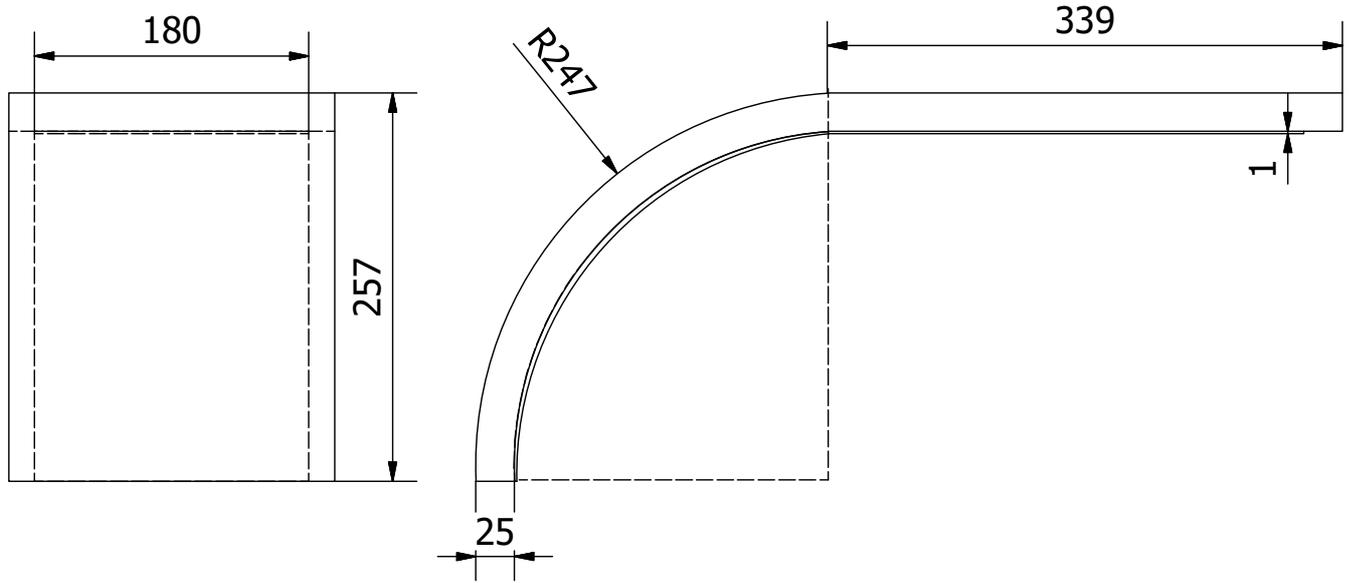
				Tolerancia		AISI 1020	
				+ - 1,00			
				Fecha	Nombre	Tapa carcasa lateral	Escala: 1:5
			Dib.	08/01/17	Cuadrado I.		
			Rev.				
				Aprob.			
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_007	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

(N9 /)



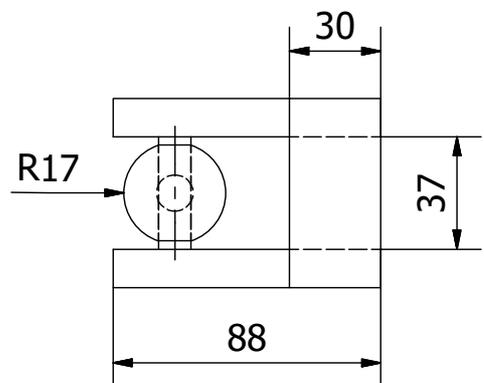
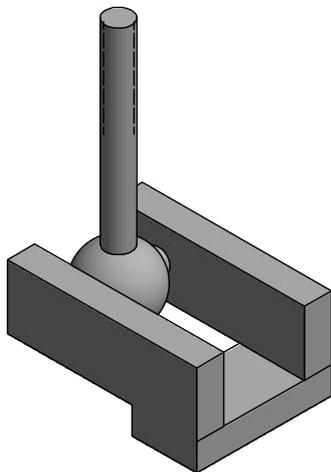
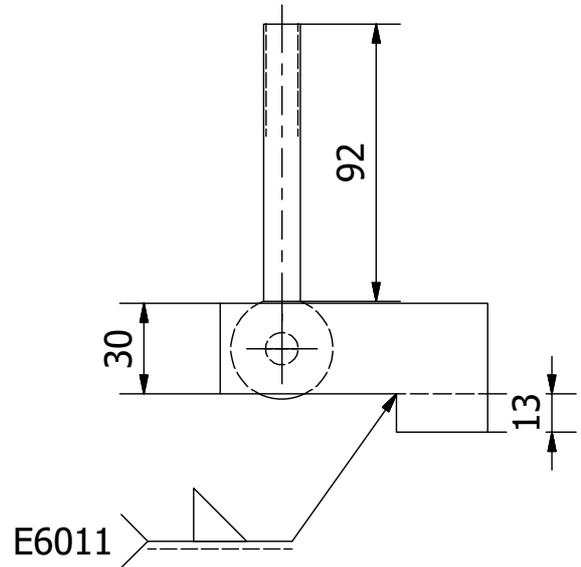
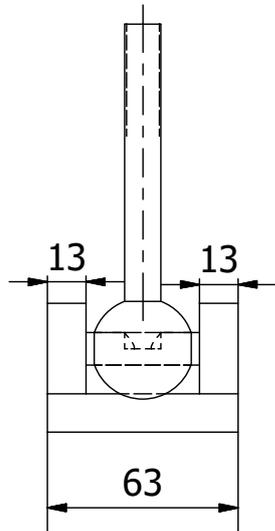
				Tolerancia		AISI 1020		
				+ - 1,00				
				Fecha	Nombre		Carcasa lateral tapa	Escala: 1:5
				Dib.	08/01/17 Cuadrado I.			
				Rev.				
				Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_008		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

(N9 / Rolado)

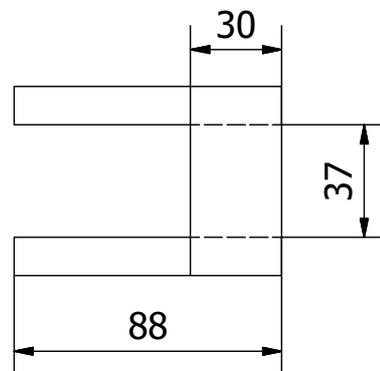
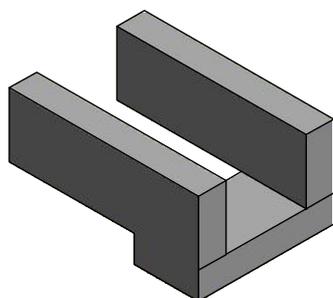
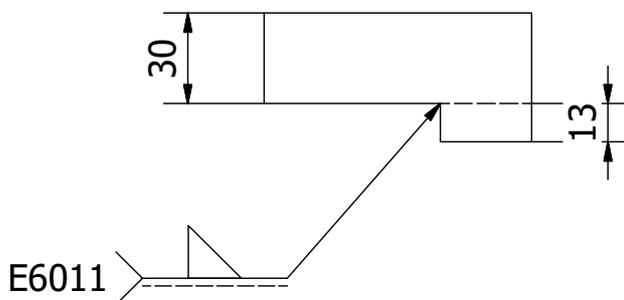
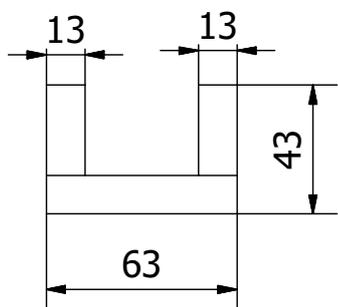


				Tolerancia		AISI 1020	
				+/- 1,00			
				Fecha	Nombre	Tapa carcasa superior	Escala: 1:5
			Dib.	08/01/17	Cuadrado I.		
			Rev.				
				Aprob.			
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_009	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

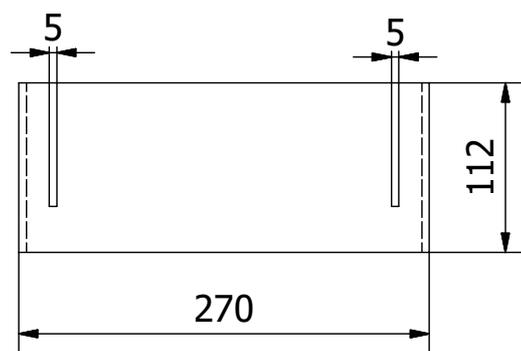
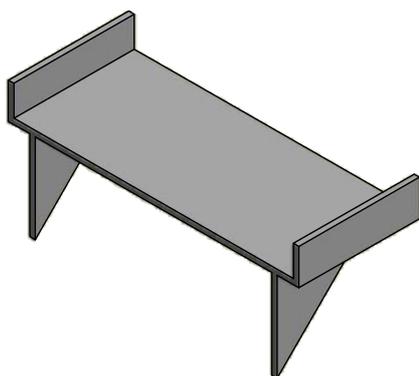
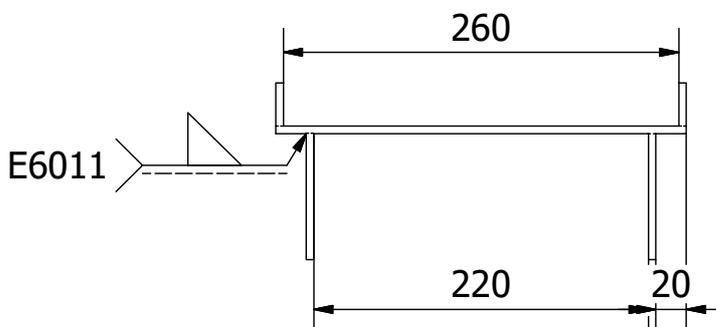
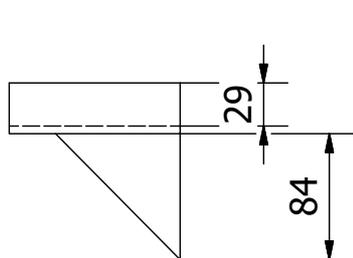
N8 / (N9)



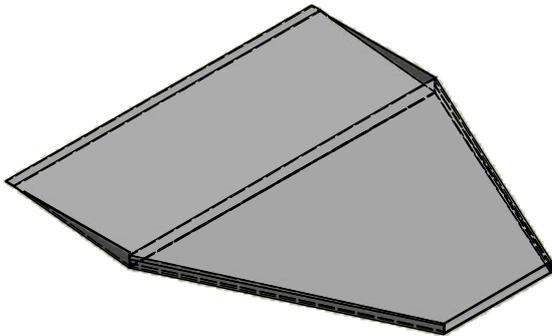
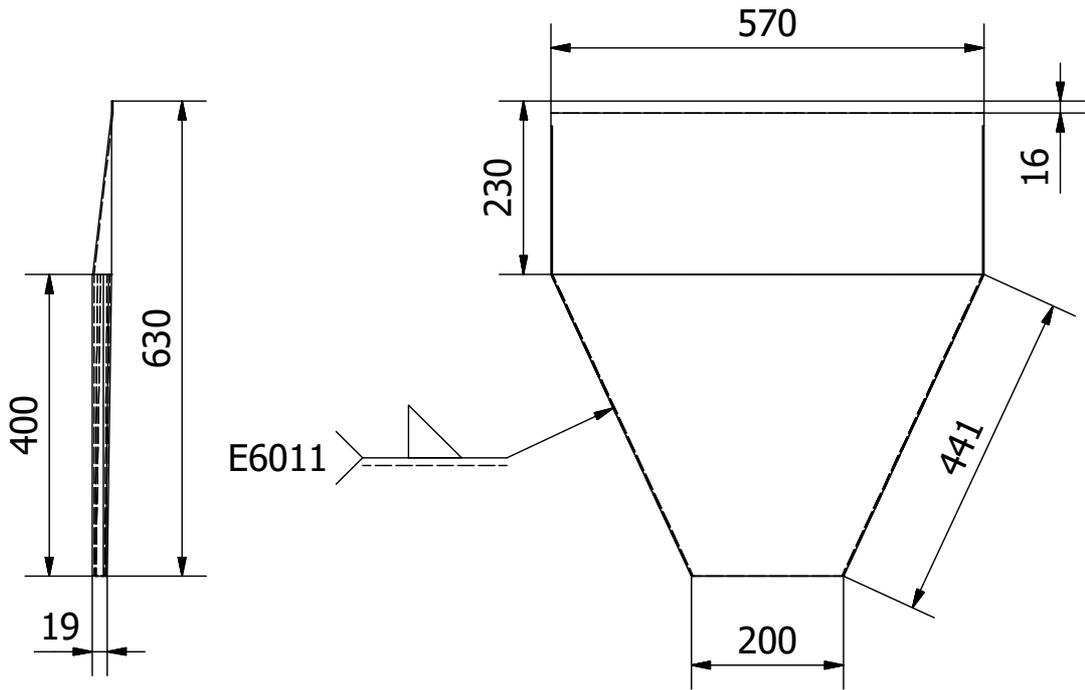
				Tolerancia		AISI 1012	
				+/- 1,00			
				Dib.	Fecha	Nombre	Conjunto de rótula guía
					08/01/17	Cuadrado I.	
				Rev.			
				Aprob.			Escala: 1:2,5
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_010
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia		AISI 1012	
				+ - 1,00			
				Dib.	Fecha	Nombre	Sujeción de modulos parte superior
				08/01/17	Cuadrado I.		
				Rev.			
				Aprob.			Escala: 1:2,5
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_011
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				

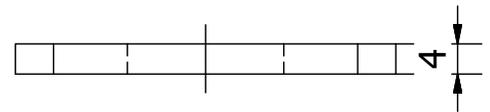
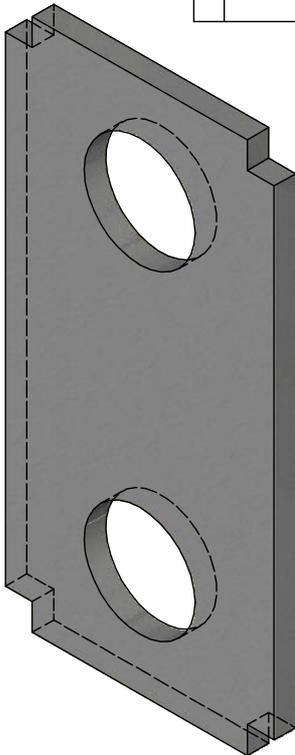
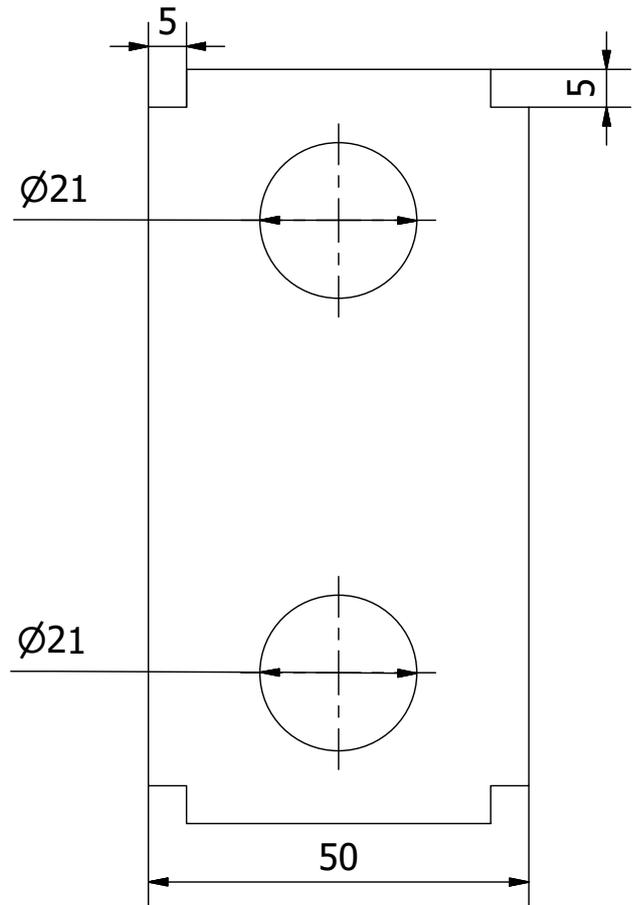
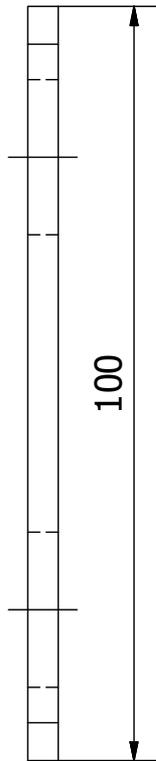


				Tolerancia		AISI 1020	
				+ - 1,00			
				Fecha	Nombre	Base de chumacera	Escala: 1:5
				Dib. 08/01/17	Cuadrado I.		
				Rev.			
				Aprob.			
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_012	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



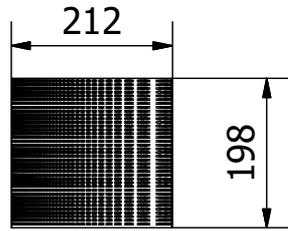
				Tolerancia +- 1,00	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Escala: 1:10
				Dib. 08/01/17	Cuadrado I.	
				Rev.		
				Aprob.		
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_013
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			

(N9 / N10 / N7)

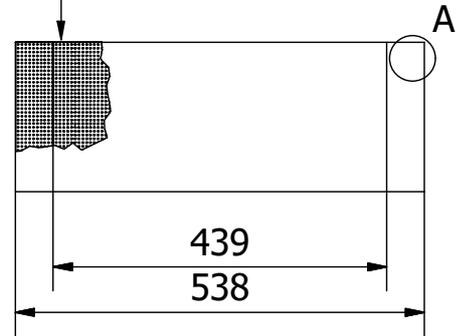


				Tolerancia +- 1,00		AISI 304		
						Martillo	Escala: 1:1	
				Dib.	Fecha 08/01/17			Nombre Cuadrado I
				Rev.				
				Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_014	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

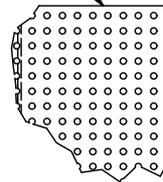
(N10 / Rolado)



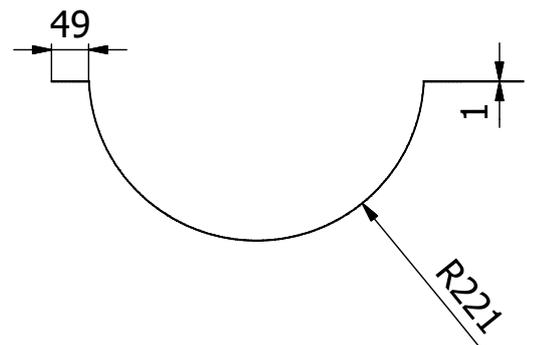
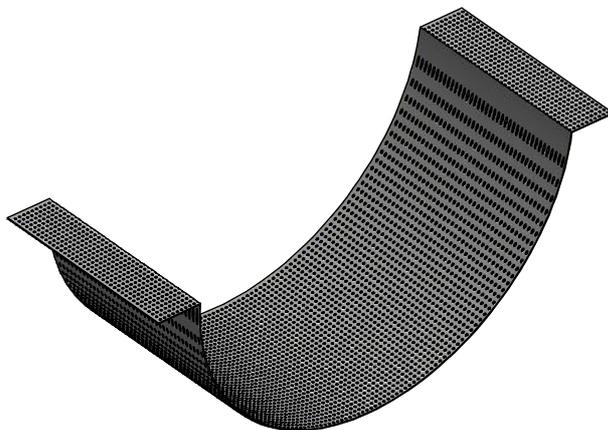
Patrón para toda la Zaranda



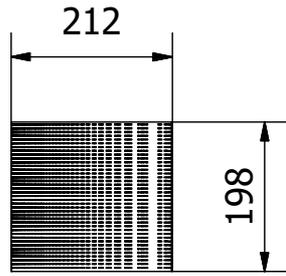
Zaranda con orificio de 1mm cada 5mm



Detalle A (1:2,5)

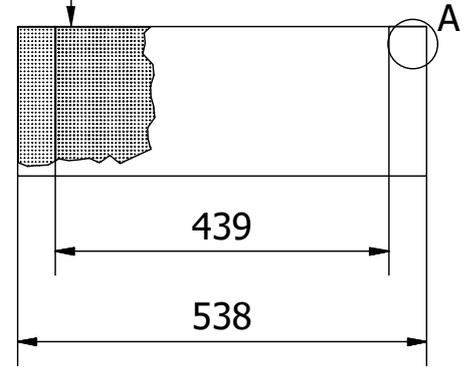


				Tolerancia +- 1,00		AISI 304		
						Zaranda superior de 1 mm	Escala: 1:10	
				Dib.	Fecha 08/01/17			Nombre Cuadrado I.
				Rev.				
				Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_015	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

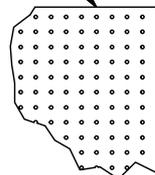


(N10 / Rolado)

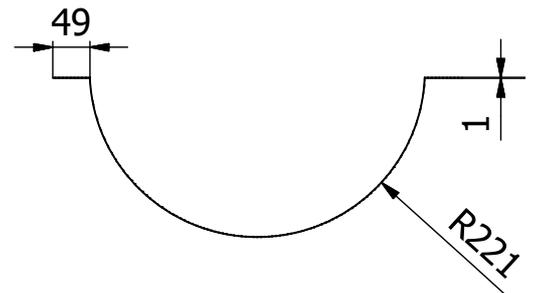
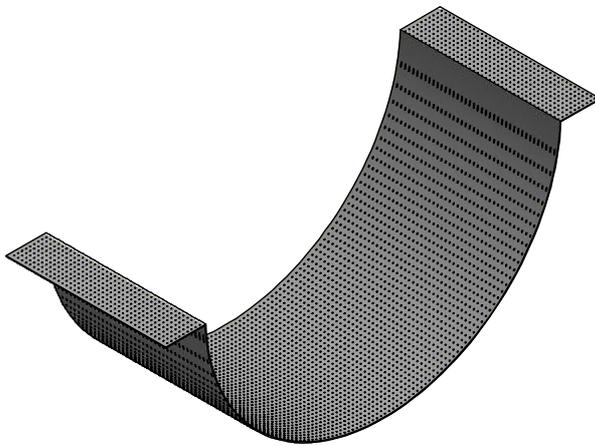
Patrón para toda la Zaranda



Zaranda con orificio de 0.5mm cada 5mm

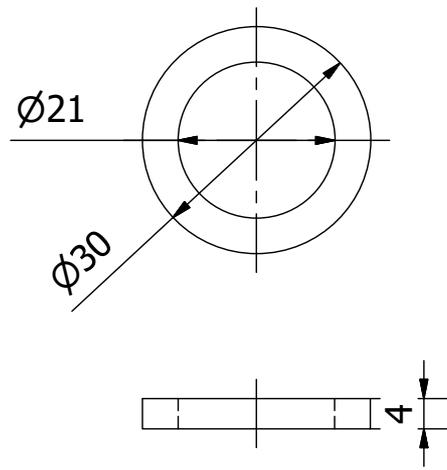


Detalle A
(1:2,5)

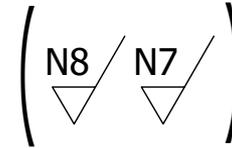
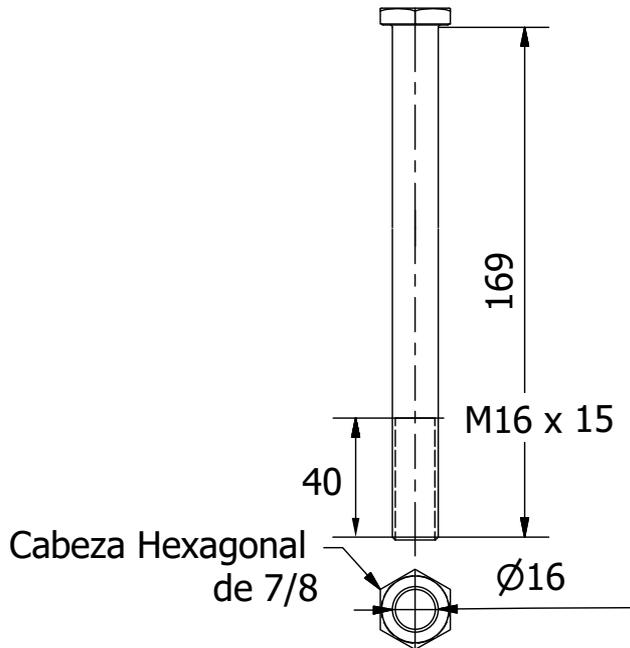


				Tolerancia +- 1,00		AISI 304		
						Zaranda inferior de 0,5 mm	Escala: 1:10	
				Dib.	Fecha 08/01/17			Nombre Cuadrado I.
				Rev.				
				Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		LMM_016		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

(N8 / )

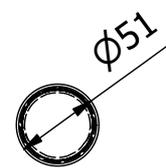
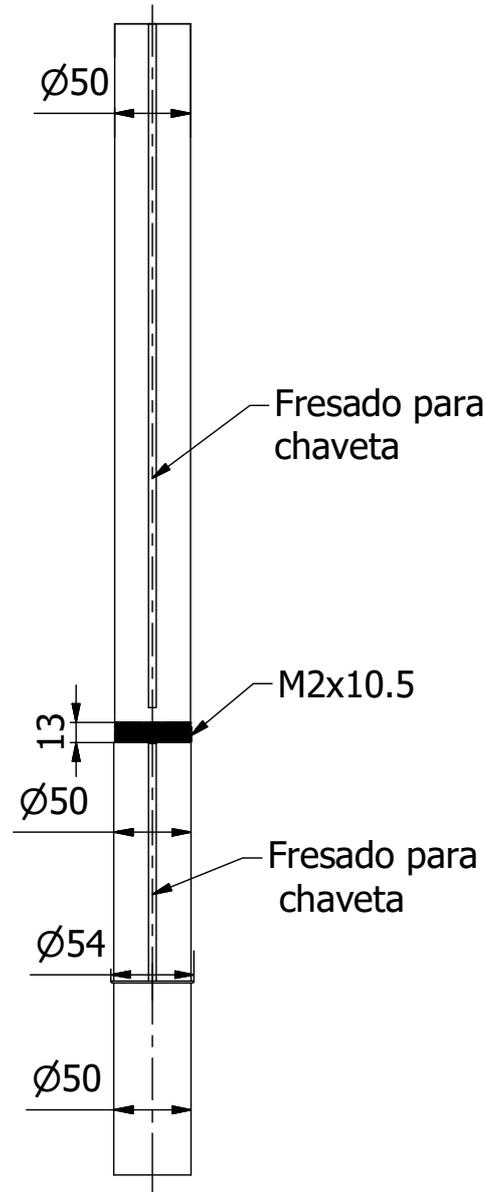


				Tolerancia		AISI 304	
				+/- 1,00			
				Dib.	Fecha	Nombre	Rodela de separación de martillo
					08/01/17	Cuadrado I.	
				Rev.			
				Aprob.			Escala: 1:1
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_017
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



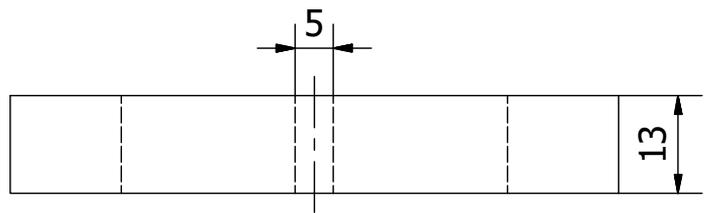
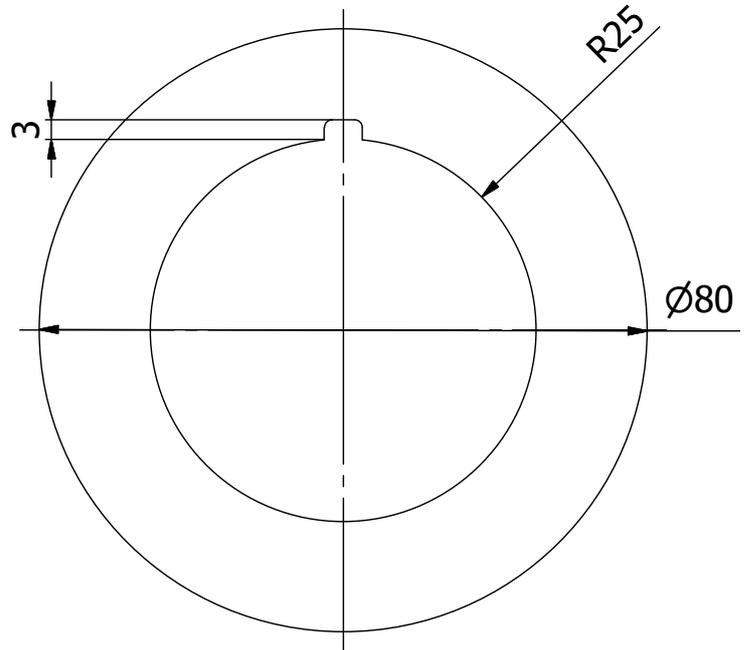
				Tolerancia		AISI 304	Perno de sujeción de martillo	Escala: 1:2,5
				+ - 1,00				
			Dib.	Fecha	Nombre			
			Rev.					
			Aprob.					
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_018	 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

N8 / (N7)



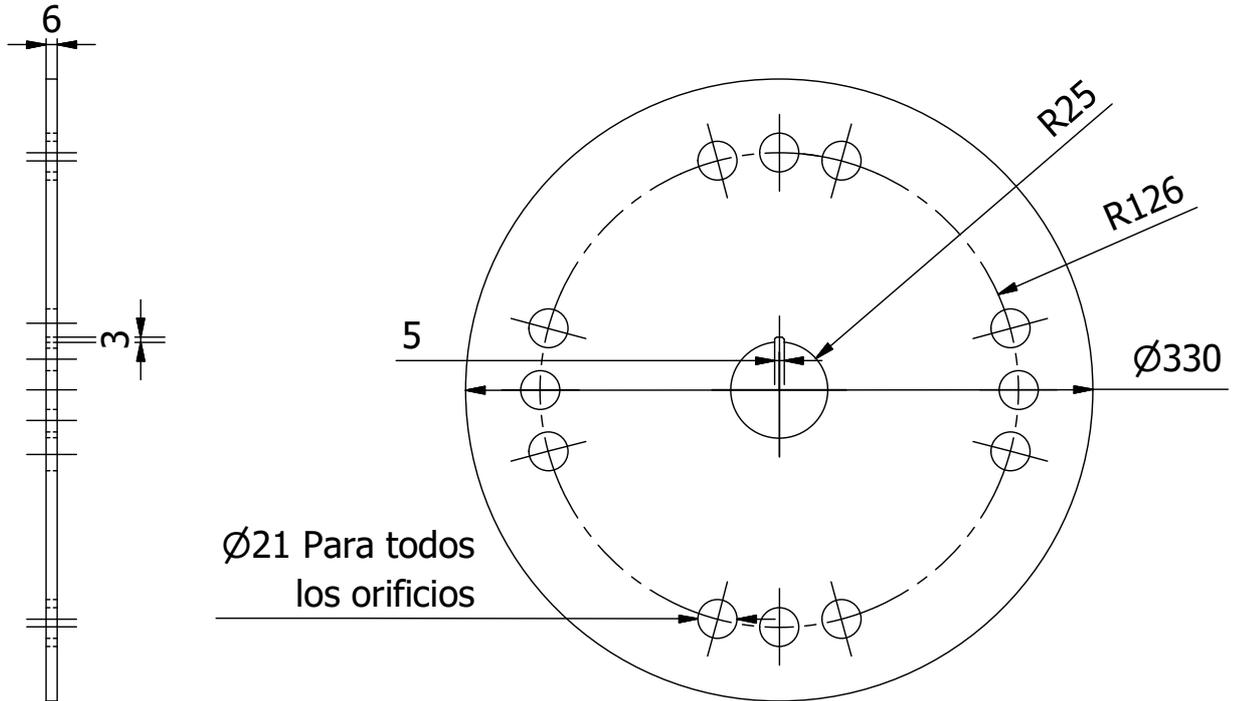
				Tolerancia		AISI 304	
				+/- 1,00			
				Dib.	Fecha	Nombre	Eje de transmisión
					08/01/17	Cuadrado I.	
				Rev.			
				Aprob.			Escala: 1:5
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_019
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				

N8 / (N7)



				Tolerancia		AISI 304	Separador de disco portamartillo	Escala: 1:1
				+ - 1,00				
				Dib.	Fecha 08/01/17	Nombre Cuadrado I.		
				Rev.				
				Aprob.				
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_020	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

(N9 / N10 / N7)



				Tolerancia		AISI 304	
				+/- 1,00			
				Dib.	Fecha	Nombre	Disco porta martillos
				08/01/17	Cuadrado I.		
				Rev.			
				Aprob.			Escala: 1:2,5
				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			LMM_021
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO