

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD EN UN
PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS VEGETALES**

**JAIME JOSÉ LLORENTE BANQUEZ
ROMÁN ALBERTO SARMIENTO FERREIRA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2008

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD EN UN
PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS VEGETALES**

**JAIME JOSÉ LLORENTE BANQUEZ
ROMÁN ALBERTO SARMIENTO FERREIRA**

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ALFONSO SANTOS JAIMES
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2008**

Nota de aceptación:

El documento presentado fue calificado y aprobado por los jurados y por el comité académico, bajo las normas vigentes de la universidad.

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, 29/07/08

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres quienes me apoyaron y confiaron en mí durante todo momento, a Lizzeth Vargas por su apoyo incondicional y motivación durante los momentos difíciles, gracias a Dios y a ellos pude culminar satisfactoriamente mi proyecto de grado.

JAIME LLORENTE BANQUEZ

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme la vida, a mis padres quienes han sido la fortaleza y apoyo en este proceso y en las duras pruebas de la vida, a mi hermano mi gran amigo incondicional, a Heidy Yisseth Sander Martinez (q.e.p.d), a Leidy Carolina Vergel Niño quien es la ilusión y las ganas que me llevan a seguir soñando y cumplir todas mis metas, gracias a ello pude culminar satisfactoriamente mi proyecto de grado.

ROMÁN ALBERTO SARMIENTO FERREIRA

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al ingeniero Alfonso Santos quien con su experiencia y conocimiento nos orientó y ayudó a superar todos y cada uno de los obstáculos que se presentaron durante la ejecución de este proyecto.

Agradecemos a Industrias Acuña Ltda. En especial a Miguel Ángel Acuña por su colaboración en la elaboración y puesta a punto del prototipo de este proyecto.

Agradecemos profundamente al señor José Poveda por su calidad humana y su aporte en la construcción de una parte importante del prototipo.

Al equipo de mantenimiento de la Universidad Pontificia Bolivariana, por su colaboración, en especial a Ludwing Casas por su ayuda en la elaboración de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1 EL ALGODÓN	17
1.1 HISTORIA	17
1.2 FRUTO.....	18
1.3 FISIOLOGÍA GENERAL.....	19
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA SIEMBRA.....	20
2 SEMILLA DE ALGODÓN.....	22
2.1 PRODUCTOS DE LA SEMILLA DE ALGODÓN.....	22
2.2 ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA DE ALGODON	25
3 PREPARACION DE LA SEMILLA PARA LA EXTRACCION DE ACEITE	27
3.1 LIMPIEZA	27
3.2 DESFIBRACIÓN DEL ALGODÓN DESPEPITADO	28
3.3 LA DESCASCARADORA:	28
4 PROCESO PARA LA EXTRACCION DE ACEITE	30
4.1 SEMILLA DE ALGODÓN ENTERA.....	30
4.2 CAMBIOS MACRO.....	31
4.3 SEMILLA DE ALGODÓN EXTRUSIONADA	32
4.4 CAMBIOS MICRO	33
4.5 LAS SEMILLAS PROPORCIONAN ACEITE O FORRAJE.....	33
5 MAQUINARIA PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE.....	34
6 USO DE ACEITE DE SEMILLA DE ALGODÓN PARA BIODIESEL.....	37
7 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	38
7.1 TORNILLO SIN FIN:.....	39
7.2 CANASTILLA.....	40

7.3	TUBO DE TRANSPORTE.....	41
7.4	CONO CONTRAPRESIÓN	41
7.5	LAMINAS Y BRIDAS	42
7.6	RODAMIENTOS.....	43
7.7	PORTA – RODAMIENTOS	43
7.8	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	43
8	EQUIPOS UTILIZADOS	46
8.1	MOTOR – REDUCTOR.....	46
8.2	RTD.....	46
8.3	SENSOR DE HUMEDAD.....	47
8.4	SOPLADOR TIPO INDUSTRIAL.....	48
8.5	VÁLVULA SOLENOIDE.....	49
9	COMPORTAMIENTO DE LA EXTRUSORA.....	50
9.1	TORNILLO SIN FIN	50
9.2	CANASTILLA.....	50
10	PRUEBAS REALIZADAS	52
10.1	LAMINACIÓN Y PORCENTAJE DE RESIDUOS	52
10.2	CALCULO DE RENDIMIENTO DE LA EXTRUSORA TIPO EXPELER.....	55
10.2.1	Determinación del rendimiento de la eficiencia de extracción de aceite en función de la temperatura y las revoluciones.....	55
10.2.2	Determinación del rendimiento de la eficiencia de extracción de aceite en función de la humedad y las revoluciones	59
	Figura 25. Semilla procesada y aceite extraído.	63
11	MONTAJE DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	64
12	MANUAL DE OPERACIÓN.	65
13	MANTENIMIENTO.....	67
14	CONCLUSIONES	69
15	RECOMENDACIONES.....	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	58
	ANEXOS.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de combinación de semilla laminada y cáscara.	54
Tabla 2. Prueba de temperatura realizada a 20 RPM.....	55
Tabla 3. Prueba de temperatura realizada a 30 RPM.....	56
Tabla 4. Prueba de temperatura realizada a 40 RPM.....	57
Tabla 5. Prueba de humedad realizada a 20 RPM	60
Tabla 6. Prueba de humedad realizada a 30 RPM	61
Tabla 7. Prueba de humedad realizada a 40 RPM	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruto o mota de algodón.....	19
Figura 2. Semilla de algodón desmotada.....	22
Figura 3. Localización del linter en la semilla.....	24
Figura 4. semilla de algodón procesada.	32
Figura 5. Extrusoras tipo prensa	34
Figura 6. Equipo de extracción de aceite.....	38
Figura 7. Tornillo sin fin diámetro variable paso interrumpido.....	39
Figura 8. Canastilla de compresión.....	40
Figura 9. Tubo de alimentación de la canasta	41
Figura 10. Cono de contrapresión.....	42
Figura 11. Bridas de sujeción.....	42
Figura 12. Porta-rodamientos	43
Figura 13. Tolva de alimentación y calentamiento	44
Figura 14. Ducto de calentamiento	44

Figura 15. Resistencias eléctricas del calentador	45
Figura 16. Motor – reductor	46
Figura 17. Sensor de temperatura o RTD	47
Figura 18. Sensor de humedad.....	47
Figura 19. Soplador industrial	48
Figura 20. Válvula solenoide tipo EVR.....	49
Figura 21. Semilla deslintada y descascarada.....	52
Figura 22. Semilla laminada	53
Figura 23. Semilla procesada a 80°C de temperatura.	59
Figura 24. Semilla procesada a 80°C y humedad del 6%.....	63
Figura 25. Semilla procesada y aceite extraído.	63

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Análisis en ANSYS del tornillo de extrusión.

ANEXO B. Planos detallados del prototipo de extracción de aceite.

ANEXO C. Planos detallados del sistema de calentamiento.

ANEXO D. Información y detalle de equipos utilizados.

GLOSARIO

ALMENDRA: pulpa de la semilla

ARICHE: sedimentos que pasan a través de la luz de la canasta

BIOCOMBUSTIBLE: es un combustible obtenido a partir de biomasa que funciona en cualquier motor de ciclo diesel, sin que sea necesaria ninguna modificación en los mismos

EXPELER: prensa para extraer aceite

LINTER: parte motosa o fibrosa residual de la semilla

LUZ DE CANASTA: distancia que existe entre las láminas de la misma

MOTA: fibra del algodón

TOLVA: contenedor de la semilla a la entrada de la maquina

TORTA: semilla residual a la cual se le ha extraído el aceite (bagazo)

TRANSFERIFICACIÓN: consiste en la mezcla de materias primas como aceites vegetales, grasa animal o aceite de algas, con alcohol.

RESUMEN

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD EN UN PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS VEGETALES

JAIME LLORENTE BANQUEZ, ROMÁN SARMIENTO FERREIRA

INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR: ALFONSO SANTOS JAIMES

PALABRAS CLAVES: BIOCOMBUSTIBLES, HUSILLO, EXPELER, ALGODÓN

El proyecto busca diseñar y construir un sistema de extracción de aceite tipo expeler para su aplicación en subproductos de cultivos agrarios; el equipo permitirá variar la temperatura y la humedad para determinar su influencia en el proceso de obtención de aceite a partir de la semilla de algodón.

En los últimos años la tendencia mundial de los países desarrollados ha estado orientada a la obtención de combustibles a partir de aceites vegetales y considerando que Colombia es un productor importante de algodón, palma, higuera y muchos otros, se hace indispensable buscar un uso más adecuado a los subproductos de estos cultivos.

El sistema consta de una etapa de precalentamiento, seguida de una etapa de compresión a través de un husillo o tornillo sin fin y por último una etapa de recolección tanto de aceite como de bagazo (parte sólida de la semilla). El aceite recolectado podrá ser utilizado en un proceso químico de producción de biocombustible en una etapa posterior.

ABSTRACT

**STUDY OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY IN A
PROCESS OF EXTRACTION OF OIL SEED PLANTS.**

**JAIME LLORENTE BANQUEZ, ROMÁN SARMIENTO FERREIRA
MECHANICAL ENGINEER**

MANAGER: ALFONSO SANTOS JAIMES

KEYWORD: BIO-FUELS, WORM, EXPELLER, COTTON

The project seeks to design and build a system of extraction of oil products for application in agricultural crops, the equipment will allow vary the temperature and humidity to determine their influence on the process of obtaining oil from the cottonseed.

In recent years the global trend in developed countries has been aimed at obtaining fuel from vegetable oils and considering that Colombia is a major producer of cotton, palm, higuera and many others, it becomes imperative to seek a more suitable use the products of these crops.

The system consists of a preheat stage, followed by a stage of compression through a screw or worm gear and finally a phase of collecting oil and bagasse (solid part of the seed). The oil collected may be used in a chemical process of biofuel production at a later stage.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad Colombia es un país que no se ha preocupado por la adaptación de tecnología que le permita explotar de una manera más eficiente todos los subproductos que provienen del sector agroindustrial para el uso en biocombustibles; por tal razón la facultad de ingeniería mecánica en convenio con otras facultades busca a través de un grupo de investigación, Gidetechma, desarrollar nuevas tecnologías que permitan obtener alternativas energéticas para suplir en parte la demanda actual del país.

El fin de este proyecto es construir una máquina de extracción de aceite de semillas vegetales que permita variar la temperatura y la humedad de esta, para cuantificar la eficiencia de la extracción en comparación con la existente en el medio. Se busca además, obtener la tecnología necesaria en la universidad y la región en la extracción de aceites, con el fin de fomentar la utilización de otras semillas oleaginosas e investigación de las mismas para la producción de biocombustible.

En Colombia es poco el uso industrial que se le da a la semilla de algodón, puesto que se utiliza en gran medida como alimento para animales y en una pequeña proporción en la obtención de aceite para consumo humano, desaprovechando así su potencial; se busca con el desarrollo de este proyecto ampliar los conocimientos en el diseño y construcción de maquinaria utilizada en la producción de aceite para la obtención de biocombustible además de su optimización e implementación en los laboratorios de diseño y energías de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

1 EL ALGODÓN

El algodón es una planta de gran importancia económica debido a que de sus frutos se obtiene la fibra de algodón. También se emplea la palabra algodón para referirse a la fibra.

Del algodón se obtienen diversos productos como aceite, materias primas para fabricar jabón y también pólvora, celulosa para utilizar en cosméticos, fibras para prendas de vestir, combustible para cohetes y recientemente se comprobó que el papel moneda del Euro está confeccionado íntegramente con algodón, en su mayoría importado de Estados Unidos.

1.1 HISTORIA

El algodón es la planta textil de fibra suave más importante del mundo y su cultivo es de los más antiguos. En un principio la palabra algodón significaba un tejido fino. El algodón fue el primer textil en la India. Los primeros escritos del algodón son textos hindúes, himnos que datan 1500 años A.C. y libros religiosos de 800 años A.C.

Los especímenes más viejos de productos fabricados con algodón datan desde unos 3000 años A.C. Eran fragmentos de tejidos muy elaborados en la región norte de la costa peruana. A partir del año 800 D.C. se encuentran menciones de fibras y tejidos en los países orientales.

Los árabes propagaron el algodón en los países mediterráneos y ese fue el origen de la industria del algodón en Barcelona. En el Siglo XV el comercio británico comenzó a desarrollarse.

La Cadena de algodón en Colombia está compuesta por los eslabones del cultivo, desmote, la producción industrial de hilados, textiles y confecciones. Durante varias décadas Colombia fue un importante productor y exportador de fibra de algodón, característica que fue perdiendo progresivamente hasta convertirse en un importador neto de este bien. La producción se sustentó en las ventajas de suelo y clima y en las altas cotizaciones internacionales que se registraron hasta principios de la década del noventa. A partir de 1993 la producción descendió fuertemente y el país se transformó en un importador de la fibra debido principalmente a la disminución en las cotizaciones internacionales y a la reducción de los aranceles para la importación de estos bienes.

En la actualidad alrededor del 50% del consumo de la industria es de origen extranjero proveniente en su mayoría de los Estados Unidos. Si tenemos en cuenta que Colombia registra menores costos de producción por tonelada y rendimientos similares a los de Estados Unidos, se podría inferir que es competitiva en el eslabón agrícola respecto a ese país

1.2 FRUTO

El fruto es una cápsula en forma ovoide con tres a cinco carpelos, que tiene seis a diez semillas cada uno (figura 1). Las células epidérmicas de las semillas constituyen la fibra llamada algodón. La longitud de la fibra varía entre 20 y 45 cm, y el calibre, entre 15 y 25 micras con un peso de 4 a 10 gramos. Es de color verde durante su desarrollo y oscuro en el proceso de maduración.

Figura 1. Fruto o mota de algodón



Tomado de: <http://www.novaciencia.com/2006/11/22/algodon-comestible-para-humanos/>

1.3 FISIOLÓGÍA GENERAL

El periodo vegetativo o ciclo del algodónero pasa por tres etapas bien diferenciadas que se deben tener muy en cuenta en su manejo:

1.3.1 Establecimiento del cultivo. Durante el cual se presentan los procesos de germinación, de tres a cuatro días y el crecimiento inicial o fase de plántula de 12 a 20 días.

1.3.2 Formación de estructuras. Comienza aproximadamente a los 30 días y termina a los 100. Incluye los procesos secuenciales de prefloración, de 30 a 40 días, floración de 20 a 25 días después de la diferenciación floral. Esta es una etapa crítica para el cultivo ya que, humedad, ventilación y calor juegan su papel habitual, en conjunto con la fertilidad del suelo y fructificación de 40 a 50 días entre la fecundación y la apertura de la cápsula.

1.3.3 Maduración. Se inicia a los 100 días de la siembra y se caracteriza por la apertura de cápsulas, es decir, la aparición del algodón fuera de las bellotas, en forma de copos retenidos dentro de los carpelos. Esta etapa termina con la recolección.

Después de la maduración del fruto se produce la dehiscencia, abriéndose la cápsula. La floración del algodón es escalonada, por lo que la recolección es también escalonada.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA SIEMBRA

Existen varias formas de siembra muy utilizadas, siembra de a campo libre, de lomo y con acolchado de plástico:

1.4.1 Siembra a campo libre. Este tipo de siembra es muy utilizada en zonas de regadío y de secano. Se utilizan sembradoras de chorrillo para la siembra mecanizada. Las dosis de siembra son de 8 a 10 unidades por golpe. Las semillas van pasando por las perforaciones de los discos de la sembradora y conforme avanza la sembradora se van distribuyendo en hilera las semillas a lo largo del terreno y a unas distancias exactas unas de otras.

Se aconseja que las semillas estén cubiertas por una capa de tierra de 3 a 4 cm de espesor para que sea más fácil la germinación de la semilla. De esta forma los cotiledones podrán desarrollarse y emerger al exterior del terreno.

1.4.2 Siembra en lomos. La siembra en lomos permite un oreo del terreno y una mayor acumulación de temperaturas en el terreno sin pérdidas de excesivas de la humedad. Con terrenos llanos y unas lluvias frecuentes se originarían encharcamientos en los suelos de cultivo que acabarían con la plantación, en cambio, terrenos alomados el agua circularía por el valle del lomo y la planta no moriría por asfixia.

Las últimas tendencias son efectuar una siembra temprana para igualmente, realizar una recolección temprana con un mayor rendimiento. El alomado es una técnica utilizada por muchos agricultores que consiste en construir un perfil en el terreno con unas crestas con valles sucesivos.

Los valles permiten evitar el encharcamiento que pudiera ocasionar las lluvias. La siembra en el algodón es muy delicada y de ella depende la emergencia de las plantas. Se realiza en primavera y cuando el terreno alcance una temperatura de 14 a 16°C para que se produzca la germinación de la semilla.

1.4.3 Siembra con acolchado de plástico. Como su nombre lo indica se hace por medio de colchas plásticas, muy eficiente, pero por su alto costo no es apto para nuestro país. [1]

2 SEMILLA DE ALGODÓN

El algodón en semilla o mota (figura2) se lleva hasta la fábrica de desmotado. Ahí se limpia con máquinas que lo despojan de las impurezas más grandes (hojas, tallos, cápsulas, etc.). Luego se desgrana, es decir, la fibra se separa de los granos. (Figura 2)

Figura 2. Semilla de algodón desmotada



Tomado de: www.ergomix.com/s_articles_view.asp?art=436

2.1 PRODUCTOS DE LA SEMILLA DE ALGODÓN

Los cuatro principales productos comerciales de la semilla de algodón son: el aceite, la torta y la harina, las cáscaras y los línteres.

Algunos de los productos primarios de las fábricas de aceite, particularmente el aceite y los línteres, se refinan, o se hacen con ellos muchos productos secundarios.

2.1.1 Aceite de semilla de algodón. El aceite es el más valioso de los cuatro productos mencionados. Por regla general asciende de 50 a 55% del valor económico de todos los productos de la semilla de algodón. La cantidad de aceite en la semilla es del 33% en peso básicamente es un producto alimenticio, casi todos sus productos secundarios, una vez refinados, entran a formar parte de los alimentos de consumo humano o animal. Las fábricas de extracción de aceite lo venden a las refinerías. El precio en estas transacciones se basa en el color, sabor y olor conjuntamente, y la pérdida al refinarlo. Estas características son determinadas de acuerdo con normas y con métodos establecidos por la Asociación Nacional de Productos de Semilla de Algodón.

El mercado de los productos derivados de la semilla de algodón presenta una competencia intensa. El aceite de semilla de algodón es un producto entre las numerosas grasas animales y aceites vegetales nacionales e importados que pueden usarse con los alimentos. Nacionalmente, su principal competidor directo es el aceite de habas de soya, cuya producción aumenta anualmente. El aceite de habas de soya tenía considerable ventaja en precio 6 en 1955. Cuando se usa como manteca en pastelería, o en margarina, el aceite de semilla de algodón debe competir con la manteca de cerdo y con la mantequilla, respectivamente.

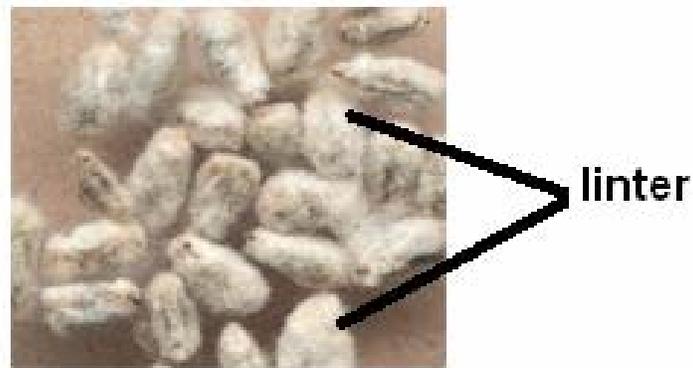
2.1.2 La torta o la harina de semilla de algodón. Estos tienen también muchos competidores. Los directos son la harina de habas de soya, la harina de linaza, la

harina de cacahuete y otros concentrados proteínicos. La competencia indirecta proviene de los cereales y otros forrajes.

2.1.3 La cascara de la semilla de algodón. Las diversas clases de ensilaje de gramíneas y maíz y sorgo compiten con las cáscaras de la semilla de algodón. A causa de su volumen, el mercado de las cáscaras es limitado geográficamente y su valor se determina en gran parte por las condiciones del mercado local.

2.1.4 Los línteres. Estos entran en el mercado de productos terminados en tal diversidad de formas, que no es factible enumerar todos sus competidores y su aspecto hace ver la semejanza al fruto del algodón. (Figura 3)

Figura 3. Localización del linter en la semilla



Tomado de: www.ergomix.com/s_articles_view.asp?art=436 (Modificado)

2.2 ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA DE ALGODON

Es una parte importante de las operaciones de la fabricación de aceites, porque si no se conduce adecuadamente las semillas pueden sufrir daños. Esto sucede de manera especial en el caso de que el contenido de humedad exceda el 10-11%.

La semilla húmeda almacenada en cantidad se calienta muy rápido y si no se atiende de inmediato puede alcanzar el grado de combustión. Con frecuencia la humedad de la semilla es demasiado elevada en cualquier región algodонера, sobre todo en algunas partes de la estación, por lo que no se puede almacenar inmediatamente.

Una de las indicaciones químicas de deterioro es la cantidad de ácidos grasos libres en el aceite extraído. El ácido graso libre reduce la cantidad y la calidad del aceite refinado obtenido. La humedad y la temperatura juntas estimulan el aumento del ácido graso libre, donde por cada unidad de porcentaje que suba el ácido graso libre reduce su valor en tres dólares por tonelada. El deterioro constituye una de las preocupaciones financieras de mayor importancia en las fábricas de aceite, y se hacen todos los esfuerzos posibles para reducirlo. A medida que llega a la fábrica de aceite la semilla de algodón y la descargan, generalmente la segregan en partidas de acuerdo con su estado de conservación. Esta separación suele basarse en el contenido de humedad, que puede averiguarse en seguida por medio de un aparato indicador de humedad. Si al recibir la semilla hay un lote en particular que tiene alto contenido de humedad o de ácidos grasos libres, debe pasar inmediatamente a los procesos de beneficio.

La semilla de algodón de este tipo comúnmente se recibe al principio y al final de la época de recolección y después de largos períodos de tiempo húmedo. En todo tiempo se ejerce una vigilancia estricta sobre la semilla de algodón almacenada. Se hace uso de pares termoeléctricos colocados profundamente en la semilla almacenada para descubrir cualquier recalentamiento. La aparición de un llamado "punto de calor" exige acción inmediata, bien sea en forma de enfriamiento o molienda.

La eficacia de la moderna refrigeración y del movimiento del aire ha hecho posible almacenar cantidades muy grandes de semilla de algodón en forma práctica y sin peligro. Siempre hay alguna pérdida en el almacenamiento, aún bajo las mejores condiciones; pero cuando la calidad de la semilla de algodón es de primera, estas pérdidas suelen ser insignificantes. Cuando la semilla de algodón tiene alto contenido de humedad y de ácidos grasos libres, no puede almacenarse sin peligro durante largo tiempo, aun cuando se disponga de los mejores elementos de refrigeración del aire. [2]

3 PREPARACION DE LA SEMILLA PARA LA EXTRACCION DE ACEITE

Para realizar la extracción de aceite se hace necesaria una preparación previa de la semilla porque dependiendo de que tan sucia entre a la extrusora, será mayor o menor la eficiencia.

3.1 LIMPIEZA

El primer paso en el proceso de beneficio de la semilla de algodón después de su almacenamiento es limpiarla. Uno de los procedimientos de limpieza más antiguos, que se usa mucho todavía, es el tambor. Es una criba cilíndrica giratoria, inclinada, con aberturas suficientemente grandes para que pase la semilla de algodón, mientras que las materias extrañas más gruesas quedan detenidas y gravitan hacia la extremidad más baja, donde son expelidas. Otro tipo de equipo de limpieza es la criba vibratoria rectangular, inclinada. Las semillas penetran por la extremidad más alta de la criba, donde son sometidas a una trepidación de avance y retroceso a alta velocidad. Las semillas atraviesan la criba, mientras que la basura y hojarasca son llevadas hacia la extremidad más baja. Otra criba vibratoria está colocada inmediatamente debajo, inclinada en dirección opuesta. Las aberturas en esta criba permiten que la arena y otras partículas pequeñas de materias extrañas pasen a través de ellas, mientras que las semillas son llevadas hasta la extremidad más baja. En el proceso de limpieza también se emplean limpiadoras neumáticas. Las semillas son primeramente sometidas a una fuerte corriente vertical de aire, que las eleva por encima de las materias extrañas más pesadas, que caen luego en una trampa.

Después, una corriente de aire a presión lanza las semillas en sentido horizontal contra una criba de alambre, la cual afloja la arena fina, el polvo y otras pequeñas partículas adheridas. Finalmente, las semillas caen a través de otra corriente horizontal de aire a presión de baja velocidad, que arrastra las materias extrañas ya aflojadas. La semilla de algodón está entonces lista para pasar a la máquina, que le quita los residuos de fibra y vello.

3.2 DESFIBRACIÓN DEL ALGODÓN DESPEPITADO

El vello, o fibra corta, que queda adherido a la semilla del algodón despepitado, se llama línteres, y la máquina que limpia esta fibra se llama ínter o linte rizadora.

Las máquinas linterizadoras, o línteres, están construidas siguiendo el mismo principio que las despepitadoras, pero tienen ciertos ajustes o modificaciones para realizar mejor el trabajo especial. Durante la operación, las semillas pasan a través de la máquina ínter una o más veces. Si pasan una sola vez, las fibras de línteres se conocen con el nombre de "clase de fábrica". Con mayor frecuencia se pasan dos veces, y el producto se llama línteres de "primer corte" y de "segundo corte". La proporción de línteres puede variar, pero usualmente el primer corte representa aproximadamente 25% y el segundo corte 75% del total de línteres extraídos.

3.3 LA DESCASCARADORA:

Una vez que ha sido desfibrado el algodón despepitado, se procede a quitarle la cáscara. Se usa uno de dos tipos de equipo: la descascaradora de banda o la de

discos. Esta última es parecida a un molino de fricción. tiene dos discos, uno rotatorio y uno fijo. La superficie de cada disco tiene ángulos salientes, o cuchillas, que irradian del centro. Los discos son cóncavos, a fin de que las semillas puedan entrar del centro y caminar por fuerza centrífuga hacia las orillas exteriores, donde son partidos o triturados entre las cuchillas giratorias y las fijas. La descascaradora de banda es la más usada actualmente. Consiste en una platina cóncava con cuchillas horizontales fijas colocadas en contacto con una segunda serie de cuchillas giratorias en un eje horizontal. Las semillas penetran entre las dos series de cuchillas, que parten o trituran las cáscaras. Luego de este procesamiento, pasan a un equipo de separación, el cual secar la parte carnosas.

Las cáscaras y las semillas son transportadas que extraen mas cantidad de partes carnosas, y por ultimo, una maquina que separa semillas enteras y son regresadas a la descascaradoras.

La perfección con que se han realizado estas operaciones determina en gran parte la calidad y cantidad del aceite y de la harina que se obtenga. [3]

4 PROCESO PARA LA EXTRACCION DE ACEITE

El proceso de extrusión de los alimentos es una forma de cocción rápida, continua, homogénea, de volúmenes industriales importantes. Mediante un mecanismo directo de inducción grande de energía mecánica, se aplica alta presión y temperatura, durante poco tiempo, a un alimento que se encuentra en proceso.

Como en toda cocción, hay una serie de cambios sustantivos a nivel de forma y contenido, del producto cocinado. Si al proceso de cocción le adicionamos, la alta presión a la cual se somete, observamos como dichos cambios se acentúan, y complementan con el corto tiempo de duración. Lo ideal de todo proceso es obtener buenos resultados, de una manera eficiente, y homogénea, que lleven a obtener un producto de altas cualidades y calidades para el consumo.

4.1 SEMILLA DE ALGODÓN ENTERA

La semilla de algodón entera, motosa ó con borra se ha utilizado como suplemento para la alimentación de rumiantes, con buenos resultados en producción de leche y carne. El proceso de temperatura y presión por 4 segundos, en la semilla de algodón genera cambios positivos a nivel de los azúcares, fibra, proteína, grasa, vitaminas, minerales, enzimas y factores antinutricionales; Dichos cambios en el producto, generan en el “laboratorio de la vaca”, de manera directa por la calidad y proporcionalidad de sus nutrientes (grasa proteína y fibra), una mejor y apropiada degradabilidad del alimento en el rumen, absorción ruminal y mayor asimilación digestiva, en consecuencia mejor condición corporal y

producción láctea; de manera indirecta un microambiente en el sistema que complementa y favorece el rumen para la producción de las cadenas de proteína bacteriana facilitando la degradación y absorción de los alimentos en su conjunto, aportando aminoácidos, péptidos, vitaminas (Colina, Biotina, Vitamina E) y minerales (Fe, Fósforo, Calcio, Magnesio, cobre, Zinc) que favorecen el transporte y la asimilación de nutrientes en el sistema digestivo posterior, de allí su alta eficacia en la conversión, al mejorar el metabolismo, la glucogénesis, y aporte de energía a través del ciclo de Krebs y del metabolismo de las grasas. La transformación macro y micro que se produce, se analiza a continuación en cada uno de sus aspectos.

4.2 CAMBIOS MACRO

Después de un largo proceso de investigación, de conocer las características físicas, nutritivas y de comportamiento de la semilla de algodón con borra en los procesos industriales, se desarrolló la maquinaria para un proceso de manejo industrial de la semilla, sin adición de sustancia alguna. Es del saber común las dificultades que se presentan al querer adicionar semilla de algodón motosa en los procesos agro-industriales o en los sistemas de alimentación automáticos. Las características morfológicas de la semilla de algodón con borra obstaculizan el flujo de las materias primas por los sistemas de transporte, triturado y homogenización en el producto balanceado final. La baja densidad y su característica fibrosa encarece los costos y no permite el flujo por los sistemas de almacenamiento y transporte. Esto adicionado a su alto contenido de aceite hace que sea fácilmente inflamable, y obstruya los sistemas de triturado, no permite su homogenización o peletizado en el producto final, en los procesos de extrusión convencionales, con vapor o secos; es por eso que es necesario procesar la semilla (figura 4).

Figura 4. semilla de algodón procesada.



Tomado de:

www.produccion_animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/34_extrusion_semilla_algodon.htm

4.3 SEMILLA DE ALGODÓN EXTRUSIONADA

Durante el proceso de extrusión se aplican presiones de hasta 1300 kilogramos por centímetro cuadrado, se alcanza temperaturas de hasta 140 °C., durante 4 cuatro segundos, lo cual da como resultado un producto de consistencia firme, de color café oscuro o marrón, de olor característico a “maíz tostado” que al enfriarse se compacta hasta ser sólido. Pero sometiéndose de manera continua e inmediata a un proceso de desmenuzado y enfriamiento, va adquiriendo un color café-verde, que después 72 horas de tiempo en almacenamiento, queda con olor a “maíz tostado” combinado con “aceite de cocina”. Presenta un aspecto en forma de harina-fibra aceitosa.

Como resultado de la transformación del producto, se logra reducir los costos de fletes, homogenización y transporte en los procesos industriales de alimentos balanceados, y facilita el proceso de peletización. Se requieren sistemas de admisión en las tolvas más amplios para facilitar su transporte o incorporarla en

las mezcladoras. Durante el tiempo de almacenamiento no se ha presentado problemas de ranciamiento en las grasas, compactación o calentamiento, en arrumes de 30 toneladas durante 90 días.

4.4 CAMBIOS MICRO

Las proteínas durante el proceso de extrusión presentan cambios en sus formas estructurales. Hay ruptura en las cadenas de aminoácidos e interacción con otros los nutrientes de la semilla de algodón, formando nuevos compuestos llamados “extrudados” o “extrusionados”.

Los cambios que se presentan en las formas estructurales se dan por los siguientes mecanismos: Desnaturalización, modificación de estructuras, cambiando sus propiedades funcionales.

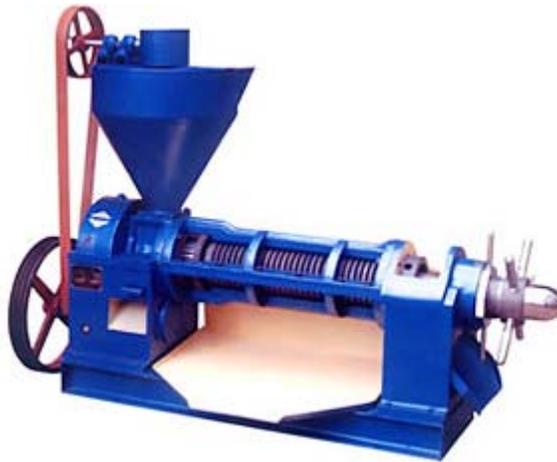
4.5 LAS SEMILLAS PROPORCIONAN ACEITE O FORRAJE

La almendra de la semilla es muy rica en aceite y proteínas, pero contiene un pigmento tóxico, el gosisol. Al triturar la almendra se obtiene un excelente aceite comestible, una vez eliminado el gosisol. El aceite de algodón es el sexto aceite vegetal del mundo en calidad y fineza. De excelente calidad, este aceite es rico en ácidos grasos polinsaturados y no contiene colesterol. Rica en proteínas, la pasta que queda luego de la extracción del aceite se transforma en forraje destinado a la alimentación de los rumiantes (vacas, borregos), únicos animales capaces de hacer inocuo el gosisol durante la digestión. La semilla de algodón es la segunda fuente mundial de proteína vegetal. [4]

5 MAQUINARIA PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE

Actualmente se usan tres métodos para la extracción de aceite de la pepita de la semilla. Estos son la prensa hidráulica, la de tornillo o expulsadota (figura 5) y el proceso de extracción por medio de solventes. Los dos primeros mecánicos y el último método químico.

Figura 5. Extrusoras tipo prensa



Tomado de: <http://www.gx.com.ar/?gclid=CMrk7bzC5JQCFQXtIAodiUWCQw>

Las pepitas procedentes de las descascadoras son prensadas entre rodillos. Estas operaciones se repiten hasta que la pulpa de las pepitas ha pasado cuatro veces entre los rodillos, saliendo al final en forma de copos muy finos. Los copos pasan a una caldera con grandes compartimentos. La cocción de la pulpa de la semilla de algodón tiene varios objetos. Rompe, o completa la ruptura comenzada por los

rodillos, las células oleíferas y aumenta la fluidez del aceite al elevar su temperatura. Coagula la proteína, facilitando esta acción la separación del aceite y de la torta. También destruye los mohos y las bacterias.

Entre las desventajas se cuentan el oscurecimiento del color del aceite y de la harina y la desnaturalización parcial de la proteína.

La mejor forma de describir una prensa hidráulica, es decir, que está compuesta de una serie de cajas rectangulares, colocadas una encima de otra sobre una base, y provista de un ariete hidráulico

Se aplica presión a este ariete, que a su vez empuja cada caja hacia arriba contra la inmediata superior, hasta que la que se halla colocada arriba se comprime contra la cabeza de la prensa una vez que la prensa esta cargada con tortas, se aplica una presión de 500 Psi para apretar la prensa y comenzar el escurrimiento del aceite. Al cabo de unos minutos se aumenta poco a poco la presión a toda capacidad durante siete minutos, hasta llegar a las 2000 Psi. El tiempo de prensado varia con el volumen de la pulpa que haya pasado por el molino, numero de cajas en la prensa, peso de las tortas y porcentaje de cascara de la semilla que hay en las tortas. En un molino que cuente con ocho prensas y tenga una capacidad de beneficio de cien toneladas de semillas algodón en 24 hs, el tiempo de prensado es de unos 30 minutos.

Después del prensado se recogen las tortas y se llevan a otro aparato, que les quita la tela de la prensa, Las tortas pasan después a través de un aparato que recorta los bordes blandos de la torta. Estos recortes contienen una considerable cantidad de aceite y son prensados nuevamente en una prensa pequeña de

tornillo y regresados a una caldera para ser tratados otra vez. La torta pasa a través de un triturador.

El material desmenuzado podrá luego aprestarse y venderse como torta triturada, mas comúnmente se muele y la harina se vende o se forma en pellas de tamaño. La prensa de tornillo necesita más fuerza que la prensa hidráulica, pero menos horas de labor manual. Es posible operar un molino de prensa de tornillo de una capacidad diaria de 100 a 120 toneladas con un operario por jornada, en lugar de siete u ocho en una operación con la prensa hidráulica. [5]

La principal desventaja de la prensa hidráulica, es que necesita mucha labor manual, esta desventaja se contrarresta usando la prensa mecánica de tornillo. Cuando se usa la Prensa de tornillo, los copos de la pulpa pasan de los rodillos a la caldera. La prensa tiene un tornillo que gira dentro de un tambor de acero colocado en sentido horizontal.

La pulpa entra por un extremo del tambor y sufre una presión muy alta, que puede llegar hasta las 10 a 12 toneladas por pulgada cuadrada. El aceite se exprime a través de pequeñas aberturas a medida que la pulpa camina a lo largo del tambor, y los residuos, en forma de copos, son expulsados en la otra extremidad. La prensa de tornillo requiere mas fuerza que la prensa hidráulica, pero menos horas de labor manual. [6]

6 USO DE ACEITE DE SEMILLA DE ALGODÓN PARA BIODIESEL

El uso por primera vez de aceites vegetales como combustibles, se remontan al año de 1900, siendo Rudolph Diesel, quien lo utilizara por primera vez en su motor de ignición - compresión y quien predijera el uso futuro de biocombustibles.

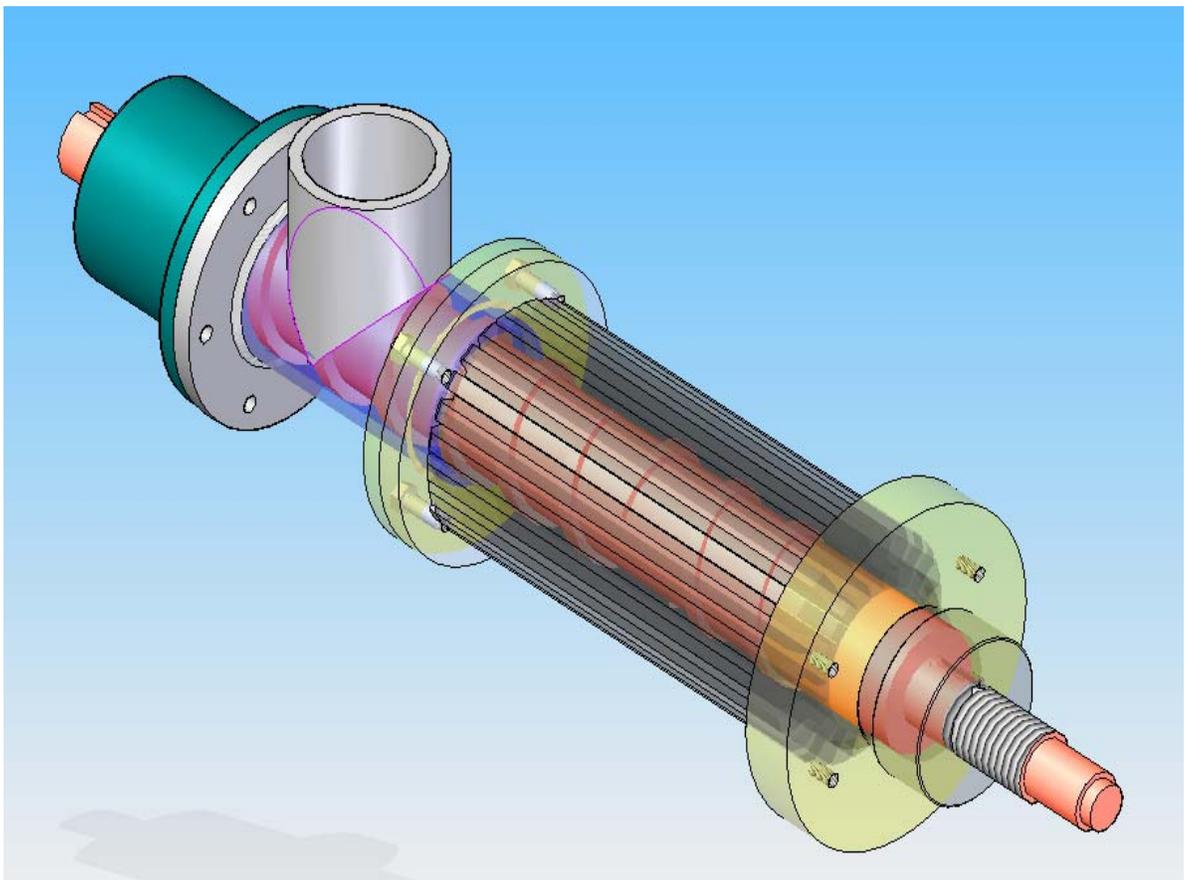
Durante la segunda guerra mundial, y ante la escasez de combustibles fósiles, se destacó la investigación realizada por Otto y Vivacqua en el Brasil, sobre diesel de origen vegetal, pero fue hasta el año de 1970, que el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética que se sucedía en el momento, y al elevado costo del petróleo. Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, pero solo hasta el año de 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de RME (Rapeseed Methyl Ester - metil éster aceite de semilla de colza). [7]

El biodiesel, en comparación con el diesel de recursos fósiles, puede producirse a partir de aceites vegetales de diferentes orígenes, como soya, maní y otros aceites vegetales, tales como el aceite para cocinar usado, o incluso, excremento animal. Para producir el biodiesel, el aceite se extrae de la semilla cultivada, dejando atrás harina de semilla que puede usarse como forraje animal. El aceite es refinado y sometido a la transesterificación, lo que produce glicerina como un derivado. El biodiesel puede usarse en su forma pura (100% biodiesel) o mezclado en cualquier proporción con diesel regular para su uso en motores de ignición a compresión.[8]

7 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Se diseñó un prototipo para la extracción de aceite de semilla de algodón, (Figura 6) el cual consta de un tornillo sin fin, canastilla de compresión, tubo de transporte, cono de contrapresión, laminas y bridas de sujeción y un porta - rodamientos. (Ver planos anexo A)

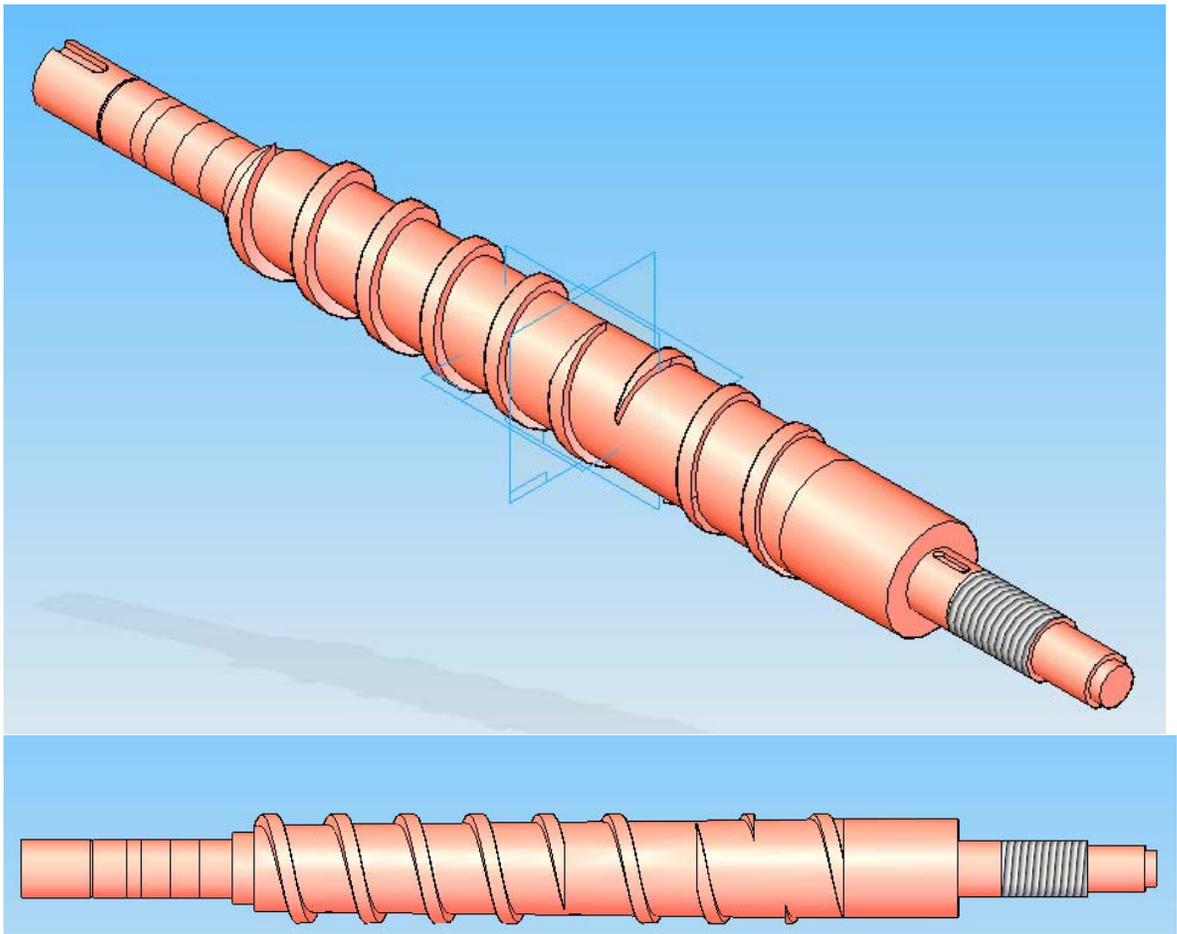
Figura 6. Equipo de extracción de aceite



7.1 TORNILLO SIN FIN:

En base al diseño detallado en SOLID EDGE y el análisis en ANSYS (ver anexo B) se diseño un tornillo sin fin como pieza cónica en Acero 4140 con paso constante de 48 mm y altura variable con relación de compresión de 2 :1 entre extremos y una parte roscada es de 45 mm. (Figura 7)

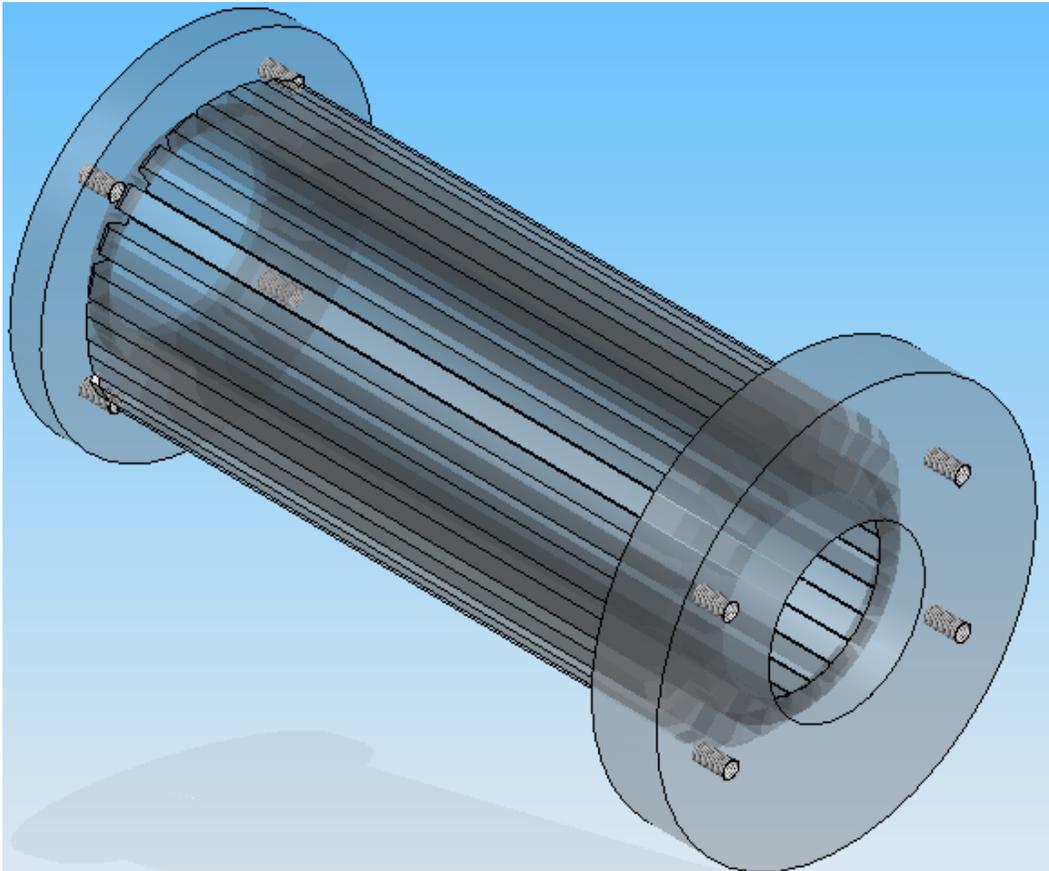
Figura 7. Tornillo sin fin diámetro variable paso interrumpido



7.2 CANASTILLA

Armadura en forma circular bipartida de 30cm de longitud, diámetro interno de 77mm, con platinas rectificadas de 1"X 3/8" a lado y lado de la misma para darle rigidez y especialmente para que resista las presiones internas, sujeta por bridas tipo bisagra. (Figura 8)

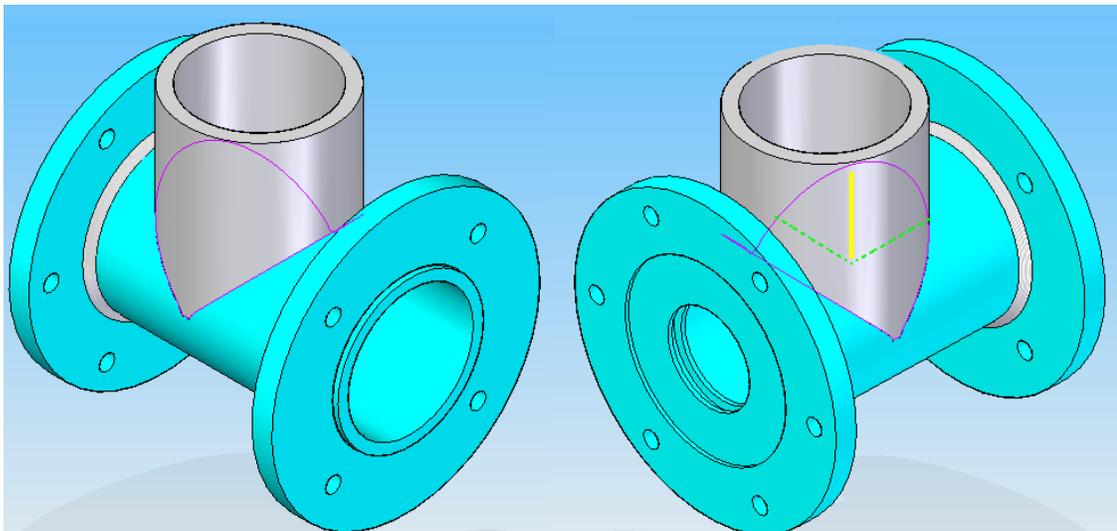
Figura 8. Canastilla de compresión



7.3 TUBO DE TRANSPORTE

Pieza unida a canastilla, con una longitud de 150mm, diámetro interno de 77mm y espesor de pared de 5mm (figura 9), utilizada para guiar el producto desde su entrada hasta la zona de dosificación o entrada de la canastilla.

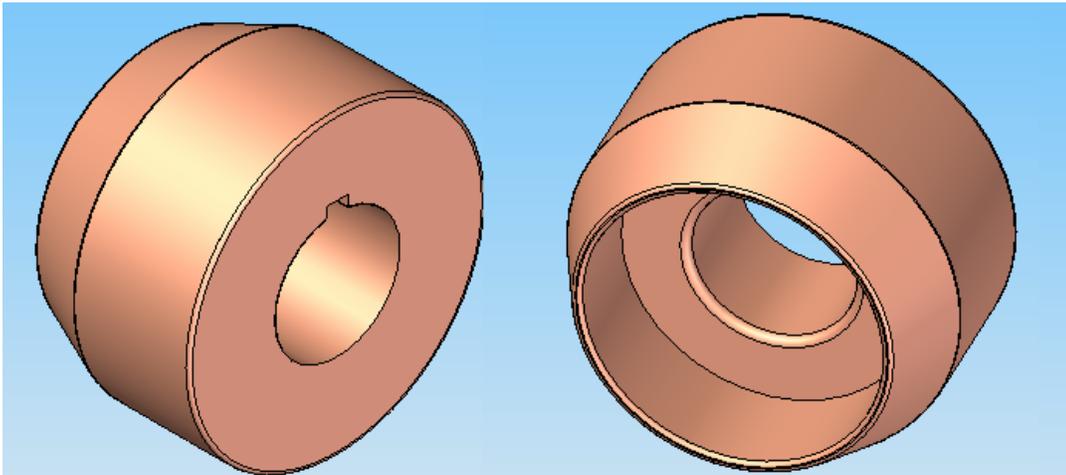
Figura 9. Tubo de alimentación de la canasta



7.4 CONO CONTRAPRESIÓN

Pieza utilizada para ejercer presión en sentido contrario al giro del tornillo sin fin (figura 10), esta encargada de presionar el bagazo o masa acumulada de semilla que queda al final de la canastilla aumentando la presión y facilitando la extracción del aceite.

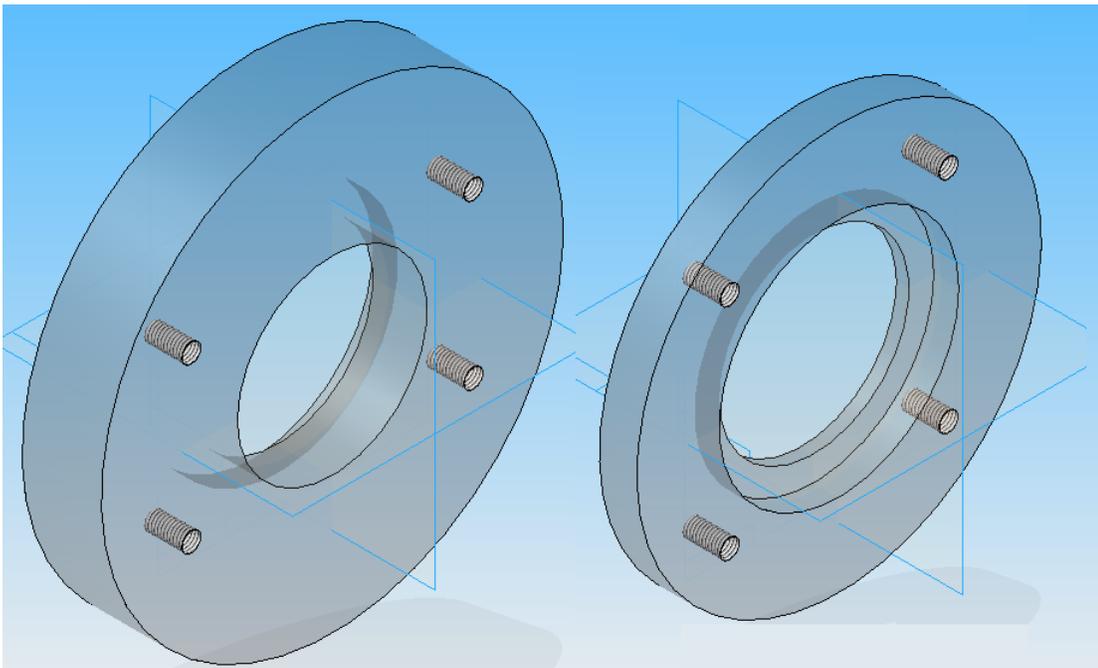
Figura 10. Cono de contrapresión.



7.5 LAMINAS Y BRIDAS

Piezas utilizadas para eliminar la fuerza radial ejercida en la canastilla a causa de la compresión; sirven también como elementos de seguridad y controlan la no separación de las dos partes de la canastilla. (Figura 11)

Figura 11. Bridas de sujeción



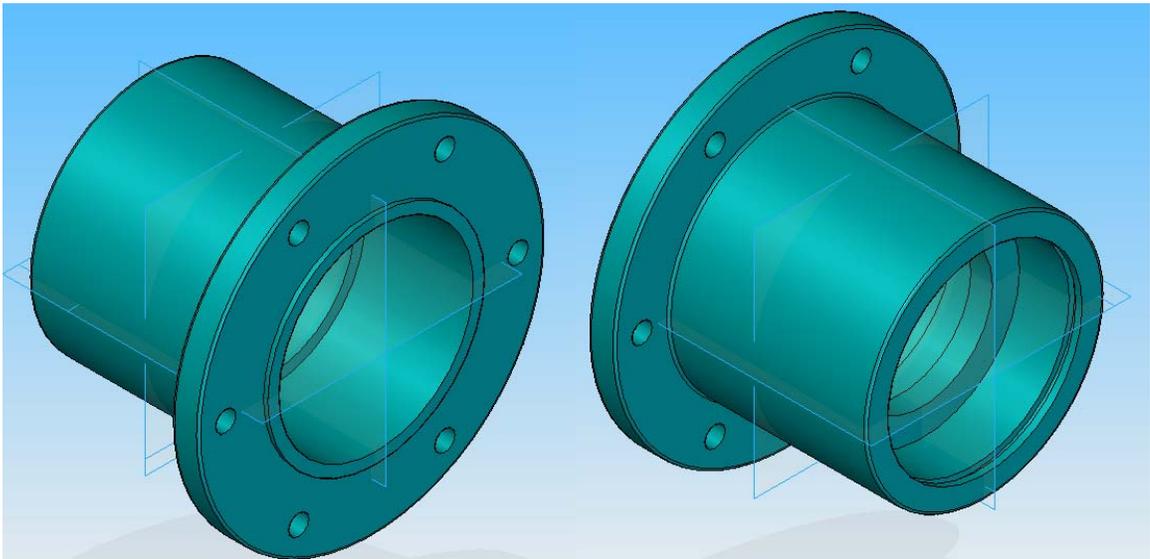
7.6 RODAMIENTOS

Se utilizó un rodamiento axial 30208 para soportar el arranque del motor y dos radiales 6308 para eliminar el piboteo del tornillo en la canastilla y la transmisión.

7.7 PORTA – RODAMIENTOS

Es utilizado para soportar la transmisión del tornillo y ajustado para la ubicación de los rodamientos. (Figura 12)

Figura 12. Porta-rodamientos



7.8 SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Se diseñó un sistema de calentamiento y humidificación para mejorar la eficiencia del sistema que consta de tolva y ducto de calentamiento. (ver planos anexo C)

7.8.1 Tolva. Utilizada para contener e introducir la semilla a la extrusora; con unos ductos ubicados en el interior suministra aire con una humedad y a una temperatura definida. (Figura 13)

Figura 13. Tolva de alimentación y calentamiento



7.8.2 Ducto de Calentamiento. Cilindro con puntas cónicas para la entrada de aire y salida del mismo hacia la tolva. (Figura 14)

Figura 14. Ducto de calentamiento



7.8.3 Resistencias Eléctricas. Se encuentran ubicadas en el interior del ducto de calentamiento, cada una con una potencia de 2000 W y una alimentación a 220V, estas resistencias son las encargadas de calentar el aire que entra al ducto. (Figura 15)

Figura 15. Resistencias eléctricas del calentador



8 EQUIPOS UTILIZADOS

8.1 MOTOR – REDUCTOR

Elemento utilizado para la transmisión de giro al tornillo, con una potencia de 4HP, 1730 RPM y una reducción 40:1 para incrementar el torque y garantizar una mayor compresión. (Figura 16)

Figura 16. Motor – reductor



Tomado de: www.icc-online.com.ar/.../index.html

8.2 RTD

Es un instrumento utilizado para medir la temperatura de la semilla (Figura 17). Esta localizado en la parte inferior de la tolva dentro de un termopozo de acero inoxidable con una tolerancia de 2mm entre ambos. (ver en anexo D)

Figura 17. Sensor de temperatura o RTD



8.3 SENSOR DE HUMEDAD

Instrumento utilizado para medir la humedad de la semilla (Figura 18), esta localizado en el lado posterior de la RTD. (Ver anexo D)

Figura 18. Sensor de humedad



8.4 SOPLADOR TIPO INDUSTRIAL

Ubicado en la entrada del ducto de aire, tiene una potencia de 1400w un caudal de $8.3 \text{ m}^3/\text{min}$, (Figura 19) que al pasar por las resistencias se calienta y al llegar a la tolva aumenta la temperatura de entrada de la semilla a la extrusora, permitiendo un alza en cuanto a la eficiencia. (ver anexo D)

Figura 19. Soplador industrial



8.5 VÁLVULA SOLENOIDE

Las EVR son válvulas de solenoide de accionamiento directo o servo accionadas para tuberías de líquido, de aspiración o de gas caliente (Figura 20). Son adecuadas para unidades de condensación y centrales de compresores en todas las aplicaciones de refrigeración, congelación y aire acondicionado y son compatibles con refrigerantes fluorados, incluyendo refrigerantes de alta presión. (ver anexo D)

Figura 20. Válvula solenoide tipo EVR



9 COMPORTAMIENTO DE LA EXTRUSORA

La extrusora consta de dos partes esenciales: tornillo y canastilla; el tornillo es el encargado de transportar la semilla y en la canastilla se comprime la semilla para la extracción de aceite.

9.1 TORNILLO SIN FIN

Es la pieza utilizada para transportar la semilla desde la salida de la tolva hasta la salida de la canastilla, la altura es variable y el paso constante para garantizar cantidad de producto y máxima compresión a la salida.

Esta construido con hélice interrumpida para así localizar en las separaciones unas laminas que no permiten que el producto se pegue a él y de esta forma facilitar el transporte de la semilla. La cantidad de semilla transportada es constante y su rapidez depende del tratamiento previo que se le de a la semilla y las revoluciones del tornillo.

9.2 CANASTILLA

Es la parte de la extrusora donde se presenta la compresión de la semilla y por lo tanto la extracción del aceite. La compresión ocurre cuando la semilla llega al ultimo paso del tornillo y como este tiene una hélice pequeña se compacta creando una sección de masa acumulada que solo tiene de salida la separación entre las laminas de acero calibrado que conforman la canastilla, que es de tan

solo 0.2 milímetros; en esta parte de la canastilla se genera la mayor presión del sistema y por lo tanto la mayor temperatura.

En la canastilla es necesario ubicar unas bridas tipo bisagra para soportar la presión generada por la compresión que se da entre el tornillo y la pared interna de la misma; la temperatura y la humedad dentro de la canastilla facilita considerablemente la compresión y la extracción del aceite. Cabe resaltar que se necesita una hermeticidad del 100% en lo posible ya que si se llegara a separar tan solo 1 milímetro la canastilla seria necesario detener el proceso ya que la presión se empezaría a perder y podría generar un daño a la maquina y a los que la manipulan.

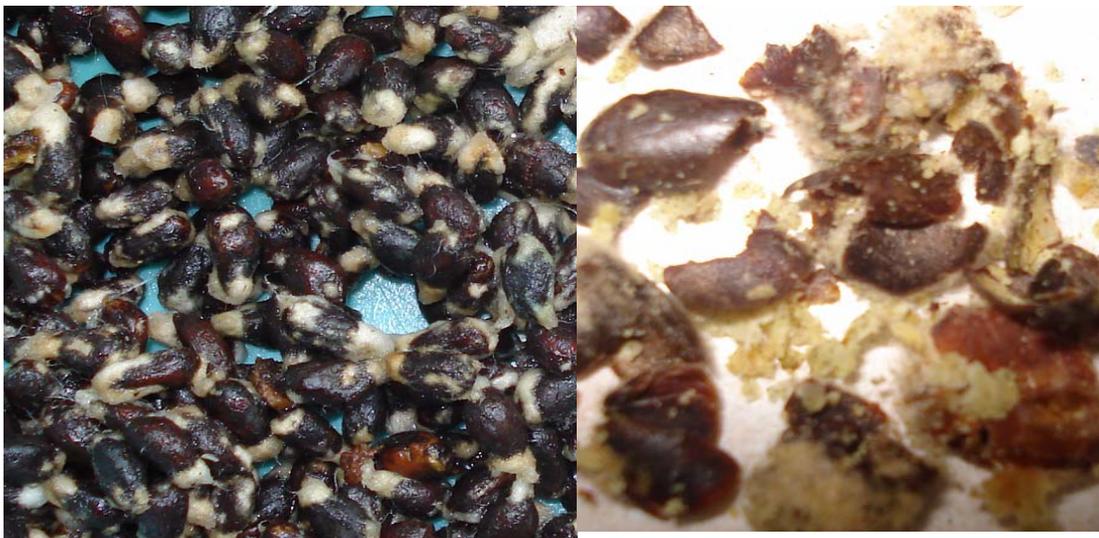
10 PRUEBAS REALIZADAS

Antes de realizar las pruebas de extracción, la semilla se debe preparar por ser un tratamiento a nivel micro en comparación con el industrial ya que se trata de un prototipo.

10.1 LAMINACIÓN Y PORCENTAJE DE RESIDUOS

Luego de haber deslindado la semilla en su totalidad, se descascara y una vez descascarada se tiene solo la pulpa o almendra de esta (Figura 21). El porcentaje de pulpa luego de los procesos mencionados es de aproximadamente el 99%.

Figura 21. Semilla deslindada y descascarada



Una vez se tiene la pulpa o almendra esta debe ser laminada ya que en un inicio el aceite se encuentra en pequeños compartimientos internos de la almendra y la

única forma de romper los compartimientos es laminándola a 0,25 milímetros.
(Figura 22)

Este proceso se hace con una maquina de rodillos separados a la distancia que se desee laminar, la semilla utilizada en las pruebas fue suministrada por ACOSINÚ S.A, la cual traía los procesos de deslizado, descascarado y laminado.

Figura 22. Semilla laminada



El inconveniente principal que se tiene con esta semilla laminada en el prototipo, es que es muy suave y en su gran mayoría pasa directamente o se cuelga a través de las luces de apertura de la canasta, así que se hace necesario hacer una mezcla entre la cáscara y la almendra laminada.

Se determinó por medio de las pruebas realizadas a 30 RPM y temperatura ambiente que la mejor relación de combinación entre la almendra y la cáscara es de 7 a 1 (tabla 1); ya que las pérdidas que se traducen en lo que se pasa por las luces de la canasta son bajas y la cantidad de aceite extraído en gramos es mayor.

Tabla 1. Relación de combinación de semilla laminada y cáscara.

Almendra (g)	Cáscara (g)	Relación almendra cáscara	Perdidas (g)	Cantidad de Aceite extraído (g)
9000	1000	9	63	70
7000	1000	7	48	81
5000	1000	5	39	44
3000	1000	3	36	32

Luego de haber realizado las pruebas de relación de combinación y teniendo ese dato se prosigue a evaluar como afecta la temperatura y las RPM del tornillo (tablas 2, 3 y 4) la eficiencia de extracción de aceite en el prototipo a una humedad constante (ambiente).

Las revoluciones del tornillo fueron modificadas mediante la implementación de un variador de velocidad de 6HP adaptado al motor - reductor de 6HP.

10.2 CALCULO DE RENDIMIENTO DE LA EXTRUSORA TIPO EXPELER

La eficiencia de la extrusora se define como la relación entre la cantidad de masa de semilla a la entrada y la cantidad de aceite extraído en gramos y esta definida por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\text{Peso aceite}}{\text{Peso semilla}} \times 100$$

Donde:

Peso aceite = Cantidad de aceite extraído en gramos

Peso semilla = Cantidad de semilla ingresada a la maquina

10.2.1 Determinación del rendimiento de la eficiencia de extracción de aceite en función de la temperatura y las revoluciones Las pruebas se realizaron a 20, 30 y 40 RPM, para las temperaturas 30, 50 y 80°C (Graficas 1, 2 y 3). Todos los ensayos fueron realizados a la humedad ambiente de la semilla con una cantidad de 1000g de semilla preparada.

Tabla 2. Prueba de temperatura realizada a 20 RPM

TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD SEMILLA (g)	CANTIDAD ACEITE (g)	EFICIENCIA (%)
30	1000	90	9
50	1000	148	14,8
80	1000	167	16,7

El tiempo de ejecución de la prueba fue de 10 minutos 28 segundos.

Grafica 1. Prueba de temperatura realizada a 20 RPM

Variación de la eficiencia de extracción de aceite a 20 RPM en función de la temperatura

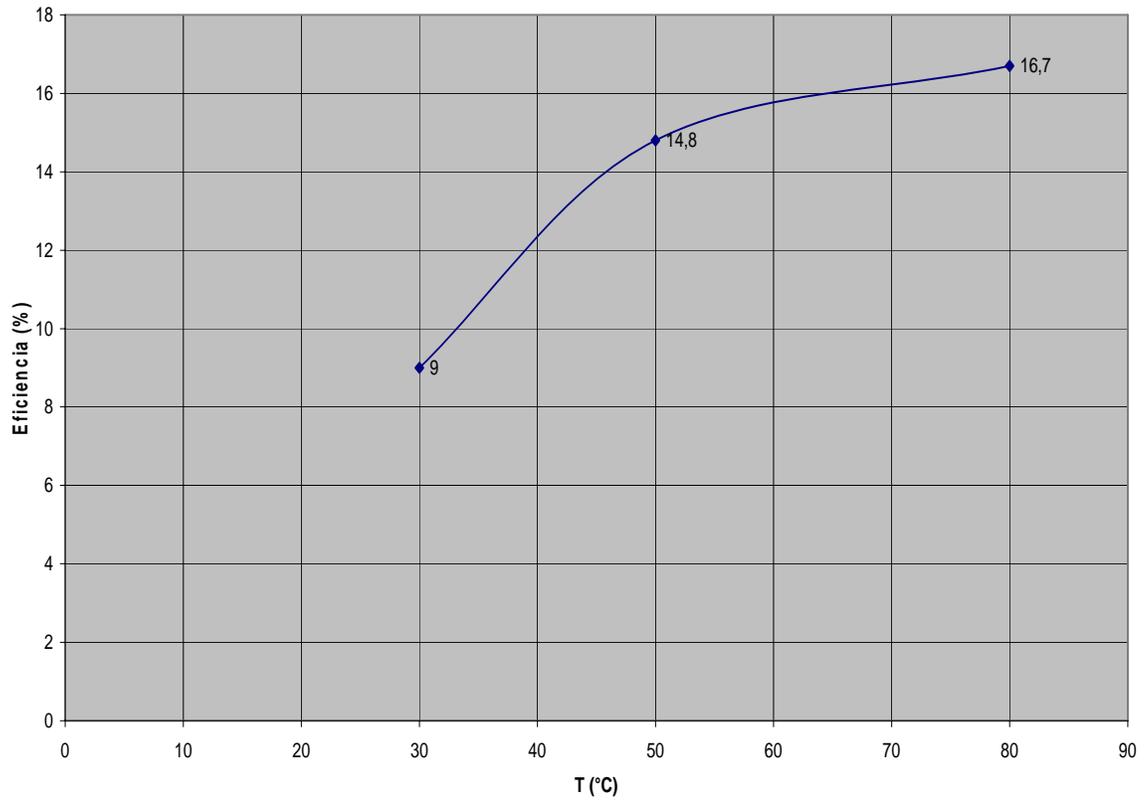


Tabla 3. Prueba de temperatura realizada a 30 RPM

TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD SEMILLA (g)	CANTIDAD ACEITE (g)	EFICIENCIA (%)
30	1000	81	8,1
50	1000	142	14,2
80	1000	160	16

El tiempo de ejecución de la prueba fue de 5 minutos 32 segundos.

Grafica 2. Prueba de temperatura realizada a 30 RPM

Variación de la eficiencia de extracción de aceite a 30 RPM en función de la temperatura

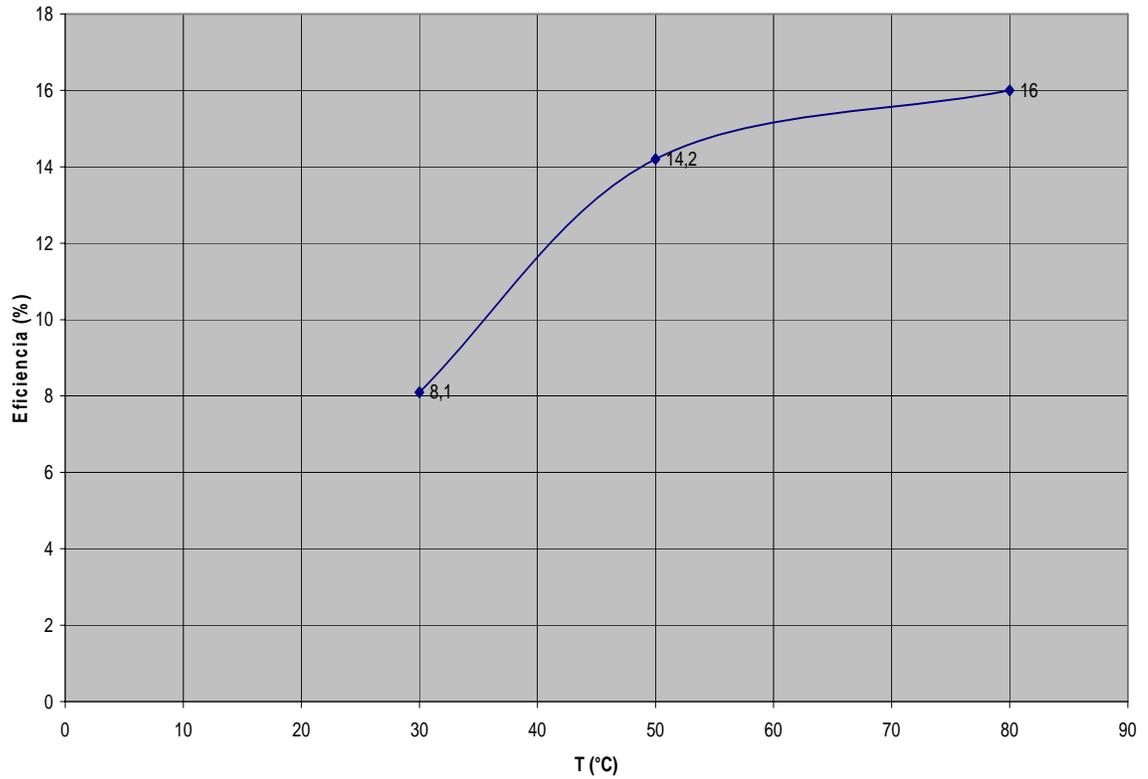


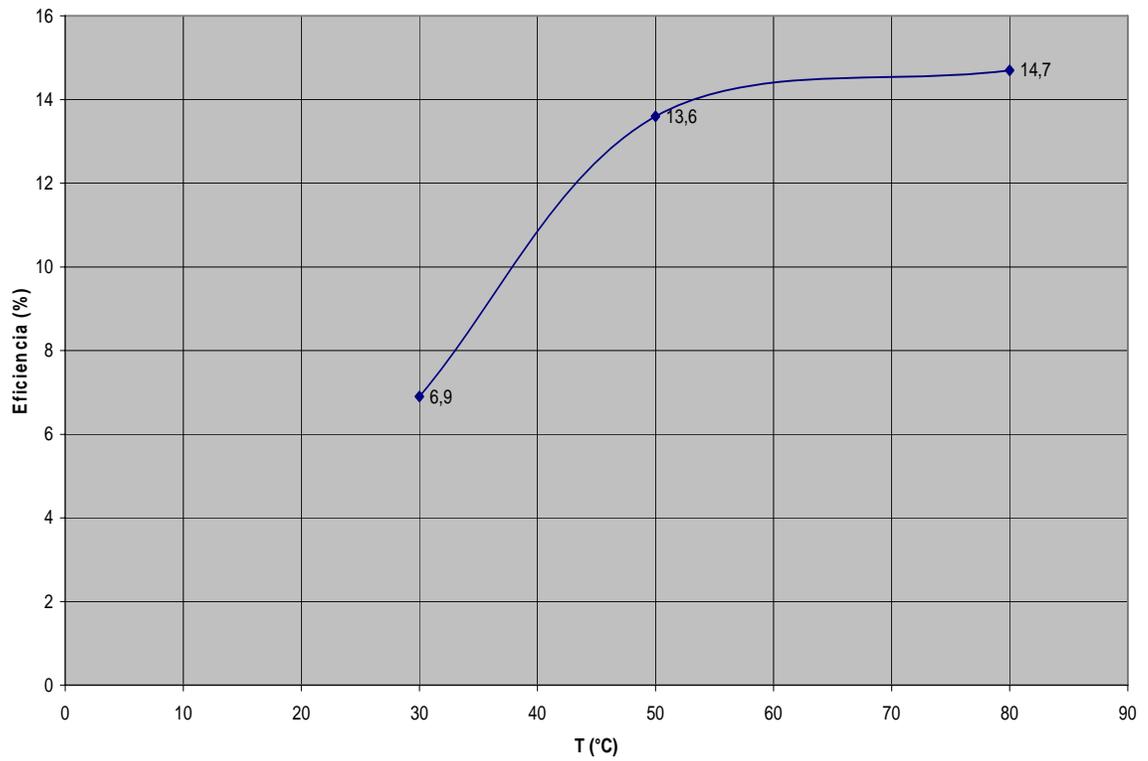
Tabla 4. Prueba de temperatura realizada a 40 RPM

TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD SEMILLA (g)	CANTIDAD ACEITE (g)	EFICIENCIA (%)
30	1000	69	6,9
50	1000	136	13,6
80	1000	147	14,7

El tiempo de ejecución de la prueba fue de 3 minutos 43 segundos.

Grafica 3. Prueba de temperatura realizada a 40 RPM

Variación de la eficiencia de extracción de aceite a 40 RPM en función de la temperatura



Luego de haberse realizado las pruebas a 3 velocidades, 3 temperaturas diferentes y humedad constante, se hace claro ver que a 30 RPM y 80°C es mayor la eficiencia de extracción, (figura 23) además el tiempo que demora en procesar 1000 gramos es menor, razón por la cual se toma esta temperatura para realizar las pruebas de humedad con el fin de determinar que tanto afecta la extracción.

Figura 23. Semilla procesada a 80°C de temperatura.



10.2.2 Determinación del rendimiento de la eficiencia de extracción de aceite en función de la humedad y las revoluciones Las pruebas se realizaron a 20, 30 y 40 RPM, para las humedades 6, 8 y 10 (Gráficas 4, 5 y 6). Todos los ensayos fueron realizados a una temperatura de 80°C con una cantidad de 1000g de semilla preparada. Cabe agregar que la humedad máxima de la semilla a la cual se puede procesar es del 10% porque a partir de allí el aceite extraído pierde sus propiedades químicas y la alimentación se hace más difícil.

Tabla 5. Prueba de humedad realizada a 20 RPM

HUMEDAD (%)	CANTIDAD SEMILLA (g)	CANTIDAD ACEITE (g)	EFICIENCIA (%)
6	1000	176	17,6
8	1000	169	16,9
10	1000	163	16,3

El tiempo de ejecución de la prueba fue de 13 minutos 13 segundos.

Grafica 4. Prueba de humedad realizada a 20 RPM

Variación de la eficiencia de extracción de aceite a 20 RPM en función de la humedad

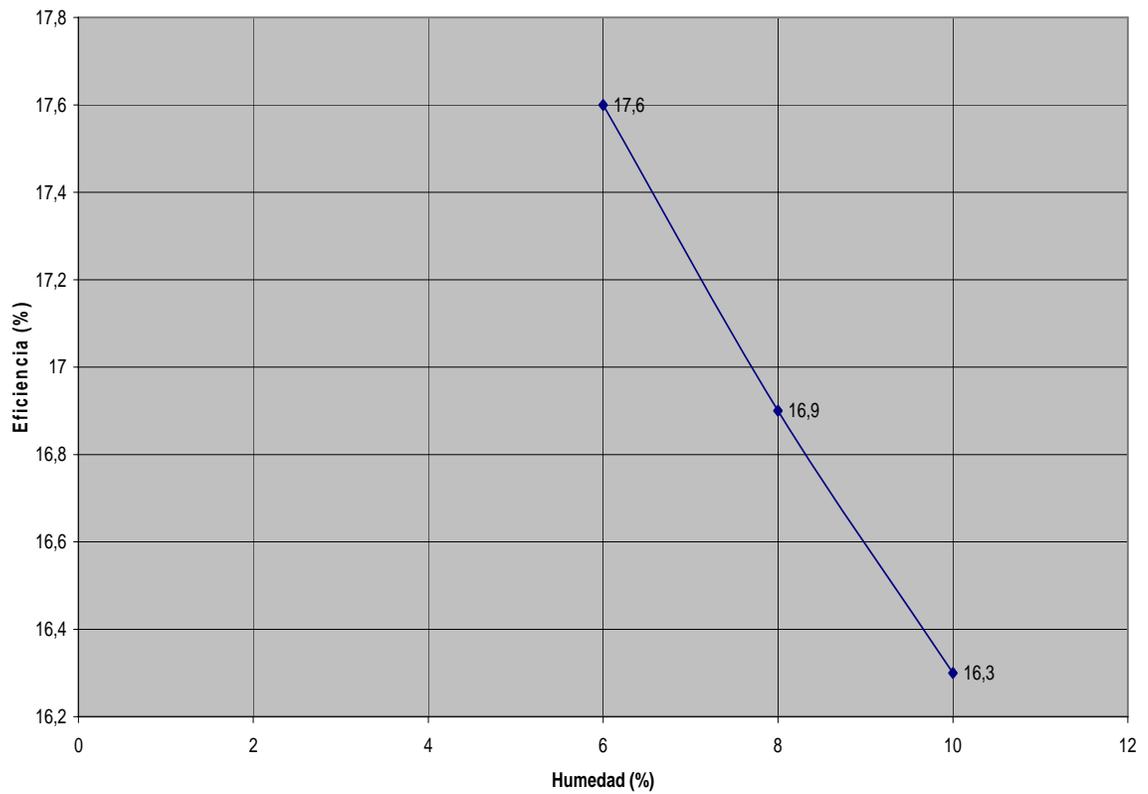


Tabla 6. Prueba de humedad realizada a 30 RPM

HUMEDAD (%)	CANTIDAD SEMILLA (g)	CANTIDAD ACEITE (g)	EFICIENCIA (%)
6	1000	175	17,5
8	1000	169	16,9
10	1000	160	16

El tiempo de ejecución de la prueba fue de 7 minutos 52 segundos.

Grafica 5. Prueba de humedad realizada a 30 RPM

Variación de la eficiencia de extracción de aceite a 30 RPM en función de la humedad

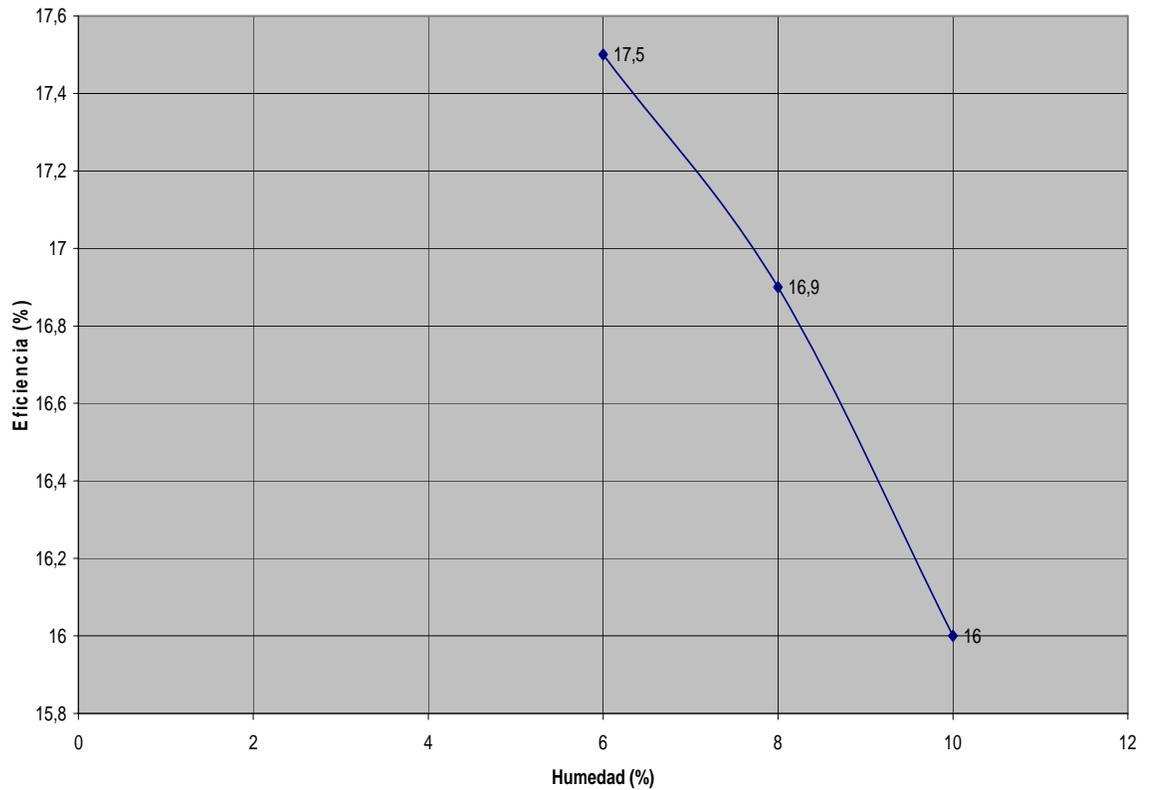


Tabla 7. Prueba de humedad realizada a 40 RPM

HUMEDAD (%)	CANTIDAD SEMILLA (g)	CANTIDAD ACEITE (g)	EFICIENCIA (%)
6	1000	160	16
8	1000	157	15,7
10	1000	153	15,3

El tiempo de ejecución de la prueba fue de 6 minutos 58 segundos.

Grafica 6. Prueba de humedad realizada a 40 RPM

Variación de la eficiencia de extracción de aceite a 40 RPM en función de la humedad

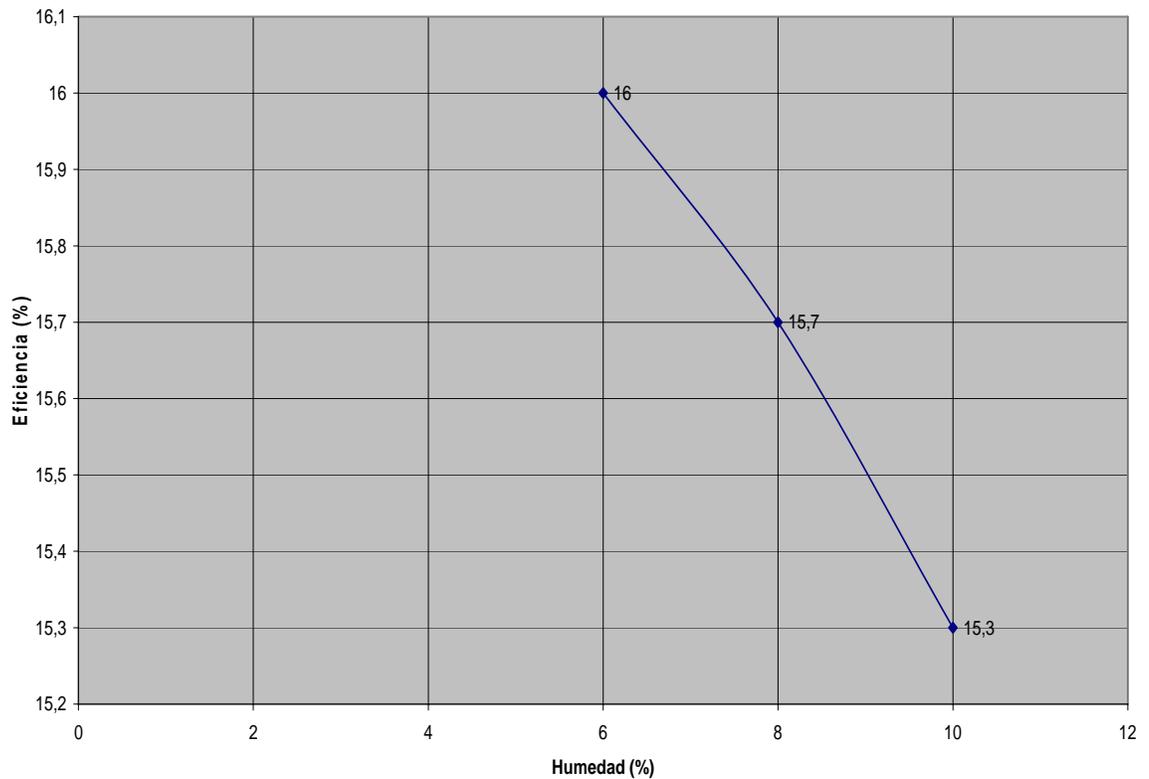


Figura 24. Semilla procesada a 80°C y humedad del 6%.



Luego de haberse realizado las pruebas a 3 velocidades, 3 humedades diferentes y temperatura constante, se hace claro ver que a 30 RPM y 6% de humedad es mayor la eficiencia de extracción, (figura 24) además el tiempo que demora en procesar 1000 gramos es menor; la consistencia de la torta o vagazo con los cambios de temperatura y humedad tiene una diferencia física considerable. (Figura 25)

Figura 25. Semilla procesada y aceite extraído.



11 MONTAJE DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

Para garantizar un óptimo funcionamiento u operación del prototipo es necesario seguir cuidadosamente los siguientes pasos para el montaje:

- Observe y verifique que los soportes se encuentren bien sujetos y paralelos a la base.
- Ubique la parte inferior de la canasta (esta se encuentra provista de dos cuchillas laterales) y atorníllela a la base teniendo en cuenta que la brida de mayor espesor debe ir ubicada en la parte de salida de la semilla compactada.
- Ubique la parte superior de la canasta teniendo en cuenta al igual que la otra la misma ubicación de la brida y atorníllela a la base.
- Coloque las bridas de sujeción de tal forma que queden equidistantes una de la otra y asegúrese de que los tornillos queden bien roscados.
- Ajuste el cono contra presión con la tuerca hasta la marca.

12 MANUAL DE OPERACIÓN.

Antes de operar el prototipo, asegúrese de que el montaje se haya realizado cumpliendo cuidadosamente los anteriores pasos para así ponerlo en marcha de la siguiente manera:

- Ubique el sistema de calentamiento de tal forma que el tubo de calentamiento quede totalmente horizontal al prototipo.
- Verifique que las conexiones eléctricas de los sensores de humedad, temperatura resistencias y el motor se encuentren aisladas y conectadas al taco correctamente.
- Instale el soplador industrial de tal forma que ajuste de acuerdo las guías que tiene el cono de la entrada del tubo de calentamiento.
- No opere el soplador en atmósferas gaseosas o explosivas. Los motores en estas unidades producen chispas en condiciones normales, y estas chispas pueden originar la ignición de los vapores.
- Introduzca la semilla en la tolva conservando la relación 7 a 1 entre semilla deslintada y tostada.
- Encienda las resistencias, el soplador y abra la válvula de paso de agua e inicie el calentamiento y humidificación de la semilla hasta la temperatura y humedad adecuada.

- No intente maniobrar el sistema de calentamiento encendido sin antes ponerse guantes de seguridad para temperatura.
- Luego de alcanzar la temperatura y humedad ideal encienda el motor y verifique que el sentido de giro es el adecuado, es decir, que éste transporta en sentido negativo.
- No intente empujar la semilla con las manos ni con otro objeto.
- Verifique que la bandeja de recolección de aceite se encuentre en su sitio (debajo de la canasta) y bien aseada.
- Colóquese gafas y aléjese del prototipo hasta que este presente algún inconveniente o necesite más suministro de semilla, ya que en el momento de la compresión salen chorros de aceite con una temperatura que puede afectar su salud.
- Después de finalizado el proceso desconecte todos los equipos eléctricos y no toque la estructura hasta que esta alcance una temperatura ambiente.
- Dejar un tiempo para que los residuos de aceite que quedan en la canasta terminen de caer a la bandeja y si es posible utilizar laminas o paletas debidamente esterilizadas para no contaminar el producto y así eliminar perdidas en el sistema.

13 MANTENIMIENTO

Luego de operar la maquina y haber realizado la prueba es necesario realizar un cuidadoso y detallado mantenimiento a cada una de las piezas del prototipo para que así su duración y eficiencia no se vean afectadas por el desgaste y el descuido; por lo tanto es necesario después de operar el prototipo realizar siempre lo siguiente:

- Retire el sistema de calentamiento, separe cada una de sus partes y con una estopa seca retire todas las impurezas y residuos de semilla que pueda tener.
- Desconecte todos los cables de los equipo y guárdelos en un lugar seguro.
- Desenrosque los tornillos que sujetan las bridas de sujeción o costillas como primera mediada para desarmar la canasta.
- Suelte los tornillos de la parte superior de la canasta y retírela, luego proceda a retirar la parte inferior de igual manera.
- Retire el ariche o masa que se encuentra entre las luces de la canasta para que en una prueba individual posterior no se vea afectada la eficiencia por residuos de una prueba anterior.
- Use aire a presión para soplar la camisa y límpiela con una estopa sin usar.

- Retire la masa que se acumula en las hélices del tornillo con una espátula pequeña, teniendo en cuenta no dejar ningún residuo.
- Retire el cono contrapresión y límpielo en seco.
- Revise durante y después de cada proceso la temperatura del motor
- Guarde cada una de las partes en un lugar seco y envuélvalas con papel periódico.

14 CONCLUSIONES

Se dedujo que es de suma importancia que la semilla que se va utilizar en el proceso de extracción haya pasado por el preproceso de deslizado, descascarado y laminado, así como también tener en cuenta la proporción 7 a 1 ya analizada.

Se construyó una maquina de extracción de aceites tipo expeller que permite variar el tiempo de permanencia por medio de un cono de contrapresión, la temperatura por medio de resistencias y la humedad de la semilla por medio de una válvula de solenoide de paso de agua tipo on/off.

El prototipo construido tiene una eficiencia 17,5% este valor concuerda con la literatura encontrada donde los valores oscilan entre 12 - 18% dejándonos claro que se esta dentro del rango existente.

Las pruebas que se realizaron a una humedad constante (ambiente) y una temperatura variable muestran un comportamiento directamente proporcional entre la temperatura y la eficiencia.

Las pruebas realizadas a temperatura constante y variación de la humedad no tienen un comportamiento uniforme ya que si la humedad es demasiado baja la

semilla se seca y si la humedad sobrepasa el 10 % el aceite sale contaminado y la extracción es poca.

La semilla no puede sobrepasar los 95°C constantes, es decir aguanta una temperatura máxima de 140°C pero solo 4 segundos, y una humedad relativa del 10% ya que a partir de allí se empiezan a perder propiedades del aceite y de la torta residual, la cual quedaría demasiado seca, baja en proteínas y poca fibra.

Se realizó una variación de la velocidad a 20, 30 y 40 RPM por medio de un variador conectado a un motor para las diferentes pruebas de temperatura y humedad dando como resultado un cambio considerable en la eficiencia, obteniendo a 30 RPM la mayor eficiencia.

Al realizar la prueba a 30 RPM, considerada la más apropiada de las velocidades usadas, una temperatura de 80°C y una humedad de 6%, se obtuvo la mayor eficiencia del prototipo.

15 RECOMENDACIONES

Hacer la relación de combinación 7 a 1 de la semilla, ya que si esta es muy sucia, es decir tiene un porcentaje de combinación por encima del 20%, se convierte en una pasta dura y seca que además de variar la eficiencia de extracción por tener un contenido bajo de aceite, obstruirá la maquina y seria necesario detenerla, desarmar y limpiar nuevamente.

No tocar la maquina con las manos descubiertas mientras este en funcionamiento ya que puede causar quemaduras.

Por ningún motivo trate de alimentar el prototipo de extracción manualmente o trate de presionar la masa con la mano; en caso de obstrucción detenga la maquina, remueva la obstrucción y enciéndala nuevamente.

Al manejar la maquina se debe usar protección visual ya que muchas veces se acumula la presión en el interior de la maquina de extracción y lo mas probable es que la descargue por medio de las luces haciendo que salpique aceite caliente.

Asegúrese que la canasta del sistema de extracción este bien atornillada ya que si no lo esta se perderá la compresión en el interior y doblara los tornillos haciendo necesario un cambio inmediato.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **INFOAGRO.** [Online] www.infoagro.com/herbaceos/industriales/algodon.htm
- [2] **DE LA LOMA, Jose L.** *Cultivo y producción de la semilla de algodón*, Capitulo 11, pagina 64 - 76, Bogota : Escuela Colombiana de Ingenieria, 2002.
- [3] **FACULTAD DE AGROINDUSTRIAS**, Universidad Nacional del Nordeste
Cdte Fernández 755, (3700) P. R. Sáenz Peña, Chaco, Argentina
<http://eluniversitario.unne.edu.ar>
- [4] **CASTILLO, Carlos alberto.** *Extracción de aceite de semillas oleaginosas*, Capitulo 3, páginas 23 – 45, Fundiagro.
- [5] **GLOBAL EXTENT SRL.** [Online] www.gx.com.ar/?gclid
- [6] **PRODUCCIÓN ANIMAL** [Online] www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion. *Extrusion Semilla de Algodon*.
- [7] **Grasas y aceites**, paginas 131. Colombia : 1996.

[8] **COTTON INCORPORATED.** [Online] www.cottoninc.com

[9] **INCONTEC.** Tesis y otros trabajos de grado.

ANEXO A

Análisis en ANSYS del tornillo de extrusión

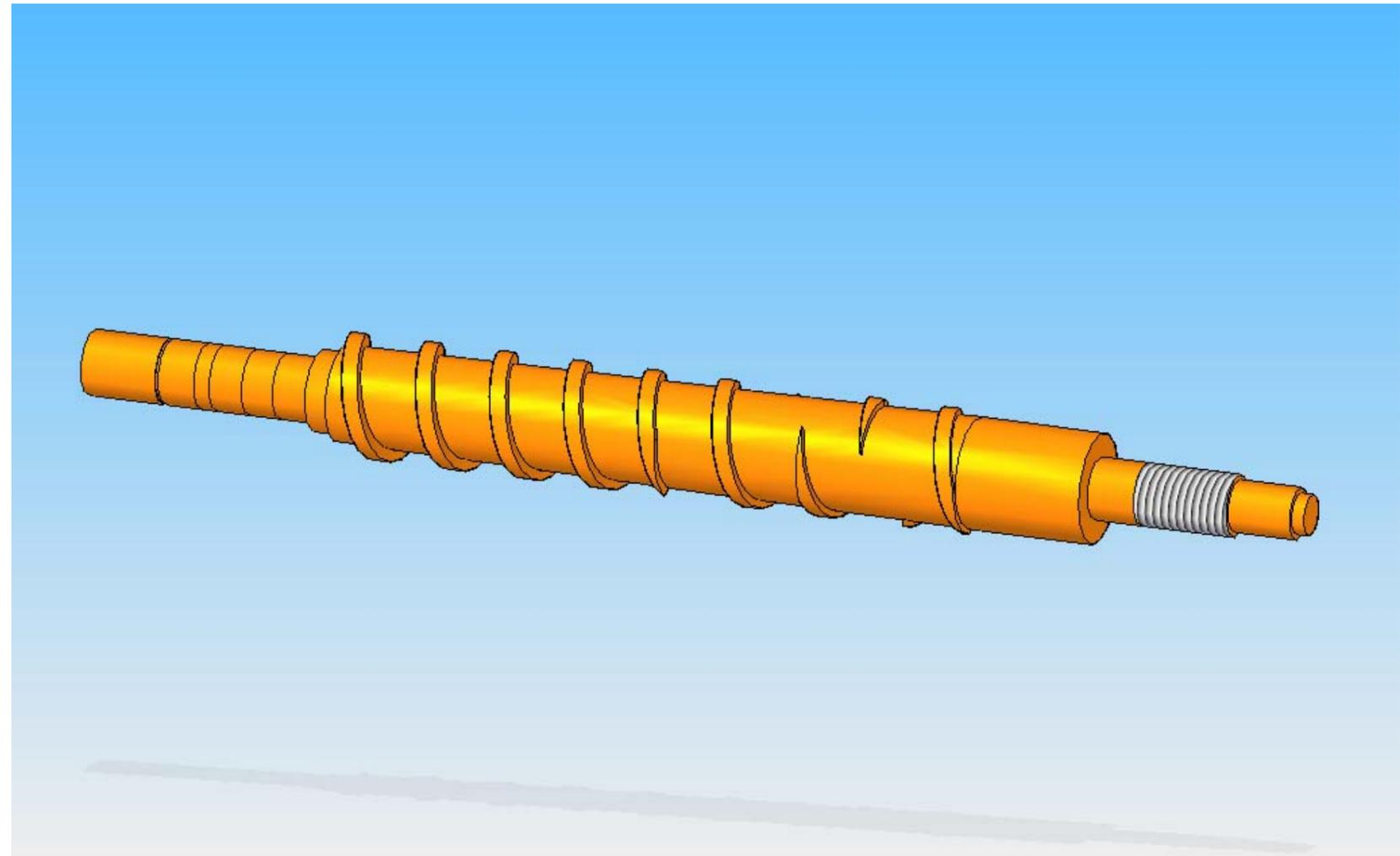
INFORMACIÓN DEL TORNILLO SIN FIN A MODELAR

ESPECIFICACIONES:

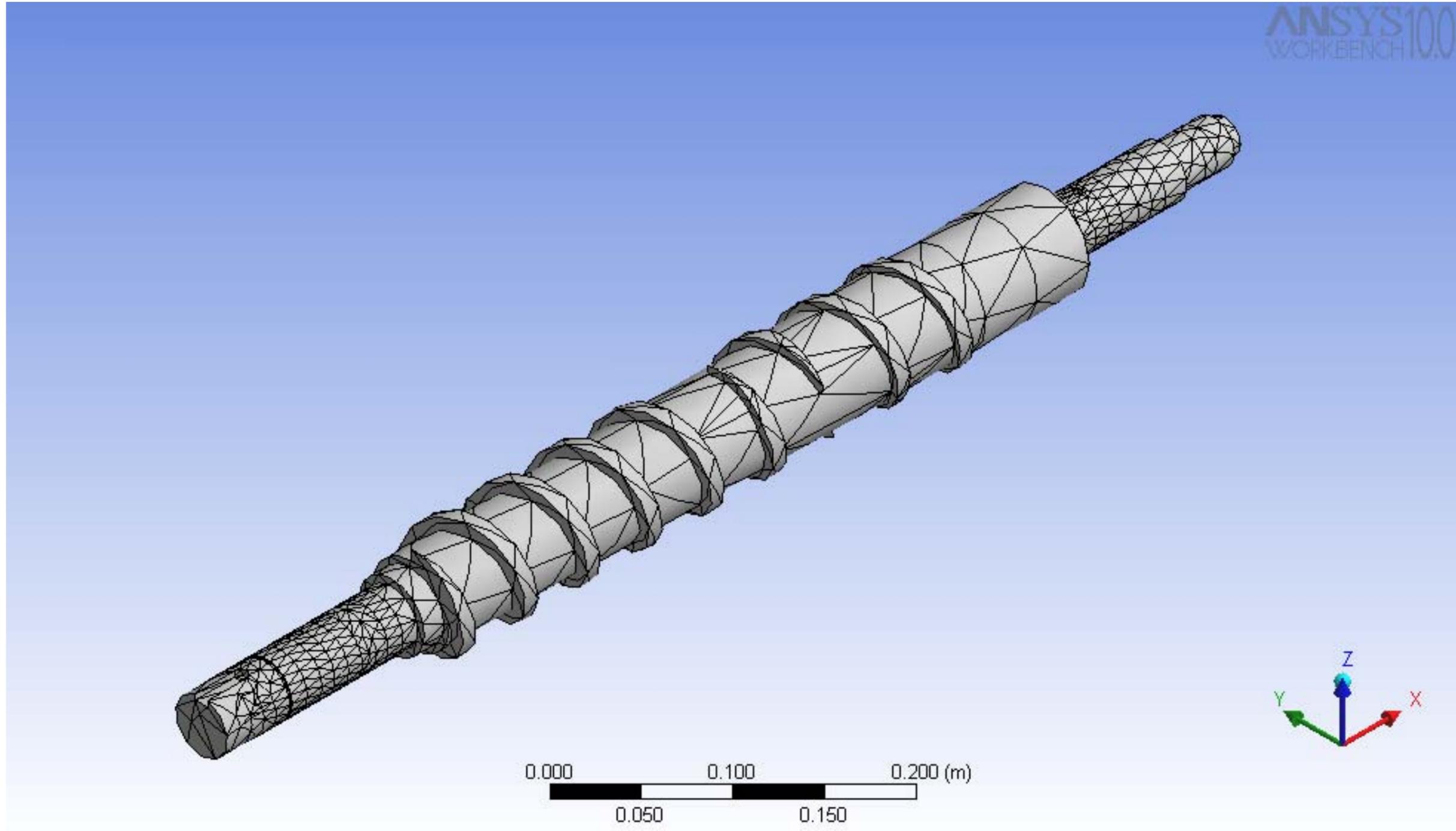
Name	Material	Mass (kg)	Volume (m ³)
"Tornillo sin fin"	"AISI 4140"	16.37	2.04×10^{-3}

PROPIEDADES DEL MATERIAL:

"AISI 4140" Constant Properties	
Name	Value
Density	8,030.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.29
Young's Modulus	2.1×10^{11} Pa
Thermal Expansion	1.23×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	473.0 J/kg·°C
Thermal Conductivity	42.7 W/m·°C
Tensile Yield Strength	6.55×10^8 Pa

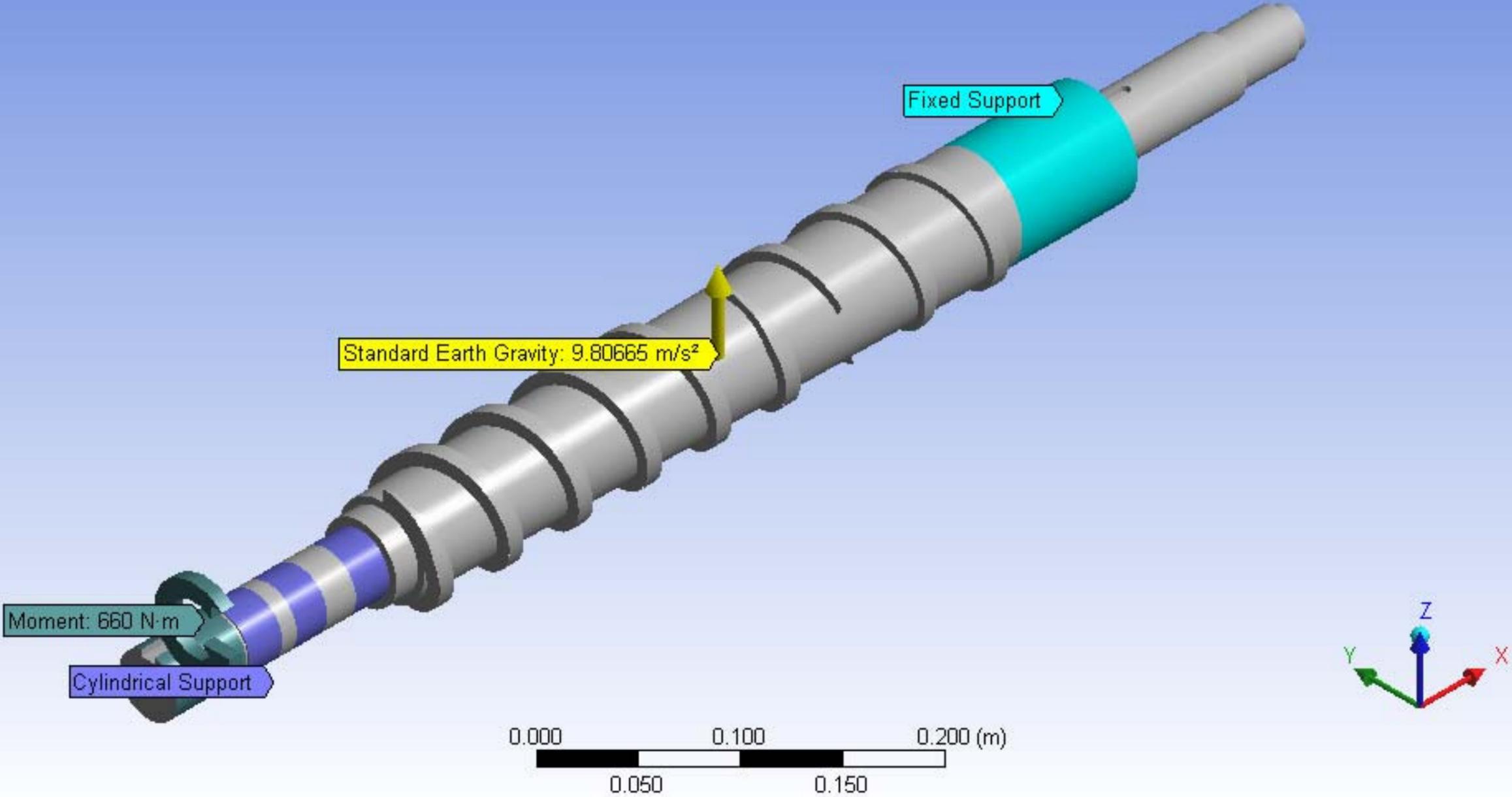


ENMALLADO



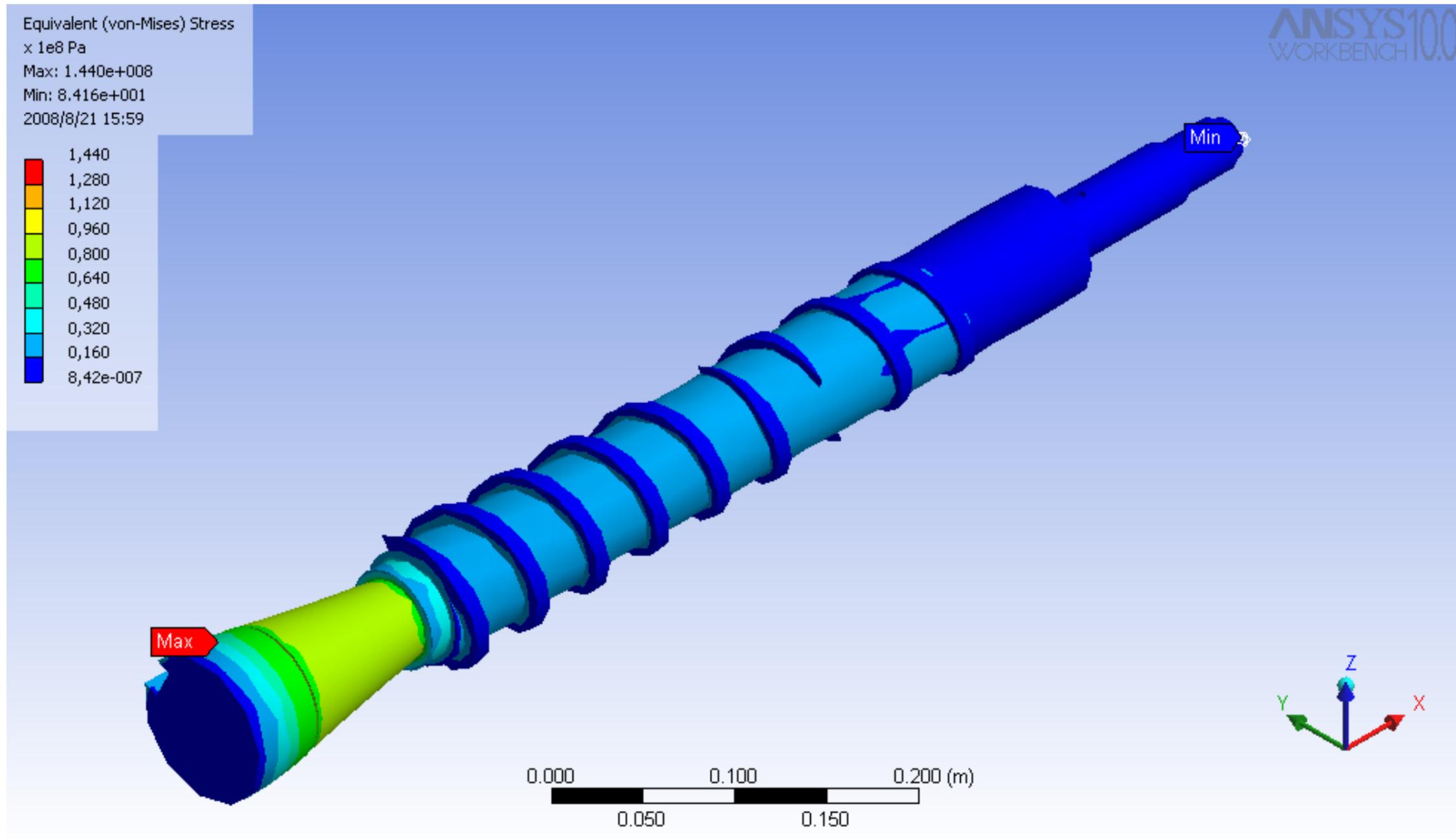
FUERZAS APLICADAS

ANSYS 10.0
WORKBENCH



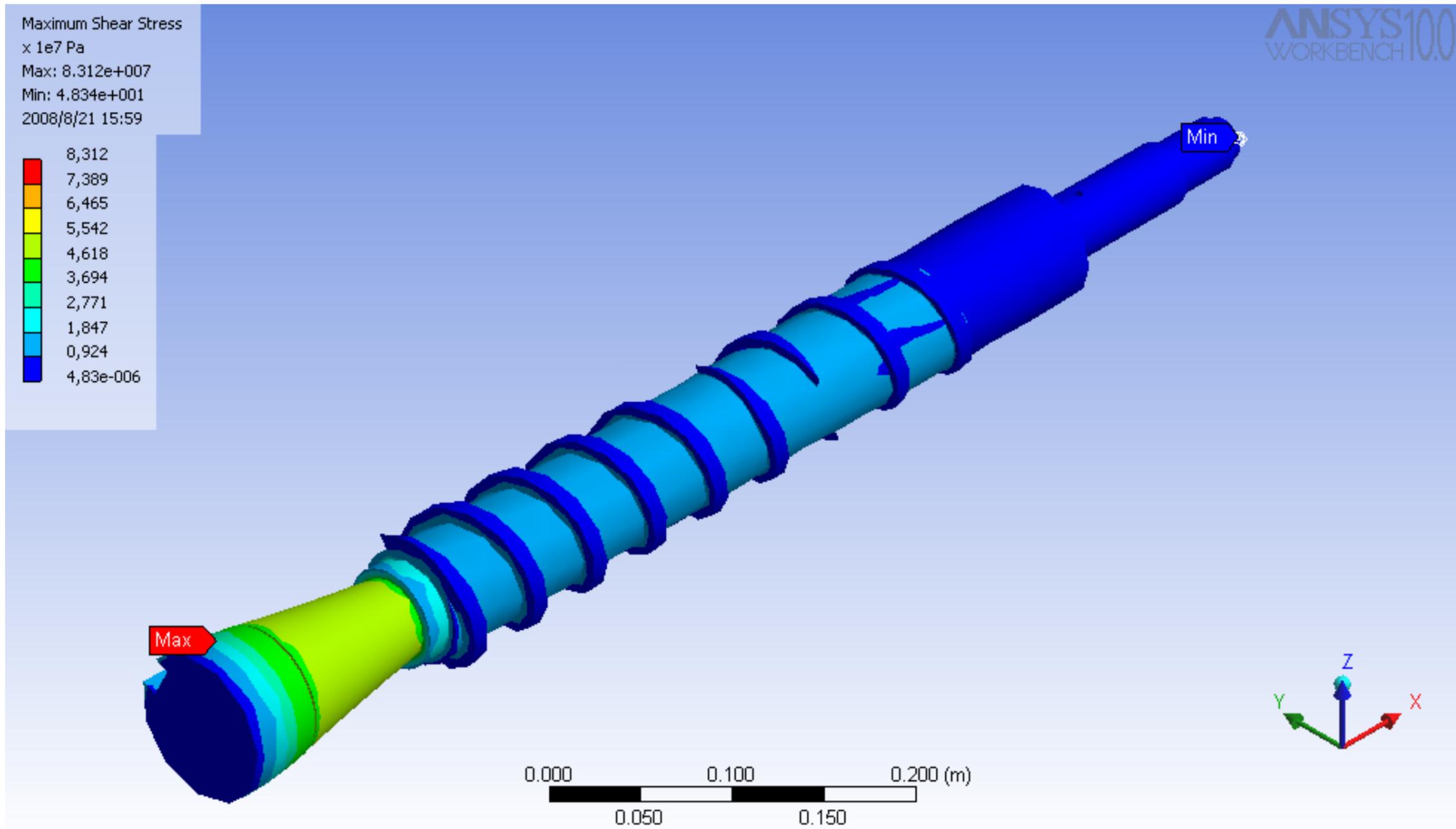
ESFUERZO EQUIVALENTE

Name	Minimum	Maximum
"Equivalent Stress"	84.16 Pa	1.44x10 ⁸ Pa



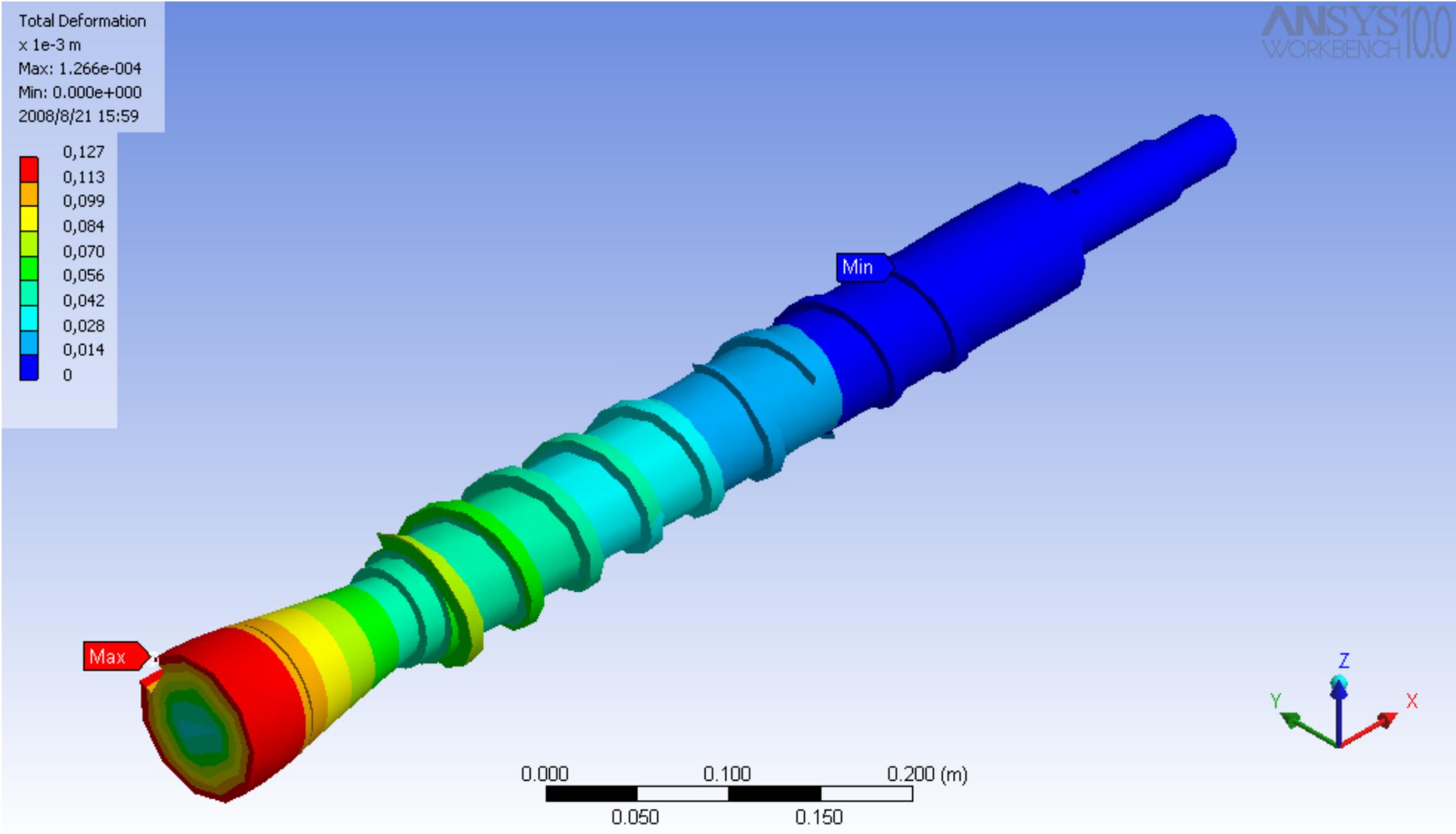
ESFUERZO PERMISIBLE

Name	Minimum	Maximum
"Maximum Shear Stress"	48.34 Pa	8.31×10^7 Pa



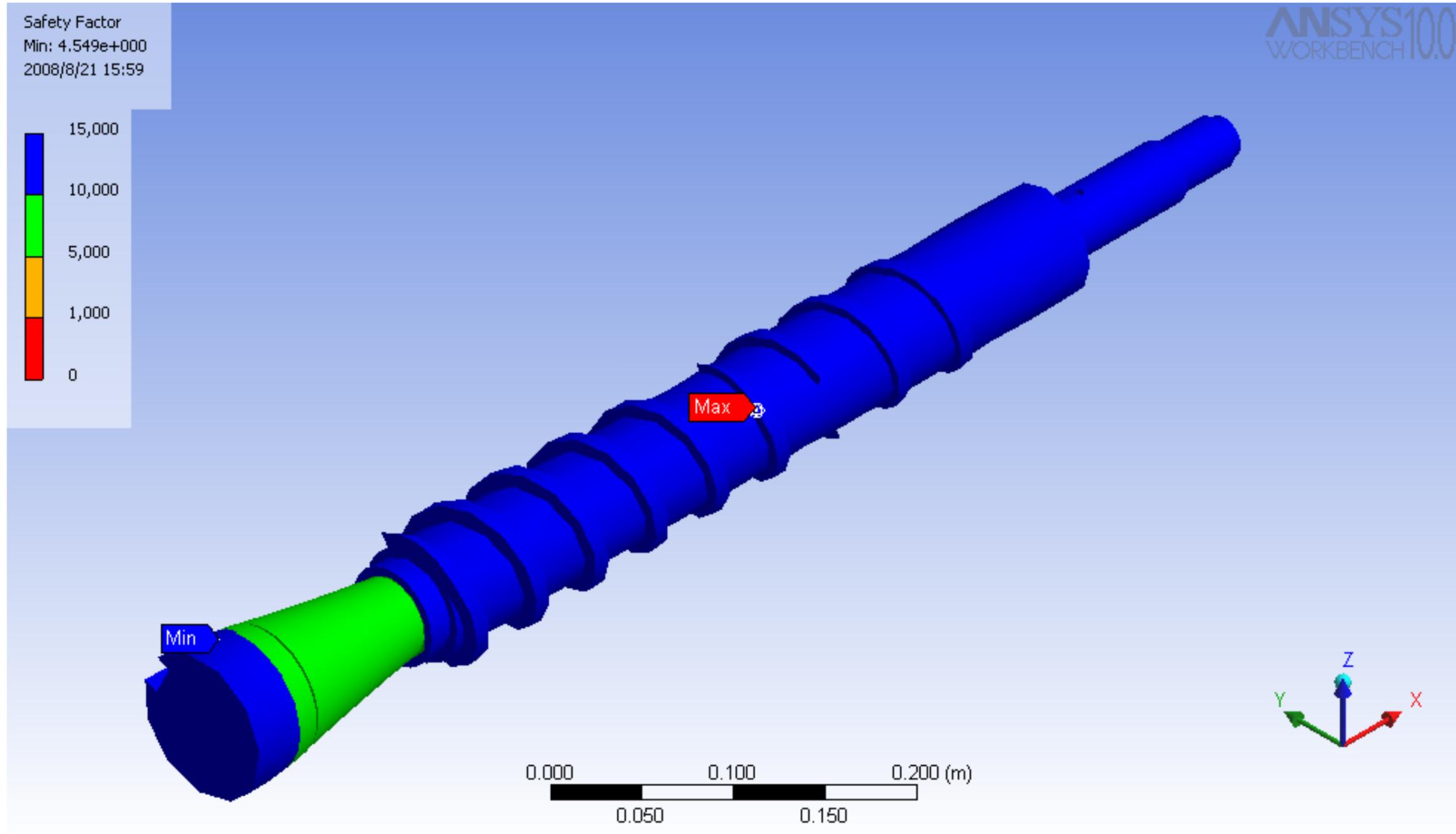
DEFORMACIÓN TOTAL

Name	Minimum	Maximum
"Total Deformation"	0.0 m	1.27×10^{-4} m



FACTOR DE SEGURIDAD

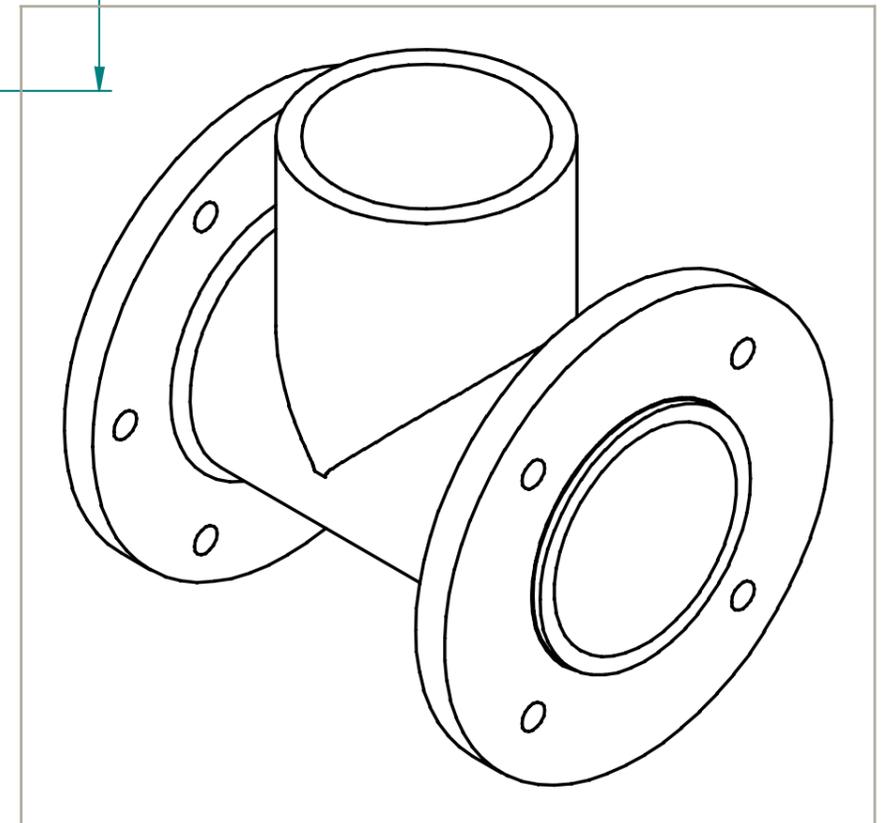
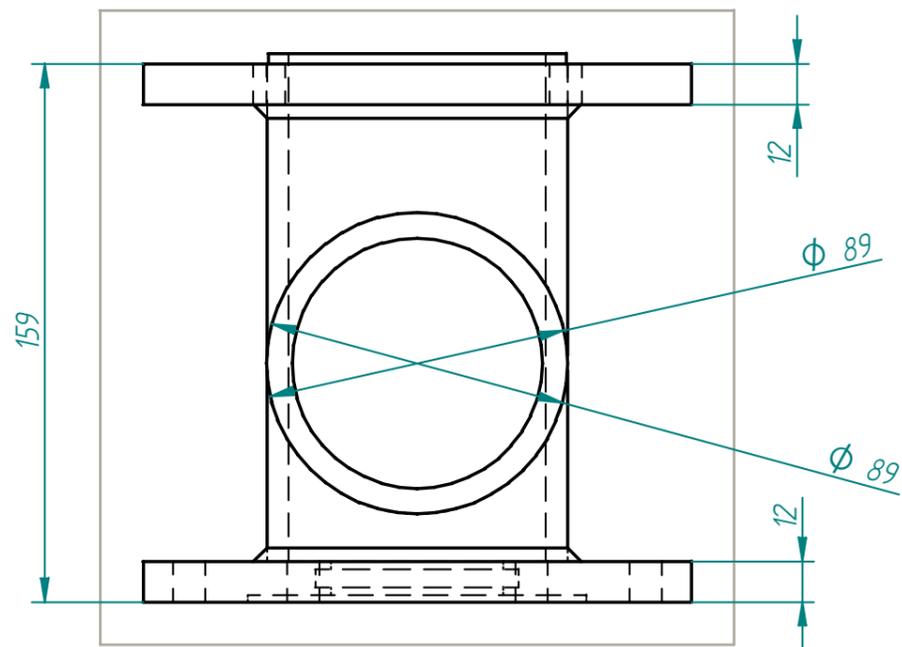
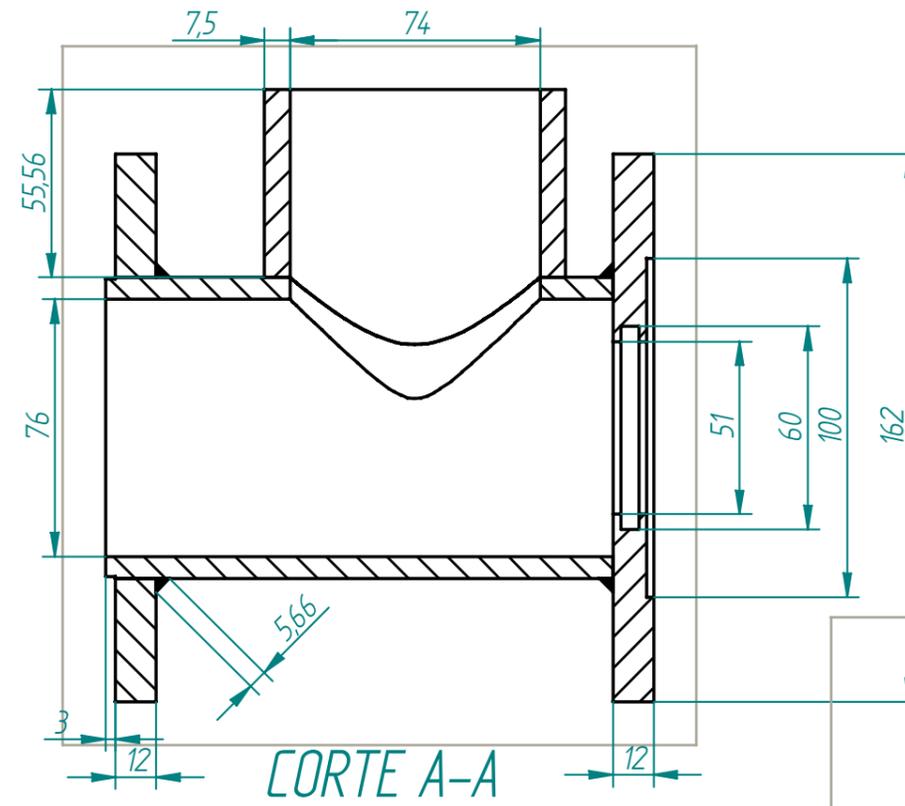
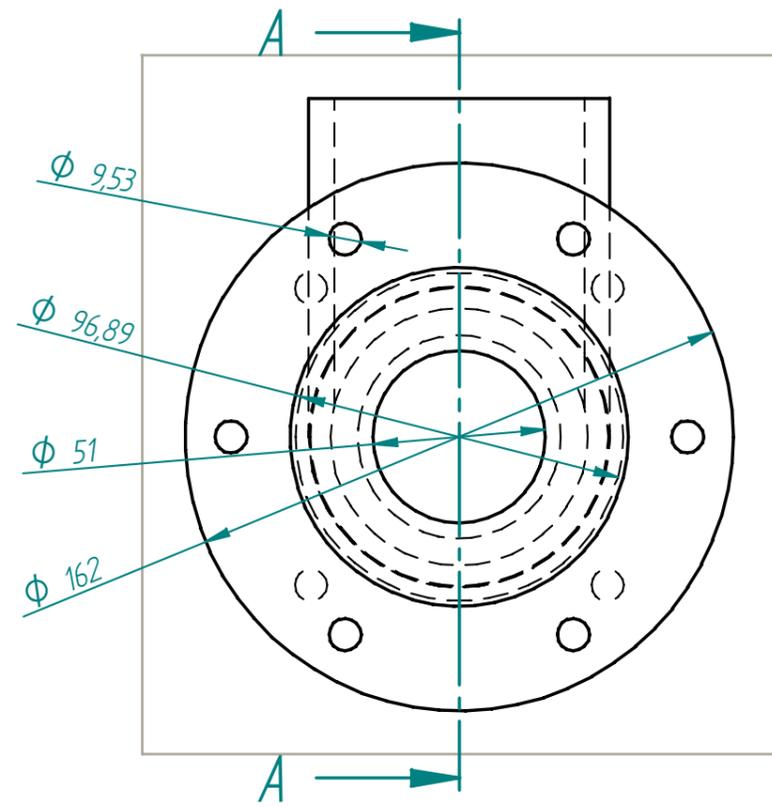
Name	Type	Minimum
"Stress Tool"	Safety Factor	4.55



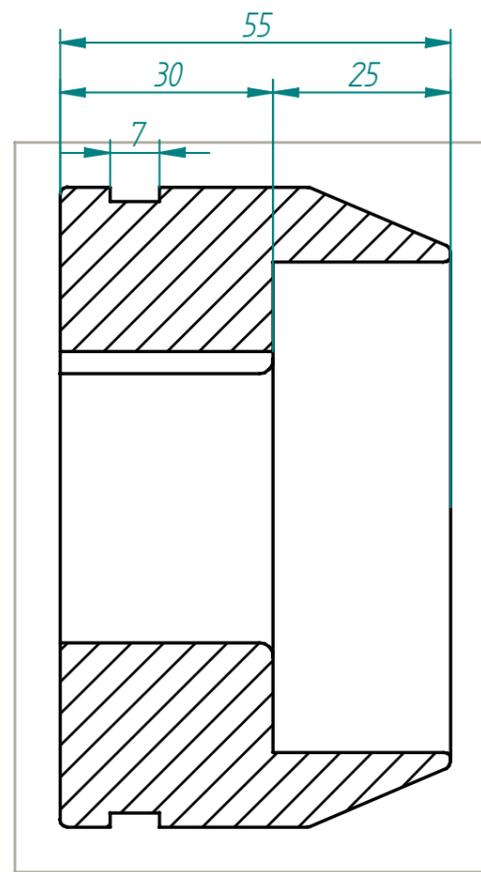
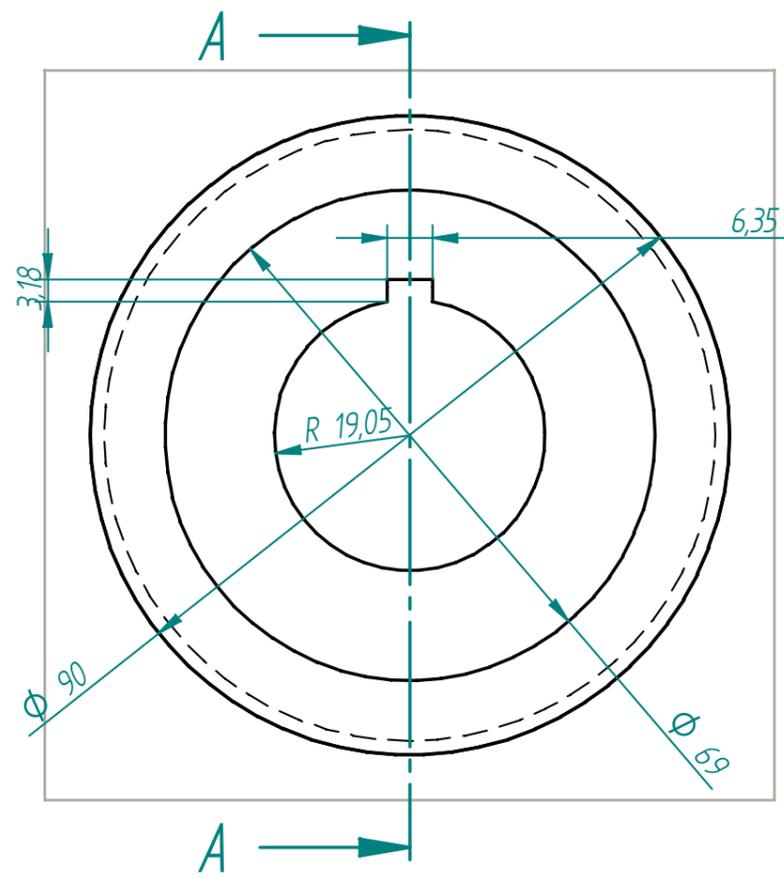
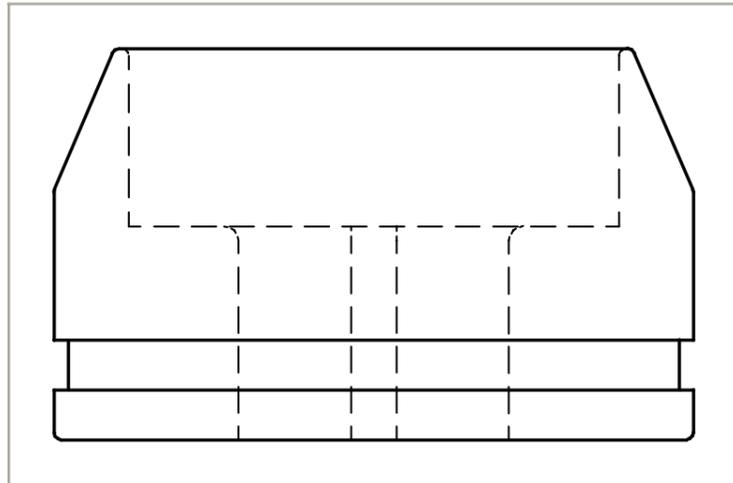
ANEXO B

Planos detallados del prototipo de extracción de aceite.

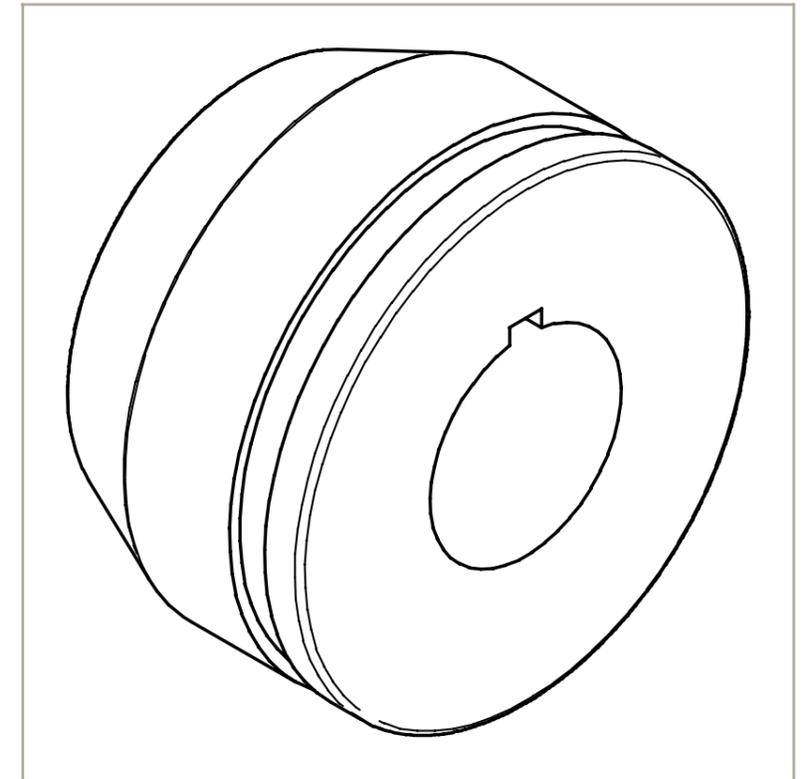
ALIMENTACIÓN



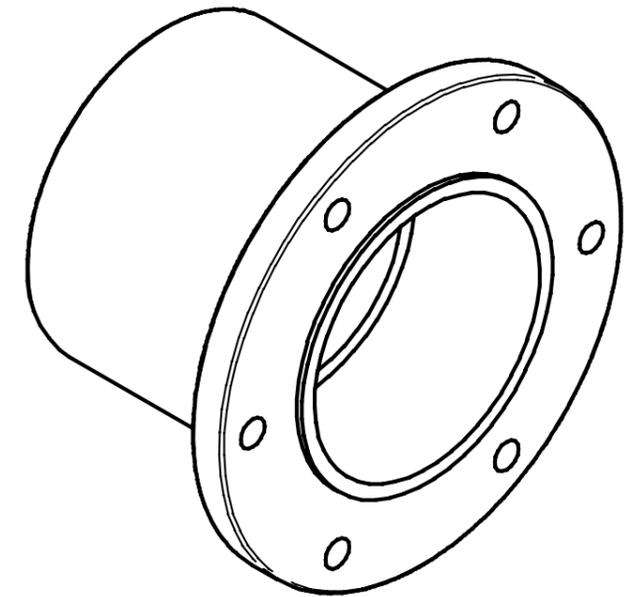
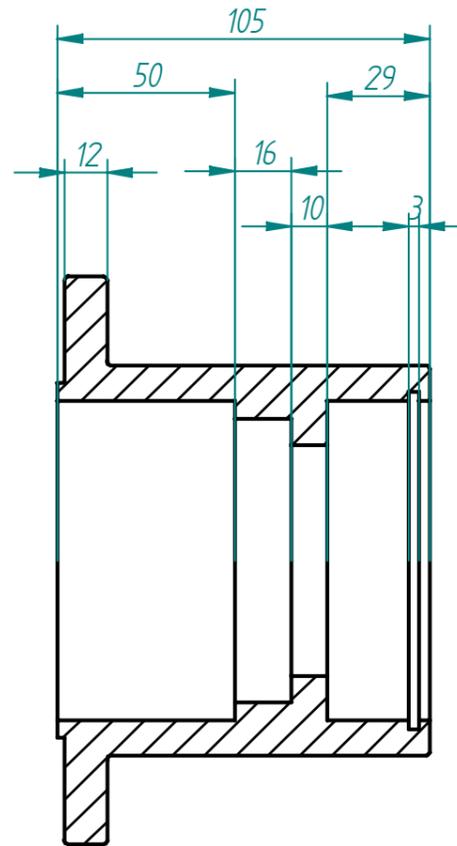
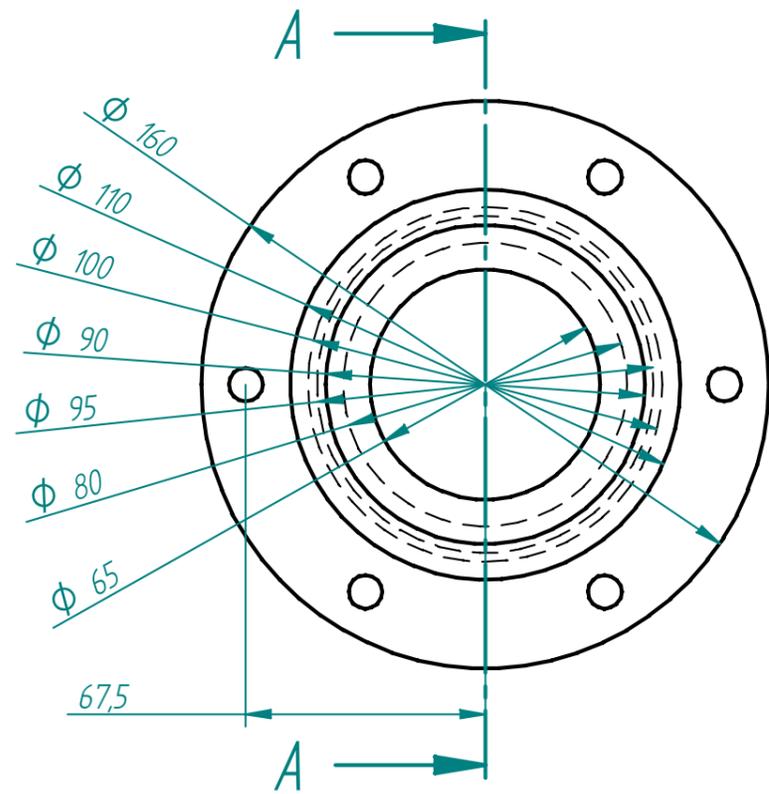
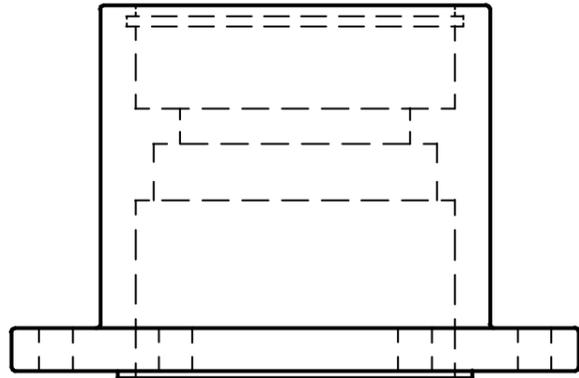
CONO CONTRAPRESION



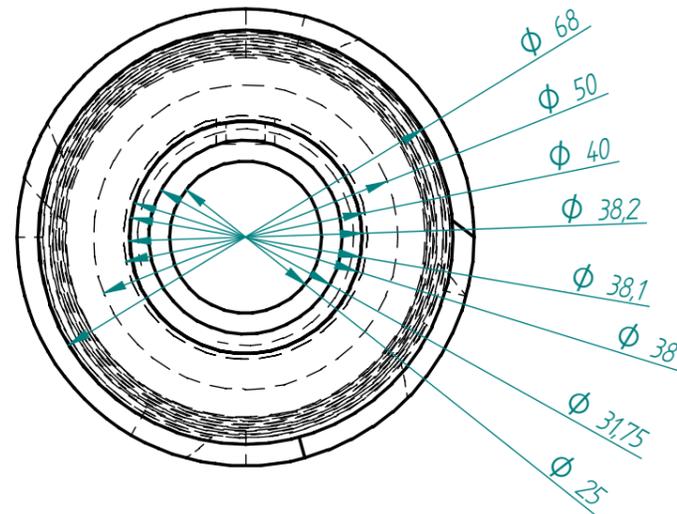
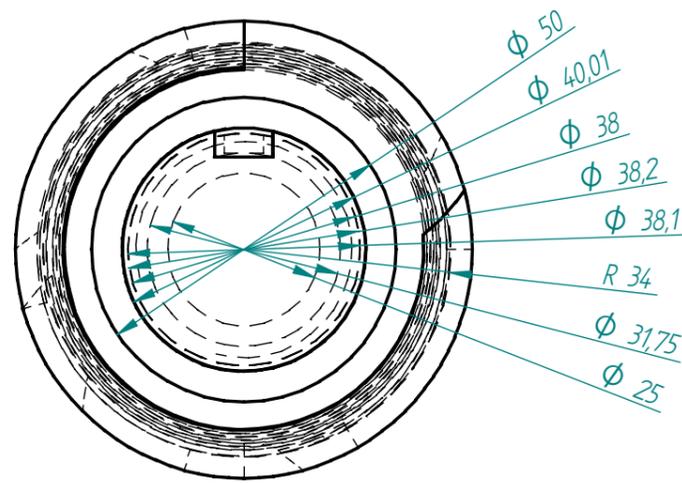
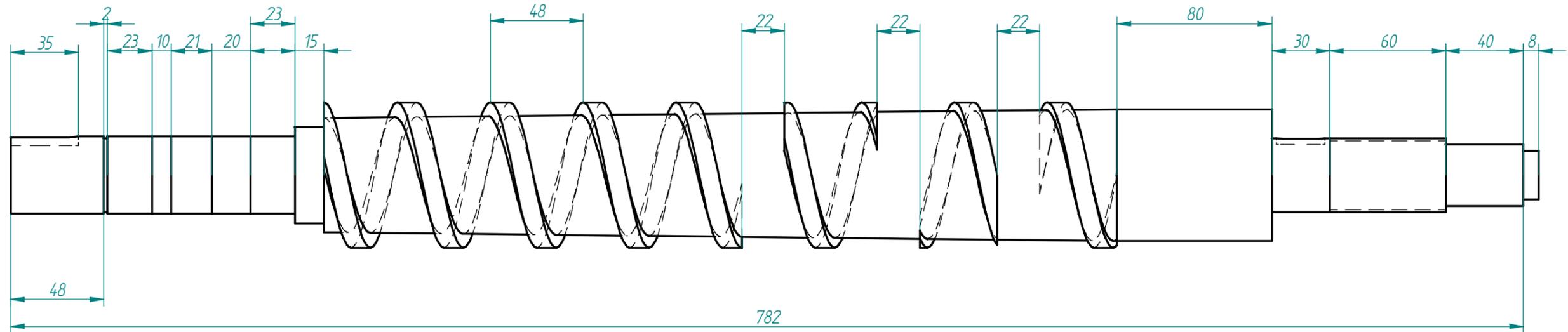
CORTE A-A



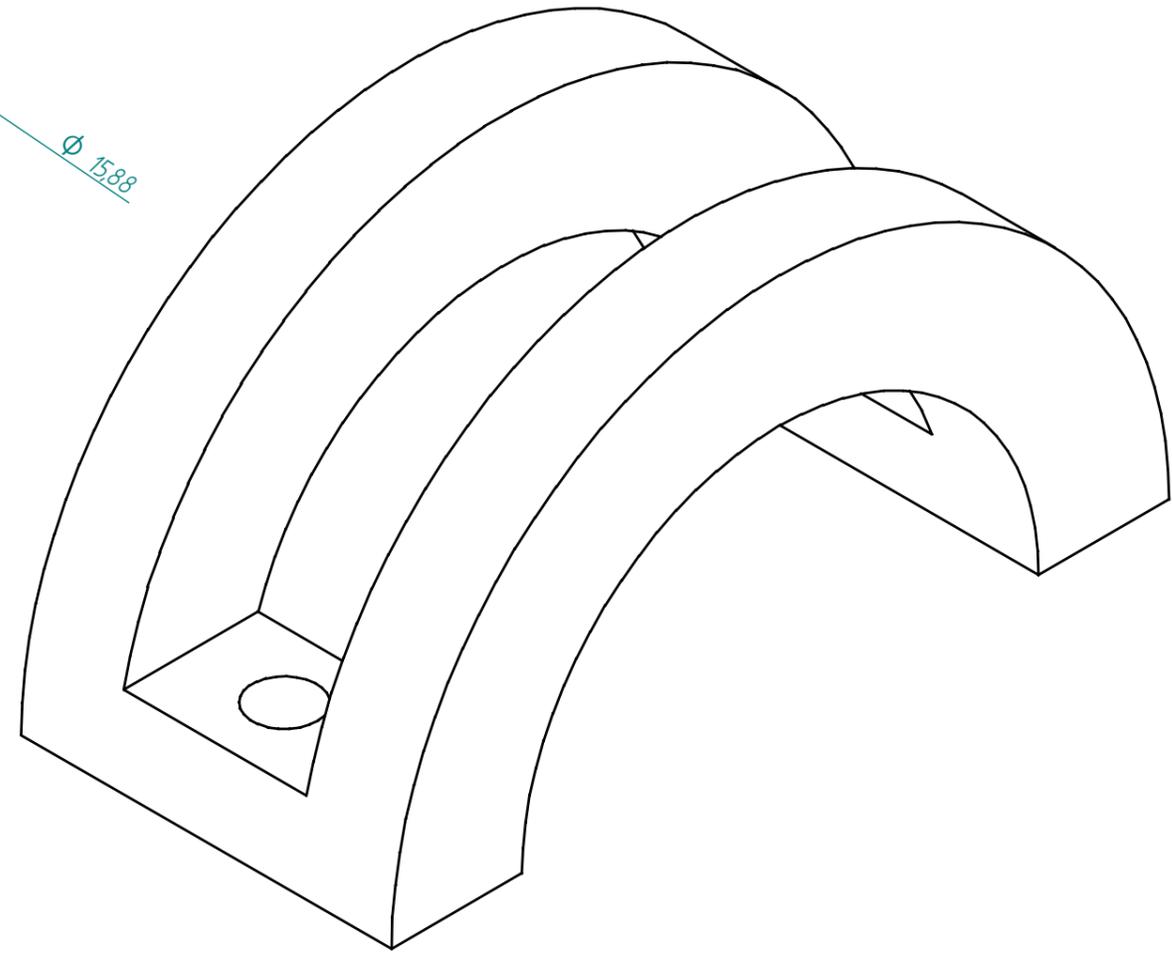
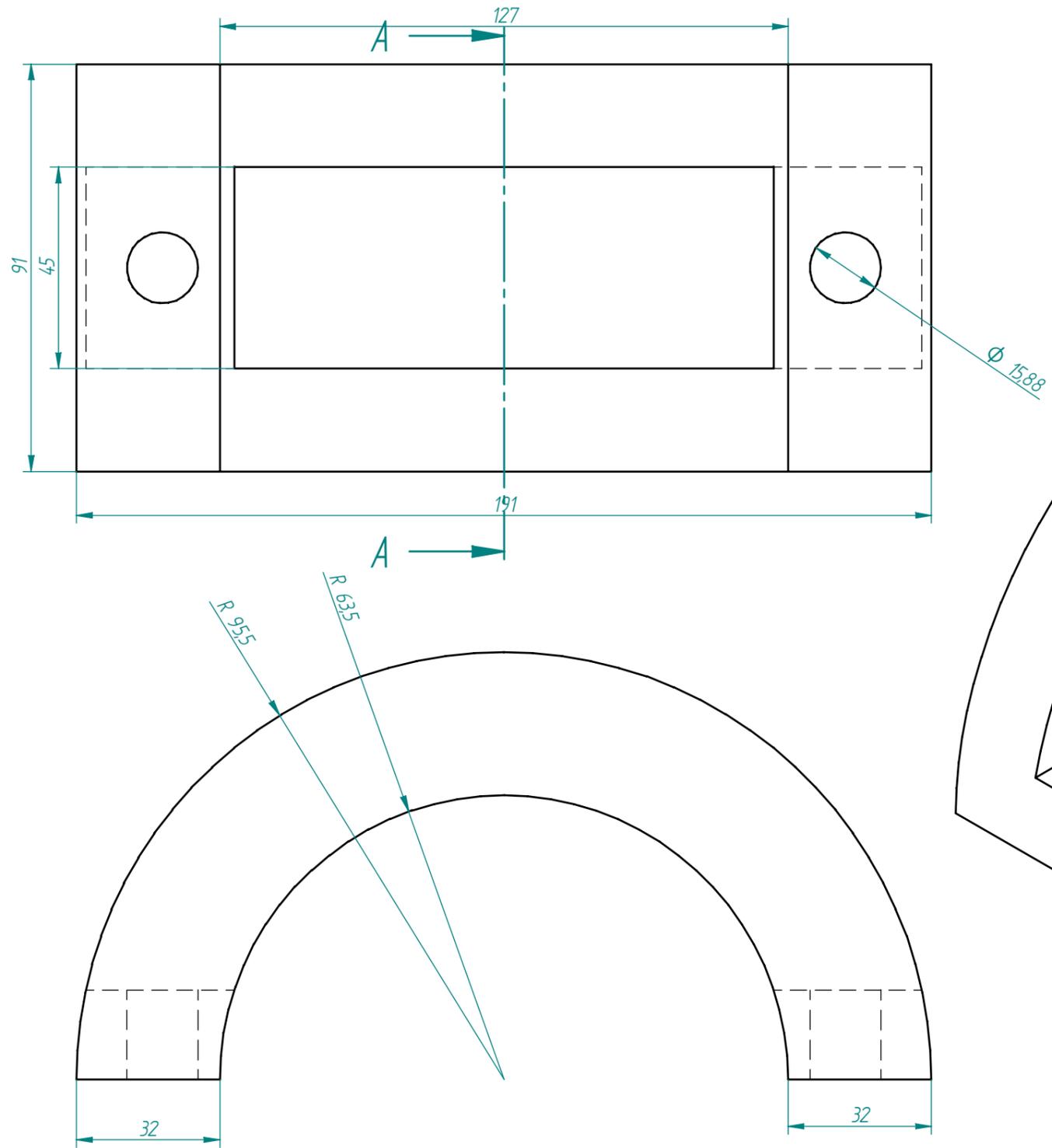
PORTA RODAMIENTOS



TORNILLO SIN FIN

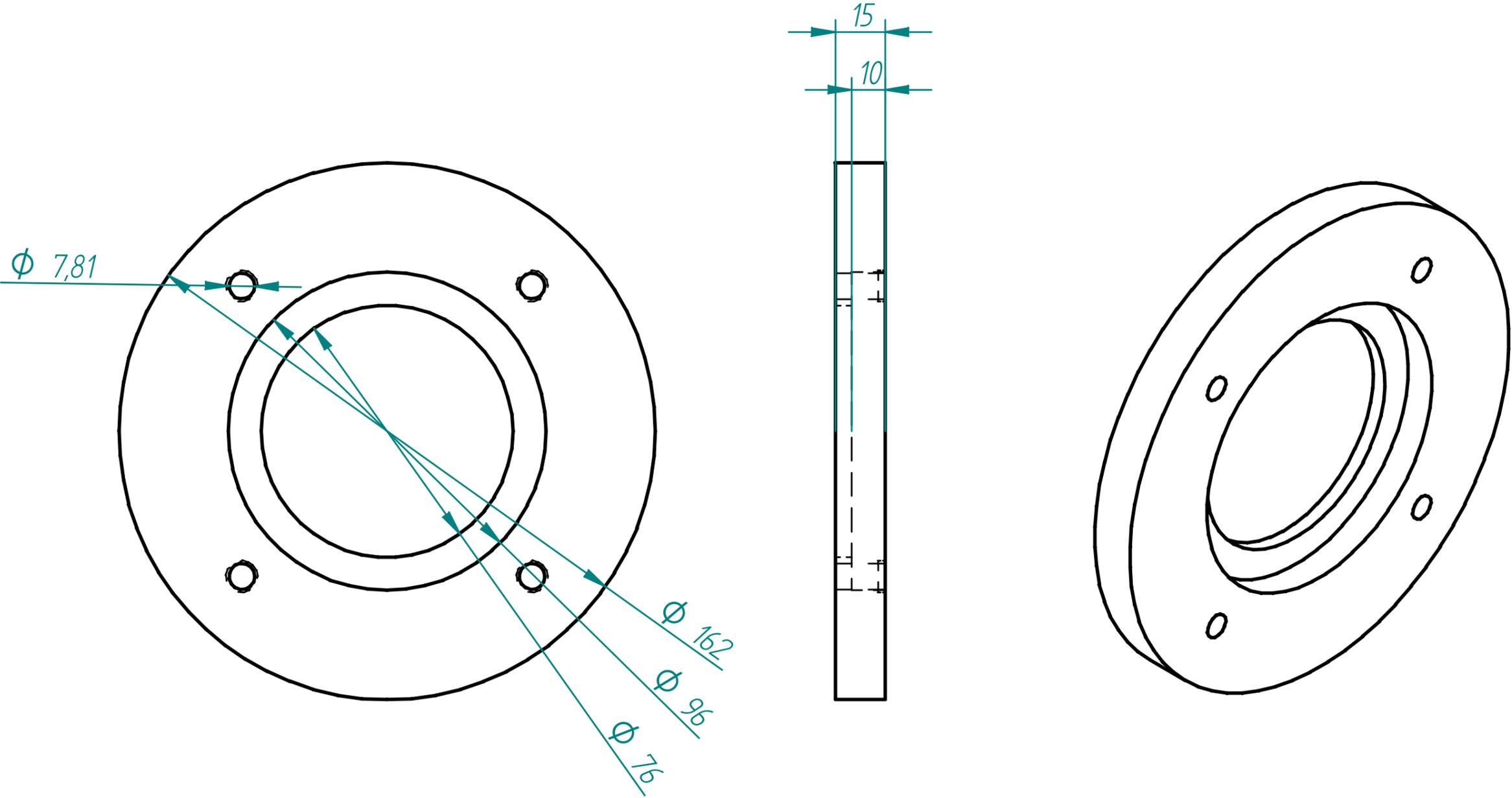


COSTILLAS DE AJUSTE

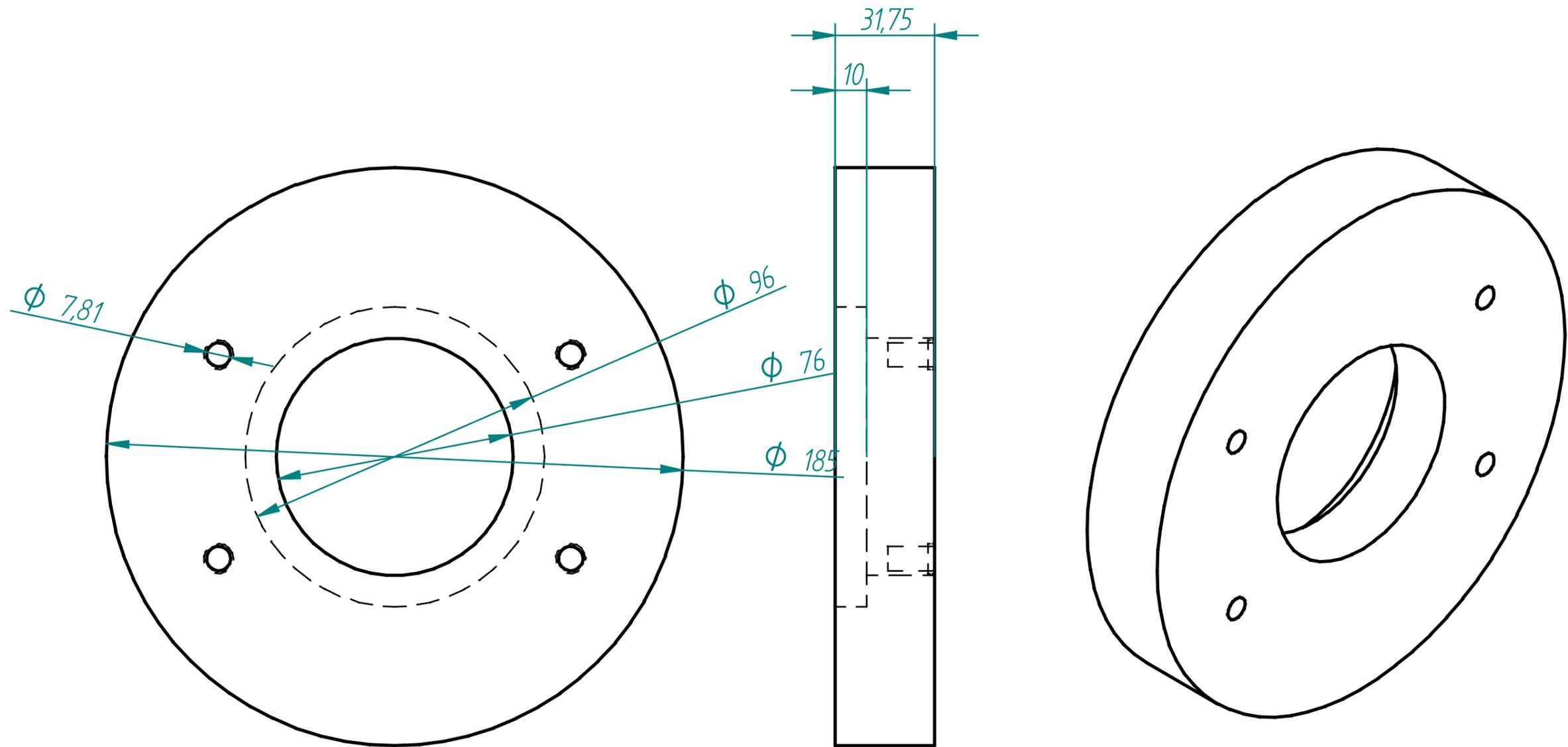


PARTES DE CANASTILLA DE COMPRESIÓN

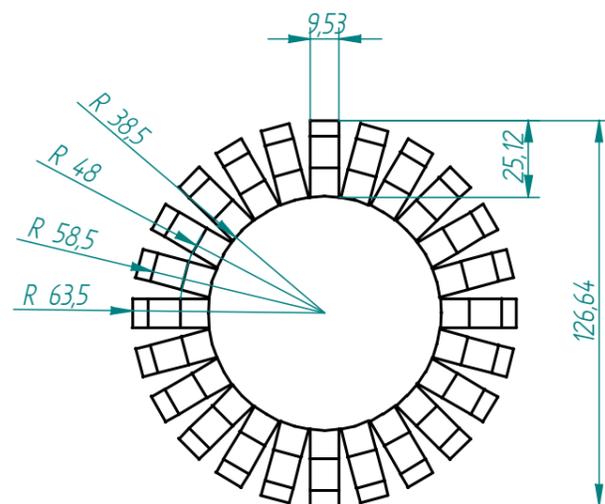
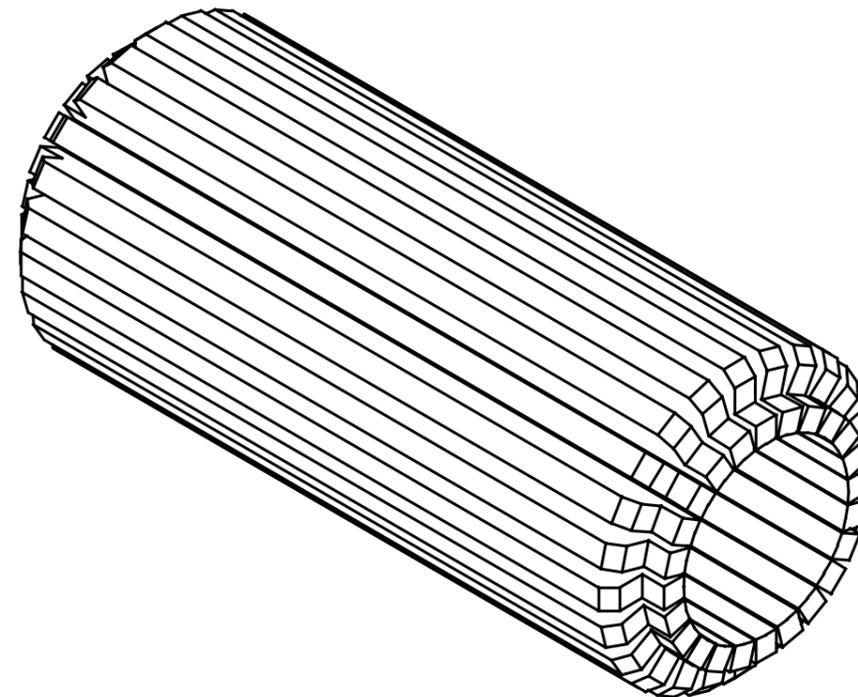
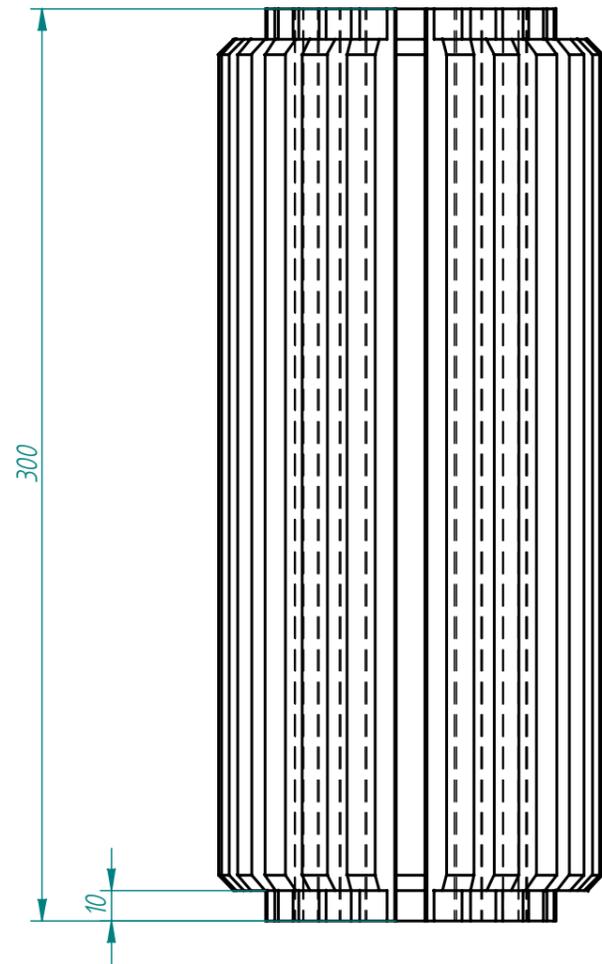
BRIDA DE ENTRADA CANASTA



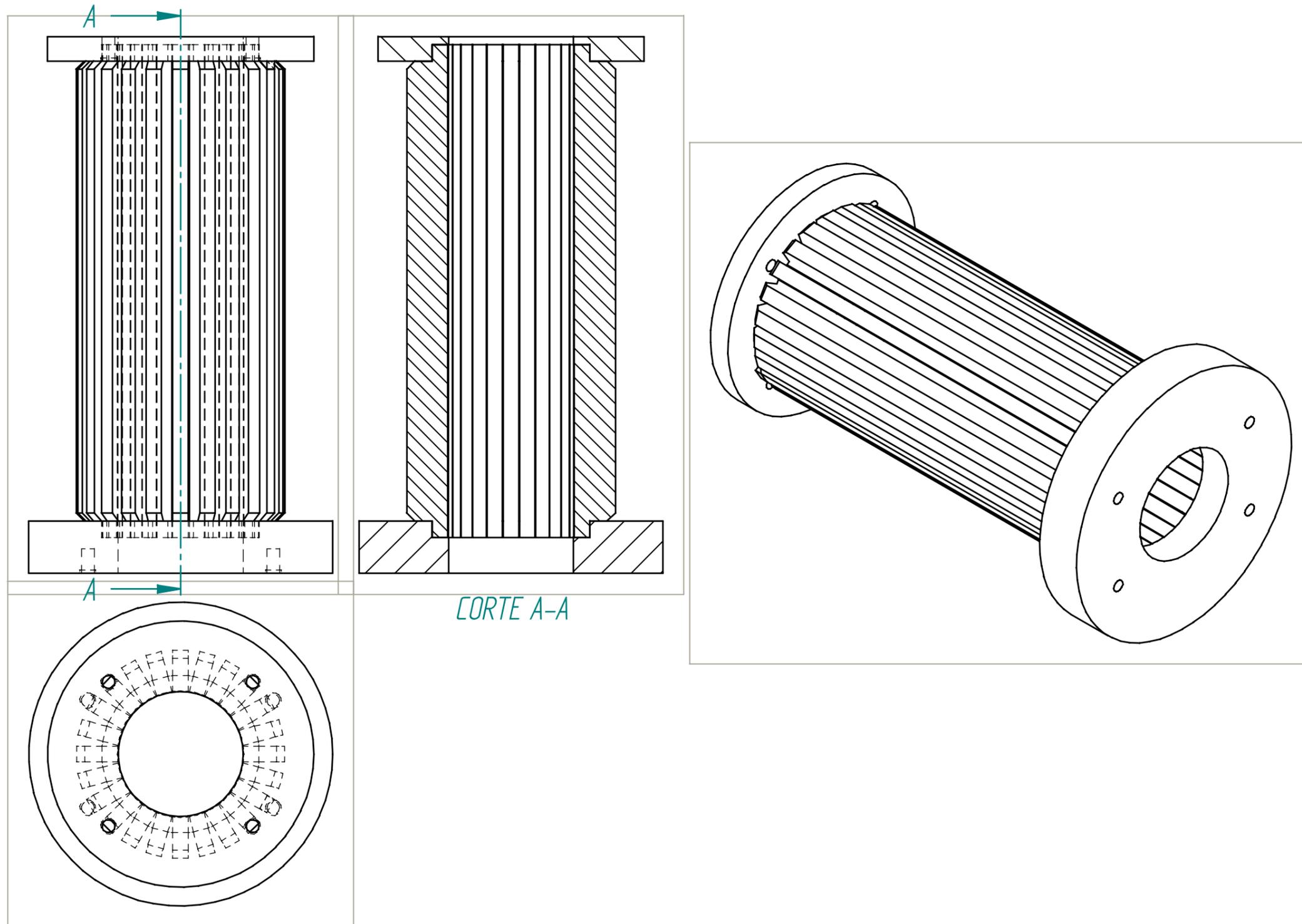
BRIDA DE SALIDA CANASTA



CUERPO DE LA CANASTILLA DE COMPRESIÓN



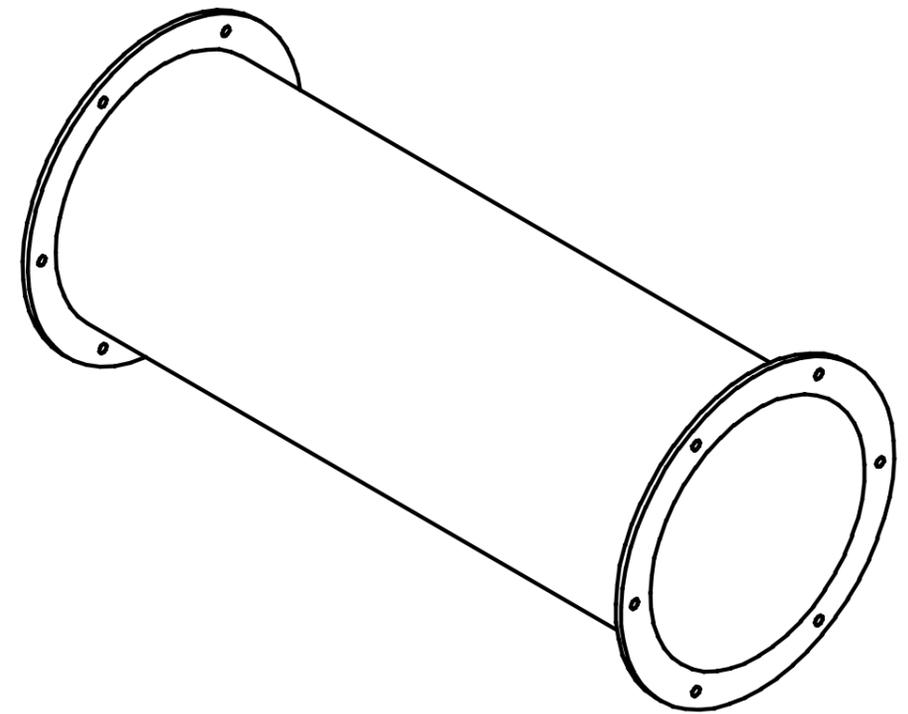
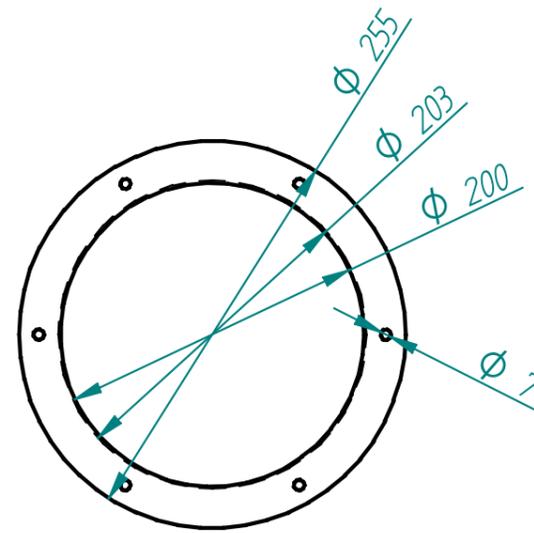
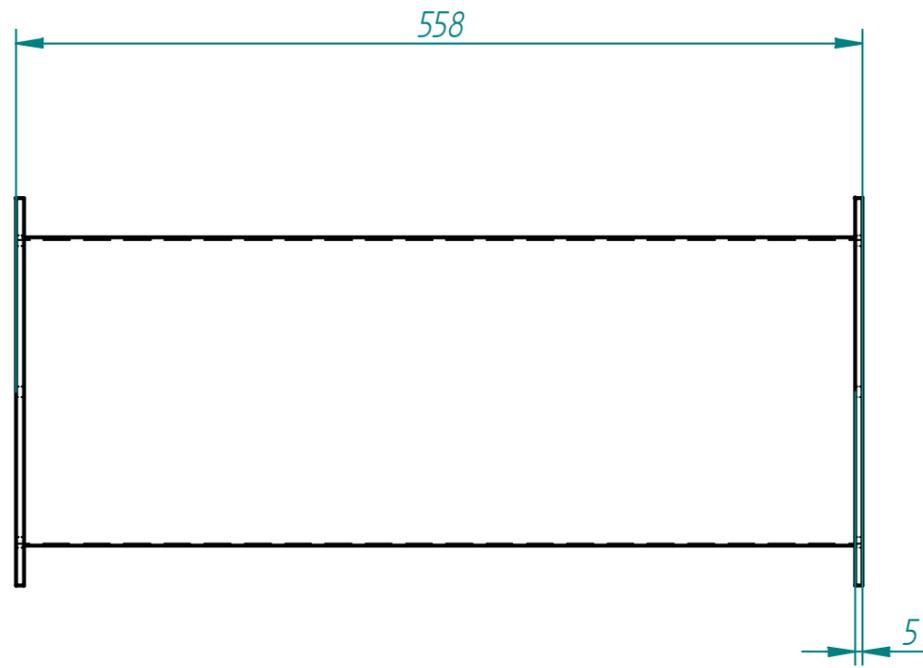
CANASTA DE CONTRAPRESION SOLDADA



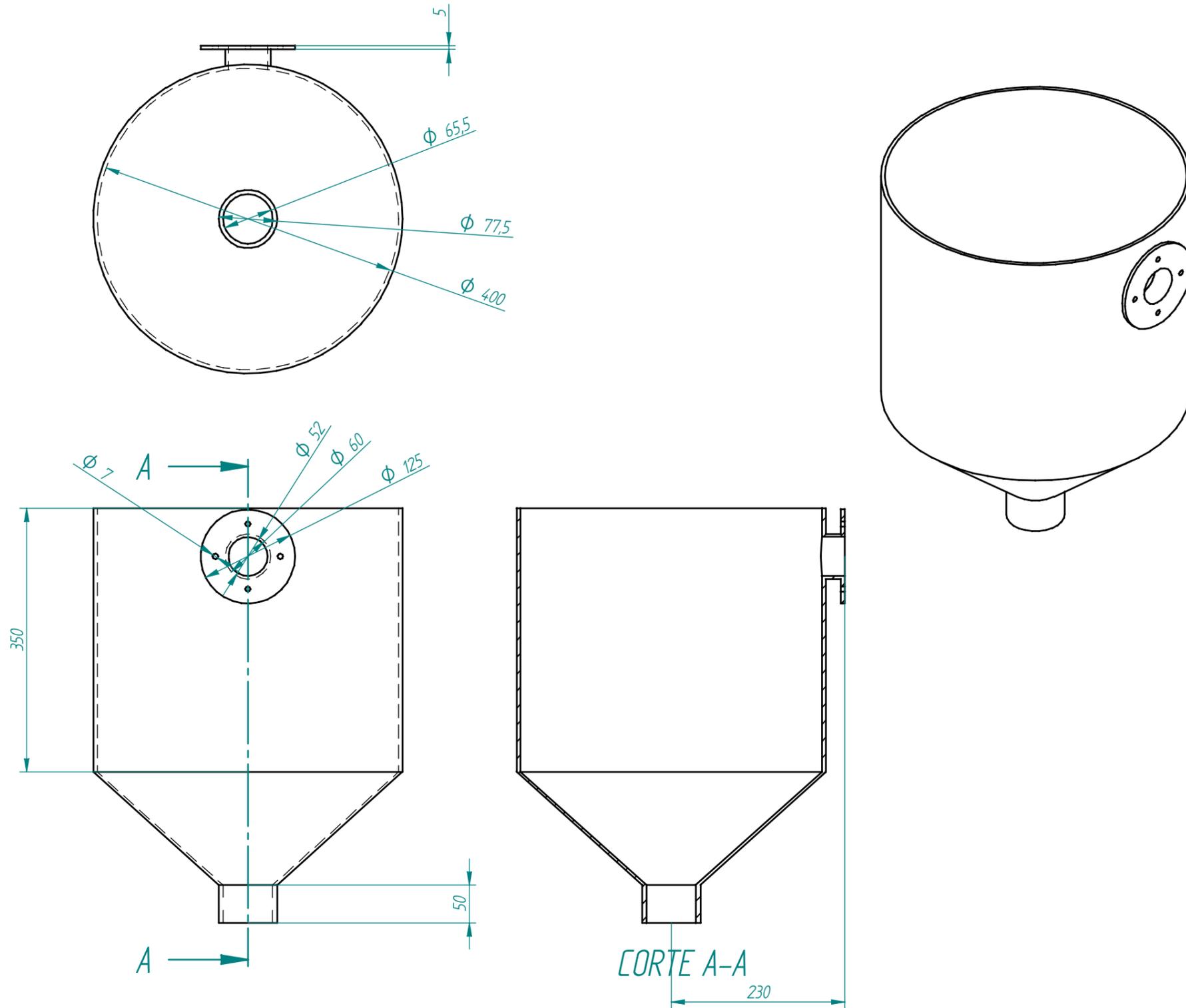
ANEXO C

Planos detallados del sistema de calentamiento

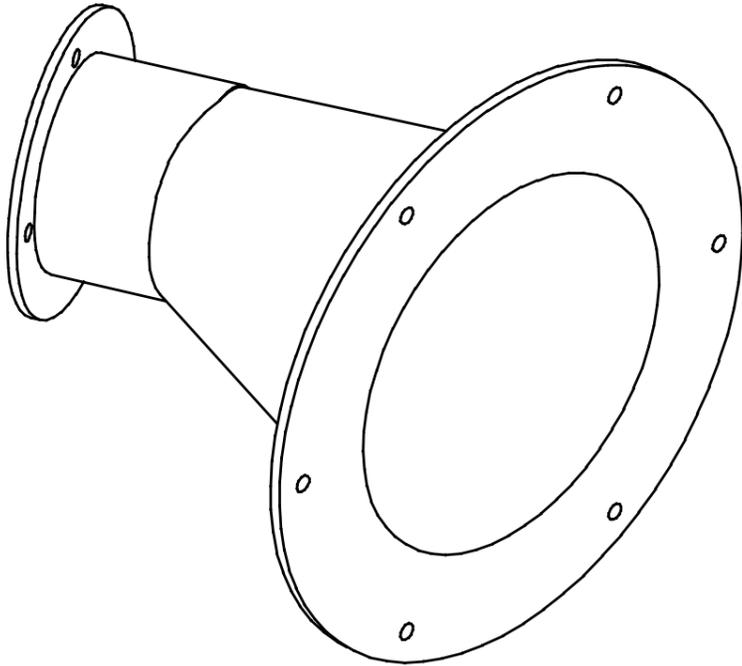
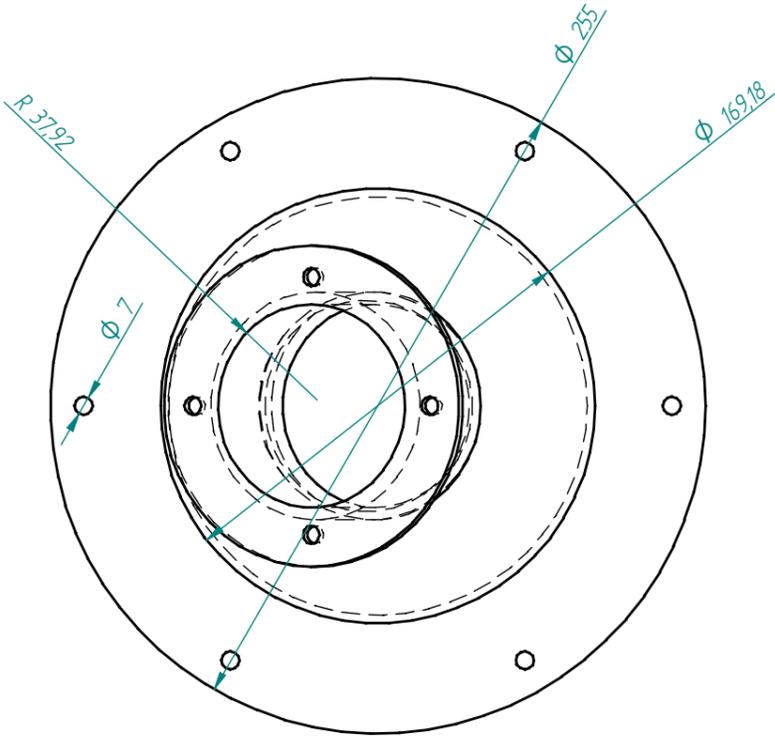
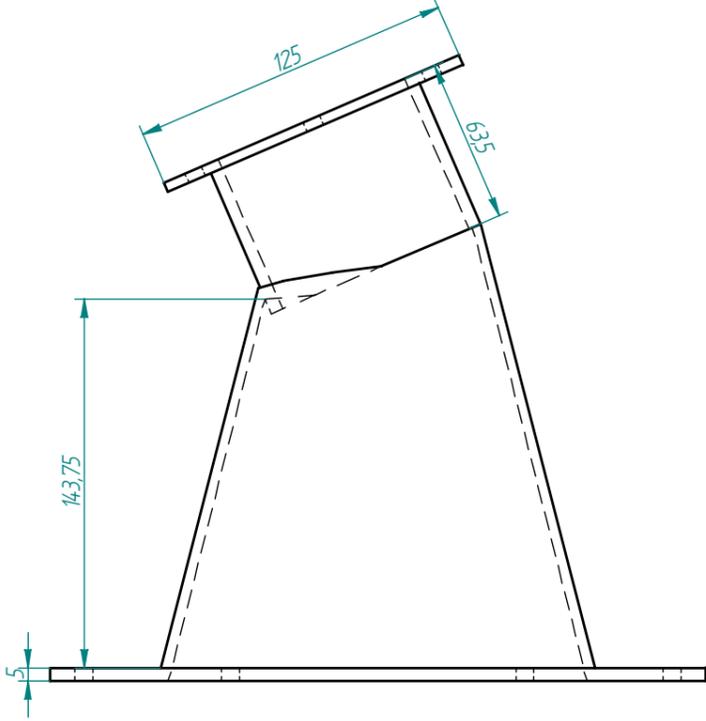
DUCTO DE CALENTAMIENTO



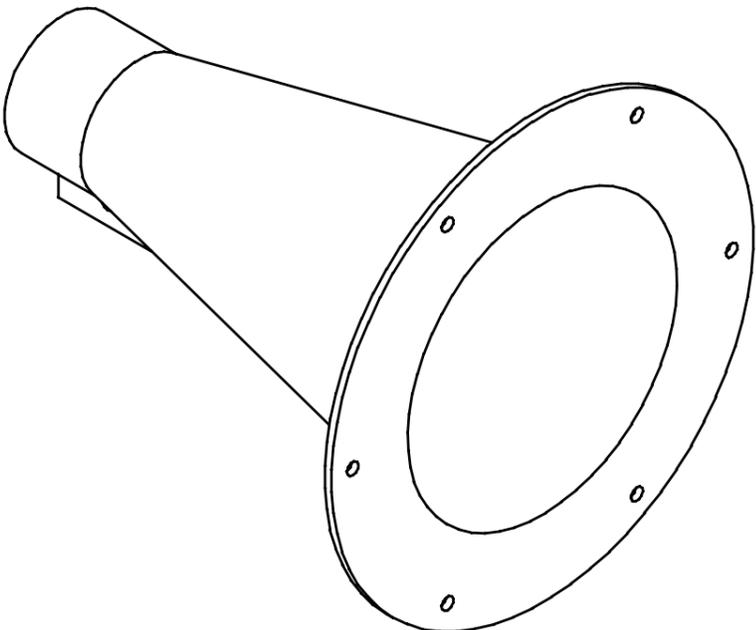
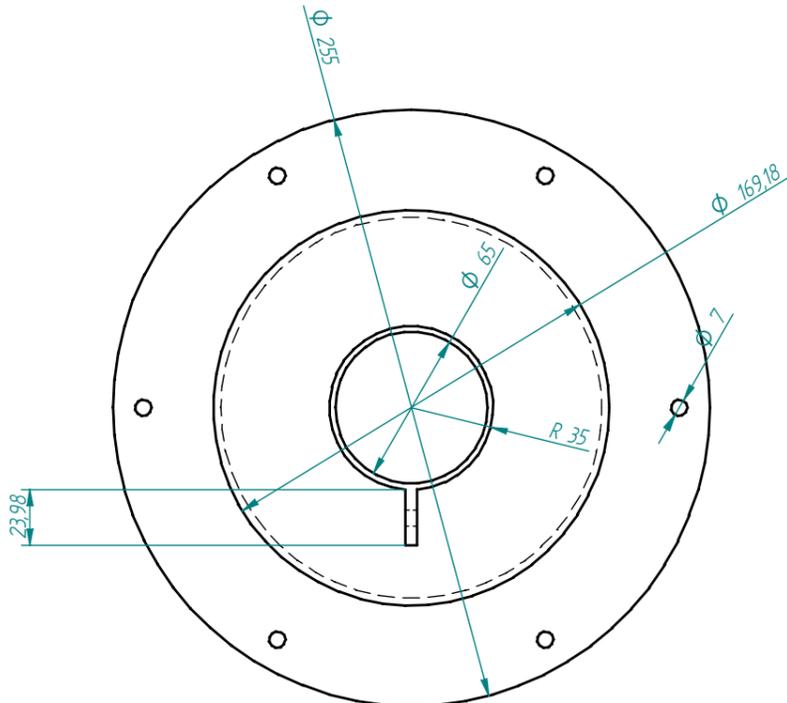
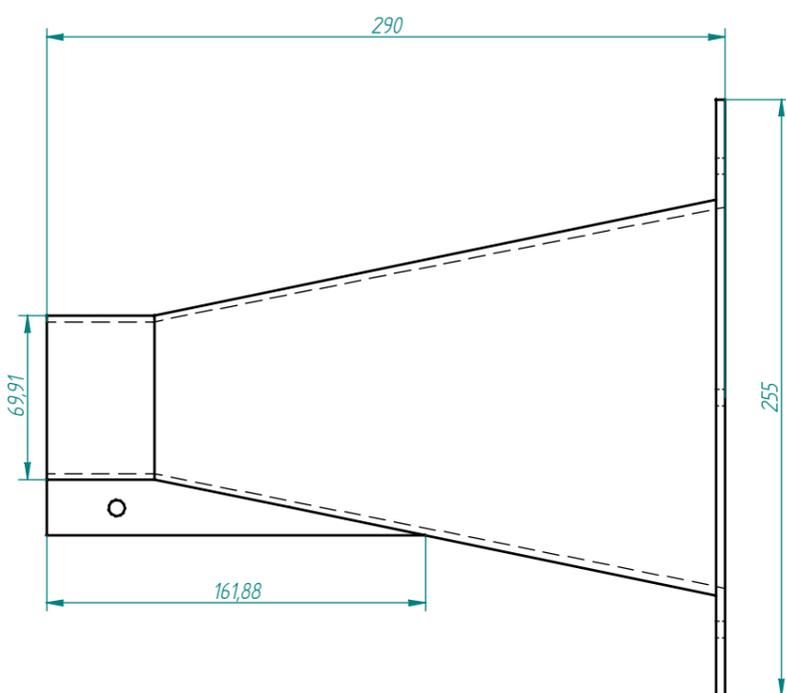
TOLVA



CONEXIÓN TOLVA



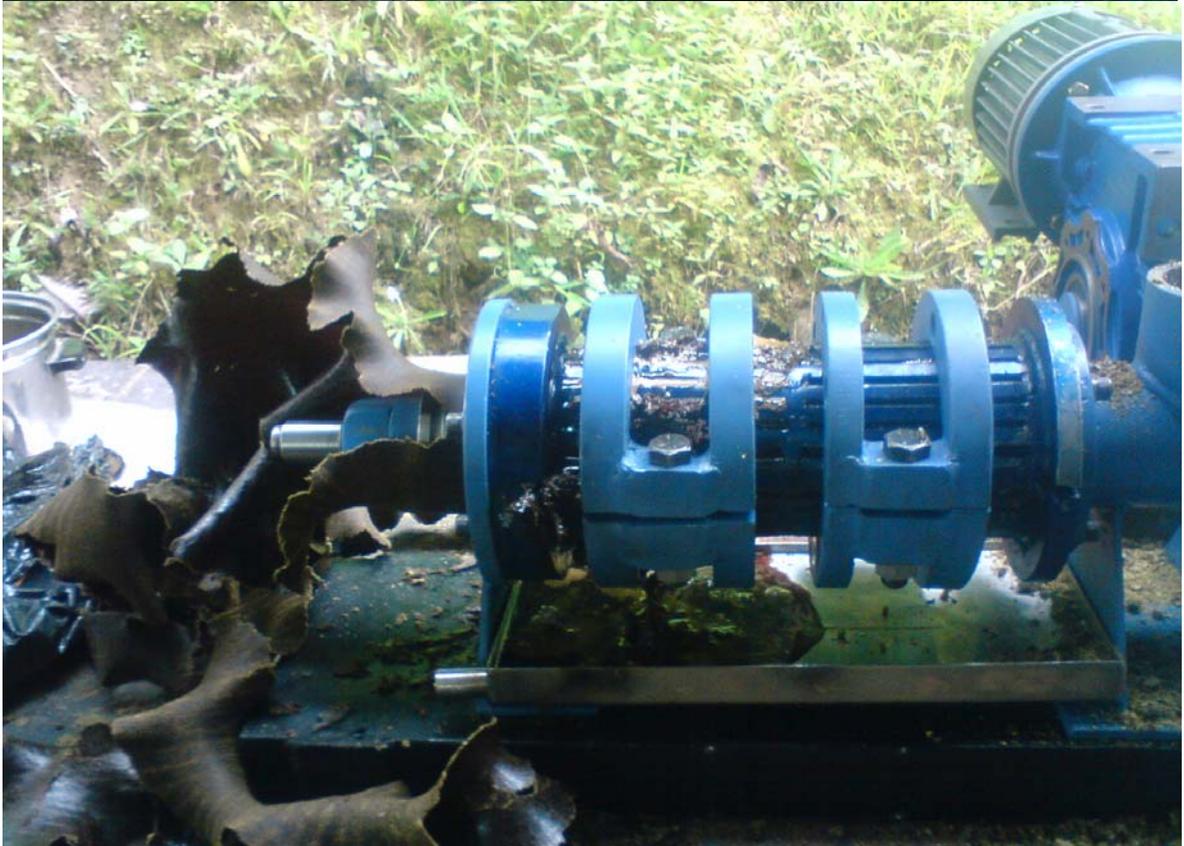
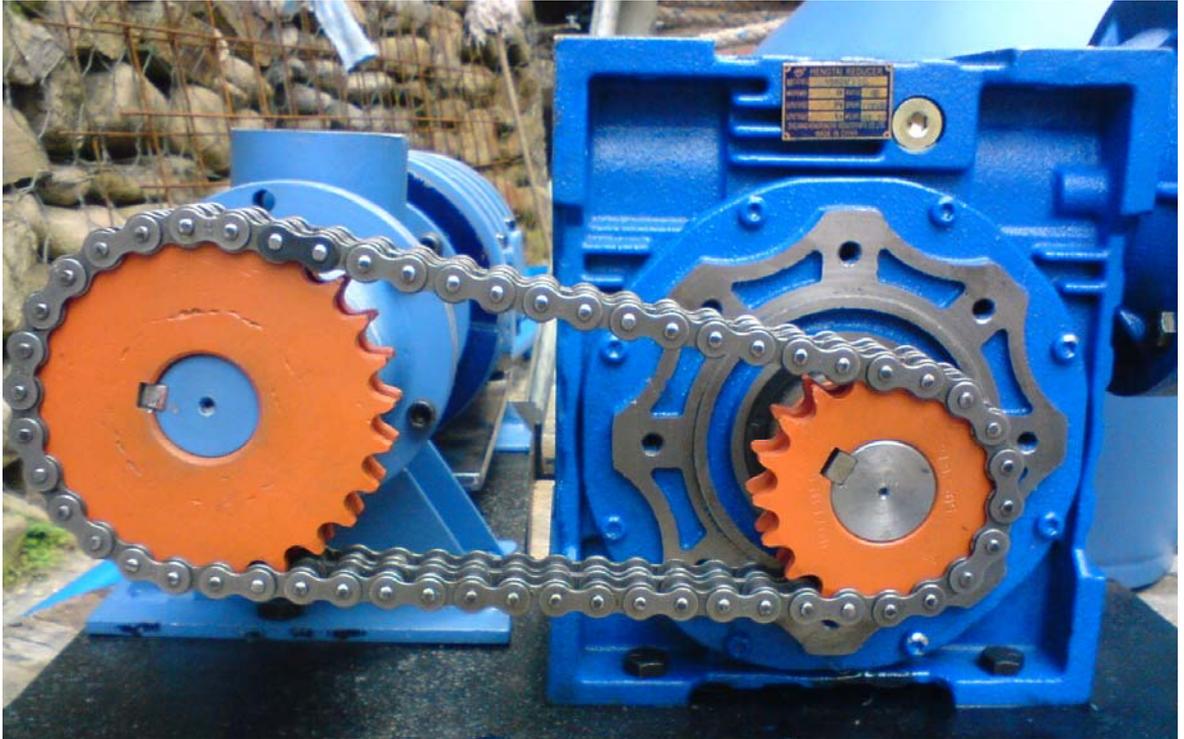
SOPORTE SOPLADOR

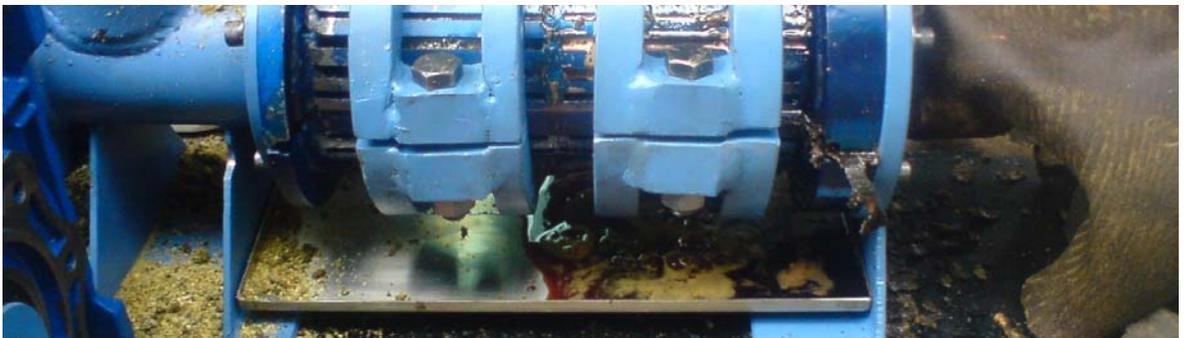
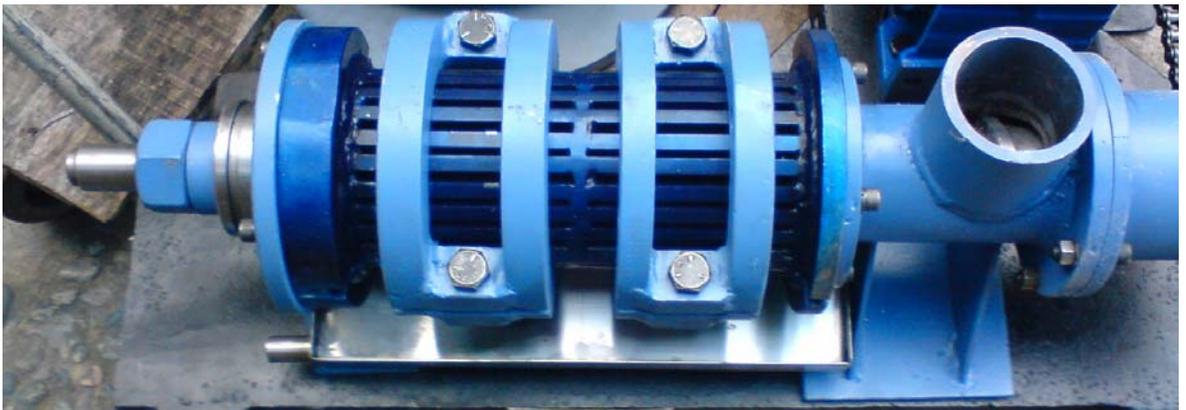


ANEXO D

Información y detalle de equipos utilizados

Documentación gráfica





SENSORES

Instrumentos para medida de temperatura SITRANS T

Termorresistencias

Vainas de protección, montaje

Datos técnicos

Valores básicos de las resistencias de medida de platino (según DIN EN 60751)

°C	(°F)	Ω
-200	(-328)	18,52
-180	(-292)	27,10
-160	(-256)	35,34
-140	(-220)	43,88
-120	(-184)	52,11
-100	(-148)	60,26
-80	(-112)	68,33
-60	(-76)	76,33
-40	(-40)	84,27
-30	(-22)	88,22
-20	(-4)	92,16
-10	(14)	96,09
0	(32)	100,00
10	(50)	103,90
20	(68)	107,79
30	(86)	111,67
40	(104)	115,54
50	(122)	119,40
60	(140)	123,24
80	(176)	130,90
100	(212)	138,51
120	(248)	146,07
140	(284)	153,58
160	(320)	161,05
180	(356)	168,48
200	(392)	175,86
220	(428)	183,19
240	(464)	190,47
260	(500)	197,71
280	(536)	204,90
300	(572)	212,05
320	(608)	219,15
340	(644)	226,21
360	(680)	233,21
380	(716)	240,18
400	(752)	247,09
420	(788)	253,96
440	(824)	260,78
460	(860)	267,56
480	(896)	274,29
500	(932)	280,98
520	(968)	287,62
540	(1004)	294,21
560	(1040)	300,75
580	(1076)	307,25
600	(1112)	313,71
620	(1148)	320,12
640	(1184)	326,48
660	(1220)	332,79
700	(1292)	345,28
750	(1382)	360,64
800	(1472)	375,70
850	(1562)	390,48

Errores asignados según DIN EN 60751

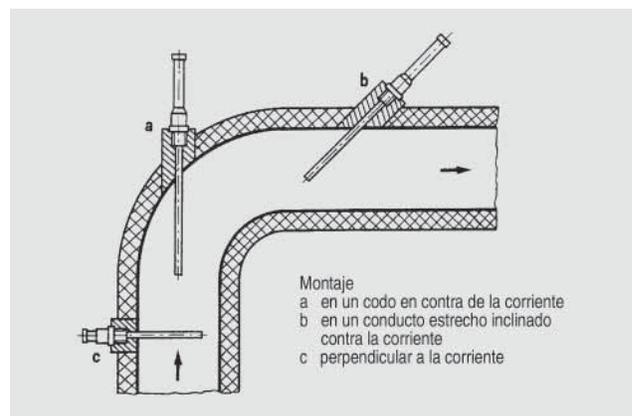
Las termorresistencias se dividen en dos clases de acuerdo a sus errores asignados:

Clase	Error asignado en °C
A	$0,15 + 0,002 t ^{1)}$
B	$0,3 + 0,005 t $

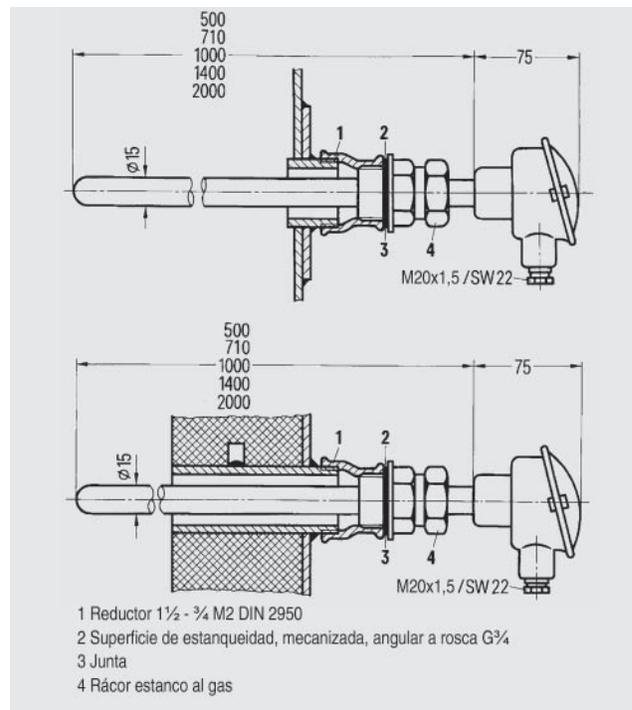
1) $|t|$ es el valor numérico de la temperatura, en °C, sin consideración del signo

Integración

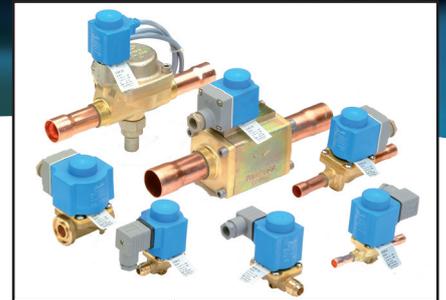
Vainas de protección en una tubería



Termorresistencia para humos



Montada en un canal de chapa (arriba) y un canal de humos (abajo)

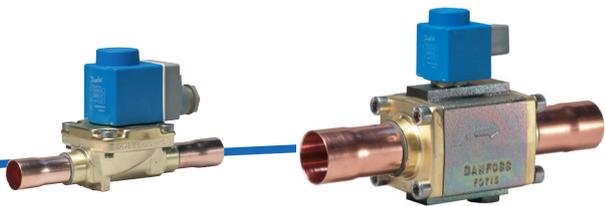


Válvulas de solenoide, tipo EVR

Gama completa - alta fiabilidad y flexibilidad

Danfoss ofrece una gama **completa y flexible** de válvulas de solenoide para su uso en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Hay disponibles tanto versiones de accionamiento directo para aplicaciones de bajas capacidades y tamaños de tuberías de 3/8" o inferiores, como válvulas servoaccionadas para mayores caudales y/o tamaños de tuberías. Las válvulas de solenoide EVR se suministran con conexiones de tamaño estándar y extra grande y han sido diseñadas para temperaturas medias de hasta 105°C. Se suministran en versiones NO y NC.

En combinación con una amplia selección de conexiones y con la plataforma de bobina "clip-on" universal c.a. / c.c., le garantizamos que encontrará el tipo de válvula adecuado para cualquier aplicación.



Válvulas de solenoide EVR - alta fiabilidad y flexibilidad

Las EVR son válvulas de solenoide de accionamiento directo o servoaccionadas para tuberías de líquido, de aspiración o de gas caliente. Son adecuadas para unidades de condensación y centrales de compresores en todas las aplicaciones de refrigeración, congelación y aire acondicionado y son compatibles con refrigerantes fluorados, incluyendo refrigerantes de alta presión como R410A (EVRH). Las válvulas se suministran tanto en versión normalmente abierta como normalmente cerrada, así como con o sin apertura manual.

Ventajas

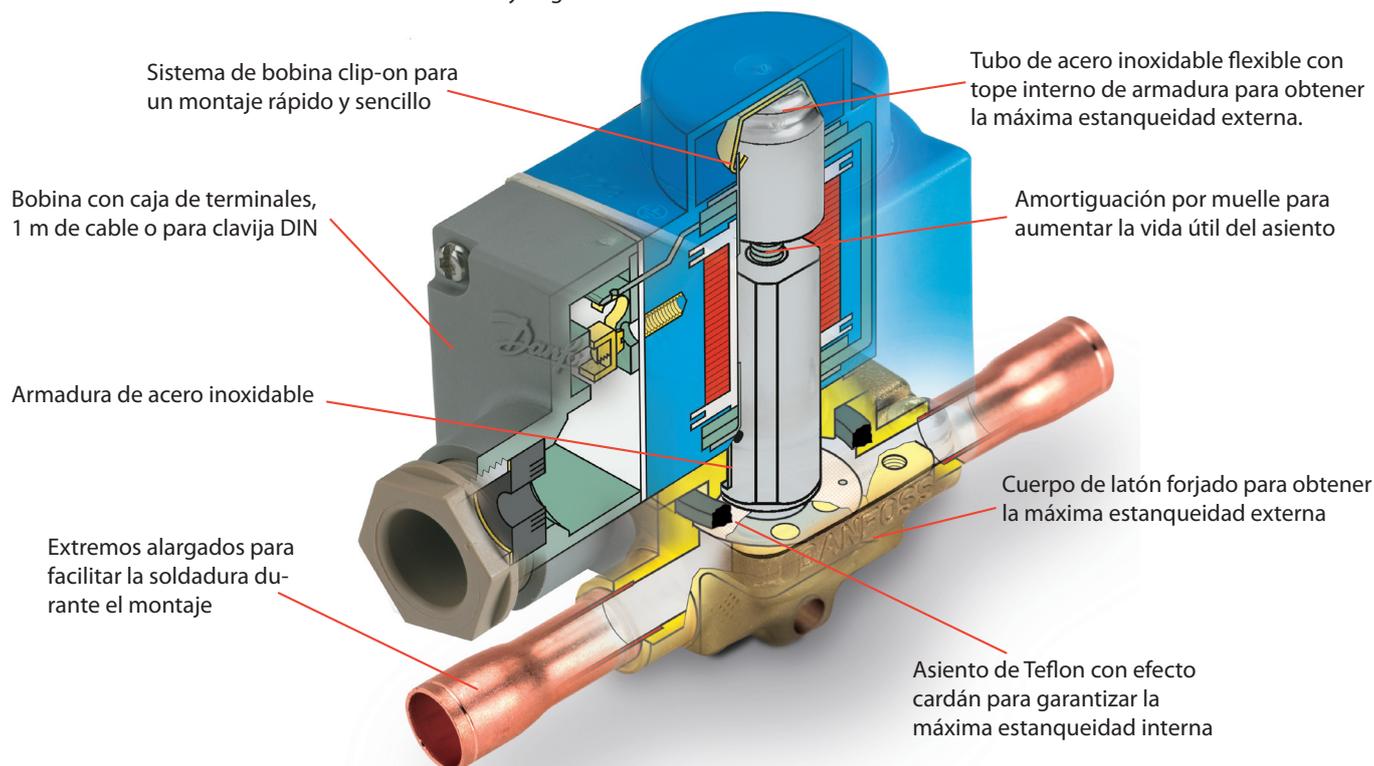
- Completo programa de válvulas y bobinas para todo tipo de aplicaciones.
- Normalmente abiertas o normalmente cerradas.
- Con o sin apertura manual.
- Gran variedad de bobinas para c.a. y c.c.
- Caja de terminales multitensión disponible con LED indicador.
- Conexiones de cobre alargadas para facilitar la soldadura.
- Gran variedad de tipos y tamaños de conexiones.
- Alta fiabilidad y durabilidad gracias a su óptima estanqueidad interna y externa.
- Montaje rápido y fiable de las bobinas "clip-on" de Danfoss (no se requieren herramientas especiales).

Datos

- Adecuadas para todos los refrigerantes fluorados (CFC, HCFC y HFC).
- Rango de temperaturas desde -40 hasta 105°C (130°C durante el desescarche).
- Presión máx. de trabajo (MWP) de 32 bar (EVR 2-3: 45,2 bar / EVR 6-10: 35 bar / EVR 15 - 50: 32 bar).
- MOPD hasta 25 bar con bobina de 12W c.a. (38 bar con bobina de 20W c.a.).
- Homologaciones: DnV, CE, MRS (la homologación ULc puede suministrarse bajo pedido).
- 100% en el test de funcionalidad, a prueba de fugas internas/externas y en características eléctricas.

Características

- Válvulas de diseño compacto de accionamiento directo o servoaccionadas.
- Plataforma universal de bobina: una sola bobina para toda la gama de válvulas.
- Reparaciones rápidas y sencillas si el fallo es debido a restos de la instalación del sistema o a suciedad/contaminantes.
- Disponibles con conexiones abocardadas, soldadas y angulares.
- Orificios de fijación para montaje en panel.
- Bobinas encapsuladas para una mayor durabilidad.
- Sistema único "clip-on" para facilitar el montaje y desmontaje de la bobina.
- Gran variedad de juegos de repuestos disponibles.
- Disponibilidad de bobinas conformes a EEx zona 2.



Datos técnicos y pedidos

Cuerpos de válvula por separado, normalmente cerrada (NC)

Tipo	Bobina requerida	Conexión		Código ¹⁾					Valor k_v ²⁾
				Cuerpo de válvula sin bobina		Soldar ODF			
				Abocardar			Con apertura manual	Sin apertura manual	
in.	mm	in./mm	in.	mm					
EVR 2	c.a.	1/4	6	032F8056	032F1201	032F1202			0.16
EVR 3	c.a./c.c.	1/4	6	032F8107	032F1206	032F1207			0.27
		3/8	10	032F8116	032F1204	032F1208			
EVR 6	c.a./c.c.	3/8	10	032F8072	032F1212	032F1213			0.8
		1/2	12	032F8079	032F1209	032F1236			
EVR 10	c.a./c.c.	1/2	12	032F8095	032F1217	032F1218			1.9
		5/8	16	032F8098	032F1214	032F1214			
EVR 15	c.a./c.c.	5/8	16	032F8101	032F1228	032F1228			2.6
		5/8	16	032F8100			032F1227		
EVR 20	c.a.	7/8	22		032F1225	032F1225			5.0
		7/8	22		032F1240	032F1240			
	1 1/8	28		032F1244	032F1245		032F1254		
	c.c.	7/8	22		032F1264	032F1264			
7/8		22				032F1274			
EVR 22	c.a.	1 3/8	35		032F3267	032F3267			6.0
EVR 25	c.a./c.c.	1 1/8					032F2200	032F2201	10.0
			28				032F2205	032F2206	
		1 3/8	35				032F2207	032F2208	
EVR 32	c.a./c.c.	1 3/8	35				042H1105	042H1106	16.0
		1 5/8					042H1103	042H1104	
			42				042H1107	042H1108	
EVR 40	c.a./c.c.	1 5/8					042H1109	042H1110	25.0
			42				042H1113	042H1114	
		2 1/8	54				042H1111	042H1112	

Soporte de montaje

Soporte de montaje	Para montaje de EVR 2, 3, 6 y 10	032F0197
--------------------	----------------------------------	----------

Bobinas - corriente alterna (c.a.)

Tipo	Tensión V	Frecuencia Hz	Código ¹⁾				Apéndice	Consumo de potencia
			Con 1 m cable de 3 hilos IP 67	Con caja de terminales IP 67	Con clavija DIN y tapa de protección IP 20	Con clavija DIN		
EVR 2 → 40 (NC)	12	50	018F6256	018F6706	018F6181		15	Funcionamiento: 10 W 21 VA Arranque: 44 VA
	24	50	018F6257	018F6707	018F6182	018F7358	16	
	42	50	018F6258	018F6708	018F6183		17	
	48	50	018F6259	018F6709	018F6184		18	
	115	50	018F6261	018F6711	018F6186	018F7361	22	
	220-230	50	018F6251	018F6701	018F6176	018F7351	31	
	240	50	018F6252	018F6702	018F6177	018F7352	33	
	380-400	50	018F6253	018F6703	018F6178		37	
	420	50	018F6254	018F6704	018F6179		38	
	24	60	018F6265	018F6715	018F6190		14	
	115	60	018F6260	018F6710	018F6185		20	
	220	60	018F6264	018F6714	018F6189		29	
	240	60	018F6263	018F6713	018F6188		30	
	110	50/60	018F6280	018F6730	018F6192	018F7360	21	
220-230	50/60	018F6282	018F6732	018F6193	018F7363	32		

Caja de terminales con indicador LED

Caja de terminales	Con diodo indicador luminoso incorporado para las válvulas de solenoide	018Z0089
Conector DIN		042N0156

¹⁾ Códigos en negrita habitualmente disponibles en almacén

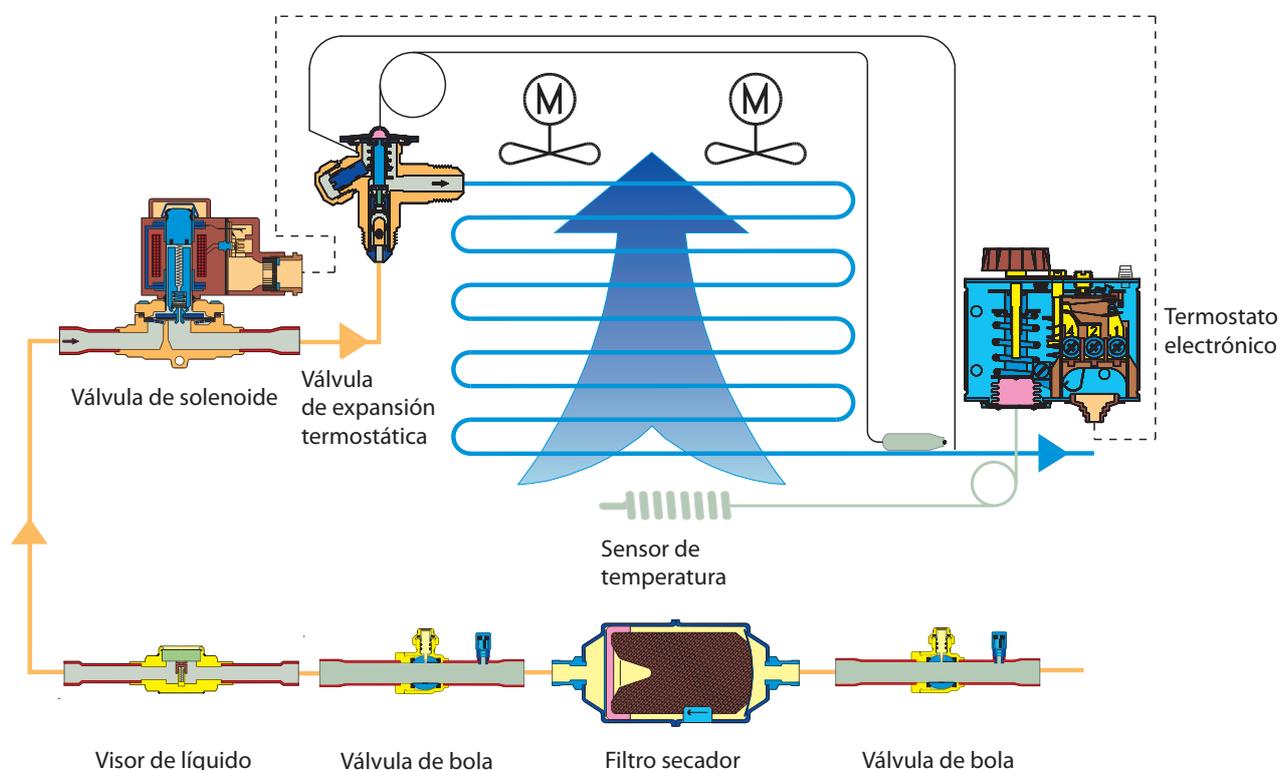
²⁾ El valor de k_v es el caudal de agua en m³/h para una pérdida de carga a través de la válvula de 1 bar, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Calidad en todos nuestros servicios

Las válvulas de solenoide EVR forman parte del programa de controles automáticos de Danfoss, que cubre una amplia gama de componentes utilizados en sistemas de refrigeración. En nuestra producción, utilizamos procesos de vanguardia y cada producto se somete a rigurosas pruebas conforme a los estándares más exigentes.

Si no encuentra el componente que necesita en este folleto o si tiene algún requisito específico, nuestras filiales y equipos locales Danfoss podrán ayudarle y asesorarle, haciendo todo lo posible por satisfacer sus necesidades.

Productos relacionados



Programa de válvulas de solenoide de Danfoss



Válvulas de solenoide EVR para su uso en tuberías de líquido, de aspiración o de gas caliente con refrigerantes fluorados



Válvulas de solenoide EVRC para su uso en tuberías de líquido con refrigerantes fluorados para permitir flujo inverso



Válvulas de solenoide EVRS para su uso en tuberías de líquido, de aspiración, de gas caliente y de retorno de aceite con amoníaco y refrigerantes fluorados



Válvulas de solenoide EVRA para su uso en tuberías de líquido, de aspiración y de gas caliente con amoníaco y refrigerantes fluorados



Válvulas de solenoide EVSR para su uso en sistemas secundarios con salmueras neutras

Danfoss, S.A., Apdo. 1062, C/. Caléndula, 93 Edif.I, Miniparc III - 28109 Alcobendas, Tel. 902 24 61 09, Fax: 902 24 61 10, ra-danfoss@danfoss.es, www.danfoss.es

Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores que pudieran aparecer en sus catálogos, folletos o cualquier otro material impreso, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan las características convenidas con el cliente. Todas las marcas comerciales de este material son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo Danfoss son marcas comerciales de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos.