



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE MECÁNICA ELÉCTRICA

**Sistema electromecánico para incrementar la eficiencia del
proceso postcosecha de leguminosas de grano seco**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Blanco Saldaña, Luz Karina (orcid.org/0000-0002-8660-4715)

Cruz Narcizo, David (orcid.org/0000-0002-4910-0411)

ASESORES:

Mg. Panta Carranza, Dante Omar (orcid.org/0000-0002-4731-263X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicamos esta investigación a nuestra familia, docentes y amistades que
Contribuyeron a nuestro objetivo profesional.

Agradecimiento

Agradecemos el apoyo intelectual de nuestros docentes Ing. Jorge Lujan e Ing. Omar Panta; al apoyo del sector privado por el financiamiento; por permitir seguir desarrollando tecnología peruana al servicio de los emprendedores.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. Introducción	1
II. Marco teórico.....	4
III. Metodología	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	12
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos	14
3.7. Aspectos éticos	14
IV. Resultados	15
V. Discusión.....	26
VI. Conclusiones.....	32
VII. Recomendaciones	34
Referencias.....	35
Anexo	39

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	12
Tabla 2. <i>Medición del proceso convencional de postcosecha para el frijol lactao</i>	15
Tabla 3. <i>Producción y tiempo de postcosecha de lactao para 1ha de cultivo con 5 obreros por proceso</i>	15
Tabla 4 <i>Medición del proceso convencional de postcosecha para el frijol chileno</i>	16
Tabla 5 <i>Producción y tiempo de postcosecha del chileno para 0.5ha de cultivo con 6 obreros por proceso</i>	17
Tabla 6 <i>Parámetros de trabajo para el sistema electromecánico</i>	17
Tabla 7 <i>Tamaño de agujero de criba para lactao y chileno</i>	18
Tabla 8. <i>Resultados de pruebas para encontrar parámetros de trabajo según tipo de grano (lactao)</i>	23
Tabla 9 <i>Costo de materiales de mecanismos reemplazados</i>	24
Tabla 10 <i>Costos de fabricación del sistema electromecánico</i>	24
Tabla 11 <i>Gastos operativos para una hectárea promedio de 1450kg de grano</i>	25
Tabla 12. <i>VAN y TIR</i>	25
Tabla 13 <i>Comparación de resultados de postcosecha convencional y postcosecha con sistema electromecánico para el frijol lactao</i>	31

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Diagrama de bloques de la metodología del proyecto de investigación.	13
<i>Figura 2.</i> Diagrama de proceso del sistema electromecánico de la postcosecha de leguminosas	19
<i>Figura 3.</i> Modelado de sistema electromecánico	21

Resumen

La investigación tuvo como objetivo principal incrementar la eficiencia del proceso postcosecha de leguminosas de grano seco en el distrito de Pueblo Nuevo de la provincia de Chepén departamento de La Libertad. La metodología tiene como enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño cuasiexperimental y alcance explicativo.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas al cultivo de lactao fueron de 97.22 % para eficiencia de trillado, 97.26 % para la eficiencia de limpieza y 4.52% de pérdida de grano. Estos resultados se lograron con 300 rpm del rodillo trillador y 400 rpm del sistema de zarandeo. Además, la capacidad del sistema electromecánico fue de 2000 kg/h logrando procesar una hectárea de 1450 kg de producción en 43.5 minutos. La potencia total del sistema electromecánico es de 6 hp.

Por lo tanto, el sistema electromecánico ayuda a reducir el tiempo de operación del sistema de postcosecha convencional.

Palabras claves: Leguminosas de grano seco, trilladora de frijol, postcosecha de frijol, eficiencia de trillado.

Abstract

The main objective of the research was to increase the efficiency of the post-harvest process of dry grain legumes in the Pueblo Nuevo district of Chepén Province, department of La Libertad. The methodology has as a quantitative approach, application type, quasi-experimental design and explanatory scope.

The results obtained in the tests carried out on the lactao culture were 97.22% for threshing efficiency, 97.26% for cleaning efficiency and 4.52% for grain loss. These results were achieved with 300 rpm of the thresher roller and 400 rpm of the sifting system. In addition, the capacity of the electromechanical system was 2000 kg/h, processing a hectare of 1450 kg of production in 43.5 minutes. The total power of the electromechanical system is 6 hp.

Key words: Dried bean legumes, bean thresher, bean harvest, threshing efficiency.

I. Introducción

El cultivo de legumbres es una actividad no solo agrícola sino también económica que ha favorecido a miles de familias generando empleo en diversos países como India, Myanmar y Brasil, con 20.3%, 17.4% y 9.7% respectivamente, del volumen cosechado a nivel mundial; y el 50% en América Latina con Brasil a la cabeza al producir la mitad a nivel regional, en donde el Perú ocupa el doceavo lugar (Juarez, 2019).

Así mismo, la pandemia de Covid-19 ha significado una desaceleración económica en todo el mundo, y la actividad económica agraria en el Perú no fue exento de recibir dicho impacto, lo que afectó en las restricciones de liquidez, derivada de la menor demanda, caída del precio de grano en chacra, dificultad de la disponibilidad de mano de obra y aumento de la pobreza monetaria rural de 40.8% a 45.7% tras la implantación de cuarentenas y restricciones focalizadas. No obstante, la producción de leguminosas de grano seco al 2020 alcanzó 87.8 mil toneladas, o sea 2.4% más que el registrado en el año 2019. En el Perú el primer productor de leguminosas fue Cajamarca, con un aporte de 17.1%, seguido de Huancavelica con 17%. La Libertad tuvo un aumento del 21.9% de intenciones de siembras en la campaña 2020-2021 en comparación con las 5 campañas anteriores. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021).

La falta de mano de obra afectó en aquellas labores que prescindieron totalmente de ella como: el arranque de planta de la legumbre en la cosecha; la trilla o desgrane, la limpieza y clasificación en el proceso de postcosecha. Los agricultores del distrito de Pueblo Nuevo, Provincia de Chepén, departamento de La Libertad realizaban dichos procesos por el método tradicional (manual), tomando mayor tiempo y costo (Cardenas, 2020). Lo que significó que excedieran los 10 días para el arranque y 15 días para la trilla, repercutiendo en la pérdida de presencia del grano y el aumento del tiempo de cocción según señalaron (Biol y Quintana, 2018). Según, Palma (como se citó en Maugly, 2015) el proceso postcosecha es el cuello de botella más importante de toda la cadena productiva de leguminosas de grano seco, la cual representó alrededor del 10% de pérdidas de toda la producción (Manrique, 2017).

Dentro del proceso postcosecha de leguminosas, la labor de trillado fue realizado por tractores, lo cual causó daño al grano provocando roturas; este defecto debe

evitarse lo mejor posible en los granos sean destinados como semilla (Lépiz et al., 2015). Por otro lado, la labor de limpieza de grano, se vio afectado por el venteo al aire libre, ya que provocó que se dispersen granos fuera del área de trabajo, los cuales en la mayoría de las veces representaron como pérdidas.

Cabe mencionar que a nivel nacional no hubo ningún proveedor o empresa dedicada al desarrollo exclusivo de maquinaria para el sector, sólo se ofrecían sistemas adaptados para tractores que no necesariamente satisfacían la necesidad de los usuarios. En consecuencia, los agricultores de la zona tuvieron que vender su producto a menor precio de lo esperado, ya que no cumplieron con los estándares mínimos requeridos por los clientes, en dichos estándares se tenía en cuenta la rotura, limpieza y clasificación por tamaños de los granos, esto causó la reducción del margen de utilidad e imagen en el mercado; por lo que se planteó la siguiente pregunta: ¿En qué medida un sistema electromecánico incrementa la eficiencia del proceso postcosecha de leguminosas de grano seco? por lo que se propuso el diseño de un sistema electromecánico que sea económicamente accesible para los agricultores y efectivo como solución ante dicha necesidad.

La importancia de la investigación al respecto también tuvo como fin de potencializar y mejorar los procesos postcosecha de leguminosas de grano seco e incentivar a futuros profesionales al desarrollo propio de maquinaria para el sector agrícola en el Perú, contribuyendo a la reducción u optimización de costos y gastos en este sector, por ende, mejorar los ingresos salariales y la calidad de vida de las personas que dependen de la actividad agrícola.

Motivo por el cual se planteó como objetivo principal diseñar un sistema electromecánico para incrementar la eficiencia del proceso postcosecha de leguminosas de grano seco, y como objetivos específicos: determinar la eficiencia del proceso convencional de postcosecha de leguminosas de grano seco, para comparar posteriormente con la eficiencia estimada utilizando el sistema electromecánico, identificar los parámetros de mayor incidencia en el proceso postcosecha de leguminosas de grano seco, para determinar parámetros de diseño del sistema electromecánico, diseñar y modelar un sistema electromecánico para validar el proceso postcosecha requerido, construir un sistema electromecánico, para estimar la eficiencia del proceso de postcosecha, y evaluar el costo - beneficio

de la implementación del sistema electromecánico en el proceso postcosecha, para estimar la factibilidad económica.

II. Marco teórico

En investigaciones realizadas a nivel nacional, no se cuenta con antecedentes referidos al tema, y en investigaciones realizadas a nivel internacional se encontró a El-Fakhrany y Aboegela, (2021), quienes en su investigación desarrollada en Egipto, fabricaron una pequeña trilladora de soja y frijol apta para tractores de pequeña potencia para evaluar su rendimiento, como muestra estudiaron a dos tractores de baja potencia, el instrumento utilizaron fue la guía de observación, como resultado encontraron que la velocidad del tambor de 450 rpm (12,01 m / s) y la velocidad de alimentación de 500 kg / h fueron la óptimo para trillar cultivos de soja y frijoles secos, como criterio de costes más bajos fueron las maquinas modelo 948 LE / Mg y 908,4 LE / Mg que se obtuvieron para la soja y frijol seco, además, la eficiencia de trilla fue de 98.03% y 97.79%, eficiencia de limpieza de 97,77% y 97,61%, daño de semillas de 2,72% y 2,55%, respectivamente.

A. Sabir Ahamed y V. Manonmani, (2021) en su investigación realizada en India, se llevó a cabo para conocer la influencia de los métodos de cosecha y trilla en la calidad de la semilla de frijol mijo, como muestra comparó tres tipos de trilla batido manual con palo flexible, pisada de tractor y trilla mecanizada con trilladora de arroz, como instrumento utilizó la guía de observación, los resultados de las pruebas indicaron que la trilla mecanizada toma aproximadamente el 15% del tiempo que toma la trilla manual, la trilla son tractor toma 17.65% del tiempo que toma la trilla manual, la mayor recuperación de semillas se logró con la trilla manual con un 67.8%, seguido de la trilla mecanizada con 65%, y como último se tuvo a la trilla con tractor con 60.5%, además, en cuanto a daños de grano se obtuvo 11.53%, 22.78% y 14.17% para trillado manual, con tractor y mecanizado, respectivamente; dicha investigación concluye que los métodos tradicionales de trilla son tediosos y que la trilla mecanizada es un medio para superar las dificultades de los demás métodos.

Chaplygin, Tronev y Davydova (2021), en su investigación realizada en Rusia, tuvieron como objetivo analizar los adaptadores dedicados que utilizan en la cosechadora de soja, como muestra utilizaron 4 tipos de cosechadoras, el instrumento fue la ficha de registro, los estudios demostraron que los adaptadores que utilizan las cosechadoras causan pérdidas mínimas, dichas pérdidas son derrame granos, vainas que se quedan en la máquina, vainas que quedan

atrapadas en los tallos y tallos atrapados en el sistema, dicho estudio concluye que existe una amplia gama de adaptadores y cabezales de diferentes fabricantes dedicados para la anidación de soya.

Hasantabar Amiji, Mousavi Seyedi y Kalantari, (2019), en su investigación desarrollada en Irán, tuvieron como objetivo diseñar y optimizar una descascaradora de vainas a escala de laboratorio basados en frotación y luego utilizarlo en condiciones de campo, la muestra que utilizaron fue para la soya y el frijol mungo, como instrumentos utilizaron la guía de observación, los principales resultados fueron que, el rendimiento de la maquina aumenta a medida que aumenta la velocidad del rodillo trillador, sin embargo la velocidad optima en este caso fue de 170 rpm logrando con ella una eficiencia del 93,44% (frejol). Con respecto a la separación entre la criba y el rodillo, la eficiencia es menor a medida que aumenta dicha distancia, con una separación de 8mm, la eficiencia optima en este caso fue de 93,42%, en cuanto a pérdidas se obtuvo un máximo de 3,41% (Arevalos y Redondo, 2018) en su investigación desarrollada en Baja California de los Estados Unidos, tuvieron como objetivo proporcionar una visión global acerca de los métodos utilizados para medir los daños mecánicos asociados al procesamiento de granos, en el estudio se utilizó una muestra de 94 artículos, la técnica de recolección de datos que utilizó fue análisis documental, en el estudio se encontró que el 41% utiliza horno para el secado de granos, el 35% utiliza el uso de las cosechadoras y el 33% utiliza el test de germinación, el 18% el test de conductividad eléctrica, 18% el método de desplazamiento de líquido, 12% el test de envejecimiento acelerado y el 12% el test de tetrazolio.

Xia et al. (2018) en su estudio realizado en China, se fabricó una trilladora uña-diente para cultivo de legumbres para solucionar el problema de la trilla mecánica en el proceso de cosecha, como muestra utilizaron los parámetro operativos claves de la trilladora (impurezas y rotura de grano), como instrumento utilizaron la guía de observación, los resultados mostraron que la velocidad del rodillo tiene mayor impacto en la rotura del grano, y concluyen que la combinación de parámetros óptimos para el funcionamiento es: velocidad de rodillo 400rpm, alimentación de grano 1,2 kg/s y tolerancia cóncava de 54mm) bajo estos parámetros se logró una tasa de impurezas del 1,09% y una tasa de ruptura de 3,45%

(Daniel et al., 2018) en una investigación realizada en Colombia, tuvieron como objetivo diseñar y construir un prototipo portable de una desgranadora de frijol seco mediante un sistema de rodillo axial, los instrumentos utilizado fue la guía de observación y ficha de registro, los principales resultados de la investigación refleja que la producción con la trilladora en condiciones mínimas y máximas de humedad fue de 400Kg/h, mientras que el desgrane con el proceso manual y en condiciones mínimas de humedad fue de 135Kg/h, las pérdidas por rotura en condiciones de mínimas de humedad es 0g con el proceso mecanizado, mientras que las pérdidas por rotura de grano con el proceso mecanizado y el proceso manual fue de 67.5g, dicha investigación concluye que según las pruebas de funcionamiento el prototipo cumplió con los requerimientos.

Chansrakoo y Chuan-Udom, (2018) en su estudio realizado en Tailandia, tuvieron como objetivo Investigar los factores operativos que afectan el desempeño de una trilladora de flujo axial, como muestra se estudió tres factores (contenido de humedad, velocidad del rotor y velocidad de alimentación), como instrumento se utilizó la guía de observación, el estudio fue de tipo experimental, en los cuales encontraron que la velocidad de alimentación afecta significativamente la eficiencia de trilla y la rotura del grano, concluyendo que dicha trilladora es recomendada para humedad menor al 16%, con velocidad de rotor de 10 – 12 m/s y velocidad de alimentación no mayor que 150 Kg/h.

Las leguminosas son todo tipo de frutos que está contenido en forma de vainas (Valladolid, 2016). En América Latina se producen alrededor de 15 especies de luminosas, sin embargo, en el Perú se producen de forma significativa alrededor de 10 especies, por su importancia en la alimentación.

Para la cosecha de leguminosas se cuenta principalmente con dos tipos de cosechadoras: las cosechadoras autopropulsadas que consisten en cortar y recoger el cultivo mientras se desplazan por la chacra, siendo éstas las más usadas en la actualidad; y las cosechadoras de arrastre que consisten en ser accionadas por otros equipos como el tractor o motores externos. Además, Garay et al. (2015) considera que la cosecha consiste en el arranque de la planta, y la postcosecha contiene el pre secado del arbusto y la vaina con sol, el trillado, la separación o limpieza del grano, el secado de granos en el sol, selección y almacenamiento. En

este estudio se abordarán los sub proceso de: trilla, separación y clasificación en dos tamaños.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2018) distingue tres tipos de trillado de leguminosas: manual, semimecanizada y mecanizada: El primero, se realiza golpeando a la vaina con una madera contra el piso, haciendo uso de animales para pisotearla, o cuando un tractor pasa por encima de las vainas; el segundo consiste en la utilización de una maquina automotriz que recoge directamente de las hileras secas del cultivo o estas son colocadas en la tolva de alimentación de la maquina; y el tercero consiste en pasar la máquina cosechadora directamente sobre la chacra.

Los diferentes sistemas de trillado están configurados con diferentes elementos principales, están los que cuentan con un cóncavo y un rodillo desgranador, cóncavo y múltiples rodillos desgranadores y el cóncavo con un tornillo de Arquímedes, sin embargo, el sistema de mayor uso es el cóncavo con un rodillo trillador, que además, se tiene en dos modalidades, están los de dientes o dedos y los de barras, el principio de funcionamiento consiste en lo siguiente, para el primer caso, los dedos están colocados en el rodillo y en el cóncavo, el rodillo es giratorio y el cóncavo es estático, al momento de la operación dichos dedos son friccionados permitiendo la separación del grano de la vaina y la trituración de la planta, la separación de los dedos debe ser la más idónea para el tipo de grano y no causar maltrato o rotura del mismo.

Como mecanismos de separación o limpieza, que consiste en separar el grano de la paja, el polvo o partículas extrañas, también se cuenta con diferentes tipos y/o configuraciones, están los que utilizan ventilación forzada para el venteo, los que hacen uso de sistemas de extracción, separación por vibración y los sistemas combinados o mixtos, de los cuales el de mayor uso es el sistema por extracción de aire y vibración.

El sistema de extracción de aire permite trasladar la paja hacia el exterior pero su rendimiento está relacionada o depende del sistema de alimentación ya que, si la alimentación es en exceso, el rodillo trillador necesitará mayor velocidad para el desgranado y en consecuencia, el rendimiento del sistema de limpieza se verá disminuido, Chansrakoo y Chuan-Udom, (2018) porque el proceso sufre atascamientos.

Para el fin de este estudio, es importante tener en cuenta ciertas características o propiedades de los granos con la finalidad de lograr un trillado eficiente y de calidad; para ello las características de mayor importancia es el calibre, la forma, la resistencia al impacto, el grado de dificultad en el desgranado del grano y la densidad del grano.

El calibre y la forma permitirá determinar las características mínimas que debe tener la criba para cada tipo de grano, la resistencia al impacto permitirá determinar los parámetros de operación y tipos de materiales a considerar para no causar rotura o maltrato del grano, el grado de dificultad del desgranado permitirá determinar los tipos de elementos y materiales que deben conformar el sistema de trillado, y finalmente, la densidad del grano permitirá determinar el tipo de limpieza o separación del grano de la paja.

Valladolid (2016), sostiene que el tamaño del grano es un concepto relativo con respecto a cada tipo de leguminosa, ya que, dentro de cada uno se pueden distinguir como: grande, mediano y pequeño, por ello utiliza dos tipos de criterios, el peso del grano contenido en 100 granos y el calibre expresado en número de semillas contenidas en 100 gramos, esta forma de medir el tamaño o calibre del grano podría ser una opción, sin embargo, Dias et al. (2014) en un estudio sobre velocidad periférica del disco en los mecanismos de dosificación de semillas de maíz y soya, hacen uso de una metodología que se adapta mejor a este estudio, ya que consta en la medición del tamaño del grano en largo, ancho y altura.

En cuanto a definición de variables se tiene a la eficiencia del proceso postcosecha, en donde Sumanth (1992), lo define como “la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada”. Richard, B; Chase, F; Robert, (2014) definen como “una proporción entre la producción real de un proceso y un parámetro determinado” y establecen las siguientes relaciones

$$\textit{Tiempo de operación} = \textit{Tiempo de preparación} + \textit{Tiempo de corrida}$$

$$\textit{Tiempo de ciclo} = \textit{Tiempo promedio entre la terminación de las unidades}$$

$$\textit{Tasa de rendimiento} = \frac{1}{\textit{Tiempo del ciclo}}$$

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Producción estándar}}$$

En el cual el tiempo de corrida es lo que se requiere para producir un lote de producto, el tiempo de preparación es el que se requiere para preparar a efecto de fabricar un artículo particular, la tasa de rendimiento es el porcentaje de productos que se espera del proceso durante un periodo determinado y el tiempo de ciclo es el que transcurre mientras en realidad se trabaja en una unidad y el que se espera en la fila.

Por otro lado al evaluar la eficiencia del proceso postcosecha, se realiza mediante la medición de los subprocesos PANDEY y STEVENS, (2016) definen la eficiencia del proceso postcosecha como una consecuencia de operaciones que están diseñadas para separar el producto deseado de la masa del material de cultivo. Lo cual se refiere a: la eficiencia de trilla, eficiencia de limpieza, pérdida de granos, rotura de granos y capacidad de producción. Las ecuaciones que permiten medir dichos subprocesos se encuentran en el Anexo 5.

Mientras que, un sistema electromecánico es la integración de elementos mecánicos, eléctricos y principios de la ingeniería electrónica en un producto industrial o de consumo, muchos de estos productos se realizan mediante un prototipo, el cual sirve para comprobar si cumple con las especificaciones o requisitos de los estándares y su practicidad de fabricar (Walsh, 1999). Así mismo, Lyshevski, (2008) lo definió como aquel sistema integrado por componentes mecánicos, electromagnéticos, circuitos y electrónicos; al igual que Lenk et al. (2011), como aquel conjunto de elementos funcionales eléctricos y mecánicos acoplados.

La comprobación de funcionamiento de los sistemas electromecánicos se realiza de acuerdo con su uso funcional y requisitos, bajo los estándares especificados por ASTM, ANSI, NEMA, SAE, AGMA, etc. Sólo a través de estos procedimientos se puede realizar una evaluación precisa en cuanto a funcionalidad, que tiene ver si el producto soluciona la necesidad; practicidad está enfocado a la facilidad de fabricación del producto; confiabilidad es la capacidad del producto de funcionar sin fallar durante un periodo de tiempo; seguridad va enfocado al cumplimiento de normativas o estándares de seguridad; y costo, si es económicamente factible el desarrollo del producto.

Los estándares específicos con los que se trabajó fueron AST, encargada de regular los materiales de acero para mejorar su calidad y seguridad; ISO 286 para

determinar las tolerancias y ajustes en la fabricación y montaje del sistema electromecánico; resistencia a la fatiga, para determinar su probabilidad de falla; ANSI B11.0 y ISO 12100, se aseguró la seguridad de la maquinaria al haber evaluado los riesgos; y VAN y TIR, es parte de la evaluación financiera para decidir la viabilidad económica del proyecto.

Existe varias técnicas o procedimientos que permiten el diseño de un producto, esto depende de la complejidad del sistema o piezas que se pretenda diseñar. Norton, (2011), menciona diferentes teorías para el diseño mecánico, teoría de fallas estáticas, teorías de falla por fatiga. Cengel Yunus.A, (2009) considera los mecanismos de transferencia de energía; todo esto depende del tipo de trabajo al que están sometidas las piezas, al tipo de material utilizado y a los tipos de carga. Budynas y Nisbett, (2012), agregan que la optimización de materiales es muy importante en el diseño de un producto, ya que de ello depende gran parte del éxito. El análisis por elementos finitos es una teoría cuyo uso cada vez es más frecuente, a pesar de que matemáticamente es complejo de analizar, hoy en día existe la opción de realizarlo mediante software asistido por computadora (CAD)

Norton, (2011) el análisis por elementos finitos consiste en dividir una pieza en un número finito de elementos discretos, que dicho sea de paso existen varios tipos de elementos uni, bi o tridimensionales llamados también de línea, superficie y de volumen, respectivamente.

Przemieniecki, (2009) sostiene que el método de elementos finitos (FEM) para el análisis y diseño de estructuras y componentes mecánicos se basa en el concepto de reemplazar la estructura continua real por un modelo matemático, también considera que la elección del número de nodos es uno de los pasos principales en el método ya que de ello depende el nivel de precisión que se requiere, a mayor número de puntos mayor será la precisión.

Entonces, se precisa que el análisis por elementos finitos es un método numérico para la resolución de matrices y ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento de elementos y nodos finitos, la cual depende de la precisión de la aplicación práctica que se pretenda diseñar, cabe indicar que la finalidad es encontrar los desplazamientos de los nodos y las deformaciones internas de los elementos, para luego poder obtener los esfuerzos internos de la estructura.

III. Metodología

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación tuvo como propósito hacer uso de teorías de diseño mecánico y diseño asistido por computadora, para solucionar el problema de postcosecha de leguminosas, por ende según Vargas Cordero (2009) es de tipo aplicada. Además, la investigación tuvo relación causal entre el sistema electromecánico y la eficiencia del proceso postcosecha, según Hernandez et al. (2014), se considera como explicativo.

Así mismo, en la investigación se fabricó el sistema electromecánico lo que permitió variar ciertos parámetros del sistema para obtener resultados diversos en la eficiencia del proceso postcosecha, por ende, se le considera como diseño experimental; durante el experimento de la investigación el grupo de control fue elegido por los investigadores, para medir la eficiencia del proceso actual, además, dichos grupos ya estuvieron conformados antes del experimento, es decir, fueron grupos intactos: la cantidad de hectáreas por parcela y los dueños que lo administran, por ende se determina como cuasiexperimental, (Hernandez et al., 2014)

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Sistema electromecánico

Variable dependiente: Eficiencia del proceso postcosecha

3.3. Población, muestra y muestreo

Hernandez et al. (2014) sostuvo que la población “es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”, para el presente estudio la población estuvo conformado por 125 procesos de postcosecha según la junta de usuarios del valle Jequetepeque, (2020).

Así mismo, la muestra estuvo conformada por 2 procesos de postcosecha de leguminosas de grano seco en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia Chepén, departamento La Libertad, en el año 2021.

El muestreo fue no probabilístico, ya que estuvo orientado por las características de la investigación más que por un criterio estadístico

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Las técnicas son actividades y procedimientos sistematizados para obtener la solución al problema estudiado. Y los instrumentos, aquellas herramientas utilizadas para aplicar una determinada técnica de recolección de datos (Hurtado de Barrera, 2012).

Tabla 1. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Técnicas	Instrumentos
Observación , utilizada para describir, conocer y registrar datos en estudio de campo.	Guía de observación , en donde se registraron los indicadores de la variable dependiente (Anexo 1).
Encuesta , permitirá recolectar datos que proporcionarán los agricultores.	Cuestionario , se indagó acerca de las características de proceso actual de trillado de leguminosas.

Fuente: Elaboración propia

Los instrumentos mencionados en la Tabla 1, fueron validados por tres profesionales colegiados, en ingeniería mecánica e industrial a través del Certificado de Validez de Contenido (Anexo 9).

3.5. Procedimientos

Para el proceso del diseño y construcción del sistema electromecánico, se aplicó la metodología de Manual de diseño electromecánico de (Walsh, 1999) que considera las fases en la Figura 1.

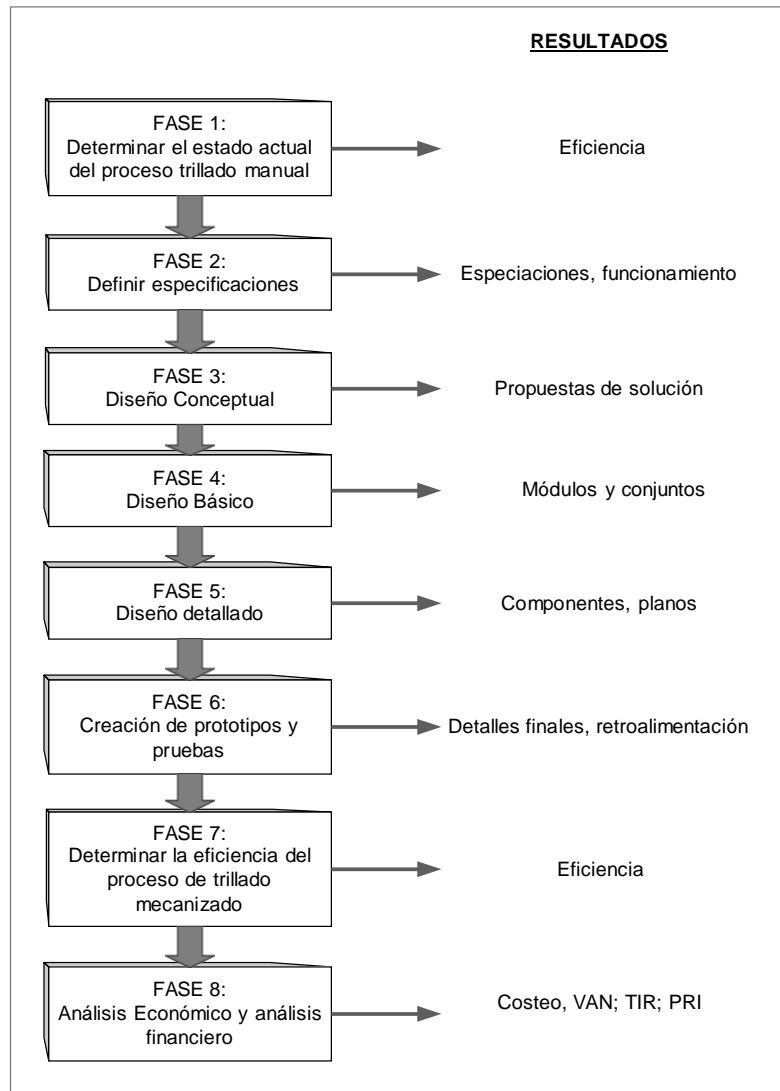


Figura 1. Diagrama de bloques de la metodología del proyecto de investigación

Fase 1 – Estado actual del proceso: Se obtuvo la fotografía del momento, es decir, los datos iniciales del proceso de trillado manual.

Fase 2 – Especificaciones: se aplicó un cuestionario a los agricultores que siembran leguminosas de grano seco, para determinar sus deseos y expectativas sobre una máquina que reemplace el proceso que se hace actualmente.

Fase 3 – Diseño Conceptual: Se tomó los resultados de la fase anterior y se formularon propuestas de solución presentados en esquemas, las que fueron evaluadas y validadas con cada criterio de evaluación.

Fase 4 – Diseño básico: Una vez hecho la definición global en el paso anterior, se definió los conjuntos o subensambles, es decir se determinaron los módulos y conjuntos.

Fase 5 – Diseño detallado: Se definió los componentes que conformaron los conjuntos. Se obtuvo los planos de piezas con las especificaciones técnicas de fabricación y ensamblaje.

Fase 6 – Creación de prototipos y pruebas: La obtención de errores y detalles finales que fueron detectados antes de la etapa de construcción.

Fase 7 – Cálculo de eficacia de trillado con el sistema electromecánico: Se obtuvo los nuevos datos de eficiencia de trilla y se comparó con el trillado manual.

Fase 8 – Análisis Económico y análisis financiero: Se determinó los costos de producción del sistema electromecánico, así como el del valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó los elementos básicos de la estadística descriptiva, los que incluyeron promedios aritméticos, tablas de distribución de frecuencia y otras estadísticas generales.

3.7. Aspectos éticos

En esta investigación se respetará la autonomía y la confidencialidad de nombres, de dueños de parcelas que se eligieron para el estudio de muestra, respecto a la información tomada fue bajo el consentimiento y voluntad propia de cada uno de los participantes, además, el estudio se realizó con la finalidad de mejorar las condiciones de vida y el bienestar de los pobladores de la sociedad, ya que, al mejorar la postcosecha de leguminosas aumentará la producción, por ende los ingresos de los agricultores dedicadas al sembrío de granos se verán incrementados. Por otro lado, el beneficio de los investigadores radica en el desarrollo profesional y aplicación de conocimientos al servicio y/o beneficio de la población en cuestión.

IV. Resultados

4.1. La eficiencia del proceso postcosecha convencional, se tomaron datos de dos procesos de cultivos y dos tipos de granos (frijol lactao y chileno) que dicho sea de paso fueron los que predominaron en la zona, para ello se utilizó la guía 1 de observación (Anexo 7), los resultados se muestran en la Tabla 2 y Tabla 3

Tabla 2. *Medición del proceso convencional de postcosecha para el frijol lactao*

Descripción	Proceso 1			Proceso 2		
	A ^a	B ^a	C ^a	A ^b	B ^b	C ^b
Eficiencia de trilla (%)	99.73			97.80		
Eficiencia limpieza (%)	99.63			98.33		
Pérdida de grano (%)	2.05			2.34		
Producción (Kg/h)	577.78			887.18		

Nota: A=Área de muestra (ha), B= Cantidad de obreros, C= humedad del grano (%)

^aA=1. ^bA=3. ^aB=3. ^bB=14. ^aC=9.4 ^bC=12.4.

Fuente: Propia

Los resultados de la Tabla 2, corresponde al sistema de postcosecha manual tanto para el proceso 1 y proceso 2. El desgrane se hizo con la ayuda de un tractor, la limpieza (venteo) con zarandeadas, terminando en el ensacado. Además, la cantidad de obreros del proceso 1 fue menor que el proceso 2, sin embargo, les tomó menos tiempo en realizar las actividades correspondientes de la postcosecha, en cuanto a eficiencia el proceso 1 también obtuvo mejores resultados que el proceso 2, la producción es un valor relativo que depende de la cantidad de obreros por proceso los cuales se analizan en la Tabla 3.

Tabla 3. *Producción y tiempo de postcosecha de lactao para 1ha de cultivo con 5 obreros por proceso*

Parámetro	Proceso 1		Proceso 2	
	C ^a	D ^a	C ^b	D ^b
Tiempo (h)	2.25		9.1	
Producción (Kg/h)	557.78		316.85	

Nota: C= humedad del grano (%), D=Rendimiento (Kg/ha)

^aC=9.4 ^bC=12.4, ^aD=1300. ^bD=2883

Fuente: Propia

En la Tabla 3, mostramos la comparación de resultados en base a 5 obreros por proceso para un área de 1ha, mediante la regla de tres compuesta se logró determinar dichas equivalencias, en donde se fijó la producción y se calculó el tiempo que tomaría el *proceso*. En la cual se nota claramente que los obreros del proceso 1 tienen una producción mayor en menos tiempo que el proceso 2, las diferencias principales que se tuvo entre ambos procesos es la humedad del grano y el rendimiento del terreno es decir la cantidad de grano por hectárea.

Tabla 4 *Medición del proceso convencional de postcosecha para el frijol chileno*

Descripción	Proceso 1			Proceso 2		
	A ^a	B ^a	C ^a	A ^b	B ^b	C ^b
Eficiencia de trilla (%)	99.83			91.15		
Eficiencia limpieza (%)	99.67			99.63		
Pérdida de grano (%)	0			0.018		
Producción (Kg/h)	91.67			.356.16		

Nota: A=Área de muestra (ha), B= Cantidad de obreros, C= humedad del grano (%)

^aA=0.5. ^bA=0.25. ^aB=3. ^bB=6. ^aC=12.4 ^bC=11.5

Fuente: Propia

4.2. Para el proceso de postcosecha del frijol chileno mostrados en la Tabla 4, se midieron los parámetros igual a los obtenidos en la Tabla 3. Cabe señalar que el proceso 1 utilizó una máquina trilladora adaptada de una cosechadora de arroz marca Zukai modelo 4LZ-350, mientras que el proceso 2 utilizó 6 obreros y un tractor para el trillado. En cuanto a la trilla hay una diferencia considerable de 8.86% ente ambos procesos, en cuanto a la limpieza son similares, la pérdida de grano no se evidencio en el proceso 1 mientras que en el proceso 2 es mínima, en cuanto a la producción es un resultado relativo que depende de la cantidad de obreros por proceso y el tipo de máquina, dichos datos se pueden apreciar en la Tabla 5

Tabla 5 Producción y tiempo de postcosecha del chileno para 0.5ha de cultivo con 6 obreros por proceso

Parámetro	Proceso 1	Proceso 2
	C ^a D ^a	C ^b D ^b
Tiempo (h)	3	7.3
Producción (Kg/h)	183.33	356.16

Nota: C= humedad del grano (%), D=Rendimiento (Kg/ha)

^aC=12.4 ^bC=11.5

^aD=1100. ^bD=5200

Fuente: Propia

Según los resultados de la Tabla 5 se obtuvo que el proceso 1 le tomó 3 horas con 6 personas para realizar las actividades que implica el proceso postcosecha de frijol chileno para 0.5 hectáreas, a diferencia del proceso 2 que tomó mayor tiempo, en cuanto a producción el proceso 2 es mayor, ya que el rendimiento del terreno también es mucho mayor que el proceso 1.

Para el segundo objetivo que consistió en determinar los parámetros de mayor influencia en el proceso postcosecha de leguminosas necesarios para el diseño del sistema electromecánico se realizó mediante la guía de observación 2. (Anexo 8), los resultados podemos apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6 Parámetros de trabajo para el sistema electromecánico

Parámetros	Lactao	Chileno
	A ^a C ^a	A ^b C ^b
Producción (Kg/h)	2000	2000
Velocidad de rodillo de alimentación (rpm)	1150	1010
Velocidad mínima del rodillo trillador (rpm)	100	90
Holgura de rodillo (mm)	200	200

Nota: A=Rendimiento por hectárea (Kg), C= humedad del grano (%)

^aA=1300. ^bA=1500. ^aC=9.4 ^bC=12.4

Fuente: Propia

Los resultados que se muestran en la Tabla 6, son parámetros mínimos requeridos para lograr el flujo necesario de arbustos (plantas) según el tipo de granos para satisfacer la producción de 2000Kg/h

Para determinar el tamaño de agujero de las cribas que utiliza el sistema, recurrimos al levantamiento de información de las características físicas de

la leguminosa, tal como: el largo, ancho y altura, el diámetro de agujero se obtuvo mediante los siguientes criterios, diámetro para cámara de trillado es el resultado del largo promedio (mm) más su desviación estándar, la criba de limpieza está determinada por el parámetro de menor medida (Acho ó Altura) sumado de su desviación estándar, el diámetro de agujero de la criba de pre limpieza está dada por el promedio del diámetro de la criba de la cámara de trillado y la criba de limpieza y finalmente el diámetro de la criba de clasificación está dado de acuerdo al requerimiento del cliente. Dicha información también se realizó mediante la guía de observación 2 (Anexo 8), y cuyos resultados se encuentran en el Anexo 15. El resumen de estos datos se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7 *Tamaño de agujero de criba para lactao y chileno*

Criba	Diámetro de agujero	
	Lactao (n ¹)	Chileno (n ²)
Cámara de trillado (mm)	5	12
Pre limpieza (mm)	4.5	9.5
Limpieza (mm)	4	6.5
Clasificación (mm)	3.5	6

Nota: n=Tamaño de muestra

¹n=100 granos, ²n=100 granos

Fuente: Propia

Cabe mencionar que el tipo de agujero para la cámara de trillado es de tipo circular o cuadrado, mientras que para las demás cribas es agujero tipo ojo chino para un mejor desempeño.

- 4.3.** El diseño del sistema electromecánico cubre los procesos de trillado, limpieza y clasificación de granos, tal como indica el diagrama mostrado en la figura 2. dicho sistema está diseñado en función de la necesidad de los agricultores de leguminosas

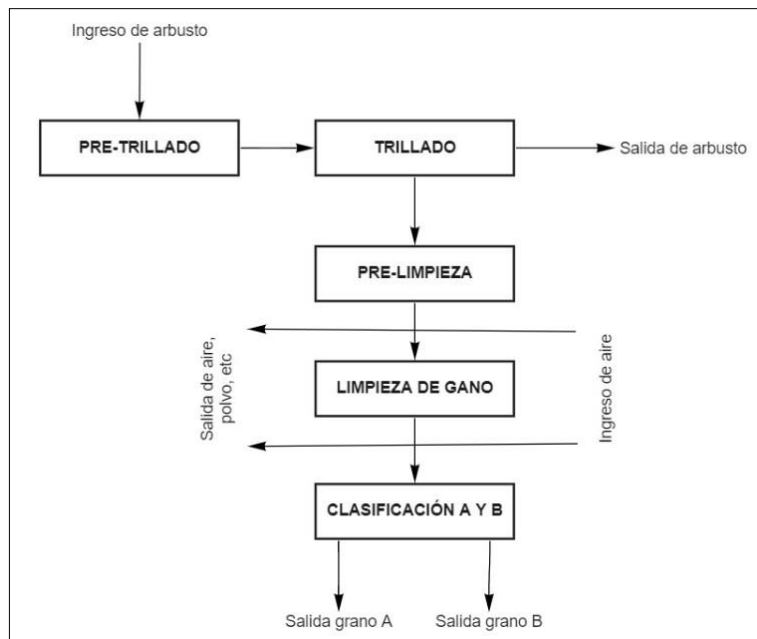


Figura 2. Diagrama de proceso del sistema electromecánico de la postcosecha de leguminosas

Fuente: Propia

Dicho proceso trata de lo siguiente ver imagen y: el ingreso de materia prima está conformado a base de dos rodillos, los cuales tienen la función de forzar el ingreso del arbusto hacia la cámara de trillado, pero a la vez también hace la función de un trillado previo, ya que, al comprimir la planta la vaina de los granos tiende a romperse abrirse; en el mecanismo el rodillo inferior es de un material duro y es impulsado mediante una transmisión por fajas desde el eje principal del rodillo que se encuentra dentro de la cámara de trillado, el segundo rodillo está cubierto de un material blando y funciona a presión, es empujado desde la parte superior con dos resortes en cada lado; con este tipo de mecanismo y/o configuración se trilla aproximadamente el 50% de grano.

Después de pasar por el pre trillado, el arbusto es arrastrado con las aletas del rodillo principal de trillado hasta la salida del arbusto, este hace un recorrido de 1.5m aproximadamente permitiendo ser golpeado con las aletas trilladoras que están hechas de barra circular, simulando un trillado manual; las aletas del rodillo principal de trillado están empernadas en el cilindro que las contiene, eso con la finalidad de poder variar el ángulo de ataque de las aletas para aumentar o disminuir la velocidad de traslado del arbusto dentro

de la cámara de trillado principal, al final de la cámara tiene una salida para el arbusto trillado que trabaja en base a la fuerza centrífuga, en la cual cuenta con una pequeña criba que permite el retorno de granos hacia la cámara principal, hablamos de los granos que posiblemente salgan con el arbusto; en la parte inferior de la cámara de trillado se cuenta con una criba empernada que puede ser intercambiada en función del tipo de grano que se desea trillar, dicha criba representa la salida principal del grano para el paso a la limpieza del grano.

En el sistema de limpieza se tiene dos etapas, en la pre limpieza se pasa por una zaranda inclinada de agujero chinos, diseñada para separar el grano de las partículas grandes o gruesas, la cual es de fácil intercambio dependiendo del tipo de grano, dicha zaranda funciona en base a vibración y gravedad; el grano pasa a la siguiente zaranda que también es de agujeros chinos pero de menor diámetro que la anterior, dicha zaranda también esta inclinada y funciona en base a vibración y gravedad, durante el paso del grano entre la zaranda del pre limpiado y la zaranda de limpieza se tiene un flujo de aire que arrastra las partículas afuera del sistema dejando pasar solamente granos.

Después de salir el grano de la zaranda de limpieza, cae hasta otra zaranda que trabaja en paralelo a las demás zarandas, la cual tiene la función de clasificar en dos tipos de tamaño, entre dichas zarandas también hay un flujo de aire para la limpieza en caso pasar paja del proceso anterior, cabe señalar que las tres zarandas están montadas en la misma estructura para permitir la vibración de todas a la vez, ya que ésta funciona en base a una polea excéntrica aprovechando el movimiento desde el rodillo principal de trillado, la estructura está cerrada en los laterales con la finalidad de no mezclar con polvo el grano limpio y para tener mejor aprovechamiento del aire que se hace ingresar mediante un soplador. En la salida de la zaranda de clasificación se cuenta con dos recipientes para acumular los diferentes tamaños de granos.

Todo el movimiento del sistema es accionado mediante un solo puno de entrada ubicado en un extremo del rodillo trillador principal, el cual puede ser con un motor eléctrico o con un generador a gasolina.

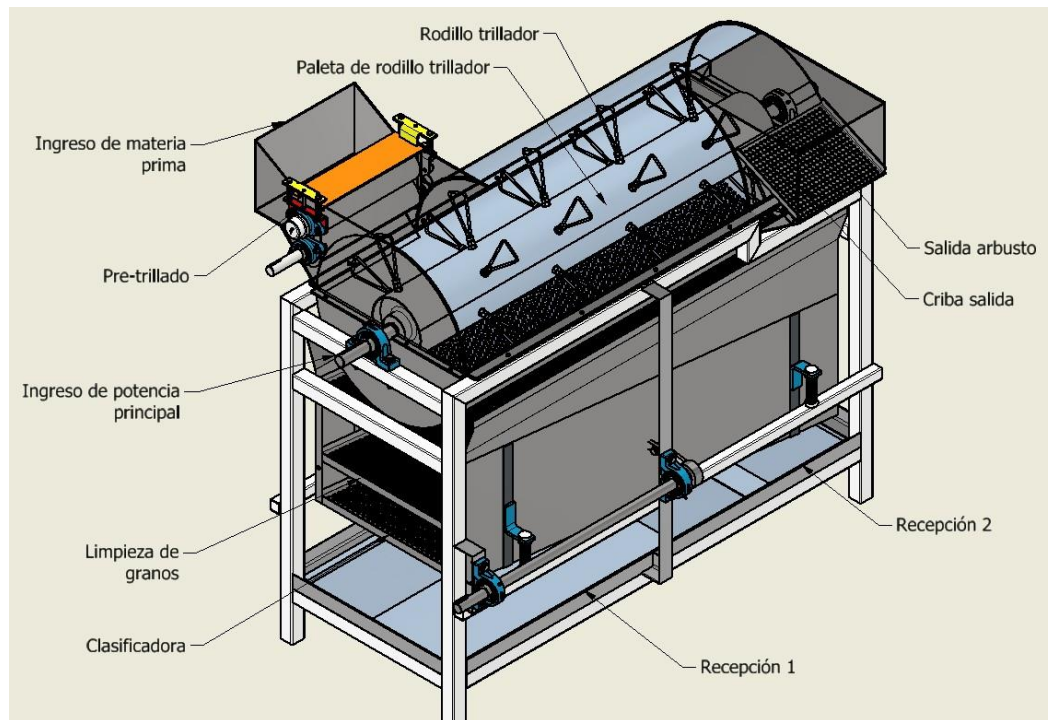


Figura 3. Modelado de sistema electromecánico

Fuente: Propia

La figura 3. Muestra el modelo de máquina que se fabricó para reemplazar las labores de post cosecha de leguminosas, dicha máquina está diseñada bajo los principios o procedimientos de Norton (2011) y los parámetros de trabajo; además, se realizó el análisis de elementos finitos que se muestra en el Anexo 10

- .4.4.** En cuanto al cuarto objetivo que trató sobre la fabricación de una máquina “Sistema electromecánico” (ver Anexo 14) que reemplace a las actividades del proceso de postcosecha de leguminosas se realizó la fabricación y pruebas respectivas de funcionamiento en un taller mecánico en la ciudad de Trujillo, para dicha pruebas se utilizó un motor eléctrico trifásico y un variador de frecuencia para el trabajo en diferentes velocidades, el registro de las pruebas se ven en la impulsado mediante transmisión por faja desde el rodillo trillador y el otro rodillo (rodillo blando) trabajó con resortes de compresión, los resultados de este sistema se vieron favorable en el frijol chileno, sin embargo, para el frijol lactao se apreció exceso de rotura de grano, cabe indicar que la ubicación de la alimentación para dichas pruebas se realizó de manera lateral, la cual tiene mayor dificultad ya que requiere

abastecer de manera manual, por ende se vio la necesidad de cambiar la ubicación mecanismo para que el ingreso de arbusto sea por la parte superior la cual será alimentada con orqueta; en el sistema de trillado, el principal inconveniente es la velocidad de trillado, para ello se realizaron pruebas con 600rpm, 430rpm y 300rpm en la cual los mejores resultados fue con 300rpm para el lactao y de 430rpm para el frijol chileno, ver Tabla 8 en el sistema de limpieza los aspectos a tener en cuenta es la vibración de la zaranda y la distribución de aire para el retiro del polvo y la paja, para ello el equipo que mejor se adaptó a estos requerimientos es un soplador, ya que el aire puede ser dirigido en el lugar o dirección más conveniente, en este caso funcionó mejor con el aire de manera transversal ya que la paja hace menor recorrido para salir de la zaranda Tabla 8 para luego ser trasladado hasta el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Chepén, lugar donde será utilizada para la recuperación de la inversión.

Cabe mencionar que en dichas pruebas de funcionamiento se encontró con algunos inconvenientes, en el sistema de alimentación la cual consistió en dos rodillos tangenciales uno blando y otro rígido, el rodillo rígido fue impulsado mediante transmisión por faja desde el rodillo trillador y el otro rodillo (rodillo blando) trabajó con resortes de compresión, los resultados de este sistema se vieron favorable en el frijol chileno, sin embargo, para el frijol lactao se apreció exceso de rotura de grano, cabe indicar que la ubicación de la alimentación para dichas pruebas se realizó de manera lateral, la cual tiene mayor dificultad ya que requiere abastecer de manera manual, por ende se vio la necesidad de cambiar la ubicación mecanismo para que el ingreso de arbusto sea por la parte superior la cual será alimentada con orqueta; en el sistema de trillado, el principal inconveniente es la velocidad de trillado, para ello se realizaron pruebas con 600rpm, 430rpm y 300rpm en la cual los mejores resultados fue con 300rpm para el lactao y de 430rpm para el frijol chileno, ver Tabla 8 en el sistema de limpieza los aspectos a tener en cuenta es la vibración de la zaranda y la distribución de aire para el retiro del polvo y la paja, para ello el equipo que mejor se adaptó a estos requerimientos es un soplador, ya que el aire puede ser dirigido en el lugar o dirección más conveniente, en este caso funcionó mejor con el aire de

manera transversal ya que la paja hace menor recorrido para salir de la zaranda.

Tabla 8. Resultados de pruebas para encontrar parámetros de trabajo según tipo de grano (lactao)

Descripción	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
	A ^a B ^a C ^a D ^a E ^a	A ^b B ^b C ^b D ^b E ^b	B ^c C ^c D ^c E ^c	B ^d C ^d D ^d E ^d	B ^e C ^e D ^e E ^e
Eficiencia de trilla (%)	100.000%	99.533%	98.807%	97.723%	97.216%
Eficiencia limpieza (%)	95.294%	96.270%	94.628%	92.744%	97.259%
Pérdida de grano (%)	32.414%	31.075%	15.752%	4.934%	4.524%
Producción (Kg/h)	1500.000	1500.000	1500.000	1500.000	1500.000

Nota: A=Velocidad de rodillo de entrada (rpm), B= Velocidad de rodillo trillador (rpm), C= Velocidad de zarandeo (rpm), D=humedad del grano (%), E= Dirección del aire

^aA=^bA=800. ^aB=^bB=600. ^cB=430. ^dB=^eB=300. ^aC=^bC=400. ^cC=287. ^dC=200. ^eC=400. ^aD=^bD=^cD=^dD=^eD=13 %. ^aE=^bE=^cE=^dE=^eE=Transversal

Fuente: Propia

4.5 La evaluación económica de la implementación del sistema electromecánico se realizó en base a todos los costos implicado en la fabricación y realización de pruebas; en donde se muestra el listado de materiales que están directamente en el producto final (ver Anexo 16). El costo total de este listado asciende a S/6352,23.

El sistema de cribas que fue propuesto inicialmente consistió en realizar movimientos vaivén mediante una rueda excéntrica para lograr la vibración, para ello las zarandas fueron suspendidas de las cuatro esquinas mediante brazos metálicos con rodamiento fijo en un extremo y una rótula hembra en el otro extremo, dicho mecanismo no permitió obtener la vibración necesaria para un buen desempeño, ya que por la inercia del movimiento de la estructura metálica causó desestabilización en el equipo; para ello se tuvo que realizar los cambios necesarios y dejar en desuso algunos materiales, los cuales se puede apreciar en la Tabla 9, estos costos son considerados como costo de la investigación ya que permitieron realizar el descarte de dicho mecanismo que fue reemplazado por un sistema con resortes.

Tabla 9 Costo de materiales de mecanismos reemplazados

Ítem	Descripción	Cant.	Unidad	P. Unitario	Sub Total
1	Rótulas hembras	2	Und	S/ 50,00	S/ 100,00
2	Rodamiento 6205- 2RSH/C3	4	Und	S/ 10,00	S/ 40,00
3	Seguro seeger J52	8	Und	S/ 5,00	S/ 40,00
4	Seguro A25	4	Und	S/ 3,00	S/ 12,00
5	Faja tipo V B54	2	Und	S/ 20,00	S/ 40,00
6	Varilla roscada de 5/8in*1m	2	Und	S/ 16,00	S/ 32,00
7	Pegamento africano 1/4 gal	1	Und	S/ 18,00	S/ 18,00
8	Tuerca con teflón de 1/2pulg	2	Und	S/ 4,00	S/ 8,00
9	Amortiguador post G125/150	4	Und	S/ 35,00	S/ 140,00
TOTAL					S/ 430.00

Fuente: Propia

Respecto a los costos de fabricación del sistema electromecánico se muestra en la Tabla 10, en los cuales se incluye el maquinado de piezas, fabricación de estructuras y montaje.

Tabla 10 Costos de fabricación del sistema electromecánico

Ítem	Descripción	Monto
1	Maquinado de piezas	S/ 2.800,00
2	Fabricación estructural	S/ 2.500,00
3	Montaje de equipo	S/ 1.700,00
TOTAL		S/ 7000.00

Fuente: Propia

Por lo tanto, el costo total de implementación del proyecto es de S/ 13,782.23 haciendo uso del tiempo de cambio actual TC 4.02 se tendría 3,428.41\$

Con el fin de evaluar la factibilidad económica el proyecto se tuvo en cuenta los datos de la Tabla 12, que fueron obtenidos de la pregunta 15 del anexo

12, del cuestionario, en donde se tuvo que para el lactao el rendimiento promedio por hectárea es de 1450Kg, además, en el distrito de Pueblo Nuevo se siembra aproximadamente 100 hectáreas de lactao por campaña; para el retorno de inversión del equipo se estimó brindar servicio de postcosecha como mínimo del 25% de las hectáreas sembradas por campaña, esto nos da la posibilidad de brindar servicio de 36250Kg/campaña, para ello se estima cobrar S/0.42 por kilogramo, donde cubre el proceso de postcosecha, esto hace un flujo total por campaña de S/15,255.00 pero también se tiene que cubrir los gastos operativos del proceso que se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11 Gastos operativos para una hectárea promedio de 1450kg de grano

Descripción	Costo
Mano de obra por 3 obreros	S/ 90.00
Combustible	S/ 20.00
Transporte de equipo	S/ 20.00
Mantenimiento	S/ 80.00
TOTAL	S/ 210.00

Fuente: Propia

Recalculando para las 25 hectáreas en la campaña se obtiene un costo operativo de S/ 5,250.00, aplicando el mismo tipo de cambio se tiene 1305.97\$, por ende, el flujo neto es de 2,481.34\$, para ello se estima el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), con una tasa de descuento del 15%, los datos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. VAN y TIR

Tasa de descuento	15%			
Inversión	Campaña 1	Campaña 2	VAN	TIR
- 3.428,41 \$	2481,34\$	2481,34\$	605,52 \$	29%

Fuente: Propia

Cabe indicar que por cada año se realiza dos campañas, es decir que la inversión de devolverá en el primer año de trabajo con el equipo.

V. Discusión

5.1. Con el objetivo de determinar la eficiencia del proceso postcosecha convencional de leguminosas de grano seco en el Distrito de Pueblo Nuevo, Chepén, los resultados fueron obtenidos para dos tipos de frijoles (lactao y chileno), para el caso del lactao los valores medidos a través de la guía de observación 1, reflejó que la eficiencia de trilla en promedio de dos parcelas fue de 98.77%, eficiencia de limpieza promedio de ambos procesos fue de 98,98%, la pérdida de grano fue de 2,19%, sin embargo la velocidad de producción del proceso 1 fue de 577,78Kg/h mientras que la velocidad producción del proceso 2 fue de 887,18kg/h el área de cultivo, la cantidad de obreros y la humedad del grano del proceso 1 y el proceso 2 fue de 1 y 3, 3 y 14, 9,4 y 12,4 respectivamente; en el caso del frijol chileno los resultados reflejaron que la eficiencia de trilla del proceso 1 fue de 99,83% y el proceso 2 fue de 91,15%, la eficiencia de limpieza promedio fue de 99,65%, la pérdida de grano en promedio fue de 0,01%, la velocidad de producción del proceso 1 y el proceso 2 fue de 91,67Kg/h y 356,16Kg/h respectivamente, el área de cultivo, la cantidad de obreros y la humedad del grano, fue de 0,5 y 0,25, 3 y 6, 12,4 y 11,5, respectivamente; en vista que los datos estan en distintas condiciones tanto de cantidad de personal, área de parcela, rendimiento de la parcela y tiempo de operación; para la comparación se ha fijado los datos para 1ha de parcela, con 5 operarios por proceso y manteniendo la cantidad de producción se tiene que: a los obreros del proceso 1 del lactao les toma 2,25 horas y al proceso 2 les toma 9.1 horas con una velocidad de producción de 557,78kg/h y 316,85Kg/h respectivamente, en consecuencia el personal operario del proceso 1 es más eficientes, mientras que en el caso del frijol chileno, se fijó un área de parcela en 0,5 ha con 6 obreros por parcela les tomaría 3 h y 7.3 h con una velocidad de producción de 183.33 Kg/h y 356.16 kg/h respectivamente, esto quiere decir que el personal operario del proceso 2 tienen mejor eficiencia, esto permite que puedan procesar mayor cantidad de frijol por día. Los resultados de eficiencia de trilla, eficiencia de limpieza y pérdida de grano son respaldados por Ahamed y Manonmani (2021) quienes en su investigación midieron la eficiencia de tres tipos de trillado manual en la que obtuvieron

que la trilla con tractor toma un 17.65% del tiempo de la trilla manual, en la cual tuvo como resultado que la trilla con tractor causó un 22,78% de daño de grano. Analizando estos resultados podemos ver que la eficiencia desde el punto de vista del proceso, es bastante buena en la trilla, la limpieza y baja pérdida de granos, sin embargo, en temas de tiempo y de velocidad de producción el proceso requiere mayor tiempo.

5.2. Con el objetivo de Identificar las variables de mayor incidencia en el proceso postcosecha de leguminosas de grano seco para determinar parámetros de diseño del sistema electromecánico los resultados que se obtuvieron fue en base la guía de observación 2, los cuales se evaluados para dos tipos de frijol (lactao y chileno), reflejando que para el lactao trabajando a una velocidad de producción de 2000kg/h la velocidad del los rodillos de alimentación deben girar a 1150 rpm como mínimo para lograr la capacidad de producción mencionada, dichos rodillos tienen un diámetro exterior de 100mm; el rodillo trillador debe girar a una velocidad de 100rpm como mínimo para lograr el traslado o flujo de producto dentro de la cámara de trillado, el paso de la distribución de empujadores o paletas del rodillo es de 300mm con una longitud de 1,5m, el diámetro de la cámara de trillado es de 600mm; respecto al frijol chileno la velocidad de rodillo de alimentación es de 1010rpm y la velocidad del rodillo trillador de 90rpm como mínimo; las dimensiones para las mallas del sistema de cribas está determinada de acuerdo al tipo y tamaño de frijol, para la criba del rodillo trillador necesitó un agujero de 5mm, para la zaranda de pre limpieza fue de 4,5mm y para la zaranda de limpieza fue de 4mm el tamaño de agujero para clasificación de granos depende del usuario y del tipo de grano; para el frijol chileno se determinó un agujero de criba de trillado de 12mm, para la zaranda de pre limpieza se determinó un agujero de 9,5mm y para la zaranda de limpieza fue de 6,5mm, al igual que para el lactao la medida del agujero de la zaranda de clasificación lo determina el usuario en función del requerimiento del mercado, el tamaño de agujero de las zarandas están determinadas en base a estadística descriptiva con una muestra de 100 granos, el tipo de zaranda puede ser de plancha lisa o de malla, la configuración que mejor resultó para el rodillo trillador, la zaranda de pre limpieza y zaranda de limpieza funcionan

mejor con malla metálica con agujero cuadrado, ya que permite una zarandeada mejor fluida en comparación con la plancha lisa, respecto a la zaranda de clasificación se logró mejores resultados con plancha lisa y agujero chino. Los resultados de velocidades tienen relación con Chansrakoo y Chuan-Udom (2018) en su estudio que tuvieron como objetivo investigar los factores operativos que afectan el desempeño de una trilladora de flujo axial, lo cual concluyen que la humedad del grano, la velocidad de alimentación y la velocidad del rodillo trillador influyen directamente en la eficiencia de trillado; analizando dichos resultados podemos ver que la parte más crítica o más sensible del equipo es el sistema ingreso del producto y lacámara de trillado ya que de ello depende lograr mejores resultados en el trillado.

- 5.3** Con el objetivo de diseñar y modelar un sistema electromecánico para mejorar la eficiencia del proceso postcosecha de leguminosas de grano seco, los resultados del diseño de configuración del sistema electromecánico hace uso de un rodillo trillador el cual tiene un diseño particular replicando el concepto del trillado manual a golpe con palo, para lograr trabajo de flujo continuo en el equipo el rodillo trillador cuenta con una distribución en forma de helicoidal; por otro lado el sistema de alimentación de materia prima (arbustos) mediante dos rodillo tangenciales, se diseñó con dos funciones principales, alimentar materia prima hacia la cámara trilladora y a la vez realizar un pre trillado, sin embargo después de las pruebas realizadas en el equipo se ha identificado que para el frijol lactao es perjudicial, causando demasiada rotura de grano, la causa de todo esto radica en que el tallo es muy suave y deja expuesto directamente al contacto entre la vaina y el rodillo, mientras que para el frijol chileno rindió mejores resultados ya que el arbusto tiene el tallo de mayor diámetro y resistencia, es por eso que se ha optado que para el frijol lactao es necesario separar los rodillo de manera mecánica una distancia mayor a la longitud del grano, otro punto importante es la ubicación o la dirección de alimentación de materia prima, las pruebas realizadas al equipo se hicieron con alimentación horizontal, el cual presenta riesgo al usuario a causar accidentes, por ende se ha tenido conveniente cambiar la ubicación de alimentación que será en base a una tolva y la

materia prima ingresará de arriba hacia abajo ingresando por la parte superior del equipo, otro punto que se ha logrado observar corresponde al sistema de vibración de zarandas, inicialmente fue diseñado en base a la suspensión de un brazo rígido de cada esquina, el movimiento lateral lo dirigió una rueda excéntrica colocada en la parte lateral del equipo, la cual a medida que aumentaba las revoluciones la desestabilización también aumentaba haciendo que el equipo se trasladara de un lugar a otro, para corregir ello se cambió el tipo de sistema vibratorio, colocando en vez de los brazos rígidos que suspendían de las esquinas, a un sistema de 4 resortes de compresión que soportan al grupo de zarandas y son impulsadas con una rueda excéntrica para lograr mayor vibración, por otro lado, las pruebas de funcionamiento han permitido documentar información del comportamiento de cada uno de los sistemas que cuenta el equipo, fruto de ello se ha logrado mejorar y corregir los defectos de configuración del equipo, respecto al tipo y resistencia de materiales utilizados en el equipo, se tiene factores de seguridad mínimos en ciertas partes del equipo mayor a 1,5, el material para la estructura está hecho de acero estructural ASTM A500, la parte de eje está hecha de acero SAE 1045. el sistema de rodillos de alimentación conceptualmente guarda relación con el sistema que utilizaron Hasantabar Amiji, Mousavi Seyedi y Kalantari, (2019) en un estudio que tuvo como objetivo diseñar y optimizar una descascaradora por frotamiento para soya y frijol mungo, la diferencia con este autor es que lo utiliza para bajas revoluciones, además, respecto a los accesorios que utiliza el rodillo trillador Chaplygin, Tronev y Davydova (2021) en su estudio tuvieron como objetivo analizar adaptadores dedicados que utilizan las cosechadoras de soya, en donde concluyen que existe gran variedad de adaptadores, esto difiere con nuestro diseño ya que es un sistema nuevo; (Daniel et al. 2018) en su estudio que tuvo como objetivo diseñar y construir un prototipo portable de una desgranadora de frijol seco mediante un sistema de rodillo axial, dicho estudio guarda relación con nuestra investigación por el tipo de trillado que realiza de manera axial. Analizando dichos resultados se ha logrado identificar que utilizamos conceptos de trillado existentes, sin embargo, la configuración de detalle de cada mecanismo es diferente.

5.4 Con el objetivo de fabricar una máquina electromecánica para la postcosecha de leguminosas de grano seco, para los resultados de las pruebas realizadas se tomó muestra en 5 oportunidades con diferentes parámetros de funcionamiento y se ha realizado para el frijol lactao que tuvo una humedad del 13% para todas las pruebas, según los resultados empezamos con velocidades de trillado elevadas y a medida que avanzaron la pruebas, se fue bajando la velocidad, , esto con la finalidad de encontrar el parámetro adecuado para cada sistema del equipo; Para la primera prueba se utilizaron una velocidad de alimentación de 800rpm, con una velocidad de rodillo trillador de 600rpm y la velocidad para el sistema de zarandas de 400rpm, con los cuales se ha obtenido resultados de eficiencia de trilla 100%, eficiencia de limpieza de 95,29%, pérdida de granos de 32,41% de dichos resultado pudimos ver que el grano se trillaba en su totalidad, pero la rotura de granos era demasiado, también se observó que había bastante pérdida de granos por la salida de la paja; en la segunda prueba se mantuvo los parámetros, pero bajó la presión de los rodillos en la entrada sin embargo, los resultados salieron de forma similar; para la tercera prueba se deshabilitó el sistema de rodillo de la entrada y la velocidad de trillado se redujo a 430rpm y la velocidad de zarandeo en sistema de limpieza fue de 287rpm con ello se logró una eficiencia de trillado de 98,81%, eficiencia de limpieza de 94,63% y pérdida de grano del 15,75% en el cual se logró ver una reducción de pérdidas de granos, sin embargo, la eficiencia de limpieza se vio incrementado; en una cuarta prueba registrada se realizó con una velocidad de trillado de 300rpm y la velocidad del zarandeo de 200rpm con ello se logró una eficiencia de trillado de 97,72% eficiencia de limpieza de 92,74% y una pérdida de grano de 4,93% dichos resultados son mejores en comparación que los primeros, pero se observó que la eficiencia de limpieza se vio disminuida, en consecuencia se registró una quinta prueba manteniendo la velocidad de trillado de 300 rpm pero aumentando la velocidad de zarandeo a 400rpm, con ello se logró una eficiencia de trillado de 97,22%, eficiencia de limpieza de 97,26% y una pérdida de grano de 4,52%; dichos resultados guardan relación con lo encontrado por El-Fakhrany y Aboegela, (2021) en su investigación fabricaron una pequeña

trilladora de 500Kg/h que logró una eficiencia de trillado de 97,79%, eficiencia de limpieza de 97,61% con daño de granos de 2,55% con los siguientes parámetros, velocidad de rodillo de 450rpm; por otro lado la investigación guarda relación con lo encontrado por Xia et al. (2018) en su investigación fabricaron una trilladora de legumbres de 1,2g/s la cual concluye que la velocidad de rodillo tiene mayor impacto en la rotura del grano, la velocidad de rodillo óptima que utilizaron fue de 400rpm, logrando 1,09% de impurezas y una tasa de ruptura de grano de 3,45%; La diferencia con nuestra investigación es la velocidad de trillado en donde ellos tuvieron mejores resultados con 450rpm y 400rpm, a diferencia de nosotros que fue de 300rpm, la diferencia principal está en el tipo de mecanismo trillador.

Tabla 13 Comparación de resultados de postcosecha convencional y postcosecha con sistema electromecánico para el frijol lactao

Descripción	Postcosecha convencional	Postcosecha con sistema electromecánico
Eficiencia de trilla (%)	98.765	97.216
Eficiencia limpieza (%)	98.98	97.259
Pérdida de grano (%)	2.195	4.524

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de la Tabla 13 la eficiencia de trilla y eficiencia de limpieza es mejor con el sistema convencional que con el sistema electromecánico, y las perdidas son menores con el sistema convencional. Sin embargo, según los resultados del cuestionario del Anexo 10: pregunta 16, 18 y 22, en la postcosecha de una hectárea de lactao, con un rendimiento promedio de 1450 kg, se utilizan tres personas durante un tiempo de 12 horas de trabajo, a comparación con el sistema electromecánico que requiere de tres personas para procesar los 1450 kg, de una hectárea durante un tiempo de 43.5 minutos.

VI. Conclusiones

1. Respecto al primer objetivo sobre medir la eficiencia del proceso actual del proceso postcosecha de grano seco, los resultados mostrados en la Tabla 2, se concluye que la trilla, la limpieza, la pérdida de granos y el daño de grano, son bastante aceptables que bordean el 98% de eficiencia para el lactao, sin embargo no se puede decir lo mismo respecto al tiempo que toma cada actividad, ya que, como nos indican los resultados de la Tabla 3; la velocidad de producción difieren entre sí en más de 40% llegando a producir la más baja hasta 316,85Kg/h.
2. Sobre la identificación de parámetros de diseño para el sistema electromecánico propuesto, se concluye que tanto para las leguminosas de lactao como para el chileno, requieren velocidades similares en el rodillo principal que fue de 100 rpm como mínimo para lograr el traslado del arbusto dentro de la cámara de trillado, y en los rodillos de alimentación, de 1150 rpm y 1010 rpm, respectivamente. Respecto a las cribas, del rodillo trillador para el frijol lactao es una malla de 5 mm agüero cuadrado; para la zaranda de pre limpieza se requirió una malla de agüero cuadrado de 4.5 mm; y para la zaranda de limpieza es una malla de 4 mm. Para la zaranda de clasificación depende del requerimiento del cliente. Así mismo, para el frijol chileno para la criba de trillado, la zaranda de pre limpieza, y la zaranda de limpieza utilizan también malla de agüero cuadrado de 12 mm, 9.5 mm y 6.5, respectivamente.
3. El sistema electromecánico diseñado conceptualmente consiste en: sistema de alimentación, cámara de trillado, sistema de limpieza y sistema de clasificación. Dichos sistemas son versátiles y configurables dependiendo del tipo de grano que se desea procesar. Además, la exigencia de mantenimiento que requiere el equipo es mínima, salvo accesorios como chumaceras, rodamientos, etc. En vista que la maquina cuenta con un sistema de vibración para el proceso de limpieza, la transmisión de potencia es mediante faja-polea para mejorar la estabilidad del quipo. El sistema electromecánico trabaja con las siguientes potencias: sistema de trillado a 4.2 hp, vibración de cribas a 66.67 W, de alimentación a 0.58 hp, y la potencia para la limpieza a 1 hp. Haciendo una potencia total aproximándose

a 6 hp. Así mismo, las velocidades máximas son la velocidad de rodillos del sistema de alimentación a 1000 rpm, la velocidad máxima de rodillo trillador es 600 rpm y la velocidad máxima del sistema de vibración de cribas es 500 rpm. Finalmente, La máquina tiene una capacidad máxima de producción de 2000 kg/h

4. Las pruebas de funcionamiento del equipo permitieron corregir algunos mecanismos diseñados inicialmente, dentro de ello, está el sistema de zarandeo y sistema de alimentación de materia prima, cambiándose para el primero de brazos giratorios rígidos a un sistema de resortes por compresión, y para el segundo, la dirección de ingreso de horizontal a vertical con la finalidad de mejorar la seguridad del usuario. Los parámetros que se lograron determinar para el lactao fueron de una eficiencia de trillado de 97.2 %, eficiencia de limpieza de 99.26 %, y pérdidas de grano de 4.52 %. Dichas pruebas se revisaron para 1500 kg/h. Sin embargo, en la comparación de resultado entre el sistema convencional y el sistema electromecánico se pudo notar que el sistema tradicional o manual tiene mejor cuidado en el tema del grano (menores pérdidas, mejor eficiencia de trillado y mejor eficiencia de limpieza), pero se observó que en el tema de velocidad de producción el sistema convencional requiere el trabajo de 3 operarios durante 12h para procesar la postcosecha de una hectárea con rendimiento promedio de 1450Kg/ha esto según los resultados del cuestionario aplicado en el anexo 10, preguntas 16, 18 y 22. Mientras que el sistema electromecánico requiere de 3 operarios para procesar la misma cantidad de grano de una parcela del mismo rendimiento, en un tiempo de 43min. Demostrando se ve una mejora sustancial en temas de tiempo.
5. La evaluación económica demuestra la viabilidad de la implementación del sistema electromecánico de leguminosas de grano seco, considerando una tasa de descuento del 15% el Valor Actual Neto (VAN) fue de \$ 605.54, y la Tasa de Retorno de la Inversión (TIR) es de 29%, considerándose 2 campañas de cultivo al año.

VII. Recomendaciones

1. Realizar estudios de propiedades mecánicas de los diferentes tipos de arbustos y granos de leguminosas de grano seco, lo que va a permitir hacer un mejor estudio en la selección de materiales para estos tipos de sistemas, ya que se evidencio en el lactao posee gran facilidad de rotura. Así mismo evitar el desgaste prematuro de los materiales por la abrasión de la planta.
2. Revisar con más detalle los sistemas de trillado por frotamiento con la finalidad de evitar romper el grano.
3. Para complementar el sistema electromecánico se sugiere acoplar un sistema de ensacado y sistema de alimentación constante para hacer más ágil y fluido el proceso.
4. Realizar pruebas de funcionamiento para determinar la humedad máxima a la que puede trabajar el sistema electromecánico priorizando la calidad del producto.

Referencias

AREVALOS, Ana y REDONDO, Eduardo, Industria de la Soja: Una Revisión de las Propiedades relacionadas al Daño Mecánico en granos de Soja. *Universidad Nacional de Asuncion*, 2018,

BIOL, Verónica y QUINTANA, Miranda, Manual Del Participante. , 2018,

BUDYNAS, Richard y NISBETT, Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. S.I.: s.n. 2012. 1068 pp.

CARDENAS, Anyi Jhoana, Cosecha y poscosecha de frijol | RCN Radio. *RCN Radio* [en línea]. Bogotá, 2020. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.rcnradio.com/colombia/cosecha-y-poscosecha-de-frijol>.

CENGEL YUNUS.A, Michael A. Boles, Termodinámica de Cengel. *Termodinamica* [en línea], 2009, Disponible en: <http://librosysolucionarios.net/>.

CHANSRAKOO, Wuttiphol y CHUAN-UDOM, Somchai, Factors of operation affecting performance of a short axial-flow soybean threshing unit. *Engineering Journal*, 2018, vol. 22, no. 4. ISSN 01258281.

CHAPLYGIN, M.E.TRONEV, S. V.y DAVYDOVA, S.A., Soybean harvesting using current dedicated headers and adapters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 659, no. 1. ISSN 17551315.

DANIEL, JoséRIVERA, VallejoFERNANDO, Diegoy FAJARDO, Ortega, Diseño y construcción de un prototipo de máquina portable desgranadora de frijol seco mediante un sistema de rodillo axial y cribado para el Municipio de Linares Nariño . *Corporación Universitaria Autónoma De Nariño*, 2018,

DIAS, Vilnei de OliveiraALONÇO, Airton dos SantosCARPES, Dauto PivettaVEIT, André Augustoy DE SOUZA, Lucas Barros, Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. *Ciencia Rural*, 2014, vol. 44, no. 11. ISSN 16784596.

EL-FAKHRANY, W. y ABOEGELA, M.A., Manufacture and Development of a Small

Threshing Machine. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 2021, vol. 12, no. 3.

GARAY, AdrielsAGUIRRE, RobertoGIRALDO, Guiller moy BURBANO, Edgar, Tecnologías Poscosecha para Pequeñas Empresas de Semillas. *Centro Internacional de Agricultura Familiar* [en línea], 2015, vol. 33, no. 1. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/052.pdf.

HASANTABAR AMIJI, SaeedMOUSAVI SEYEDI, Seyed Rezay KALANTARI, Davood, Design, construction and evaluation of a seed pod husker and testing with soybean and mung bean. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 2019, vol. 21, no. 1. ISSN 16821130.

HERNANDEZ, RobertoFÉRNANDEZ, CarlosBAPTISTA, María del PilarMÉNDEZ, Sergioy MENDOZA, Christian, Metodología de la investigación. 6. Mexico: s.n. 2014. 634 pp. ISBN 9781456223960.

HURTADO DE BARRERA, Jacqueline, Metodología de la investigación. S.I.: s.n. 2012. ISBN 9789806306660.

JUAREZ, Jose Antonio, El mercado mundial y nacional del frijol. *El Economista* [en línea], 2019, [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-mercado-mundial-y-nacional-del-frijol-20190331-0052.html>.

LENK, A.BALLAS, R.G.WERTHSCHUTZKY, R.y PFEIFER, G., Electromechanical Systems in Microtechnology and Mechatronics. 1era ed. New York, UNITED STATES: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011. 459 pp. ISBN 978-3-642-10805-1.

LÉPIZ, RogelioSÁNCHEZ, SantiadoLÓPEZ, José de JesúsLÓPEZ, EduardoCHAVARÍN, Irisy MEZA, Karen, 2015. El cultivo de frijol en Jalisco. Tecnología para altos rendimientos. . Jalisco:

LYSHEVSKI, Sergey E., Electromechanical Systems and Diveces. 1 era ed. Broken Sound Parkway: Taylor & Francis Group. 2008. 584 pp. ISBN 978-1-4200-6972-3.

MANRIQUE, Kurt, 2017. Estudio para determinar las pérdidas en poscosecha en la cadena agroalimentaria del frijol. . Lima - Perú:

MAUGLY, Cabañas Echevarria, Postcosecha del grano de frijol. *Instituto de Investigaciones de Granos* [en línea], 2015, Disponible en: [http://www.undp.org/content/dam/cuba/docs/Desarrollo humano/Palma-Agrocadenas/Poscosecha de granos-Folleto.pdf](http://www.undp.org/content/dam/cuba/docs/Desarrollo%20humano/Palma-Agrocadenas/Poscosecha%20de%20granos-Folleto.pdf).

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, MOC Marco orientador de cultivos 2021. *Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]*, 2021, vol. 148.

NORTON, Robert L., Diseño de máquinas: un enfoque integrado. S.l.: s.n. 2011. 888 pp. ISBN 9780136123705.

PANDEY, Abhishek y STEVENS, R.M., Performance evaluation of high capacity multi crop thresher on 'gram' crop. *International Journal of Agricultural Engineering*, 2016, vol. 9, no. 1. ISSN 09742662.

PRZEMIENIECKI, J.S., Finite Element Structural Analysis: New Concepts [en línea]. Reston, UNITED STATES: American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2009. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucv/detail.action?docID=3111495>. ISBN 9781563479984.

RICHARD, B;CHASE, F; ROBERT, Jacob, Administracion y operaciones. S.l.: s.n. 2014. 810 pp. ISBN 9781626239777.

SENTHIL RAJ, R.SABIR AHAMED, A.SUJATHA, K.y MANONMANI, V., Effect of Different Threshing Methods on Seed Quality of Little Millet cv. CO (Samai). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2021, vol. 10, no. 2. ISSN 23197692.

SUMANTH, David J., Ingeniería y administración de la productividad. Mexico: s.n. 1992. 547 pp. ISBN 9684227280.

VALLADOLID CHIROQUE, Angel R., Leguminosas De Grano. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 2016,

VARGAS CORDERO, Zoila Rosa, La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 2009, vol. 33, no. 1. ISSN 0379-7082.

WALSH, Ronald A., Electromechanical design handbook. 3rd ed. S.I.: New York. 1999. 1196 pp. ISBN 0071348123.

XIA, XianfeiCHEN, QiaominXIAO, Hongrui YANG, Guang, Design and trial-produce of a special nail-tooth thresher for pulses crops. *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 242. ISSN 2261236X.

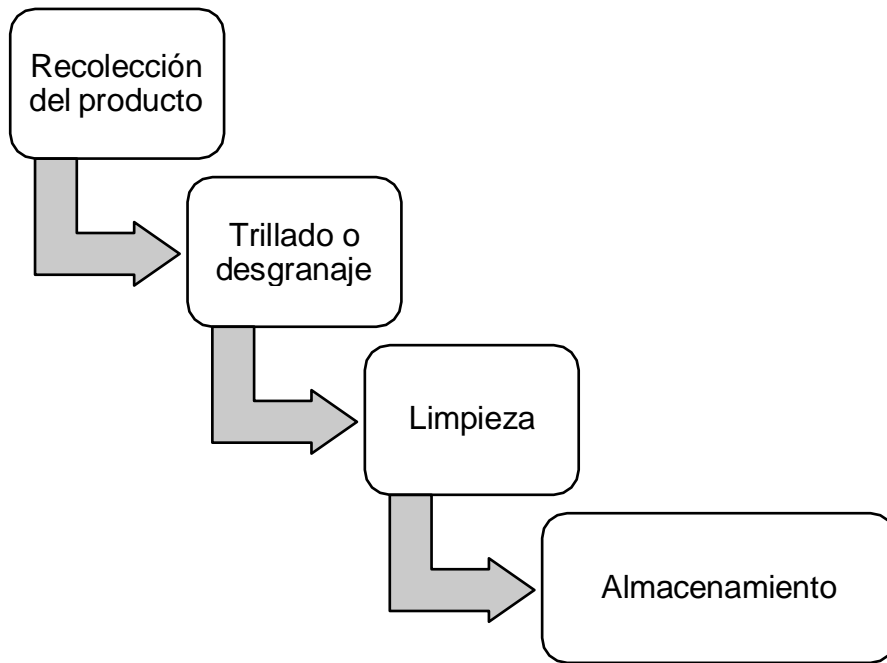
Anexo

Anexo 1 Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Item
Dependiente Eficiencia del proceso postcosecha	"Es una consecuencia de operaciones que están diseñadas para separar el producto deseado de la masa del material de cultivo" (Pandey y Stevens 2016)	Se determinó a través de la información recolectada de los diferentes procesos de postcosecha, mediante la guía de observación.	- Trilla	- Granos sin trillar (Kg)	G1 (1,5,6,7,8)
			- Limpieza	- Rotura de granos (kg)	G1 (9,10)
			- Clasificación	- Pérdida de granos (kg)	G1 (5,6,7,8,14,15)
			- Producción	- Grano limpio (%)	G1(11,12)
				- Materia extraña (%)	G1 (11,12)
				- Tamaño A (mm)	G2 (10,11,12)
				- Tamaño B (mm)	G2 (10,11,12)
		- Capacidad post. en Kg/h	G1 (2,3,4,13)		
Independiente Sistema electromecánico	"Es la integración de elementos mecánicos, eléctricos y principios de la ingeniería electrónica en el diseño de un producto industrial o de consumo" (Walsh, 1999)	Los requisitos del sistema y parámetros fundamentales se determinaron a la información del cuestionario, la ficha de registro y la normativa correspondiente.	- Funcionalidad	- Cumplir especificaciones (%)	ENCUESTA/ G2
			- Practicidad	- Disponibilidad de materiales (%)	ASTM & ISO 286/
			- Confiabilidad	- Probabilidad de falla (%)	RESISTENCIA A LA FATIGA
			- Seguridad	- Evaluación y control de riesgos (%)	ANSI B11.0 / ISO 12100
			- Costos	- Factibilidad económica.	VAN, TIR, PRI

Fuente: *Elaboración propia.*

Anexo 2 Diagrama de proceso de cosecha de legumbres



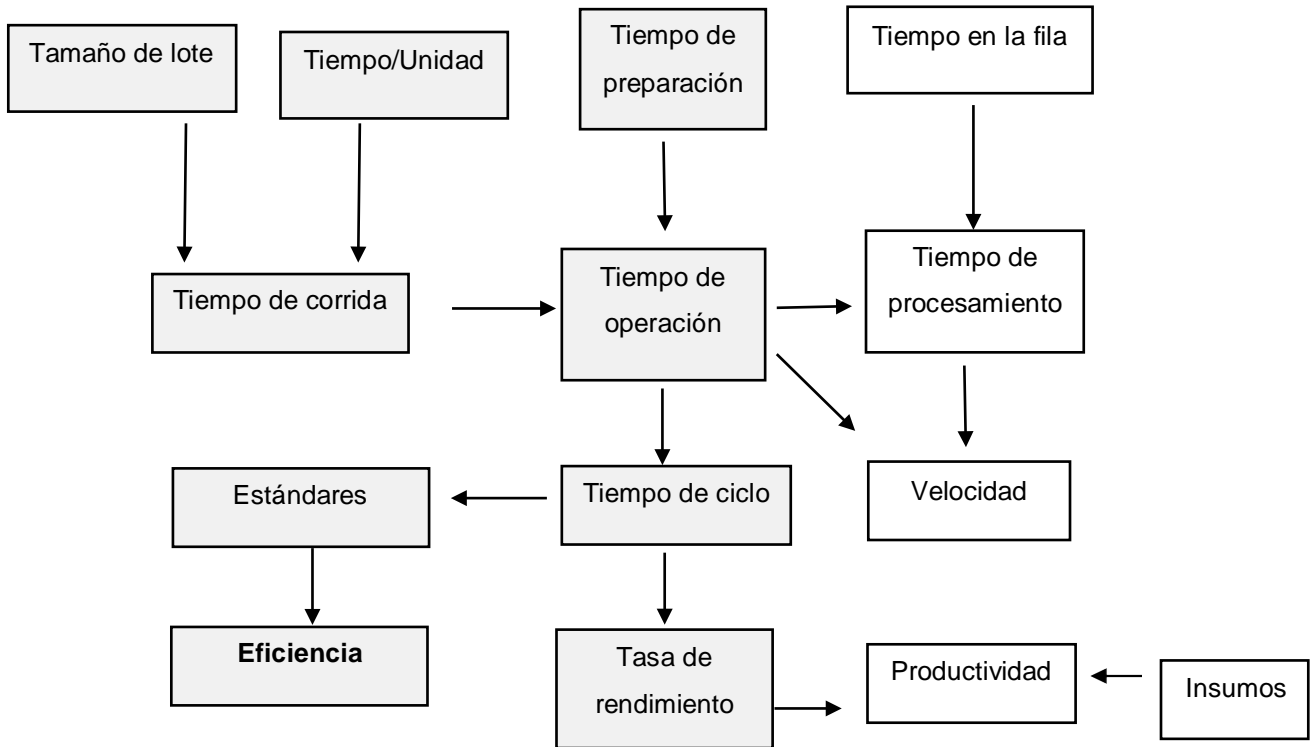
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3 Especies de leguminosas de grano cultivadas en el Perú-en orden de importancia económica.

Nro.	Cultivo	Especie	Zona de producción
1	Frijol común	Phaseolus vulgaris L.	Costa, sierra y selva
2	Haba	Vicia faba L.	Sierra
3	Arveja	Pisum sativum L.	Sierra y costa
4	Caupí	Vigna unguiculata L (Walp)	Costa norte y central; y selva alta
5	Pallar	Phaseolus lunatus L.	Ica, Lima y costa norte
6	Frijol de palo	Cajanus cajan L. (Millsp)	Costa norte
7	Garbanzo	Cicer arietinum	Ica y Lambayeque
8	Loctao	Vigna radiata (L) Wilczek	Costa norte
9	Zarandaja	Lablab purpureos (L) Sweet	Costa norte
10	Lenteja	Lens culinaris Medick	Sierra norte

Fuente: Tomado de *Leguminosas de grano* (p.9), por A.R. Valladolid, 2016, Ministerio de Agricultura y Riego.

Anexo 4 Medidas de desempeño de los procesos



Tiempo de operación = Tiempo de preparación + Tiempo de corrida

Tiempo de ciclo = Tiempo promedio entre la terminación de las unidades

Tasa de rendimiento = $\frac{1}{\text{Tiempo del ciclo}}$

Eficiencia = $\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción estandar}}$

Fuente: *Administración de operaciones (p. 116) por Richard, B; Chase, F; Robert 2014*

Anexo 5 Determinación del contenido de humedad del cultivo

La humedad el grano antes de ser debe estar en el rango de 10 – 16%, la cual se determina con la siguiente ecuación.

$$M_{wb} = \left(\frac{W_w - W_b}{W_w} \right) \times 100$$

Donde:

Mwb: Contenido de humedad del grano (%)

Ww: masa de los granos antes del secado (g)

Wb: masa de los granos después del secado (g)

Determinación de la capacidad de producción: sirve para determinar la capacidad de rendimiento de la máquina, y se determina mediante la siguiente ecuación.

$$C = \frac{Q_T}{t}$$

Donde:

C: es la capacidad de rendimiento - salida (Kg/h)

Qt: Masa de grano entero recolectado por unidad de tiempo (Kg)

t: tiempo de trilla (h)

Determinación de la eficiencia de trilla: la eficiencia de la trilla de la maquina se puede determinar de la siguiente manera.

$$n_T = \left(100 - \frac{U_M}{T_M} \right) \times 100$$

Donde:

nt: rendimiento de la trilla (%)

Um: masa del material sin trillar en unidad de tiempo (kg)

Tm: Masa de entrada de material total en unidad de tiempo (Kg)

Determinación de la eficiencia de limpieza: se determina mediante la siguiente expresión.

$$n_c = \left(\frac{B}{D} \right) \times 100$$

Donde:

Nc: eficiencia de limpieza.

B: masa del grano entero limpio en unidad de tiempo de salida (Kg)

D: masa de material recolectado en unidad de tiempo en la salida de trilla (Kg)

Determinación de los granos dispersos: son los granos dispersos al momento de la trilla, se determina mediante la siguiente expresión.

$$S_G = \left(\frac{E}{T_G}\right) \times 100$$

Donde:

Sg: pérdidas de granos dispersos

E: masa del grano disperso recolectado en unidad de tiempo (Kg)

Tg: masa total de grano de entrada por unidad de tiempo (Kg)

Determinación del daño de grano: es el grano dañado por la máquina la cual se determina mediante la siguiente ecuación.

$$D_G = \left(\frac{G}{100}\right) \times 100$$

Donde:

Dg: grano dañado (%)

G: masa del grano visualmente dañado, aislado en 100 gramos de muestra de trilla (g)

Anexo 6: Cuestionario

CUESTIONARIO

Se solicita contestar la siguiente encuesta, con el objetivo de saber sobre los requerimientos que el cliente exige para un sistema electromecánico (máquina) que realice las labores de postcosecha. Entendiéndose que las labores de postcosecha son la trilla, la limpieza y clasificación por tamaño de grano.

Indicaciones: Lea cuidadosamente cada pregunta y marque con (X) en donde sea necesario.

Nombre del agricultor: _____ Fecha: ____/____/____

Información general

1. ¿Cuántos años de experiencia tiene cosechando leguminosas de granos secos?
_____ años
2. ¿Qué leguminosa de grano seco tiende a repetir en las campañas de cultivo? Enumere de 1 al 4 en donde (1) significa más frecuente y (4) el menos frecuente.
() Lactao () Chileno o Zarandaja () Pallar
() Otro: _____
3. ¿Qué leguminosa piensa sembrar en la próxima campaña?
() Lactao () Chileno o Zarandaja () Pallar
() Otro: _____

Información de postcosechas utilizando maquina trilladora

4. ¿Conoce alguna maquina trilladora que trabaje en la zona? () Si () No

Si la respuesta fue "Si" pase a la siguiente pregunta, si fue "No" pase a la siguiente sección de preguntas.

5. ¿La máquina trilladora está trabajando aún en la zona? () Si () No
6. Si la respuesta fue "Si". ¿Desde qué año está la máquina operando? _____
7. Si la respuesta fue "No". ¿Hasta qué año operó la máquina? _____
8. ¿Tuvo acceso al uso máquinas trilladoras? () Si () No

Si marcó "Si" continúe con la pregunta de esta sección, de lo contrario pase a la siguiente sección.

9. ¿La sigue utilizando? () Si () No. ¿Por qué? _____

10. ¿La máquina era propia o contratada? () Propia () Contratada

11. Si la máquina trilladora era contratada ¿Cuánto pagaba por el servicio? S/. _____ o si era propia ¿Cuánto gastaba para mantenerla operativa? S/. _____
12. ¿Capacidad de la máquina? _____ Kg/h
13. ¿Cuánto tiempo se tardaba en trillar por hectárea? _____ horas

Información de la última postcosecha

14. ¿En que año fue su última postcosecha? _____
15. ¿Cuánto fue su rendimiento por hectárea?: _____ (kilogramo/hectárea)
16. ¿Cuánto tiempo duró las labores de postcosecha por hectárea aproximadamente? _____ días
17. ¿Qué tipo de sistema de postsecha utilizó?
 Manual Semimecanizado Mecanizado
18. Según el tipo de sistema postcosecha. ¿Cuánto personal utilizó? _____ ¿Por qué? _____
19. ¿Cuánto fue el costo de labores de postcosecha por hectárea? S/. _____
20. ¿Estuvo satisfecho con el servicio de postcosecha?
 Si No
21. Si marcaste tipo de sistema: "manual" ¿Qué tipo de mano de obra utilizó?
 Contratista Por jornal

Información actual

22. ¿Cuántas hectáreas de leguminosas de grano seco siembra? _____
23. ¿Qué tipo de leguminosa de grano siembra? _____
24. ¿Cuál fue el motivo de su elección?
 Precio del grano Por costumbre o especialidad en el cultivo
 Poca inversión Otro _____

Propuesta de máquina (sistema electromecánico) para labores de postcosecha

25. ¿Estarías dispuesto en adquirir una máquina que facilite las actividades de postcosecha?
 Si No
26. Enumere del 1 - 7 las siguientes características que debería tener la máquina. En donde (1) es el más importante y (7) el menos importante.
 Bajo peso Bajo costo Transportable
 Resistente al ambiente Fácil de arreglar Fácil de regular
 No contamine

Anexo 7 Guía de Observación 1

G1 - GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA MEDIR LA EFICIENCIA DEL PROCESO POSTCOSECHA DE LEGUMINOSAS DE GRANO SECO

Investigadores	Blanco Saldaña, Luz Karina y Cruz Narcizo, David
Objetivo	Medir la eficiencia del proceso postcosecha de leguminosas de grano seco

Datos generales:

Propietario del cultivo: _____ Fecha: _____
 Ubicación/ Sector: _____ Número de hectáreas por parcela: _____
 Tipo de leguminosa de grano seco: () Lactao () Chileno () Pallar () Otro: _____
 Especie de cultivo: _____ Tipo de proceso: () Manual () Semimecanizado () Mecanizado
 Nro. de personas en el proceso seleccionado: _____

Datos tomados del proceso:

Ítem	Descripción	Pruebas				
		1	2	3	4	Prom.
1	Humedad del grano (%)					
2	Tiempo de trillado por ha (h)					
3	Tiempo de limpieza por ha (h)					
4	Tiempo de ensacado por ha (h)					
5	Ingreso de granos en la entrada principal (A)=B+C+D [g]					
6	Total grano limpio de las 3 salidas del trillado (B) [g]					
7	Total de grano partido de las 3 salidas del trillado (C) [g]					
8	Total de grano sin trillar de las 3 salidas del trillado (D) [g]					
9	Muestra a la salida principal del trillado (E)					
10	Grano partido de la muestra "E" (J) [g]					
11	Muestra a la salida de la limpieza (F) [g]					
12	Grano limpio + grano quebrado de la muestra "F" (M) [g]					
13	Total de granos por ha (H) [Kg]					
14	Cantidad de grano limpio en la salida de la paja (G) [g]					
15	Cantidad de grano limpio en la salida del tamiz (K) [g]					

Datos calculados:

% Grano sin trillar (D/A)					
% Grano soplado (G/A)					
% Grano derramado (K/A)					
% Daño de grano (J/E)					
Eficiencia de trillado (%)					
Eficiencia de limpieza (%)					
Pérdida total de granos (%)					
Producción postcosecha (Kg/h)					

Diagrama de proceso y ecuaciones principales:

$$Ef. \text{ de trillado} = 100\% - \left(\frac{D}{A}\right) * 100$$

$$Eficiencia \text{ de limpieza} = \left(\frac{M}{F}\right) * 100$$

$$Pérdida \text{ total} = \%soplado + \%derramado$$

$$Producción \text{ postcosecha} = \frac{H}{tiempo \text{ total}}$$

Observaciones:

Anexo 8 Guía de Observación 2

G2 - GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO						
Investigadores:	Blanco Saldaña, Luz Karina y Cruz Narcizo, David					
Objetivo	Identificar los parámetros de mayor incidencia para el diseño del sistema electromecánico (variable independiente)					
Parámetros del cultivo:						
Item	Tipo de leguminosa	Lactao	Chileno	Pallar	Otros	
1	Especie (nombre científico)					
2	Fuerza de rotura de grano (N)					
3	Tallo de planta (F=frágil o D=dúctil)					
4	Humedad de grano (%)					
5	Características de planta (5 veces)	Longitud promedio (cm)				
6		Masa promedio 20 plantas(kg)				
7		Volumen promedio 20 plantas (m3)				
8	Tamaño de vaina (50 Und)	Longitud promedio (mm)				
9		Ancho promedio (mm)				
10	Tamaño físico del grano (100 Und)	Longitud promedio (mm)				
11		Ancho promedio (mm)				
12		Altura promedio (mm)				
13	Volumen de 100 granos (cm3)					
14	Masa de 100 granos (g)					
15	Densidad de planta (Kg/m3)					
16	Densidad del grano (g/cm3)					
Parámetro del sistema electromecánico propuesto						
17	Tasa de alimentación (Kg/h)					
18	Velocidad del rodillo de trillador (rpm)					
19	Holgura del rodillo y el cóncavo (mm)					
20	Flujo de aire en la limpieza (m3/h)					
Observaciones:						

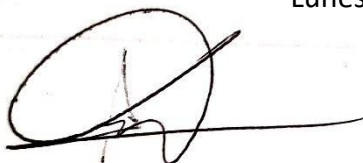
Anexo 9 Certificados de validez

Dimensiones	Indicadores	Ítems	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Trilla	Granos sin trillar (Kg)	G1 (1,5,6,7,8)	1	1	1	1	NINGUNA
	Rotura de granos (kg)	G1 (9,10)	1	1	1	1	NINGUNA
	Pérdida de granos (kg)	G1 (5,6,7,8,14,15)	1	1	1	1	NINGUNA
Limpieza	Grano limpio (%)	G1(11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
	Materia extraña (%)	G1 (11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
Clasificación según variedad	Tamaño A (mm)	G2 (10,11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
	Tamaño B (mm)	G2 (10,11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
Producción	Capacidad post. en Kg/h	G1 (2,3,4,13)	1	1	1	1	NINGUNA
Funcionalidad	Cumplir especificaciones (%)	Cuestionario y G2	1	1	1	1	NINGUNA
Practicidad	Disponibilidad de materiales (%)	ASTM & ISO 286	1	1	1	1	NINGUNA
Confiabilidad	Probabilidad de falla (%)	RESISTENCIA A LA FATIGA	1	1	1	1	NINGUNA
Seguridad	Evaluación y control de riesgos (%)	ANSI B11.0 / ISO 12100	1	1	1	1	NINGUNA
Costos	Factibilidad económica.	VAN, TIR, PRI	1	1	1	1	NINGUNA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Lunes, 01 de noviembre de 2021



Roger José Rodríguez Bricafío
ING. MECÁNICO
R. CIP. N° 203033


Firma de Experto Informante

Dimensiones	Indicadores	Ítems	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Trilla	Granos sin trillar (Kg)	G1 (1,5,6,7,8)	1	1	1	1	NINGUNA
	Rotura de granos (kg)	G1 (9,10)	1	1	1	1	NINGUNA
	Pérdida de granos (kg)	G1 (5,6,7,8,14,15)	1	1	1	1	NINGUNA
Limpieza	Grano limpio (%)	G1(11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
	Materia extraña (%)	G1 (11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
Clasificación según variedad	Tamaño A (mm)	G2 (10,11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
	Tamaño B (mm)	G2 (10,11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
Producción	Capacidad post. en Kg/h	G1 (2,3,4,13)	1	1	1	1	NINGUNA
Funcionalidad	Cumplir especificaciones (%)	Cuestionario y G2	1	1	1	1	NINGUNA
Practicidad	Disponibilidad de materiales (%)	ASTM & ISO 286	1	1	1	1	NINGUNA
Confiabilidad	Probabilidad de falla (%)	RESISTENCIA A LA FATIGA	1	1	1	1	NINGUNA
Seguridad	Evaluación y control de riesgos (%)	ANSI B11.0 / ISO 12100	1	1	1	1	NINGUNA
Costos	Factibilidad económica.	VAN, TIR, PRI	1	1	1	1	NINGUNA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Lunes, 07 de noviembre de 2021



Victor Hugo Paláez Chávez
ING. MECANICO
R. CIP. N° 197130


Firma del Experto Informante

Dimensiones	Indicadores	Ítems	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Trilla	Granos sin trillar (Kg)	G1 (1,5,6,7,8)	1	1	1	1	NINGUNA
	Rotura de granos (kg)	G1 (9,10)	1	1	1	1	NINGUNA
	Pérdida de granos (kg)	G1 (5,6,7,8,14,15)	1	1	1	1	NINGUNA
Limpieza	Grano limpio (%)	G1(11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
	Materia extraña (%)	G1 (11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
Clasificación según variedad	Tamaño A (mm)	G2 (10,11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
	Tamaño B (mm)	G2 (10,11,12)	1	1	1	1	NINGUNA
Producción	Capacidad post. en Kg/h	G1 (2,3,4,13)	1	1	1	1	NINGUNA
Funcionalidad	Cumplir especificaciones (%)	Cuestionario y G2	1	1	1	1	NINGUNA
Practicidad	Disponibilidad de materiales (%)	ASTM & ISO 286	1	1	1	1	NINGUNA
Confiabilidad	Probabilidad de falla (%)	RESISTENCIA A LA FATIGA	1	1	1	1	NINGUNA
Seguridad	Evaluación y control de riesgos (%)	ANSI B11.0 / ISO 12100	1	1	1	1	NINGUNA
Costos	Factibilidad económica.	VAN, TIR, PRI	1	1	1	1	NINGUNA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Lunes, 01 de noviembre de 2021


 Jose Samuel Vidarte Mejia
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
 REG. CIP. 211899

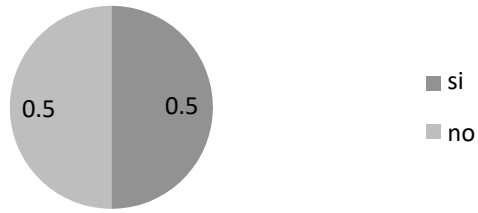


Firma de Experto Informante

Anexo 10 Resultado de encuesta

A. Información general																					
<p>1. ¿Cuántos años de experiencia tiene cosechando leguminosas de granos secos?</p> <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; text-align: center;"> <caption>Datos para pregunta 1</caption> <thead> <tr> <th>Años de experiencia</th> <th>Nro de agricultores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><0;5></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>[5;10></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>[10,15></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>[15; a más></td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Años de experiencia	Nro de agricultores	<0;5>	2	[5;10>	3	[10,15>	1	[15; a más>	2	<p>2. ¿Qué leguminosa de grano seco tiende a repetir en las campañas de cultivo?</p> <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; text-align: center;"> <caption>Datos para pregunta 2</caption> <thead> <tr> <th>Leguminosa</th> <th>Proporción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lactao</td> <td>0.625</td> </tr> <tr> <td>Chileno</td> <td>0.375</td> </tr> <tr> <td>Pallar</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Leguminosa	Proporción	Lactao	0.625	Chileno	0.375	Pallar	0	Otro	0
Años de experiencia	Nro de agricultores																				
<0;5>	2																				
[5;10>	3																				
[10,15>	1																				
[15; a más>	2																				
Leguminosa	Proporción																				
Lactao	0.625																				
Chileno	0.375																				
Pallar	0																				
Otro	0																				
<p>3. ¿Qué leguminosa piensa sembrar en la próxima campaña?</p> <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; text-align: center;"> <caption>Datos para pregunta 3</caption> <thead> <tr> <th>Leguminosa</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lactao</td> <td>56%</td> </tr> <tr> <td>Chileno</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>Pallar</td> <td>11%</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>		Leguminosa	Porcentaje	Lactao	56%	Chileno	33%	Pallar	11%	Otro	0%										
Leguminosa	Porcentaje																				
Lactao	56%																				
Chileno	33%																				
Pallar	11%																				
Otro	0%																				
B. Máquina trilladora																					
<p>4. ¿Conoce alguna maquina trilladora que trabaje en la zona?</p> <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; text-align: center;"> <caption>Datos para pregunta 4</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Proporción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>si</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>no</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Proporción	si	0.5	no	0.5	<p>5. ¿La máquina trilladora está trabajando aún en la zona?</p> <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; text-align: center;"> <caption>Datos para pregunta 5</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Proporción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>si</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>no</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Proporción	si	0.5	no	0.5								
Respuesta	Proporción																				
si	0.5																				
no	0.5																				
Respuesta	Proporción																				
si	0.5																				
no	0.5																				
<p>6. ¿Desde qué año está la máquina operando? 2021 → Sistema electromecánico de trilladora de Chileno</p>	<p>7. ¿Hasta qué año operó la máquina? 2013 → Sistema electromecánico de trillado de frijol común</p>																				
<p>8. ¿Tuvo acceso al uso máquinas trilladoras?</p>	<p>9. Para la respuesta de la pregunta 8, que fue que si tuvo acceso al sistema electromecánico de Chileno, este aún sigue operando</p>																				

8. ¿Tuvo acceso al uso máquinas trilladoras?



10. El sistema electromecánico de postcosecha de frijol y chileno, fueron propias y contratada, respectivamente

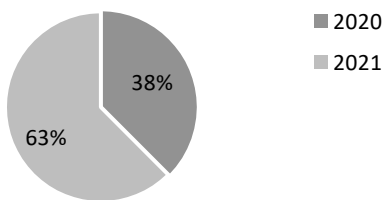
11. El sistema electromecánico de postcosecha de chileno cobró S/. 700 por hectárea.

12. ¿Capacidad de la máquina?
500 kg/ h

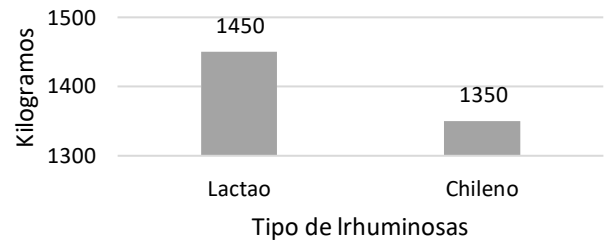
13. ¿Cuánto tiempo se tardaba en trillar por hectárea ?
1 hora

C. Última postcosecha

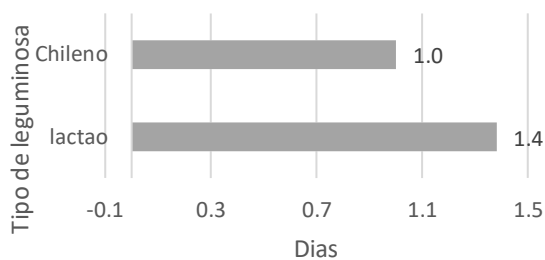
14. ¿En que año fue su última postcosecha?



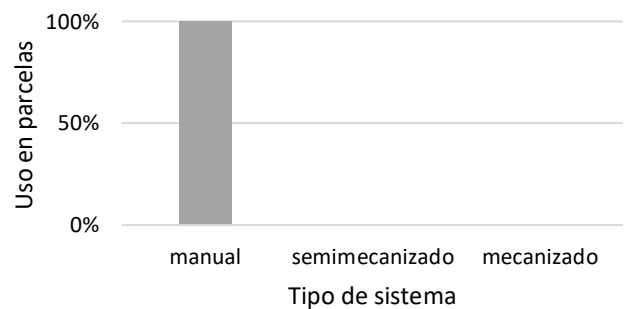
15. ¿Cuánto fue su rendimiento por hectárea?:



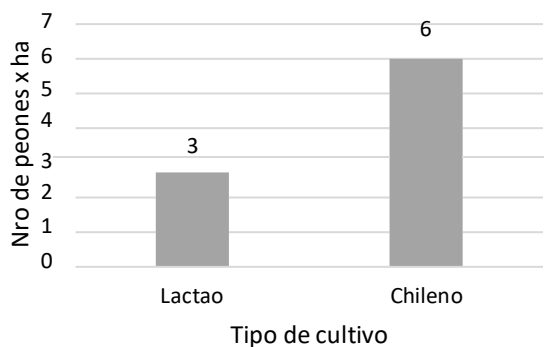
16. ¿Cuánto tiempo duró las labores de postcosecha por hectárea aproximadamente?



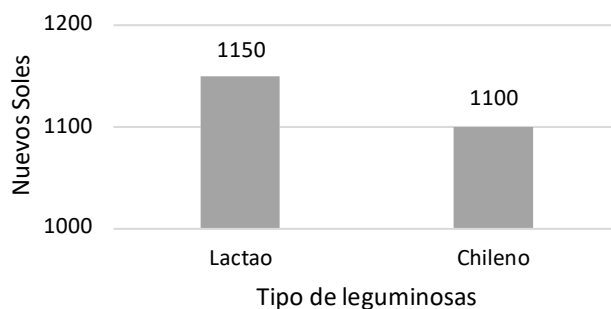
17. ¿Qué tipo de sistema de postsecha utilizó?



18. ¿Cuánto personal utilizó?

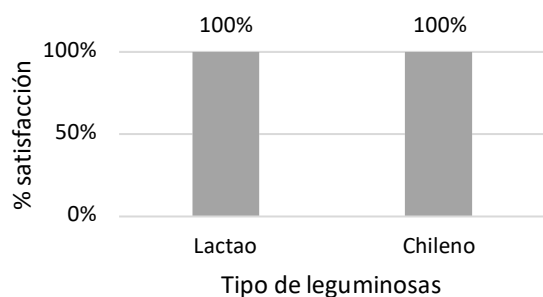


19. ¿Cuánto fue el costo de labores de postcosecha por hectárea?

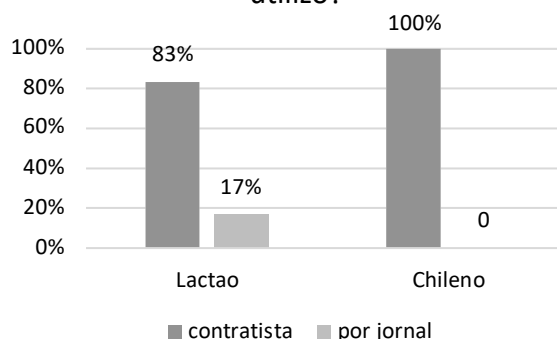


Nota: el tipo de sistema de postcosecha que se práctico en la zona fue manual

20. ¿Estuvo satisfecho con el servicio de postcosecha?

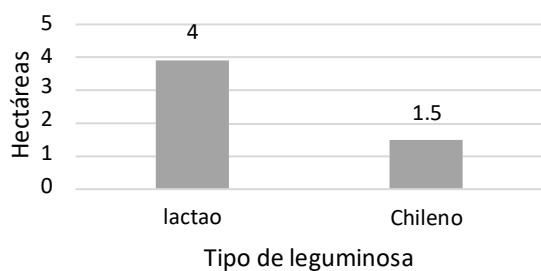


21. ¿Qué tipo de mano de obra utilizó?

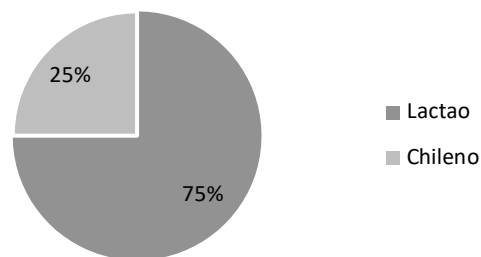


D. Información actual

22. ¿Cuántas hectáreas de leguminosas de grano seco siembra?

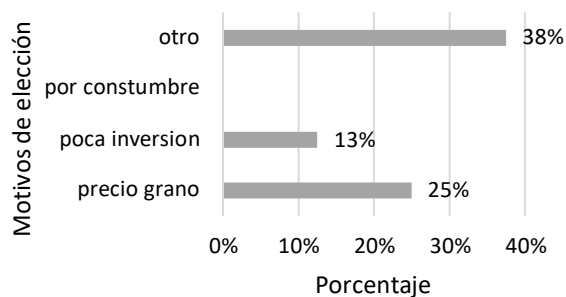


23. ¿Qué tipo de leguminosa de grano siembra?



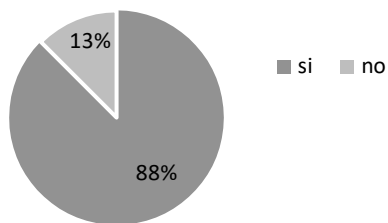
24.

¿Cuál fue el motivo de su elección?



E. Propuesta de nuevo sistema eléctrico para postcosecha de leguminosa

25. ¿Estarías dispuesto en adquirir una máquina que facilite las actividades de postcosecha?



26. Características que debe tener la máquina



Anexo 11 Diseño conceptual

Propuesta 1 <i>Sistema eléctricomecánico estacionario</i>	Propuesta 2 <i>Sistema eléctricomecánico pick up</i>	Propuesta 3 <i>Cosechadora</i>
		

Ponderación	0.2	0.15	0.2	0.1	0.15	0.1	0.1		
Opciones	Criterios	Bajo costo	Fácil mantenimiento	Seguridad	Capacidad de producción	Fácil de regular	Transportable	Versátil	Total
	1. Sistema eléctrico estacionario		5	5	3	3	5	4	3
2. Sistema eléctrico pick up		2	5	4	4	4	1	4	3
3. Cosechadora		1	2	5	5	5	2	5	3

Anexo 12 Diseño de configuración

1. Ingreso

Ponderación		0.13	0.15	0.05	0.12	0.2	0.12	0.05	0.18	
Opciones	Criterios	Fácil de regular	Fácil de arreglar	Transportable	Bajo Costo	Seguridad	Precisión	Fácil de operar	Fácil de montar	Total
	1. Manual		5	5	5	5	1	1	1	0
2. Rodillos Rígidos		2	1	1	1	5	4	4	2	2.51
3. Rodillos Blandos		4	3	3	3	5	5	3	3	4.02

2. Trilla

Ponderación		0.15	0.15	0.25	0.25	0.2	
Opciones	Criterios	Fácil de regular	Fácil de arreglar	Bajo Costo	Seguridad	Fácil de montar	Total
	1. Tornillo de Arquímedes		2	3	1	4	4
2. Fricción Rodillo Cóncavo		3	4	2	4	3	3.15
3. Golpe Rodillo-Criba		4	4	3	5	5	4.2

3. Rodillo

Ponderación		0.22	0.13	0.1	0.25	0.15	0.15	
Opciones	Criterios	Fácil de regular	Fácil de arreglar	Bajo Costo	Seguridad	Fácil de montar	desgrane eficiente	Total
	1. Rodillo Simple		3	3	4	3	5	1
2. Rodillo + aletas		5	3	4	5	4	5	4.49
3. Rodillo + cuchilla		3	2	1	1	2	4	2.17

4. Zaranda de trillado

Ponderación		0.22	0.13	0.1	0.25	0.15	0.15	
Criterios		Fácil de regular	Fácil de arreglar	Bajo Costo	Seguridad	Fácil de montar	Separación la paja a del	Total
Opciones								
1. Criba media luna		2	2	4	4	4	5	3.45
2. Tamiz vibratorio		3	3	3	3	2	5	3.15
3. Malla		1	5	5	5	5	5	4.12

5. Limpieza

Ponderación		0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	0.25	0.2	
Criterios		Fácil de regular aire de	Fácil de arreglar	Transportable	Bajo Costo	Fácil de operar	Seguridad	Eficiente	Total
Opciones									
1. Viento		1	1	1	5	1	5	4	2.4
2. Ventilador-Zaranda		3	2	3	4	4	3	3	2.55
3. Ventilador-extractor - Zaranda		3	4	2	1	3	4	3	2.35
4. Soplador-Zaranda		4	5	4	2	5	4	5	3.1

6. Clasificación

Ponderación		0.1	0.3	0.1	0.2	0.15	0.15	
Criterios		Eficiente	Seguridad	Transportable	Bajo Costo	Fácil mantenimiento	Ruido	Total
Opciones								
1. Zaranda con agujero redondo		3	4	5	2	4	3	3.45
2. Malla		1	5	5	4	5	1	3.8
3. Zaranda con agujero chino		5	5	5	3	3	3	4

7. Generación de potencia

Ponderación		0.2	0.15	0.1	0.15	0.15	0.15	0.1	
Opciones	Criterios	Eficiente	Seguridad	Bajo Costo	Fácil mantenimiento	Portátil	Bajo peso	Contaminación mínima	Total
	1. Manual		1	2	4	4	3	4	3
2. Eléctrica		2	2	3	2	3	2	3	2.35
3. Combustión interna		4	2	2	3	5	2	1	2.9

8. Sistema de transmisión

Ponderación		0.15	0.2	0.2	0.1	0.15	0.2	
Opciones	Criterios	Eficiente	Seguro	Bajo Costo	Fácil mantenimiento	Adaptable a cambios de	Resistente a la vibración	Total
	1. Poleas y faja		4	3	5	4	5	5
2. Motor-reductor		3	5	1	2	3	1	2.3
3. Piñón y cadena		3	3	3	2	2	2	2.15

9. Estructura de soporte de máquina

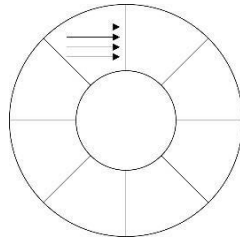
Ponderación		0.25	0.3	0.25	0.2	
Opciones	Criterios	Resistente	Seguridad	Fácil de trabajar	Bajo Costo	Total
	1. Acero comercial		5	4	2	1
2. Fibra de vidrio		1	1	4	3	2.15
3. Madera		1	1	3	4	2.1

Cálculo paramétrico

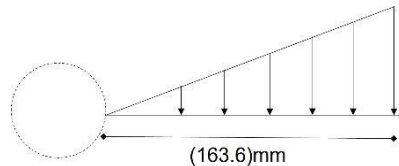
Cálculo de paleta trilladora

F: Fuerza de rotura de grano = 8.787 N

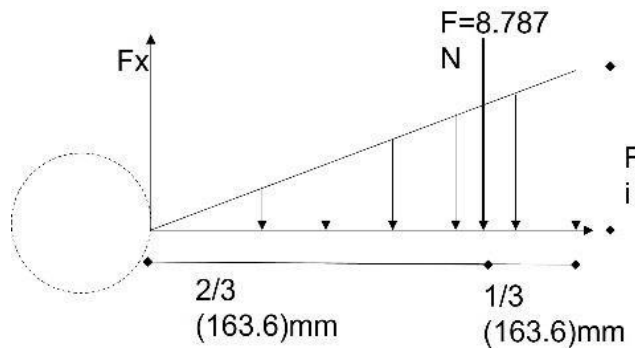
Carga distribuida por el arrastre de masa. Esto proviene de la forma del rodillo trillador y la cámara de trillado.



La zona que está más cerca al eje arrastra menos carga y la zona más cercana al extremo de la paleta arrastra mayor carga.



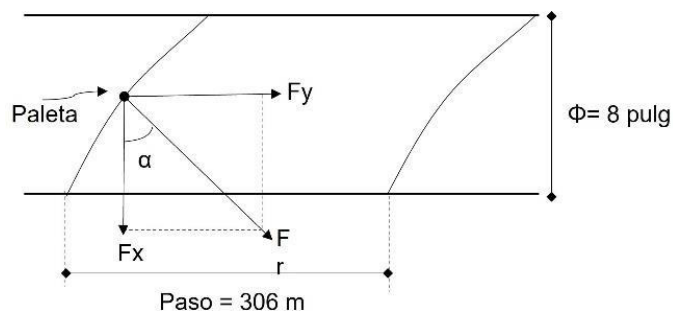
La fuerza de rotura de grano se tomará como resultado de las fuerzas distribuidas



Calculando las fuerzas distribuidas

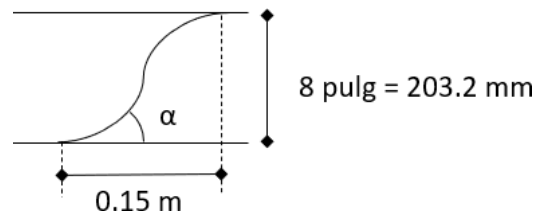
$$\frac{L(m) * F \left(\frac{N}{m} \right)}{2} = F \text{ à } L=0.164 \text{ m; } F= 8.787 \text{ N, } F_i=? \text{ à } F = \frac{8.787*2}{0.164} = 107.16 \text{ N/m}$$

El rodillo trillador: las paletas están distribuidas en forma helicoidal



Se puede notar que tenemos una fuerza resultante compuesta por una fuerza “Fx” que se encarga del trillado y tenemos “Fy” que se encarga del traslado del arbusto de un extremo al otro.

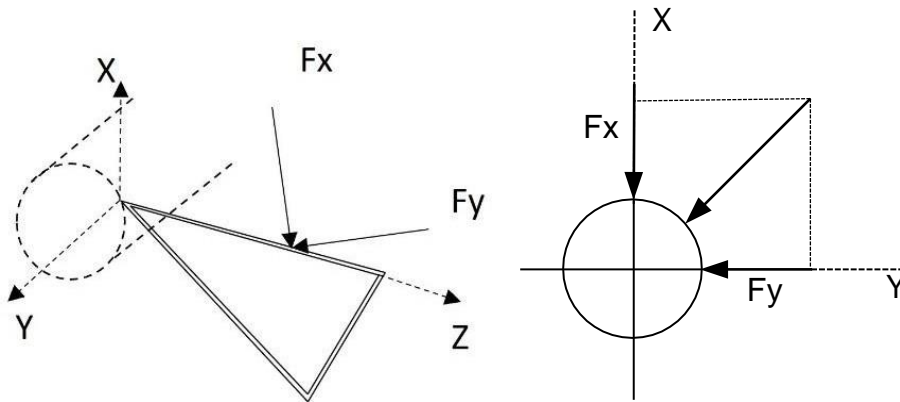
Calculando α



$$\rightarrow \operatorname{tg} \alpha = (0.2832/0.15) = F_y/F_x = 53.57^\circ$$

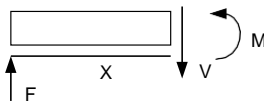
$$\rightarrow F_y = \operatorname{tg} \alpha * F_x = \operatorname{tg} (53.57) * 8.787 \text{ N} = 11.91 \text{ N}$$

Diagrama de cuerpo libre de la paleta



$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{8.78^2 + 11.901^2} = 14.793 \text{ N}$$

a. $0 \leq X < 0.109$



$$\sum F_y = 0$$

$$F - V = 0$$

$$F = V = 14.793 \text{ N}$$

$$\sum M_x = 0$$

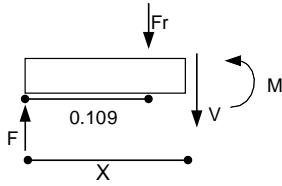
$$M - XV = 0$$

$$M(x) = XV$$

$$M(0) = 0$$

$$M(0.109) = 1.612 \text{ Nm}$$

b. $0.109 \leq X < 0.164$



$$\Sigma F_y = 0$$

$$F - F_R - V = 0$$

$$V = F - F_R = 0$$

$$\Sigma M_x = 0$$

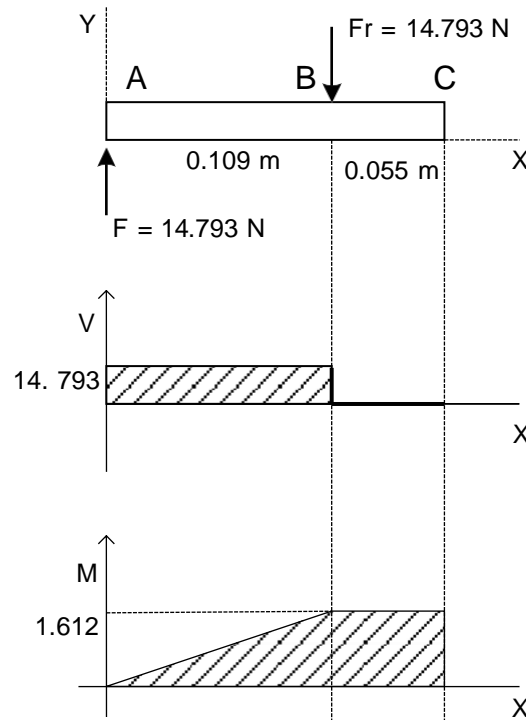
$$0.109 F_R - XV + M = 0$$

$$M = XV + 0.109 F_R$$

$$M_{(0.109)} = 0.109(0) + 0.109(14.793)$$

$$M_{(0.109)} = 1.612 \text{ Nm}$$

Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector



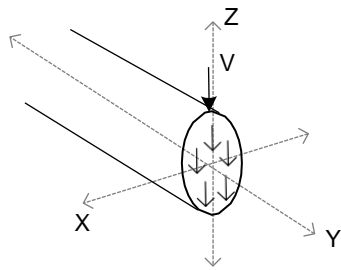
- $T_{\max} = \frac{4V}{3A}$
- $T_{0\max} = \frac{14.793}{3.167 \times 10^{-3}} * \frac{4}{3} = 0.623 \text{ MPa}$

Varilla redonda: $\frac{1}{4}$ pulg $\rightarrow D = \frac{1}{4}$ pulg.

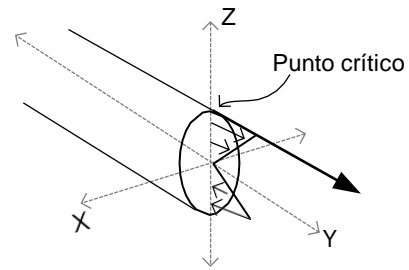
$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.00635)^2}{4} = 3.167 \times 10^{-5}$$

$$I_0 = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi(0.00635)^4}{64} = 7.981 \times 10^{-11}$$

$$\sigma_M = \frac{M_y}{I} = \frac{1.612 \times 0.003175}{7.981 \times 10^{-11}} = 46.226 \text{ MPa}$$

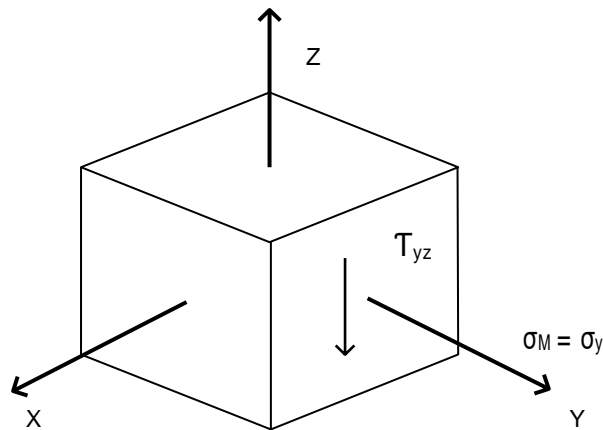


$$\tau_v = \frac{4V}{3A} = 0.623 \text{ MPa}$$



$$\sigma_M = \frac{M_y}{I_0} = 46.226 \text{ MPa}$$

- El punto crítico se encuentra en B



Aplicando Von Mises

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right\}^{1/2}$$

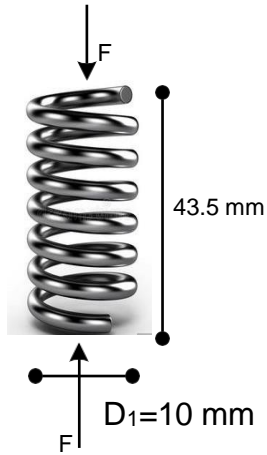
$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \sigma_y^2 + 6\tau_{yz}^2 \right\}^{1/2} = \frac{1}{\sqrt{2}} (46.226^2 + 6 * 0.623^2)^{1/2} = 32.705 \text{ MPa} \rightarrow \text{Esfuerzos equivalentes}$$

- Tipo de material: hierro negro (hierro gris), para el hierro negro (fuente: Sider Perú), $S_y = 250 \text{ MPa}$

Hierro Gris: $S_y = 1.726 \times 10^4 \text{ Psi}$; $S_{ut} = 4.003 \times 10^4 \text{ psi}$; $S_y = 119 \text{ MPa}$; $S_{ut} = 276 \text{ MPa}$

$$\sigma' \leq S_y; \sigma' = \frac{S_y}{n} \rightarrow n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{119}{32,705} = 3.63$$

Resortes del sistema de alimentación



$$\Phi = 1.5; 2; 3$$

$$N_{1.5} = 12$$

$$N_2 = 10$$

$$N_3 = 8$$

$$m_{\text{rodillo}} = 7 \text{ Kg}$$

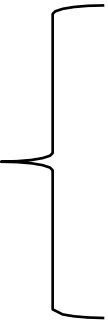
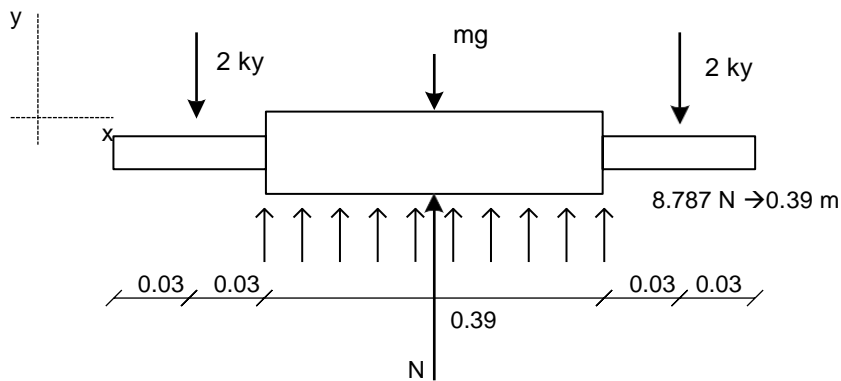


Diagrama de fuerzas del rodillo superior

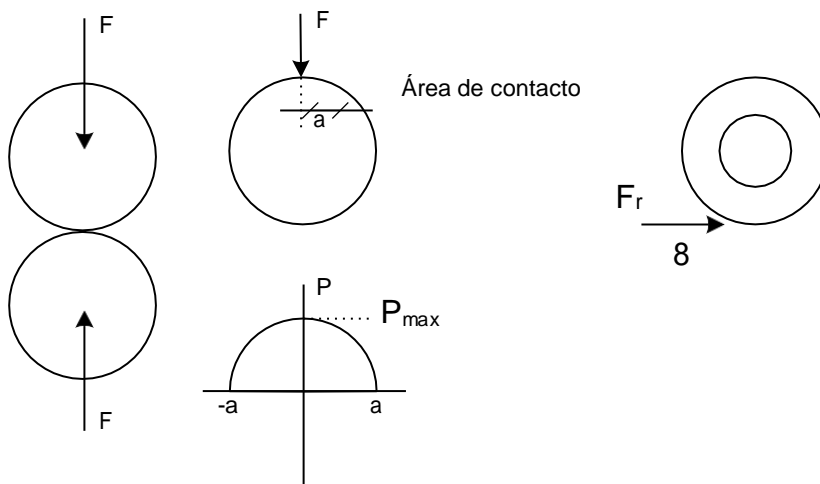


$$F_{\text{resorte}} = Ky \rightarrow Y = 20 \text{ mm}; F_{\text{resorte}} = 2.68 \cdot 2 = 53.6 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow N - m\xi - 4K_y = 0$$

$$N = m\xi + 4K_y = m\xi + 4 F_{\text{resorte}} = 7 \cdot 9.81 + 4 (53.6) = 283.07 \text{ N}$$

Contacto cilíndrico



$$F_r = \mu N; T = R \cdot F_r; \mu_{xe} = 0.15$$

$$F = \frac{1}{2} * \pi * \alpha * L * P_{max}$$

F: Carga total aplicada

L: Longitud de contacto

α : mitad del ancho área de contacto

$$P_{prom} = \frac{F}{A}; P_{max} = \frac{F}{\pi \alpha L} \rightarrow P_{max} = \frac{4P_{prom}}{\pi}$$



$$\rightarrow B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \rightarrow B: \text{Constante de geometría}$$

$$\rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(\frac{m_1 + m_2}{B} \right) \left(\frac{F}{L} \right)}; \quad m_1 + m_2 \rightarrow \text{constantes del material } m_1 = \frac{1 - \nu^2}{E_1},$$

en donde E: módulo de Young, ν : Razones de Poisson

En el caso de los rodillos de entrada tenemos:



$$R_1 = R_2 = 50 \text{ mm} = 0.05 \text{ m}$$

$$\rightarrow B = \frac{1}{2} \left(\frac{15.4}{50} + \frac{25.4}{50} \right) = \frac{50.8}{2 * 50} = 0.508$$

$$m_1 = m_2 \rightarrow \text{mismo material}$$

- Módulo de elasticidad para el hierro gris y razón de Poisson

Tabla E-1 Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería								
Datos de varias fuentes.* Estas propiedades son básicamente similares para todas las aleaciones del material específico								
Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Razón de Poisson ν	Densidad de peso γ	Densidad de masa ρ	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa				
Aleaciones de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro, fundido, gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro, fundido, dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro, fundido, maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero, carbono	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero, aleaciones	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero, inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.6	6.6

* Propiedades de algunos metales y aleaciones, International Nickel Co., Inc., N.Y.; Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

Fuente: Norton 4ta edición (2011)

E: 103.4 GPa (15 MPsi); V: 0.28; G: 40.46 Pa (5.9 MPsi)

$$G = \frac{E}{2(1+V)}; m_1 = \frac{1-V_1^2}{E_1}$$

• Calculando α (pulg)

1. $m = \frac{1}{1-V_1^2} = \frac{1}{1-0.28^2}$; $F = 283 \text{ N} = 63.62 \text{ Lb}$; $R_1 = R_2 = 50 \text{ mm} = 1.969 \text{ pulg}$, entonces

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{E_1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = 0.508 ; L = 39 \text{ cm} = 15.35 \text{ pulg}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{2}{M} \left(\frac{m_1+m_2}{B} \right) \left(\frac{F}{L} \right)} = \sqrt{\frac{2}{M} \left(\frac{2^{6*144*10^{-8}}}{0.508} \right) \left(\frac{63.62}{15.35} \right)} = 7.989 * 10^{-4} \text{ pulg} = 0.0203 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{Área} = 2 \alpha L = 2(0.0203)391 = 15828 \text{ mm}^2$$

2. $P_{\text{prom}} = \frac{F}{A} = \frac{283 \text{ N}}{15828 \text{ mm}^2} = 15.828 \text{ MPa}$

$$P_{\text{max}} = \frac{A}{2F} = \frac{15828 * 10^{-6}}{4F} = \frac{15828 * 10^{-6}}{4 * 283} = 22,765 \text{ MPa}$$

3. $\sigma_x = \sigma_z = -P_{\text{max}}$

$$\sigma_4 = -2V P_{\text{max}}$$

$$\sigma_A = \sigma_2 = -22.765 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{y\text{max}} = -2(0.28)(22.765) \text{ MPa} = -12.748 \text{ MPa}$$

4. $T_{13\text{max}} = 0.304 P_{\text{max}}$

$$Z @ T_{\text{max}} = 0.786 \alpha$$

$$T_{13\text{max}} = 0.304(22.765) \text{ MPa} = 6.92 \text{ MPa}$$

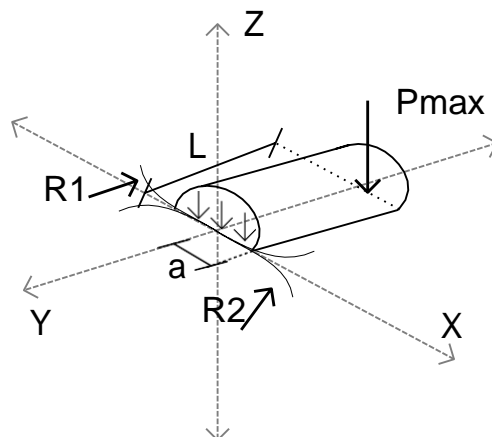
$$Z @ T_{\text{max}} = 0.786(0.0203) = 0.016 \text{ mm}$$

Von Mises

$$\sigma^1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ (22.765)^2 + (22.765)^2 + 6(6.92)^2 \}^{1/2} = 25.73 \text{ MPa}$$

$$n = 4.62$$

$$F_t = f_{\text{max}} = \mu P_{\text{max}} = 0.15 * 22.765$$



Diseño de los resortes de entrada

F = 12.05 Lbf ; Y = 20 mm

Material = A(227) (Acero forjado en frio)

1. Asumiendo el diámetro del alambre de 2 mm
D = 0.079 pulg
2. Asumiendo un índice de resorte de C=9, y calculando el diámetro medio de la espiral
 $4 < C < 12$; $C = D/d$
 $\rightarrow D = Cd = 9(0.079) = 0.711 \text{ in}$

3. Determinando el factor de cortante directo K_s , y el esfuerzo cortante en la espiral

$$K_s = 1 + 0.5/C = 1 + 0.5/9 = 1.055$$
$$\sigma = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} = 1,055 * \frac{8 * 12.05 * 0.711}{\pi (0.079)^3} = 46683.99 \text{ psi}$$

4. Calculando la resistencia ultimo a la tensión del material (tabla 10-4) calculando la resistencia a la fluencia por torsión

$$S_{ut} = Ad^b \quad S_{ys} = 0.65 S_{ut} \rightarrow \text{Para el A227} \rightarrow B = 141040 \text{ psi}; b = -0.1822$$

$$\rightarrow S_{ut} = 141040 (0.079)^{-0.1822} = 223\,972,47 \text{ psi}$$

$$S_{ys} = 134\,383.48 \text{ psi}$$

5. Calculando el factor de seguridad contra la fluencia

$$N_s = \frac{S_{ys}}{c} \rightarrow N_s = \frac{134\,383.48}{46683.99} = 2.879$$

6. Recalculando para baja el factor de seguridad.

Asumiendo 1.6 mm de diámetro.

$$d = 0.063 \text{ in}$$

$$D = 9 * (0.063) = 0.567$$

$$r = 1.055 * \frac{8 * 12.05 * 0.567}{\pi (0.063)^{-0.1822}} = 73\,407.60 \text{ psi}$$

$$S_{vt} = 141\,040 * (0.063)^{-0.1822} = 233\,400.86 \text{ psi}$$

$$S_{ys} = 140\,040.51 \text{ psi}$$

$$N_s = \frac{140\,040.51}{73\,407.60} = 1.91 \text{ (Actible)}$$

7. Calculando la constante con la deflexión requerida

$$k = \frac{F}{Y}$$

$$Y = 20\text{mm} = 0.787\text{in}$$

$$k = \frac{12.05}{0.787} = 15.3$$

8. Calculando el número de espiras activas para alcanzar dicha constante

$$k = \frac{d^4G}{8D^3Na}$$

$$G = 11.5 * 10^6\text{psi para A227}$$

$$Na = \frac{(0.063)^4 * 11.3 * 10^6}{8(0.567)^3 * 15.119} = 8.12 \approx 8.25$$

Para temas de fabricación se redondea al $\frac{1}{4}$ superior, recalculando la constante del resorte.

$$k = 15.058 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

9. Los extremos serán cuadrados esmerilados. Obtenemos el número espira totales

$$N_t = Na + 2$$

$$N_t = 8.25 + 2 = 10.25$$

10. Determinando la altura de cierre.

$$L_s = dN_t$$

$$L_s = 0.063 * (10.25) = 0.646 \text{ in}$$

11. Deflexión inicial; al inicio los resortes soportan el peso del rodillo $7k_2$ compartidos en los resultados tenemos

$$F_i = \frac{7}{4} * 9.81 = 17.17\text{N} = 3.86\text{Lb}$$

$$Y_{inicial} = \frac{3.89}{15.014} = 0.256 \text{ in}$$

12. Asumiendo una holgura del 15% de la deflexión de trabajo.

$$Y_{choque} = 0.154 = 0.15 * 0.787 = 0.118 \text{ in}$$

13. Calculando la longitud libre

$$L_f = Y_{choque} + Y_{trabajo} + Y_{inicial} + L_s$$

$$L_f = 0.118 + 0.787 + 0.256 + 0.646$$

$$L_f = 1.807 \text{ in (45.9 mm)}$$

14. La deflexión para la altura de cierre es:

$$Y_{salida} = -L_f - L_s$$

$$Y_{salida} = 1.807 - 0.646 = 1.161$$

15. La fuerza para la flexión en la altura de cierre es:

$$F_{salida} = k * Y_{salida}$$

$$F_{salida} = 15.058 * (1.161) = 17.48 \text{ Lb}$$

16. El esfuerzo de la altura de cierre y el factor de seguridad son:

$$r_{cierre} = K_s * \frac{8FD}{\pi d^3} = 1.055 * \frac{8 * (17.48) * (0.567)}{\pi * (0.063)^3} = 106\,486.71 \text{ psi}$$

$$Ns_{cierre} = \frac{S_{ys}}{r_{cierre}} = \frac{140\,040.51}{106.486.71} = 1.31 \text{ (Aceptable)}$$

17. Para la verificación del pandeo.

$$\frac{L_f}{D} = \frac{1.807}{0.567} = 3.19$$

$$\frac{Y_{max}}{L_f} = \frac{Y_{inicial} + Y_{trabajo}}{L_f} = \frac{0.256 + 0.1187}{1.807} = 0.21$$

Se ubica en una zona estable:

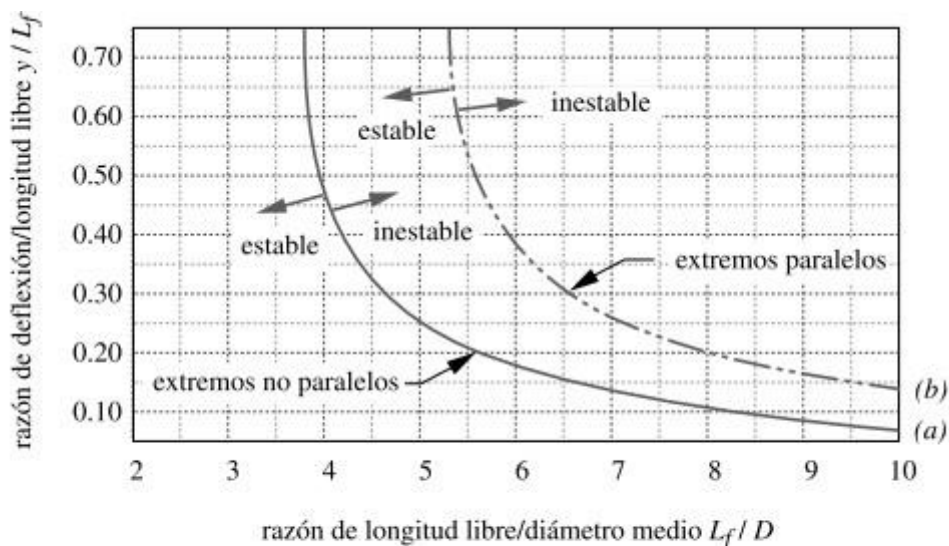


FIGURA 10-14

Curvas de situación crítica de pandeo Adaptadas de la referencia 1

Fuente: Diseño de máquinas: un enfoque integrado de Norton 4ta edición (2011)

18. Los diámetros interior y exterior de la espira.

$$D_o = D + d = 0.567 + 0.063 = 0.63 \text{ in}$$

$$D_i = D - d = 0.567 - 0.063 = 0.504 \text{ in}$$

19. El orificio más pequeño y el perno más grande que se deben usar en este resorte son:

$$\text{Orificio mínimo} = D_o + 0.05D = 0.63 + 0.05 * (0.567) = 0.658 \text{ in (16.7 mm)}$$

$$\text{Orificio máximo} = D_i - 0.05D = 0.504 - 0.05 * (0.567) = 0.476 \text{ in (12.1 mm)}$$

20. El peso total del resorte es:

$$W_t = \frac{\pi^2 d^2 D N_t \rho}{4} = W_t = \frac{\pi^2 * (0.063)^2 * (0.567) * (10.25) * (0.28)}{4}$$

$$W_t = 0.016 \text{ Lb} = 7.26 \text{ g}$$

21. Ahora se tiene la especificación completa:

$$d = 0.063 \text{ in (1.6mm)}$$

$$D_o = 0.658 \text{ in (16.71 mm)}$$

$$N_t = 10.25 \text{ espiras (10.25 espiras)}$$

$$L_f = 1.807 \text{ in (45.9 mm)}$$

Cálculo de resortes del sistema de vibrador

Masa cribas = 6 kg

m = 50.78 Kg ≈ 50.5 Kg

Masa estructura = 22.3 Kg

Peso = 50.5 * 9.81 = 495. 405 N

Masa planchas laterales = 22.8 kg

Peso = 111.37 Lbf

Dicha carga se encuentra distribuida en 4 resortes

$$\rightarrow F_{resorte} = \frac{111.37}{4} = 27.84 \text{ Lbf}$$

$$\rightarrow F_{min} = 27.84 \text{ Lb}$$

$$F_{max} = \frac{\text{Peso del equipo} + \text{Peso de la manteria prima}}{4}$$

→ Peso materia prima = Peso de la capacidad de la cámara trilladora

$$= 16.55 \text{ Kg} \times 9.81 = 162. 35 \text{ N} = 36.5 \text{ Lbf}$$

$$\rightarrow F_{max_i} = \frac{111.37+36.5}{4} = 36.97 \text{ Lbf} \approx 37 \text{ Lbf}$$

F_{max_i}

Teniendo en cuenta que la masa dentro de la cámara trilladora depende de la alimentación, aumentaremos la masa en un 50% a la fuerza máxima

(F_{max})

$$\rightarrow F_{max} = 37 * 1.5 = 55.5 \text{ Lbf}$$

La deflexión dinámica = 15 min = 0.591 pulg

Material: ASTM A228 → Recomendado para cargas dinámicas

La frecuencia forzada de excitación máxima= 500 rpm

Se desea una vida de operación de 5 años trabajando, teniendo turnos de 8 h y 6 días a la semana, 5 meses por año.

1. Calculando el número de ciclos que soportará el resorte para su vida de diseño

$$N_{vida} = 500 \frac{rev}{min} * \frac{60 min}{1 h} * \frac{960 h}{5 meses - año} * 5 años = 144 * 10^6 \text{ ciclos}$$

2. Fuerzas media y alternante

$$F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} = \frac{55.5 - 27.84}{2} = 13.83 \text{ Lbf}$$

$$F_b = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} = \frac{55.5 + 27.84}{2} = 41.67 \text{ Lbf}$$

3. Asumiendo el diámetro del alambre d= 5 mm y un índice de resorte de 8. Calculamos el diámetro medio de la espina.

$$D = Cd = 8(0.197) 1.576 \text{ pulg}$$

Tabla 10-2
Diámetros de alambre
preferidos

U.S. (in)	SI (mm)
0.004	0.10
0.005	0.12
0.006	0.16
0.008	0.20
0.010	0.25
0.012	0.30
0.014	0.35
0.016	0.40
0.018	0.45
0.020	0.50
0.022	0.55
0.024	0.60
0.026	0.65
0.028	0.70
0.030	0.80
0.035	0.90
0.038	1.00
0.042	1.10
0.045	
0.048	1.20
0.051	
0.055	1.40
0.059	
0.063	1.60
0.067	
0.072	1.80
0.076	
0.081	2.00
0.085	2.20
0.092	
0.098	2.50
0.105	
0.112	2.80
0.125	3.00
0.135	3.50
0.148	
0.162	4.00
0.177	4.50
0.192	5.00
0.207	5.50
0.225	6.00
0.250	6.50
0.281	7.00
0.312	8.00
0.343	9.00
0.362	
0.375	
0.406	10.0
0.437	11.0
0.469	12.0
0.500	13.0
0.531	14.0
0.562	15.0
0.625	16.0

Fuente: Diseño de máquinas: un enfoque integrado de Norton 4ta edición (2011)

4. Calculando el factor de cortante directo K_s , y el esfuerzo de la deflexión inicial.

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C} = 1 + \frac{0.5}{8} = 1.063$$

$$r_i = K_s + \frac{8F_i D}{\pi d^3} = 1.063 + \frac{8 * 27.84 * 1.576}{\pi(0.197)^3} = 15534.60 \text{ psi}$$

$$r_m = K_s + \frac{8F_m D}{\pi d^3} = 1.063 + \frac{8 * 55.5 * 1.576}{\pi(0.197)^3} = 30968.77 \text{ psi}$$

5. Calculando el factor de Wahl K_w y el esfuerzo cortante alternante r_a en la espiral.

$$K_w = \frac{4C - 1}{4C - 4} \quad r_a = K_w \frac{8F_a D}{\pi d^3}$$

$$K_w = \frac{4(8) - 1}{4(8) - 4} = 1.107$$

$$r_a = 1.107 \frac{8 \cdot 13.83 \cdot 1.576}{\pi (0.197)^3} = 8036.51 \text{ psi}$$

6. Cálculo de la resistencia ultima a la torsión del alambre

Tabla 10-4 Coeficientes y exponentes para la ecuación 10.3
Fuente: Referencia 1

ASTM #	Material	Intervalo		Exponente b	Coeficiente A		Factor de correlación
		mm	in		MPa	psi	
A227	Forjado en frío	0.5–16	0.020–0.625	-0.182 2	1 753.3	141 040	0.998
A228	Alambre musical	0.3–6	0.010–0.250	-0.162 5	2 153.5	184 649	0.9997
A229	Revenido en aceite	0.5–16	0.020–0.625	-0.183 3	1 831.2	146 780	0.999
A232	Cromo-v.	0.5–12	0.020–0.500	-0.145 3	1 909.9	173 128	0.998
A401	Cromo-s.	0.8–11	0.031–0.437	-0.093 4	2 059.2	220 779	0.991

Fuente: Diseño de máquinas: un enfoque integrado de Norton 4ta edición (2011)

- Cálculo de la resistencia ultima cortante, y la resistencia a la fluencia por torsión.

Tabla 10-8 Resistencia máxima a la fluencia por torsión S_{ys} para resortes helicoidales de compresión en aplicaciones estáticas
No se incluyen los esfuerzos de flexión o de pandeo. Fuente: Adaptado de la ref. 1

Material	Porcentaje máximo de la resistencia última a la tensión	
	Antes de la remoción de asentamiento (Use la ec. 9.10b)	Después de la remoción de asentamiento (Use la ec. 9.9b)
Acero al carbono forjado en frío (p. ej., A227, A228)	45%	60–70%
Acero al carbono endurecido y revenido, así como acero al bajo carbono (p. ej., A229, A230, A232, A401)	50	65–75
Acero inoxidable austenítico (p. ej., A313)	35	55–65
Aleaciones no ferrosas (p. ej., B134, B159, B197)	35	55–65

Fuente: Diseño de máquinas: un enfoque integrado de Norton 4ta edición (2011)

- Asumimos que se ha eliminado el asentamiento

$$S_{ut} = Ad^b = 184649 (0.197)^{0.1625} = 240434.17 \text{ psi}$$

$$A = 184649 \text{ psi}; b = -0.1625$$

$$S_{us} = 0.67 S_{ut} \rightarrow S_{us} = 0.67 (240434.17) = 161091.90 \text{ psi}$$

$$S_{ys} = 0.6 S_{ut} \rightarrow S_{ys} = 144260.50 \text{ psi}$$

7. Cálculo del límite de resistencia para resortes sin granallados con partículas y con cargas repetidas

$$\begin{aligned} S_{ew} &\cong 45.0 \text{ kpsi (310 MPa)} \quad \text{para resortes sin granallar} \\ S_{ew} &\cong 67.5 \text{ kpsi (465 MPa)} \quad \text{para resortes granallados} \end{aligned} \quad (10.13)$$

Fuente: Norton 4ta edición (2011)

Resistencia física de ciclo totalmente invertido

$$S_{es} = 0.5 \frac{S_{ew} S_{us}}{S_{us} - 0.5 S_{ew}} \quad (10.18b)$$

Fuente: Norton 4ta edición (2011)

$S_{ew} = 45 \text{ Kpsi} \rightarrow$ sin granallar

$$S_{es} = 0.5 \frac{S_{ew} * S_{us}}{S_{us} - 0.5 S_{ew}} = 0.5 * \frac{45000 * 161090.9}{161090.9 - 0.5 * 45000} = 26152.84 \text{ psi}$$

8. Calculando el factor de seguridad

$$\begin{aligned} N_{fs} &= \frac{S_{es}(S_{us} - r_i)}{S_{es}(r_m - r_i) + S_{us}r_i} \\ &= \frac{26151.84(161090.9 - 15534.6)}{26152.84(30968.77 - 15534.6) + 161090.9 * 8036.51} \\ &= 2.24 \dots \text{Aceptable} \end{aligned}$$

9. Constante de resorte con las fuerzas especificadas para su deflexión relativos

$$K = \frac{\Delta F}{y} = \frac{55.5 - 27.84}{0.591} = 46.80 \text{ Lb/pulg}$$

10. Calculando constante definitiva, para ello las espiras activas deben satisfacer la ecuación

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a} \rightarrow N_a = \frac{0.197^4 * 11.5 * 10^6}{8(1.576)^3 * 46.8} = 11.81 \approx 12 \rightarrow \text{Redondeado al } \frac{1}{4} \text{ superior}$$

$$G = 11.5 * 10^6 \text{ psi}$$

$$\rightarrow K = \frac{0.197^4 * 11.5 * 10^6}{8(1.576)^3 * (12)} = 46.092 \text{ Lb/pulg}$$

11. Los extremos serán cuadrados y esmerilados, entonces el total de espiras son:

$$N_t = N_a + 2 = 12 + 2 = 14$$

12. Cálculo de altura de cierre

$$L_s = d N_f = 0.197 * 14 = 2.75 \text{ pulg}$$

13. Cálculo de la deflexión inicial para alcanzar lo menos de las dos cargas específicas

$$Y_{inicial} = \frac{F_{inicial}}{K} = \frac{27.84}{46.092} = 0.604 \text{ pulg}$$

14. Asumiendo una tolerancia del 15% de su deflexión de trabajo

$$Y_{golpe} = 0.154 = 0.15(0.591) = 0.089 \text{ pulg}$$

15. Longitud libre

$$L_f = L_s + Y_{golpe} + Y_{trabajo} + Y_{inicial} = 2.758 + 0.089 + 0.591 + 0.604$$

$$= 4.042 \text{ pul} = 102.67 \text{ mm}$$

16. Deflexión para altura solida

$$Y_{cierro} = L_f + L_s = 4.042 - 2.758 = 1.284 \text{ pulg}$$

17. Fuera en la deflexión de altura de cierre

$$F_{cierro} = KY_{cierro} = 46.092(1.284) = 59.18 \text{ Lbf}$$

18. Esfuerzo en la altura sólida y factor de seguridad

$$r_{cierro} = \frac{S_{ys}}{\pi d^3} = \frac{144260.5}{33022.19} = 4.4 \text{ psi}$$

$$N_{Scierro} = \frac{S_{ys}}{r_{cierro}} = \frac{144260.5}{33022.19} = 4.4$$

19. Verificación de pandeo

$$\frac{L_f}{D} = \frac{4.042}{1.576} = 2.56$$

$$\frac{Y_{max}}{L_f} = \frac{Y_{inicial} + Y_{trabajo}}{L_f} = \frac{0.604 + 0.591}{4.042} = 0.29$$

Según figura (10-14) Norton → Es estable

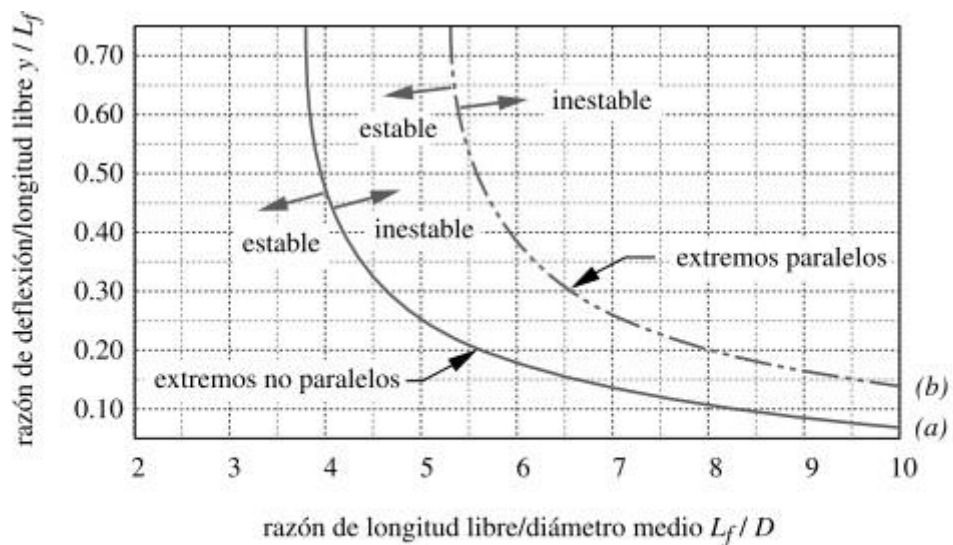


FIGURA 10-14

Curvas de situación crítica de pandeo Adaptadas de la referencia 1

Fuente: Diseño de máquinas: un enfoque integrado de Norton 4ta edición (2011)

20. Peso de espiras activas del resorte

$$W_a = \frac{\pi^2 d^2 D N_a \gamma}{4} = \frac{\pi^2 (0.197)(1.576)(12)(0.285)}{4} = 0.52 \text{ Lb} = 235.9 \text{ g}$$

$$\text{Densidad} \rightarrow \gamma = 0.285 \text{ Lb/pulg}^3$$

21. Cálculo de la frecuencia natural del resorte

$$\omega_n = \pi \sqrt{\frac{kg}{W_a}} \text{ rad/seg} \quad f_n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{kg}{W_a}} \text{ Hz} \quad (10.12a)$$

Fuente: Diseño de máquinas: un enfoque integrado de Norton 4ta edición (2011)

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Kg}{w}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{46.092 * 3.86}{0.52}} = 92.49 H_2 = 5549.4 \text{ ciclos/min}$$

K: constantes

La razón entre la frecuencia natural y la frecuencia forzada

$$\frac{5549.4}{500} = 11.10 \rightarrow \text{suficientemente alta}$$

22. Especificaciones de diseño

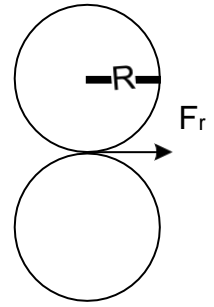
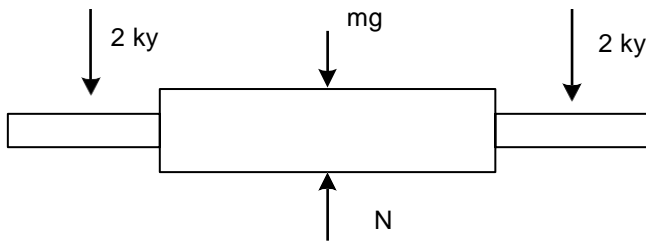
$$d = 0.197 \text{ pulg} \rightarrow 5 \text{ mm}$$

$$D_o = 1.576 \text{ pulg} \rightarrow 40 \text{ mm}$$

$$N_f = 14 \text{ espiras}$$

$$L_f = 4.042 \text{ pulg} \rightarrow 102.67 \text{ mm}$$

Retomando el cálculo del rodillo de entrada



$Ky = 53.6 \text{ N} ; N = 7 \text{ Kg}$

$R = 50 \text{ mm} ; F_1 = \mu ; \text{metal / metal} : \mu_s = 0.15 \rightarrow \text{Hierro Gris}$

$\rightarrow \sum F_0 = 0 ; N = 4 (53.6) + 7 * 981 = 283.07 \text{ N}$

$\rightarrow F_1 = 0.15 (283.07) = 42.46 \text{ N}$

$\rightarrow T = 42.46 * 0.050 = 2.123 \text{ Nm}$

La potencia que se necesita para el rodillo de entrada es de:

$P = T \omega$; donde P es la potencia sin ingreso de materia prima; velocidad: 1000 rpm, entonces $\omega = (1000 \text{ rev/ min}) * (2 \pi \text{ rad/ } 60 \text{ s}) * (1 \text{ min/ } 60 \text{ s}) = 104.72 \text{ rad/s}$

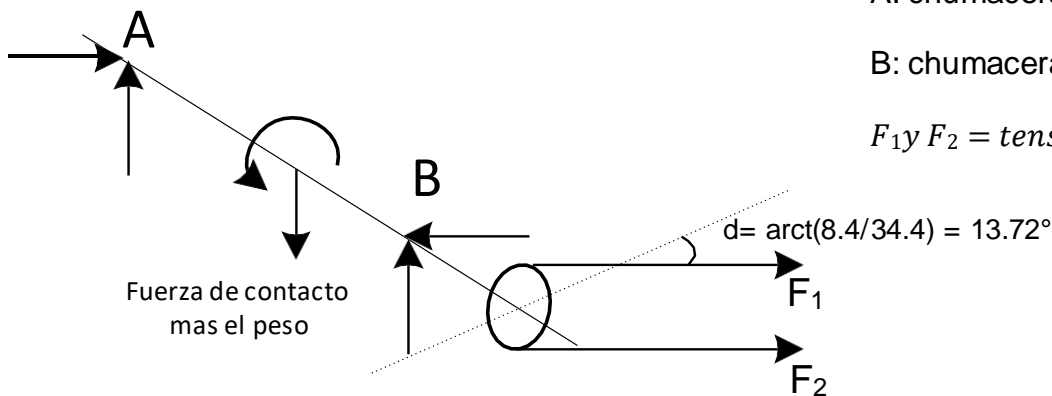
Cuando ingresa material (arbusto de fijol) el coeficiente de fricción cambia a un coeficiente cinético μ_k pero en este caso entre metal/madera $\mu_k = 0.49$

La nueva fuerza es : $F = 0.49 (283.07) = 138.7 \text{ N}$

$T = 138.7 * 0.050 = 6.93 \text{ Nm}$

La potencia: $P = T \omega = 6.93 * 104.72 = 725.71 \text{ W} \approx 1 \text{ hp}$

* Resistencia del rodillo inferior



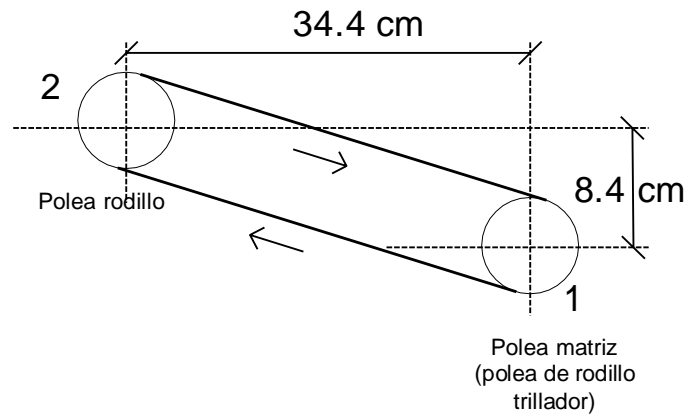
A: chumacera 1

B: chumacera 2

F_1 y $F_2 = \text{tensión de faja}$

Calculamos el tamaño de faja y su tensión.

- El tipo de faja será tipo V.



$$d_2 = 3 \text{ pulg} ; n_2 = 1000 \text{ rpm}$$

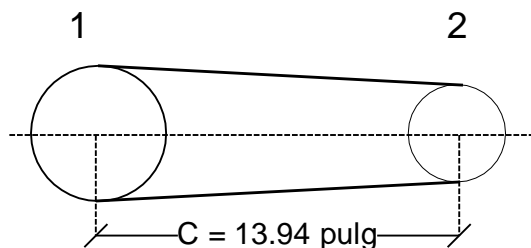
$$C = \sqrt{34.4^2 + 8.4^2} = 35.41 \text{ cm} = 13.94 \text{ pulg}$$

- El rodillo trillador en promedio trabajara entre 200 y 600 rpm usaremos la mínima

$$V_{ft} = V_{t2}$$

$$w_1 r_1 = w_2 r_2$$

$$r_2 = \frac{(1000) * (1.5)}{600} = 2.5 \Rightarrow \phi 5'' \rightarrow \text{diámetro de rodillo trillador}$$



$$\phi 5''$$

$$n = 600 \text{ rpm}$$

$$P = 1 \text{ hp}$$

$$\phi 3''$$

$$n = 1000 \text{ rpm}$$

- Bandas en V (shigley)

Tipo de sección B \rightarrow Para potencia (0.25-10 hp) $\min \text{ polea} = 3'$

Por recomendación comprobamos que

$$D \leq C \leq 3(D+d) \rightarrow 6'' \leq 13.94'' \leq 24'' \text{ (Cumple)}$$

$$i < 3 \rightarrow i = \frac{n_M}{n_V} = \frac{600}{1000} = 0.6 \text{ (Relación de transmisión)}$$

$$i > 3 \rightarrow C = D$$

Calculando la longitud de la faja

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D+d)}{2} + \frac{(D-d)^2}{4C} = 2(13.94) + \frac{\pi(5+3)}{2} + \frac{(5-3)^2}{4(13.94)} = 40.52 \text{ pulg}$$

Seleccionamos de la tabla (7-10) Shigley), tenemos longitudes de 38 y 42, seleccionamos 38

Tabla 17-10

Circunferencias interiores de bandas en V estándar

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2012)

- Calculamos C_{real}

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

$$L_p = 38 + 1.3 = 39.13 \rightarrow \text{Tabla 17-11 Faja en A}$$

Tabla 17-11

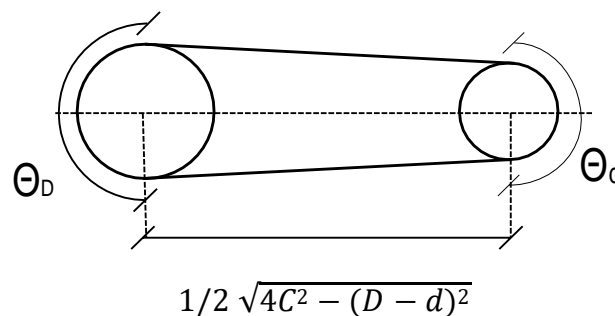
Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2012)

$$C_{real} = 13.32 \text{ pulg} \rightarrow \text{Faja A 38}$$

- Calculando $L_{real} = 39.28 \text{ pulg}$
- Calculando el ángulo de contacto



$$\theta_d = \pi - 2 \text{Sen}^{-1} \left(\frac{D - d}{2c} \right)$$

$$\theta_D = \pi + 2\text{Sen}^{-1}\left(\frac{D-d}{2c}\right)$$

$$\theta_d = \pi - 2\text{Sen}^{-1}\left[\frac{5-3}{2*(13.58)}\right] = 2.994 \text{ rad}$$

$$\theta_D = \pi + 2\text{Sen}^{-1}\left[\frac{5-3}{2*(13.58)}\right] = 3.289 \text{ rad}$$

Coeficiente de fricción:

$$\exp[0.5123 * (2.994)] = 4.636 \text{ (polea pequeña)}$$

$$\exp[0.5123 * (3.289)] = 5.392 \text{ (polea matriz)}$$

$$\Rightarrow H_a = k_1 k_2 H_{tab}$$

H_a : potencia permitida por la banda

$k_1 \rightarrow$ factor de conexión del ángulo (tabla 17 – 13)

$k_2 \rightarrow$ factor de conexión de longitud (tabla 17 – 14)

$H_{tab} \rightarrow$ potencia tabulada

Según tabla 17-12 para: $V = \frac{\pi dn}{12} = \frac{\pi*(3)*(1000)}{12} = 785.40 \text{ pie/min}$

Tabla 17-12

Potencias nominales de bandas en V estándar

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
B	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
C	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
	7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90
	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
D	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
E	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
	17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2012)

$$785.40 \rightarrow x$$

- $\varnothing 3" \rightarrow V = 1000 \text{ pie/min} \rightarrow 0.66$

$$2000 \rightarrow 1.01$$

$$\Rightarrow H_{tab} = 0.58hp$$

- $k_1 \rightarrow \text{según tabla (17 - 13)}$

$$\frac{D-d}{c} = \frac{5-3}{13.32} = 0.15 \rightarrow 0.10 \rightarrow 0.99$$

$$0.15 \rightarrow x \Rightarrow 0.98$$

$$0.2 \rightarrow 0.97$$

Tabla 17-13

Factor de corrección del ángulo de contacto K_1 para transmisiones de banda plana VV* y en V

$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	K1	
		VV	Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

* Un ajuste de curva de la columna VV en términos de θ es
 $K_1 = 0.143\ 543 + 0.007\ 46\ 8\ \theta - 0.000\ 015\ 052\ \theta^2$
 en el intervalo de $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2012)

- $k_2 \rightarrow$ según tabla (17 – 14); $k_2 = 0.9$

Tabla 17-14

Factor de corrección de longitud de banda K_2^*

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

* Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2012)

$$\Rightarrow H_a = 0.98 * 0.9 * 0.58 = 0.511\ hp$$

$$H_a = H_{nom} * k_s * n_d$$

$k_s \rightarrow$ factor de servicio (tabla 17 – 15)

$H_{nom} \rightarrow$ potencia nominal

$n_d \rightarrow$ factor de diseño

$$H_d = 1 * (1.0) * (1.1) = 1.1$$

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} = \frac{1.1}{0.511} = 2.15 \approx 2\ \text{bandas}$$

- Calculando la tensión centrífuga F_c

$$F_c = k_c \left(\frac{v}{100} \right)^2; k_c = (\text{tabla 17 – 16}) \text{ Para faja sección A} \rightarrow k_c = 0.561$$

$$F_c = 0.561 * \left(\frac{785.4}{100} \right)^2 = 0.346\ Lb$$

Tabla 17-16

Algunos parámetros de bandas en V*

Sección de la banda	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

* Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2012)

- La potencia que transmite por banda $\Delta F = F_1 - F_2$

$$\Delta F = \frac{63\,025 \frac{H_d}{N_b}}{n \left(\frac{d}{2}\right)} = \frac{63\,025 * \frac{1.1}{2}}{1000 \left(\frac{3}{2}\right)} = 23.109 \text{ Lb}$$

- Tensión mayor F_1

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} = 0.346 + \frac{23.109 * 4.636}{\exp(0.5123 * 2.994) - 1} = 29.811 \text{ Lb}$$

- Tensión menor F_2

$$F_2 = F_1 - \Delta F \Rightarrow F_2 = 29.811 - 23.109 = 6.702 \text{ Lb}$$

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c$$

$$F_i = \frac{29.811 + 6.702}{2} - 0.346 = 17.91 \text{ Lb}$$

- Calculando el factor de seguridad

$$n_{fs} = \frac{H_a N_b}{H_{nom} K_s} = \frac{0.511 * 2}{1 * 1} = 1.022$$

- Correlaciones de durabilidad (vida)

$$T_1 = F_1 + (F_b)_1 = F_1 + \frac{k_b}{d}; k_b = 220 \text{ (tabla 17 - 16); } (F_b)_1 = \frac{k_b}{d} = \frac{220}{7} = 73.33;$$

$$(F_b)_2 = \frac{k_b}{d} = \frac{220}{5} = 44$$

$$T_2 = F_1 + (F_b)_2 = F_1 + \frac{k_b}{d}$$

$$T_1 = 29.811 + 73.33 = 103.14 \text{ Lb}$$

$$T_2 = 6.702 + 44 = 50.7 \text{ Lb}$$

$$T^b N_p = k^b; N_p: \text{número de pasadas}; b = 11.080 \text{ (tabla 17 - 17); } k = 674$$

Tabla 17-17

Parámetros de durabilidad para algunas secciones de banda en V
(Fuente: M. E. Spotts, *Design of Machine Elements*, 6a. ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1985.)

Sección de la banda	10 ⁸ a 10 ⁹ picos de fuerza		10 ⁹ a 10 ¹⁰ picos de fuerza		Diámetro mínimo de polea, pulg
	K	b	K	b	
A	674	11.089			3.0
B	1 193	10.926			5.0
C	2 038	11.173			8.5
D	4 208	11.105			13.0
E	6 061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1 062	10.153	2.65
5V	1 654	12.593	2 394	10.283	7.1
8V	3 638	12.629	5 253	10.319	12.5

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2012)

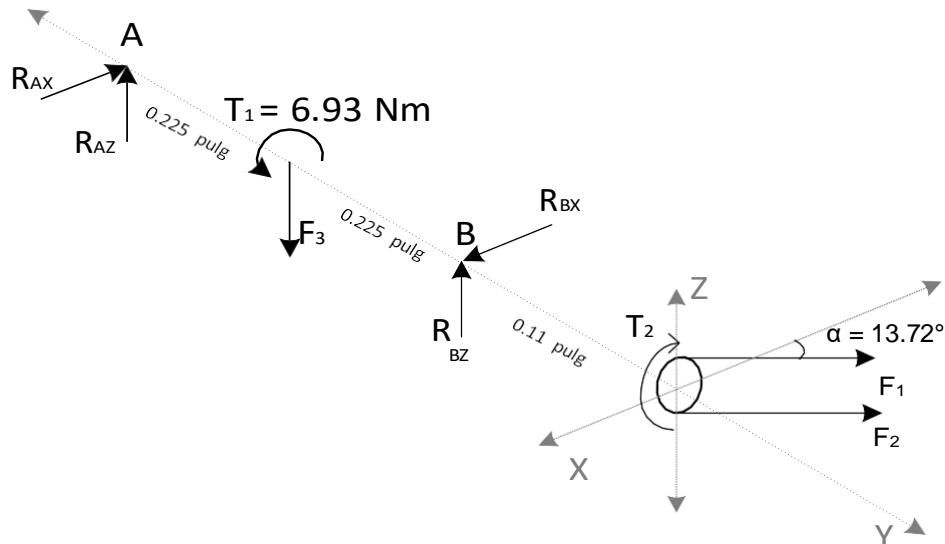
$$N_p = \left[\left(\frac{k}{T_1} \right)^{-b} + \left(\frac{k}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-1}; T(h) = \frac{N_p L_p}{720v}$$

$$N_p = \left[\left(\frac{674}{103.14} \right)^{-11.089} + \left(\frac{674}{50.7} \right)^{-11.089} \right]^{-1}$$

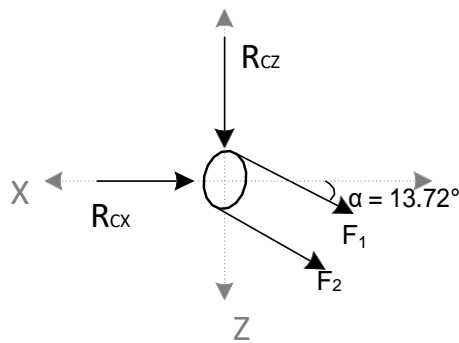
$$N_p = 1.096 * 10^9 \text{ pasadas}$$

$$T(h) = \frac{1.096 * 10^9 * 39.28}{720 * 785.4} = 76 \text{ 130.49 horas}$$

Retomando el cálculo del a resistencia del rodillo



$$F_1 = 29.811 \text{ Lb} = 132.61 \text{ N} ; F_2 = 6.702 \text{ Lb} = 29.81 \text{ N} \rightarrow F_3 = 283.07 + 9.81 \cdot 4.6 = 328.196 \text{ N}$$



$$R_{CZ} = (F_1 + F_2) \text{ Sen } (13.72) = 38.52 \text{ N} \wedge R_{CX} = (F_1 + F_2) \text{ Cos } (13.72) = 157.77 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0; -R_{AX} + R_{BX} - R_{CX} = 0; R_{BX} - R_{AX} = 157.77 \dots (I)$$

$$\sum F_z = 0; R_{AZ} - F_3 + R_{BZ} - R_{CZ} = 0; R_{AZ} - 328.196 \text{ N} + R_{BZ} - 38.52 = 0; R_{AZ} + R_{BZ} = 366.715 \text{ N} \dots (II)$$

$$\sum F_y = 0; \sum M_y = 0 \rightarrow T_1 - T_2 = 0 \rightarrow T_1 = T_2 = 6.93 \text{ Nm}$$

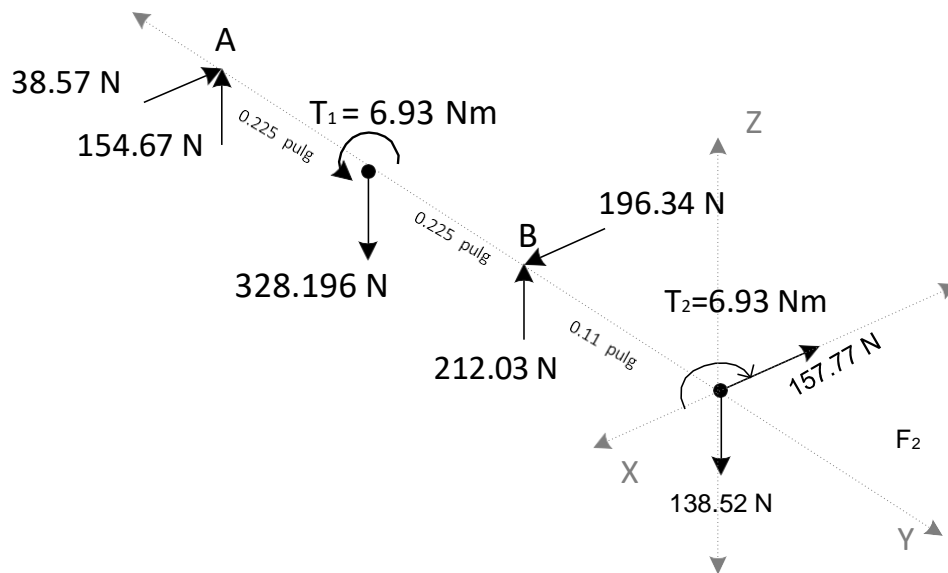
$$\sum M_{AX} = 0; -0.225 \cdot F_3 + 0.45 R_{BZ} - 0.56 R_{CZ} = 0$$

$$-0.225 \cdot (328.196) + 0.45 R_{BZ} - 0.56 (38.52) = 0 \rightarrow R_{BZ} = 212.03 \text{ N, reemplazando en (II)}$$

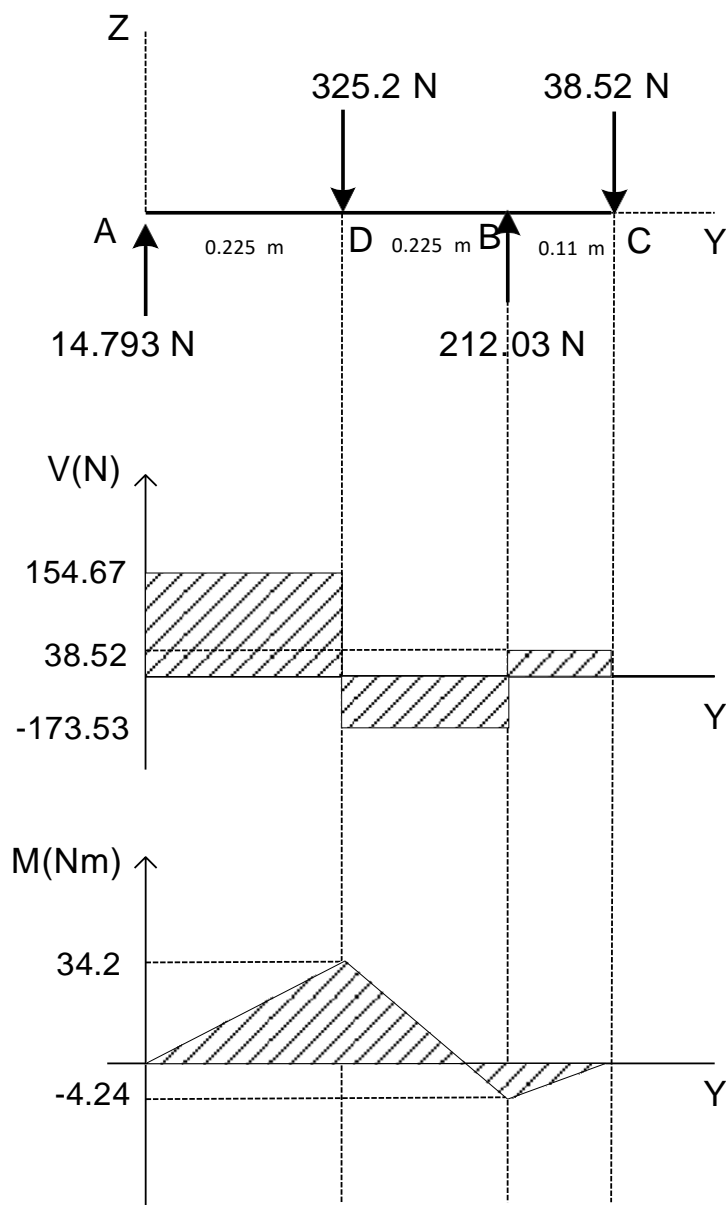
$$R_{AZ} + R_{BZ} = 366.715 \text{ N} \rightarrow R_{AZ} = 366.716 - 212.03 \rightarrow R_{AZ} = 154.67 \text{ N}$$

$$\sum M_{AZ} = 0; 0.45 R_{BX} + 0.56 R_{CZ} = 0 \rightarrow 0.45 R_{BX} + 0.56 (157.77) = 0 \rightarrow R_{BX} = 196.34 \text{ N, reemplazado en (I)}$$

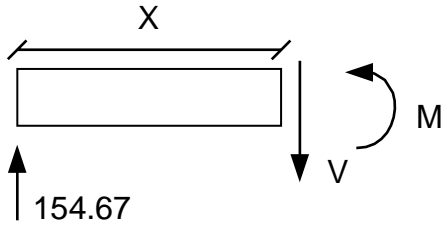
$$R_{BX} - R_{AX} = 157.77 \rightarrow R_{AX} = 38.57 \text{ N}$$



1. Diagrama de fuerza cortante y momento flector plano (Z - Y)



Para $0 \leq Y < 0.225 \text{ m}$



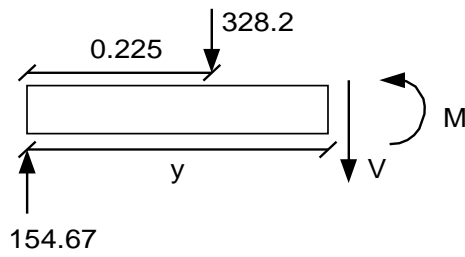
$$\Sigma F_z = 0$$

$$v = 154.67 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow m - yv = 0$$

$$M = 0.225 * (154.67) = 34.8 \text{ Nm}$$

Para $0.225 \leq Y < 0.45$



$$\Sigma F_z = 0$$

$$154.67 - 328.2 - v = 0$$

$$v = -173.53 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

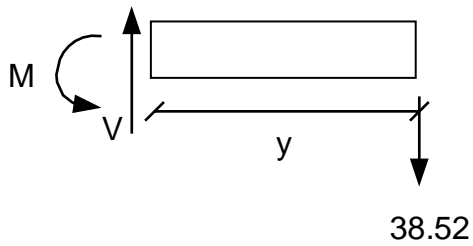
$$-0.225 * (328.2) - yv + M = 0$$

$$M(y) = yv + 0.225 * (328.2)$$

$$y = 0.225 \rightarrow M = -34.8$$

$$y = 0.45 \rightarrow M = -4.24$$

Para $0.45 \leq Y < 0.56$



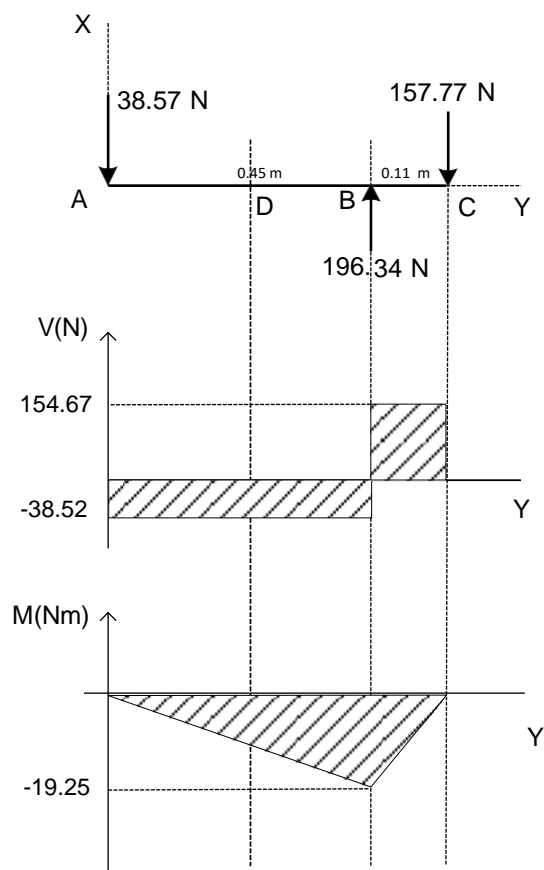
$$v = 38.5253 \text{ N}$$

$$M = yv$$

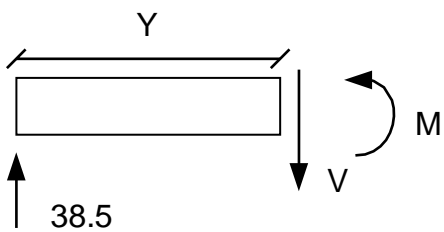
$$y = 0 \rightarrow M_0$$

$$y = 0.11 \rightarrow 4.24$$

Diagrama de fuerza cortante y momento flector plano (X – Y)



Para $0 \leq Y < 0.45$



$$\Sigma F_x = 0$$

$$-38.5 - v = 0$$

$$v = -38.5 \text{ N}$$

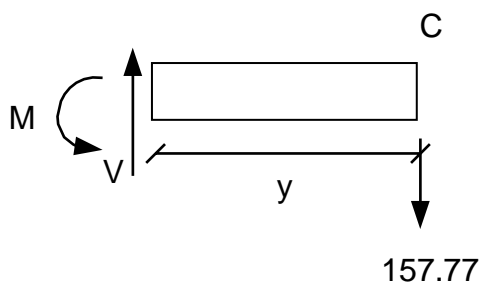
$$\Sigma M_A = 0$$

$$M = yv$$

$$M_0 = 0$$

$$M(0.45) = -19.25$$

Para $0.45 \leq Y < 0.56$



$$\Sigma M_x = 0$$

$$v = 157.77 \text{ N}$$

$$M(y) = -yv$$

$$M(0.11) = -19.25 \text{ Nm}$$

$$M(0) = 0$$

Recordad que el punto A, B y C \rightarrow Eje sólido

Punto D= tubo circular

→ Para el tubo el punto crítico es en el punto D.

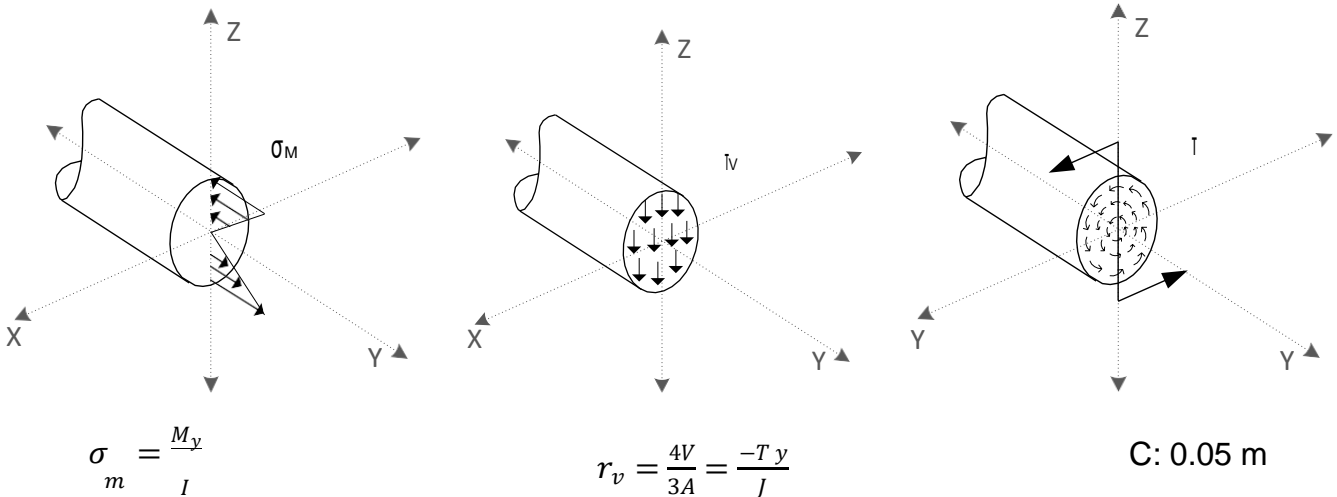
→ Para el eje solido el punto critico es en B

Punto critico del tubo “D”

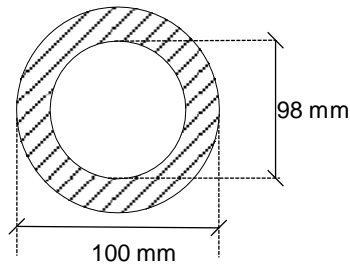
$$Z - Y \rightarrow V = -173.53 \text{ N} ; M = 34.8 \text{ Nm}$$

$$X - Y \rightarrow V = -38.5 \text{ N} ; M = -9.63 \text{ Nm}$$

$$Z - X \rightarrow T = 6.93$$



Considerando un espesor de tubo 1 mm



$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.1^2 - 0.098^2)}{4} = 3.11 * 10^{-4} m^2$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 3.81 * 10^{-7}; J = 7.62 * 10^{-7}$$

$$\sigma_m = \frac{36.11 * 0.05}{3.81 * 10^{-7}} = 4.74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{2V}{A} = \frac{2 * 177.5}{3.11 * 10^{-4}} = 0.45 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = 3.97 \text{ MPa}$$

Calculando diámetro del eje para rodillo de entrada Punto “B”

$$V = 234.5 \text{ N}; M = 19.71 \text{ Nm}; I_0 = \frac{\pi d^4}{64}; J = \frac{\pi d^4}{32}; A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\sigma = \frac{M_y}{I} = \frac{19.71 (d/2)}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{200.76}{d^3}$$

$$r = \frac{4V}{3A} = \frac{4 (234.5)}{\frac{3\pi d^2}{4}} = \frac{16 (234.5)}{3\pi d^2} = \frac{398.10}{d^2}$$

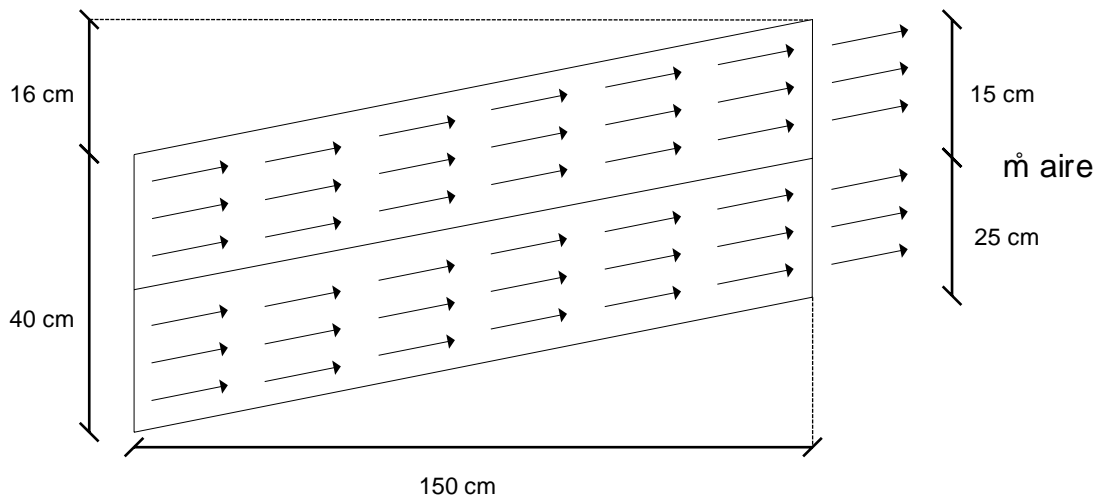
$$d = 19.5 \text{ mm} ; \sigma = 29.04 \text{ MPa}; \tau = 1.1 \text{ MPa}; \sigma' = 20.62 \text{ MPa}; \eta_s = 5.77$$

$$d = 12.7 \text{ mm} ; \sigma = 98 \text{ MPa}; \tau = 2.5 \text{ MPa}; \sigma' = 69.4 \text{ MPa}; \eta_s = 1.71$$

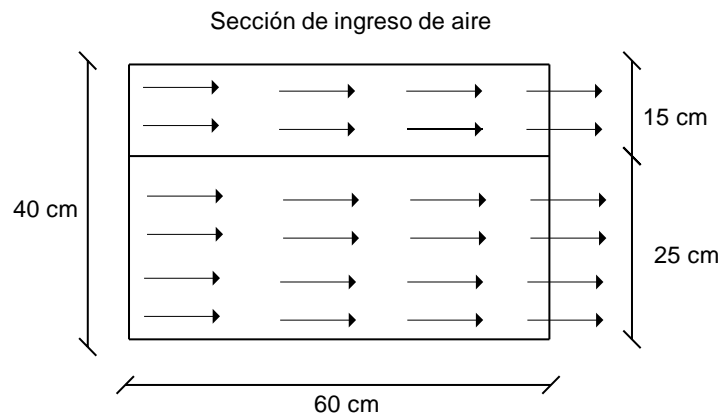
El diámetro del eje de los rodillos de entrada $d=0.75$ con un factor de seguridad de 5.77

Circulo de la potencia del aire para el sistema de limpieza

Opción 1:



Opción 2:



Área: $0.4 * 0.6 = 0.24 \text{ m}^2$

Velocidad de aire 40 km/h (fuente Senamhi)

Aumentamos un 20% de tolerancia para tener capacidad de regulación $\rightarrow V=50 \text{ km/h}$

Teniendo en cuenta que las cribas están cubiertas en los laterales, podemos suponer que la velocidad del aire dentro de la zona es insignificante.

Parte de la energía eléctrica que consume el motor se convierte en energía mecánica para hacer girar las aspas del ventilador se analizará desde el punto de vista de la termodinámica con la conservación de la energía

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{sistema} \quad \text{o} \quad E_{entra} - E_{salida} = \frac{dE_{sistema}}{dt}$$

$$\sum E_e - \sum E_s = \Delta V + \Delta E_k + \Delta E_p$$

$$(Q_e - Q_s) + (W_e - W_s) + (E_{masa\ entra} - E_{masa\ sale}) = \Delta V + \Delta E_k + \Delta E_p$$

→ En el sistema no ingresa calor ni sale calor

→ Ingresa trabajo pero no sale trabajo

→ No hay variación de energía interna en el sistema porque no hay cambio significativo de temperatura $U \rightarrow f(T)$

$$W_e = \Delta E_k + \Delta E_p$$

$$W_e = 1/2 m (V_2^2 - V_1^2) + mg(Z_2 - Z_1) \quad ; \quad (Z_2 - Z_1) = 16 \text{ccm} = 0.16 \text{m}$$

$$W_e = 1/2 m (V_2^2 - V_1^2) + mg(0.16 \text{m})$$

$$\dot{W}_e = 1/2 \dot{m} (V^2) + \dot{m} (9.81 * 0.16)$$

$$\dot{W}_e = 1/2 \dot{m} (V^2) + 1.5696 \dot{m}$$

La velocidad requerida para la limpieza es de 8h/s

$$\rho = m/v \rightarrow \dot{m} = \rho v$$

(*) El aire se encuentra a temperatura ambiente 25°C

$$\rho_{\text{aire}(25^\circ\text{C})} = ?$$

$$T = 25^\circ\text{C} = 273.15 + 25 = 298.15^\circ\text{K}$$

$$\rho = P/RT; P = 1 \text{ atm} = 101.3 \text{ KPa}; R = 0.2870 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{101.3 \text{ KPa}}{0.2870 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * \text{K}} * 298.13} = 1.184 \text{ kg/m}^3$$

$$V_0 = 1.5 * 0.4 * 0.6; V_0 = 0.36 \text{m}^3; V = 50 \text{ km/h} = 13.89 \text{ m/s}; A = 0.24 \text{m}^2$$

$$\dot{V} = V_0/t = AV$$

$$\dot{V} = 0.24 * 13.89 \text{ m}^3/\text{s} = 3.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho_{\text{aire}} = (*)$$

$$\dot{m} = 1.184 \text{ kg/m}^3 * 3.33 \text{ m}^3/\text{s} = 3.93 \text{ kg/s}$$

$$\dot{W}_e = 1/2 \dot{m} (3.93)(13.89)^2 + \dot{m} 1.5696(3.93)$$

$$\dot{W}_e = 385.28 \text{ W ... (opción 1)}$$

Cálculo la potencia para Opción 2

$$\dot{m}_2 = \gamma_{\text{aire}} \dot{V}_2 ; \dot{V}_2 = A_2 \vec{V}_2 ; A_2 = 1.5 * 0.4 = 0.6 \text{ m}^2 ; \dot{V}_2 = 0.6 * 13.89 = 8.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

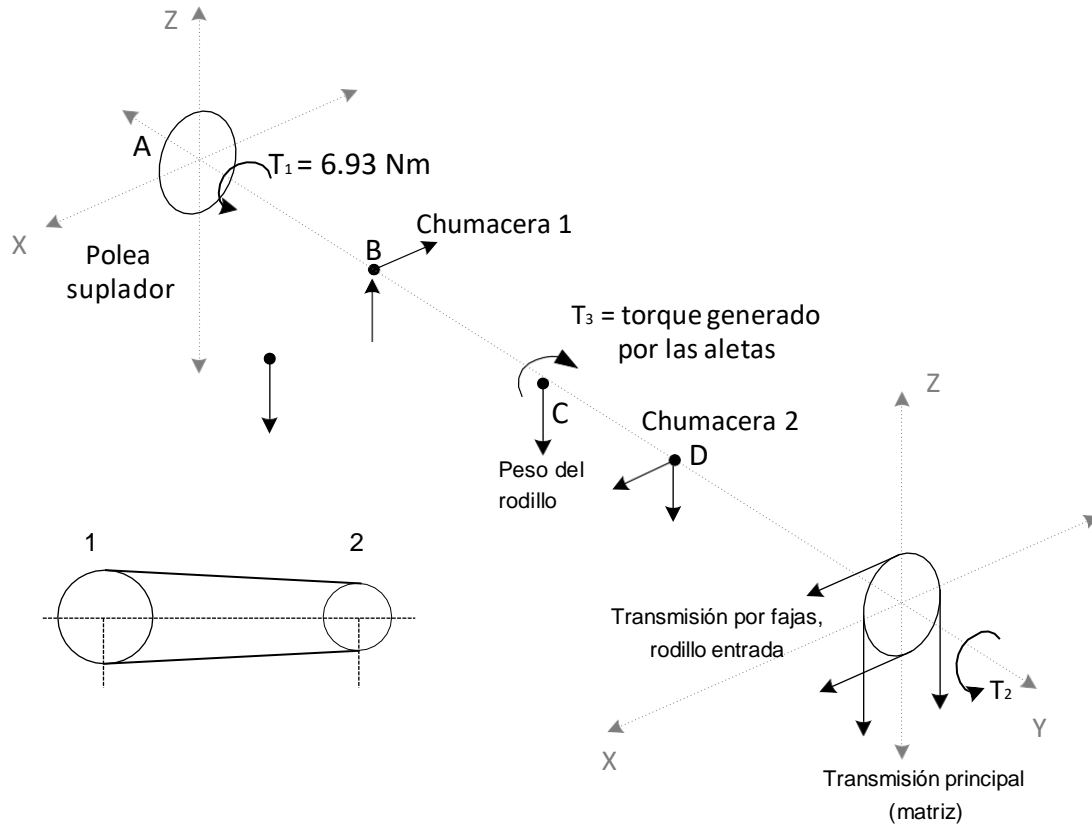
$$\dot{m} = 1.18 (8.33) = 9.83 \text{ kg/s}$$

$$W_e = \frac{1}{2} \dot{m} V^2 + \gamma g \dot{m} = \frac{\dot{m}}{2} (V^2 + \gamma g) = 9.83 \left(\frac{13.86^2}{2} + 1.18 * 9.81 \right) = 1055.24 \text{ W} = 1.4 \text{ hp ... (opción 2)}$$

En vista de que la primera opción requiere menor potencia y si cambiamos de dirección el aire de manera transversal requerimos de mayor potencia. Vamos a tomar como potencia del soplador, el promedio de ambas con la finalidad de tener opción de combinar sentidos de flujo

$$\dot{W}_e = \frac{0.52 + 1.4}{2} = 0.96 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp (potencia de soplador)}$$

Cálculo de la potencia del Rodillo Trillador

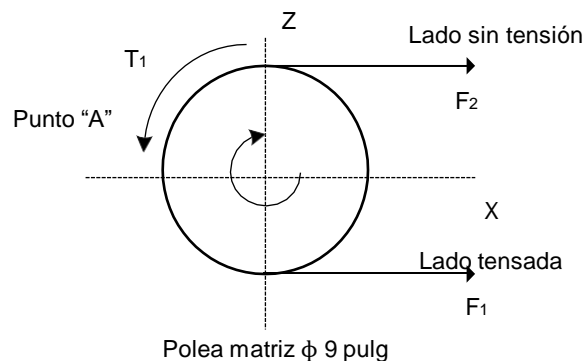


Transmisión para soplador, la velocidad del soplador 1800 rpm

La velocidad del rodillo trillador es de 600 rpm

- Utilizamos en el ventilador (soplador) la polea más pequeña (mínima) ϕ 3"
 - 600 rpm $\gamma_1 = 1800 (1.5)$; $\gamma_1 = 3(1.5) - 4.5$ pulg; $\phi = 9$ pulg (22.7 cm)
 - Calculando el torque para el soplador (ventilador)
- $P = Tw$; $P = 1hp = 746$ W; $W = 600$ rev/min * $2\pi / 60 = 20\pi$ rad/s; $T_1 = P/W = 746/20\pi = 11.87$ Nm

Además de dicha polea se tiene la fuerza de las correas



Asumiendo que $F_2 = 15\% F_1$

$$T_1 = \frac{d}{2} * F = \frac{d}{2} (F_1 - F_2) = \frac{d}{2} (F_1 - 0.15F_1) = \frac{d}{2} (0.85F_1)$$

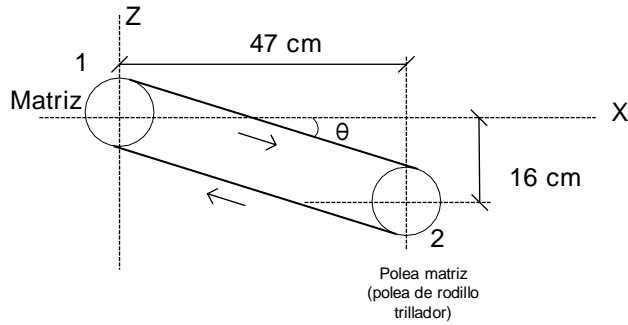
$$11.87 = \frac{4.5 * 2.54}{10^3} * 0.85 F_1 \rightarrow F_1 = 103.85 N \wedge F_2 = 115.58 N$$

Fuerza c3rtate aplicada en dicho punto en la suma F_1 y F_2 por actuar misma direcci3n.

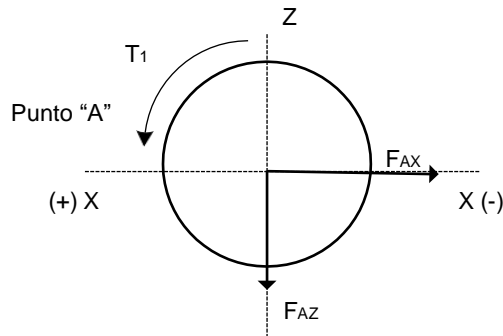
$$F_R = 103.85 + 15.58 = 119.43 \text{ N y un torque } 11.87 \text{ Nm} = T_1$$

La direcci3n de la fuerza F_R tiene una inclinaci3n de θ respecto del eje "X"

$$\theta = \arctg\left(\frac{16}{47}\right) = 18.8^\circ$$



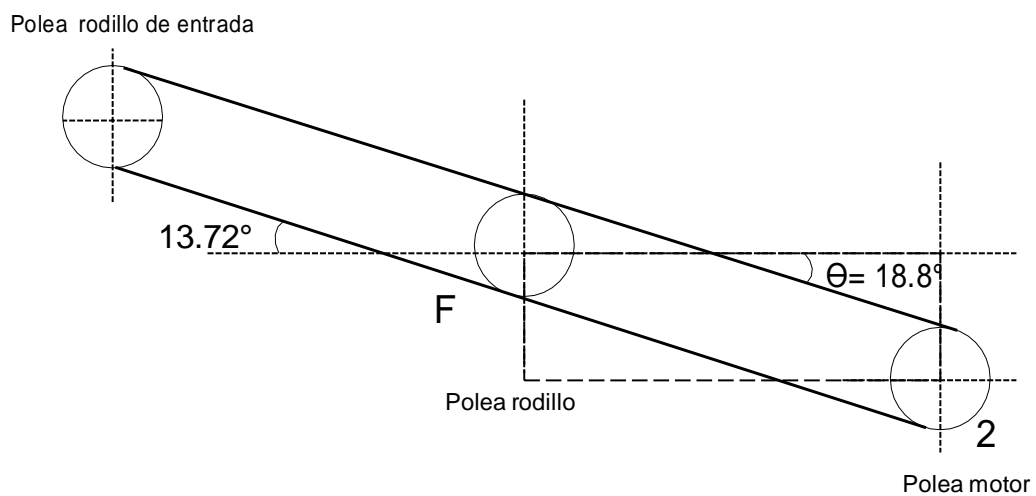
Descomponiendo F_R



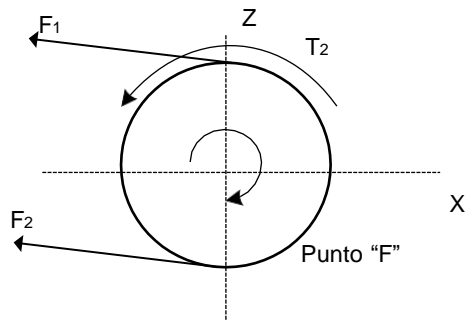
$$F_{AX} = F_R \cos \theta = 119.43 \cos (18.8) = 113.06 \text{ N}$$

$$F_{AZ} = F_R \sin \theta = 119.43 \sin (18.8) = 38.49 \text{ N}$$

En el punto F



Tenemos las fuerzas de tensión de la polea que ya se calcularon anteriormente



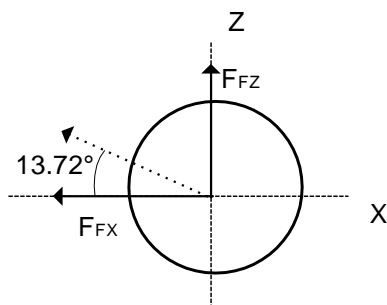
$$F_1 = 29.811 \text{ Lb} = 132.61 \text{ N}$$

$$F_2 = 6.702 \text{ Lb} = 29.812 \text{ N}$$

$$T_2 = 6.93 \text{ Nm}$$

De forma similar, la fuerza cortante en este punto (F) sería

$$F_R = F_1 + F_2 = 162.42 \text{ N}$$

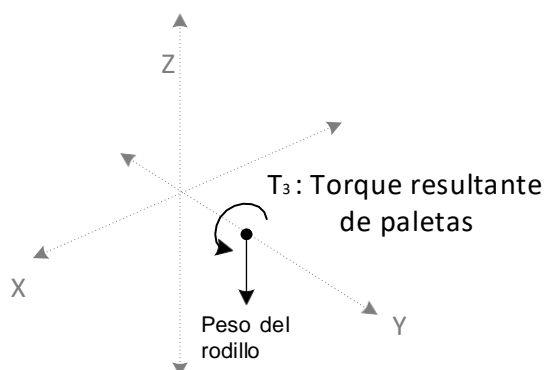


$$F_{FX} = F_R \cos(13.72) = 162.42 \cos(13.72) = 157.79 \text{ N}$$

$$F_{FZ} = F_R \sin(13.72) = 162.42 \sin(13.72) = 38.52 \text{ N}$$

$$T_2 = 6.93 \text{ Nm}$$

En el punto "C"

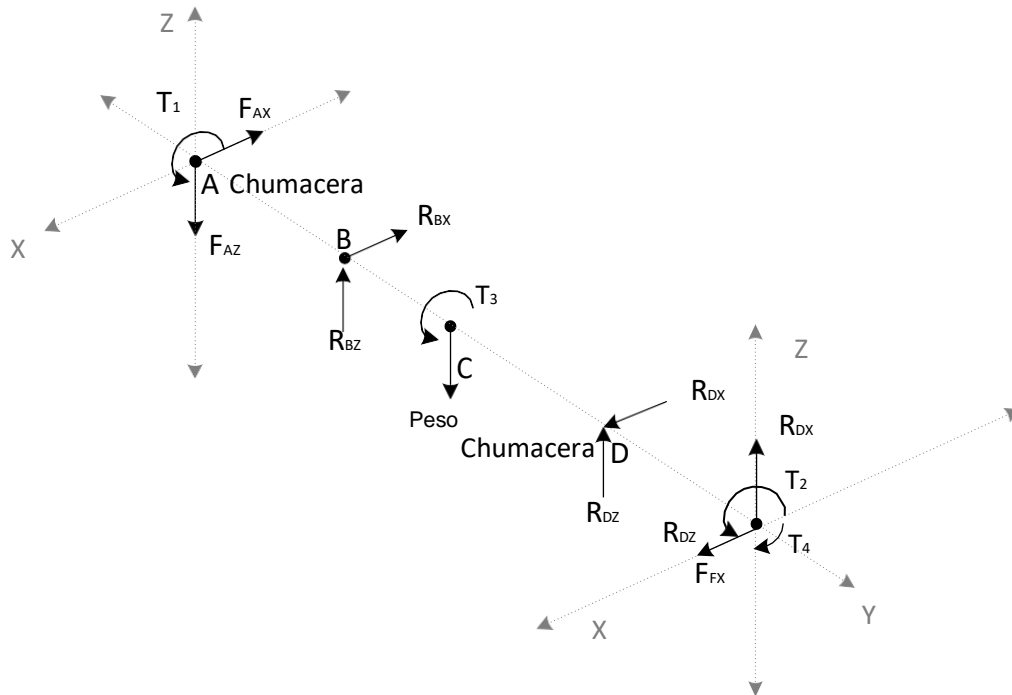


Pero el rodillo = $m_{\text{rodillo}} \cdot \text{gravedad}$

$$m_{\text{rodillo}} = 48.65 \text{ Kg} ; \text{Peso} = 477.26 \text{ N}$$

El torque T_3 se calculó la primera parte $T_3=50.06$ Nm

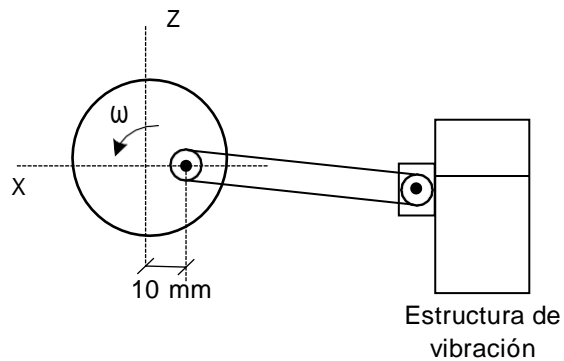
Si realizamos la sumatoria de torques tenemos



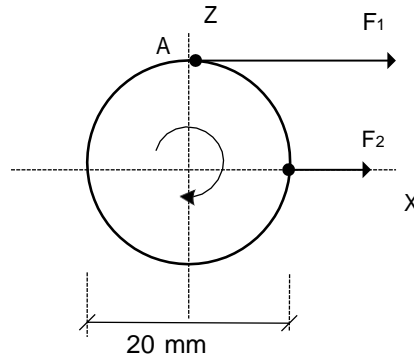
Tenemos el T_4 que viene a ser el torque que entrega el motor a esta parte del sistema

$$T_4 = T_1 + T_2 + T_3 = 11.84 + 6.93 + 50.06 = 68.86 \text{ Nm}$$

En el sistema de vibración tenemos una excitación forzada de 400 rpm



Para lo cual se necesita una fuerza para que realice el movimiento, dicha fuerza se localiza a 10 mm del eje.



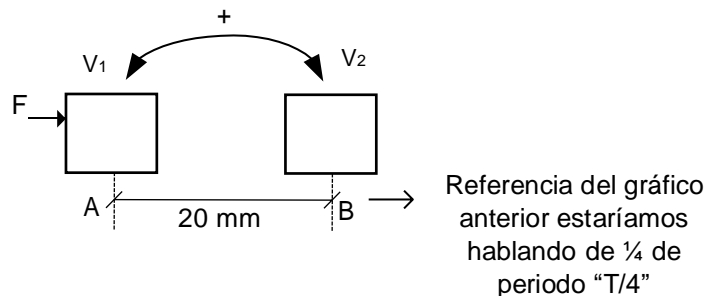
Cuando la fuerza actúa en el punto "A" se considera "mínima" ya que para dicha posición la estructura no estará desviada de su posición de reposo

Cuando la fuerza actúa en la posición "B", "F" será máximo, ya que la estructura estará inclinada por la fuerza que lo empuja.

De acuerdo a la Segunda ley de Newton $F = m \cdot a$, en donde m: masa que se desea mover y a: aceleración en el punto B sería una aceleración centrífuga.

- $F_2 = F_C = m \cdot a_c$; $a_c = \omega^2 \cdot R$; $m = 22.3 \text{ kg}$ $\rightarrow \omega = 400 \text{ rpm} \cdot \frac{2\pi}{60} = 41.89 \text{ rad/s}$
 $R = 0.1 \text{ m}$; $a_c = (41.89)^2(0.01) = 17.58 \text{ m/s}^2$
- $F_C = 22.3 \cdot 17.548 = 391.14$

Dicha fuerza es máxima en el punto B, sin embargo, el eje de acción pasa por el centro del eje impulsor, por lo tanto, no hay torque. Analizando en el sistema en la zona móvil (Estructura de cribas)



Referencia del gráfico anterior estaríamos hablando de $\frac{1}{4}$ de periodo "T/4"

La velocidad angular es 400 rpm

$$\omega = 400 \text{ rev/min} \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$2\pi f = 400 \cdot \frac{2\pi}{60} \rightarrow f = \frac{400 \cdot \text{Hz}}{60}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{60 \text{ s}}{400} = 0.15 \text{ s} \rightarrow \text{tiempo que toma un ciclo}$$

$$\text{Entonces, } T/4 = 0.0375 \text{ s} = T \rightarrow \text{tiempo que toma } \frac{1}{4} \text{ de ciclo}$$

En el punto "A" el cuerpo se encuentra a su velocidad máxima, la cual se calcularía de la siguiente forma:

$$V_t = \omega r = 41.89 \cdot 0.01 = 0.42 \text{ m/s}; V_t: \text{Velocidad tangencial}$$

En el punto "B", V_2 se hace "0"; calculamos la aceleración lineal

$$V_T = V_i \pm at; \text{ el cuerpo desacelera (-)} \rightarrow V_i = at; a = \frac{0.42 \text{ m/s}}{0.0375 \text{ s}} = 11.2 \text{ m/s}^2$$

Tenemos que:

$$W = F * d; F = m * a; d = 0.01 \text{ m}; m = 22.3 \text{ Kg}$$

$$\rightarrow W = 22.3 * 11.2 * 0.01 = 2.5 \text{ J} \dots \text{ Trabajo requerida para realizar } \frac{1}{4} \text{ de ciclo}$$

$$\text{Además } P_0 = \frac{W}{t} = \frac{4(2.5)}{0.15} = 66.67 \text{ W}$$

La potencia requerida por la maquina es:

$$P_T = T_4 \omega + P_0 \quad T_4 = 68.87 \text{ Nm}; \omega = 600 \text{ rpm}$$

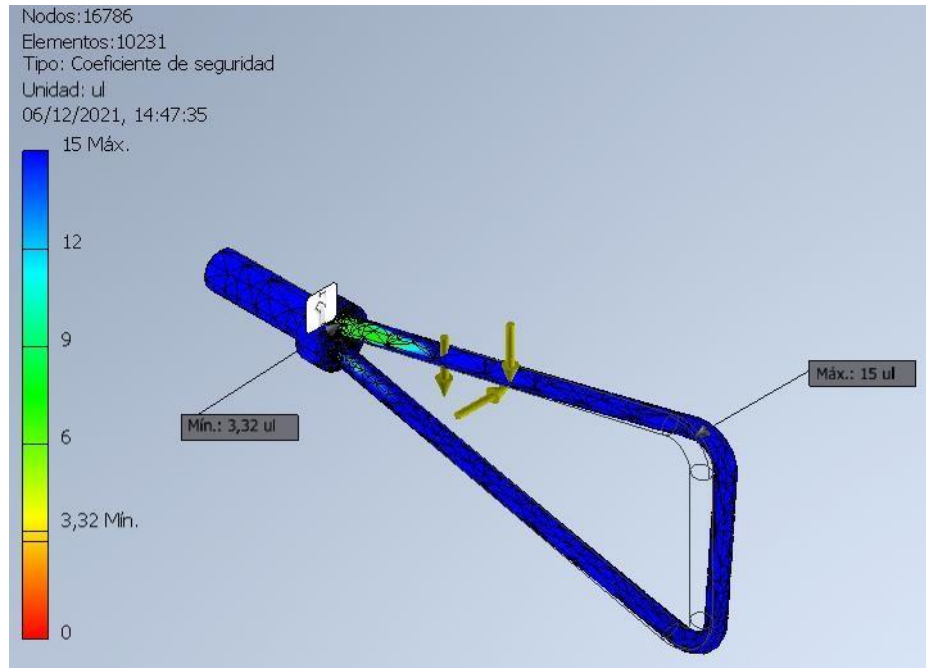
$$P_T = 600 * \frac{2\pi}{60} * 68.87 + 66.67 = 4393.9 \text{ W} = 5.89 \text{ Hp}$$

Resultado de simulación estática

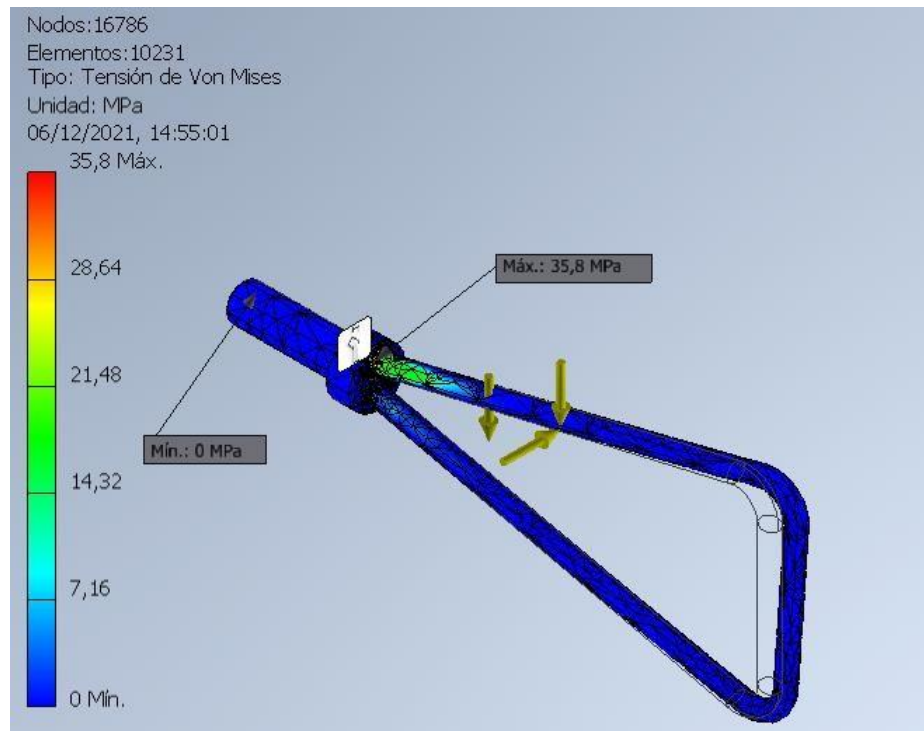
1. Simulación estática de paleta trilladora:

Se colocó las mismas condiciones de frontera, que el elemento calculado de la pieza, la simulación se realizó para converger con la tensión de Von Mises (convergencia Objetivo 10%)

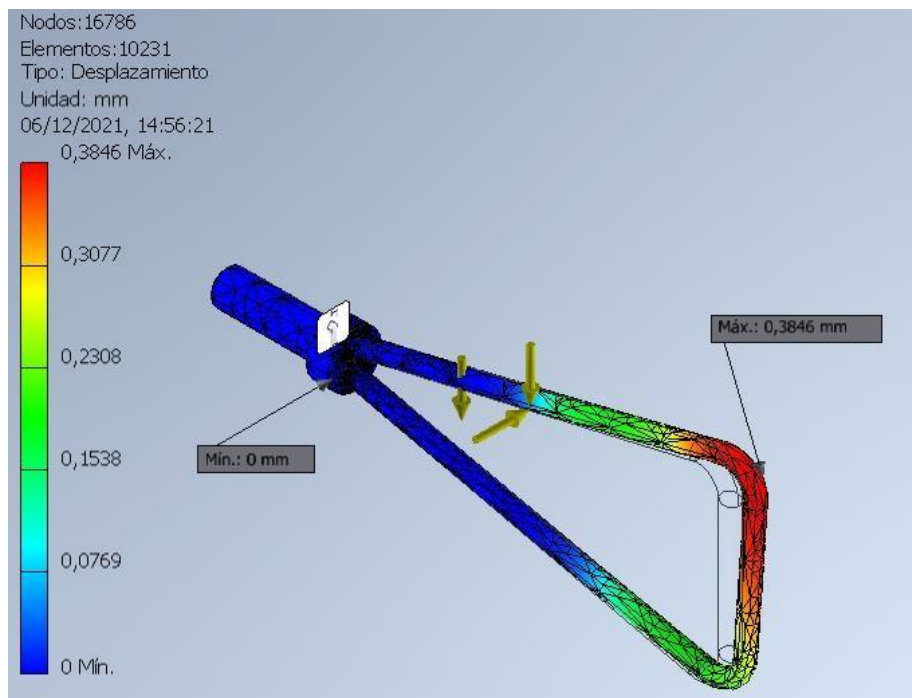
Factor de seguridad:



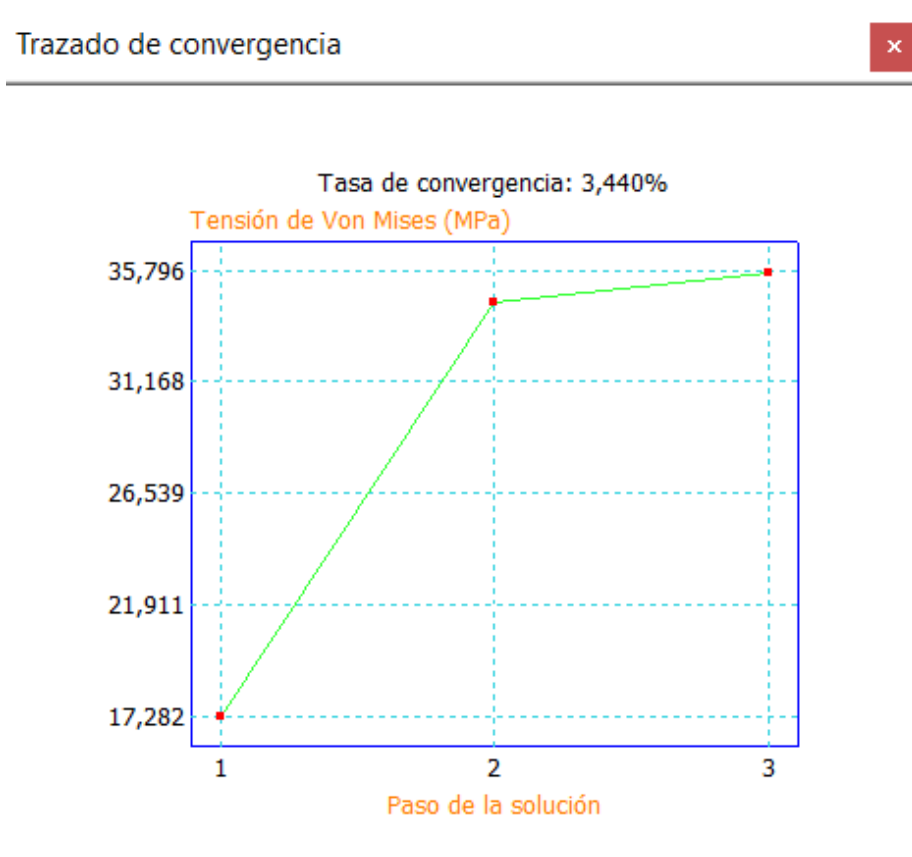
Esfuerzos máximos y mínimos Tensión de Von Mises:



Tipo de desplazamiento:



Resultado de convergencia, para confiabilidad:

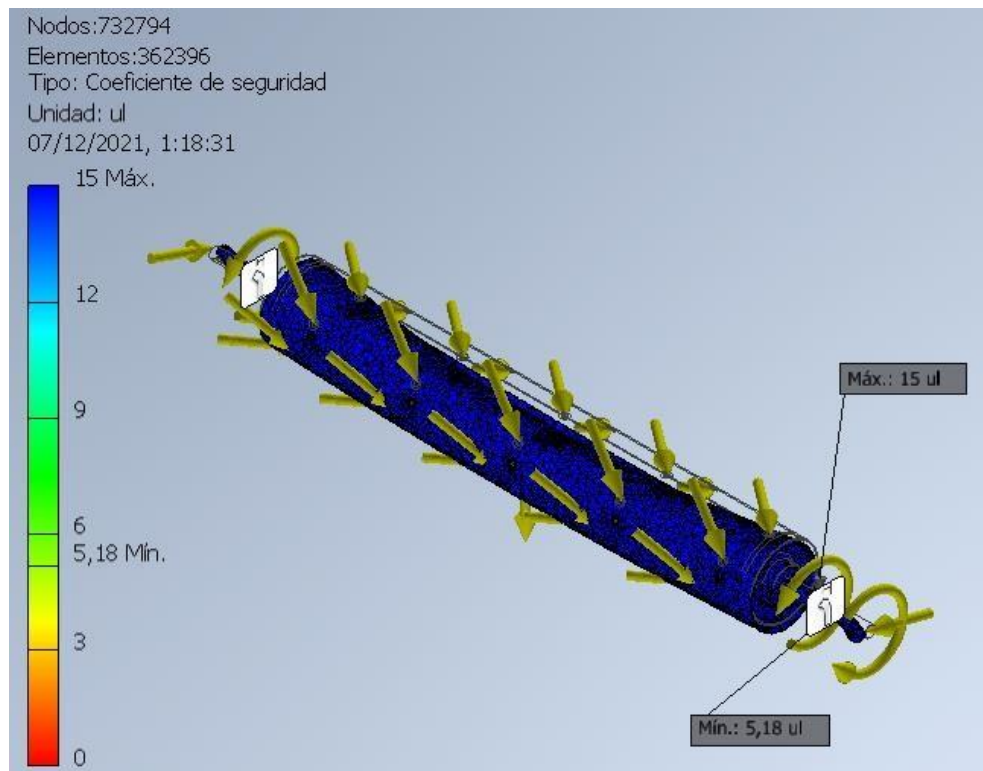


Materiales: Varilla liza de hierro gris de 1/4 in. Y en la base lleva un perno de hierro gris de 1/2 in

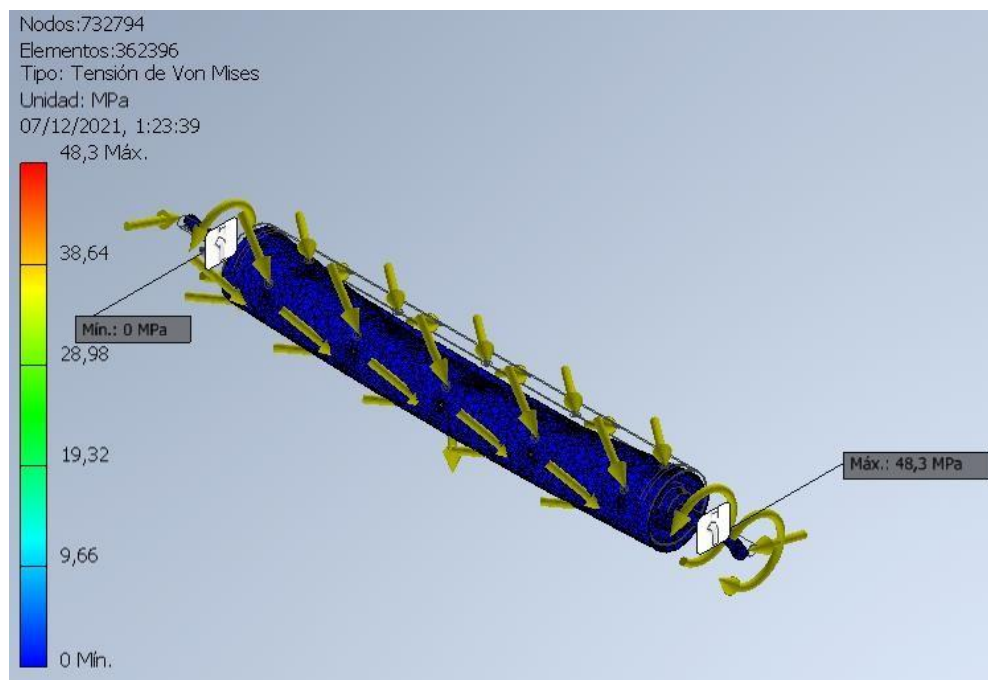
2. Simulación estática de rodillo trillador:

En la simulación se colocó las fuerzas y momentos externos calculados

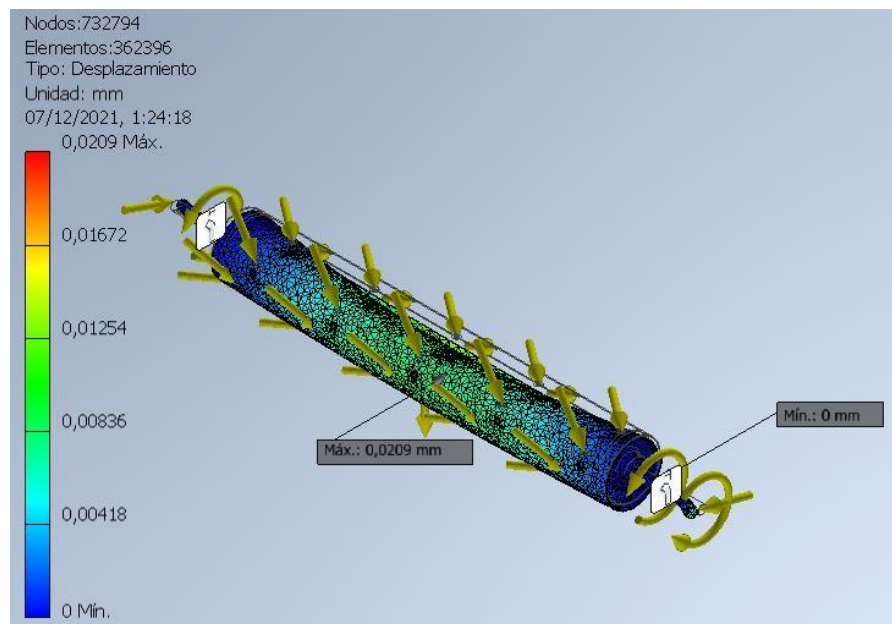
Fator de seguridad



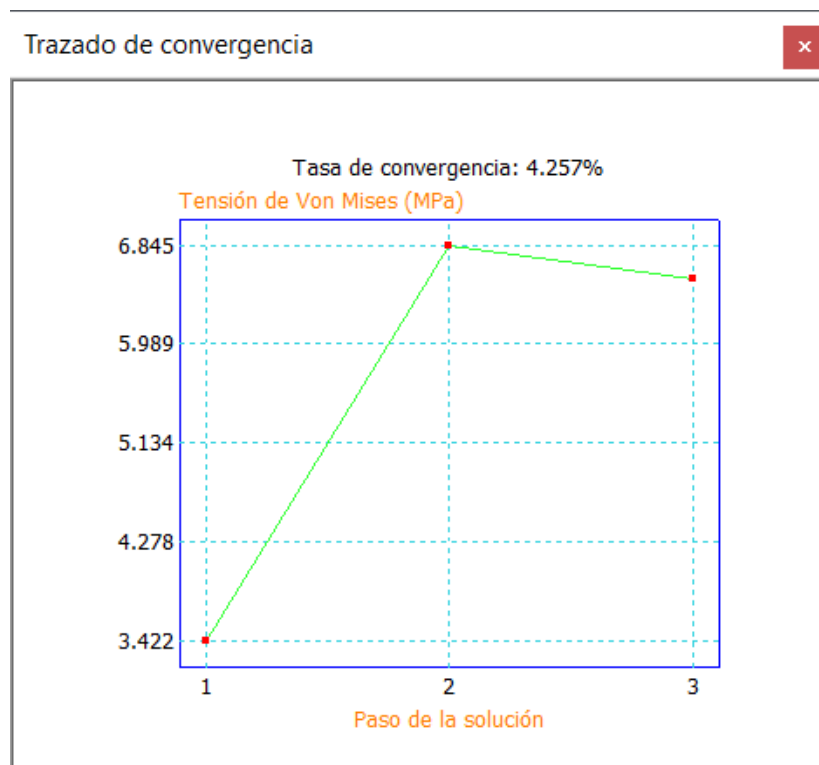
Esfuerzos máximos y mínimos Tensión de Von Mises:



Tipo de desplazamiento:



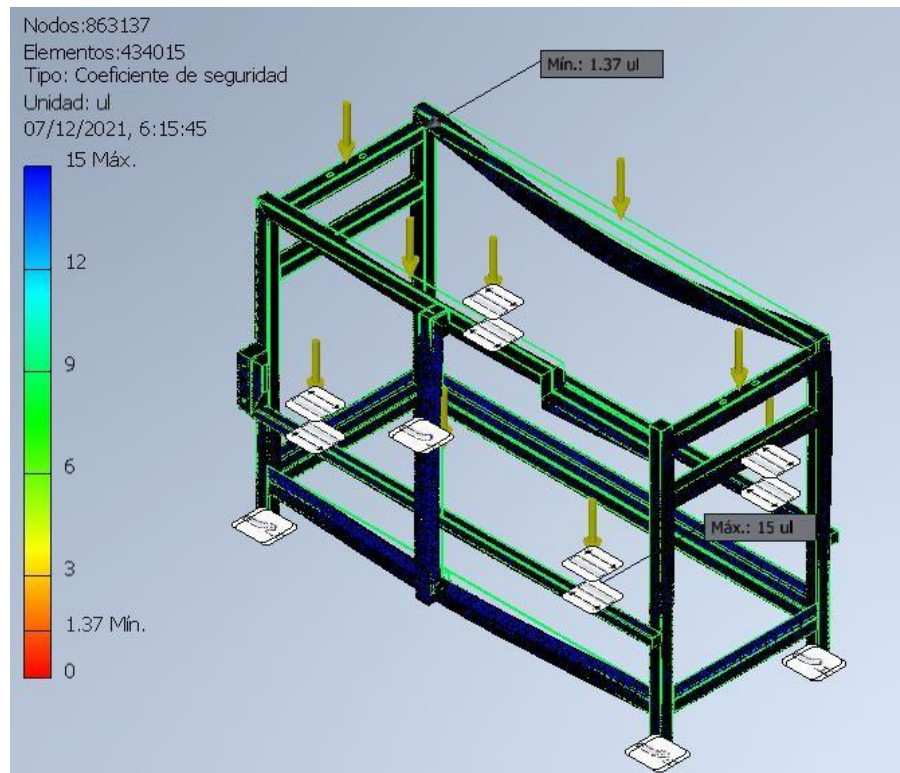
Resultado de convergencia, para confiabilidad:



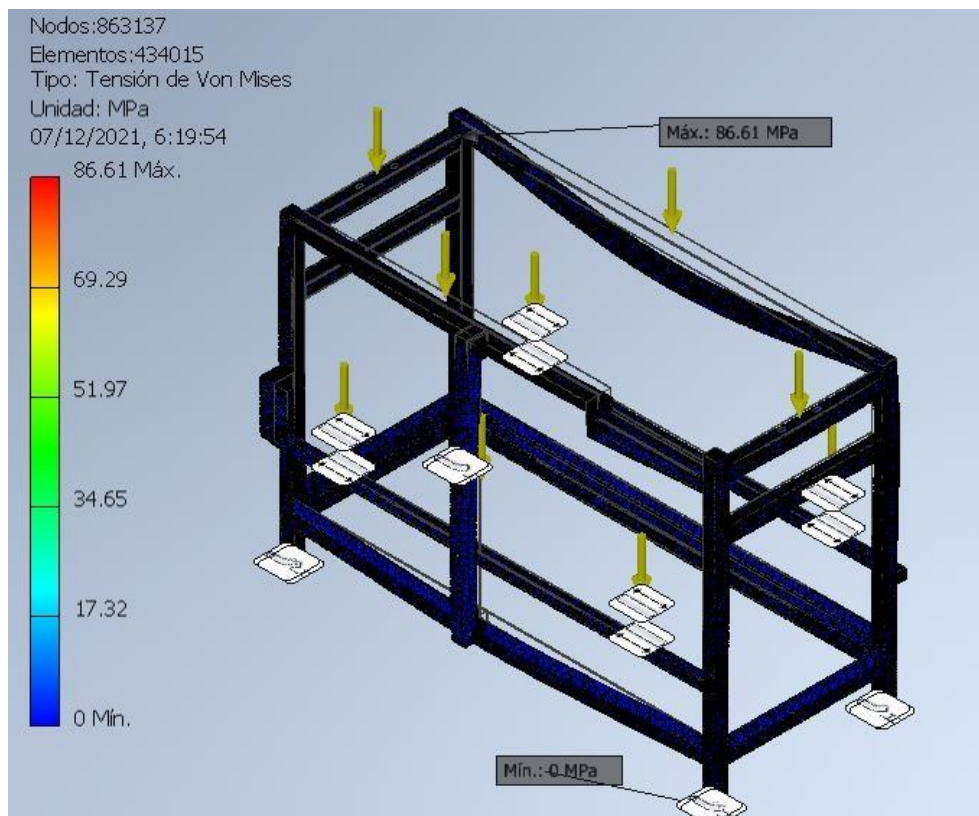
Materiales: El espesor del tubo circular es de 1/8in x1.5m y diámetro 8in, os ejes en los extremos son de acero SAE 1045 de 1 1/4in

3. Simulación estática de estructura principal

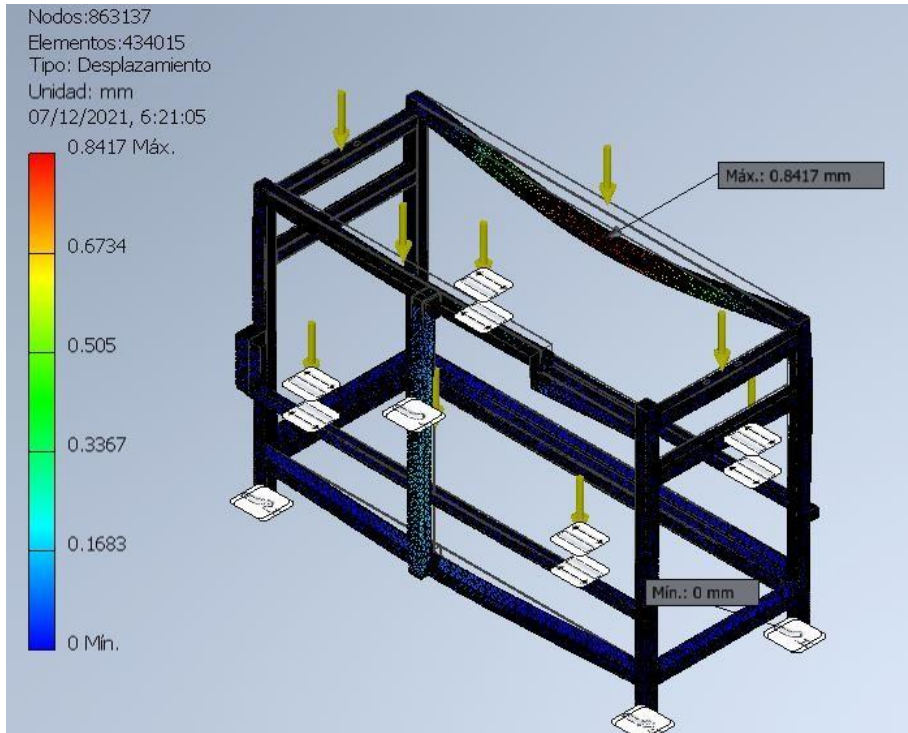
Factor de seguridad



Esfuerzos máximos y mínimos Tensión de Von Mises:

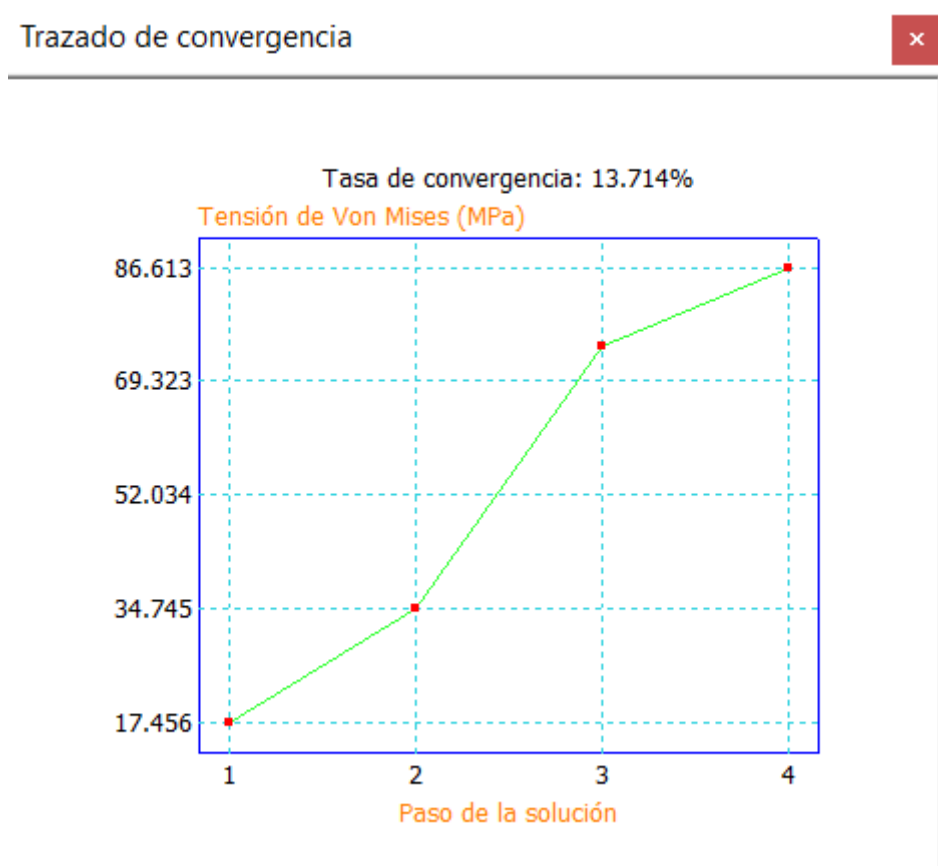


Desplazamiento



Resultado de convergencia, para confiabilidad:

Trazado de convergencia



Material: hierro negro de 2pulg con espesor de 2mm

Anexo 13 Potencias del sistema electromecánico

Potencias del sistema electromecánico a plena carga

- Potencia del Sistema de alimentación : 0.58 hp
- Potencia de trillado : 4.2 hp
- Potencia de limpieza para el grano : 1 hp

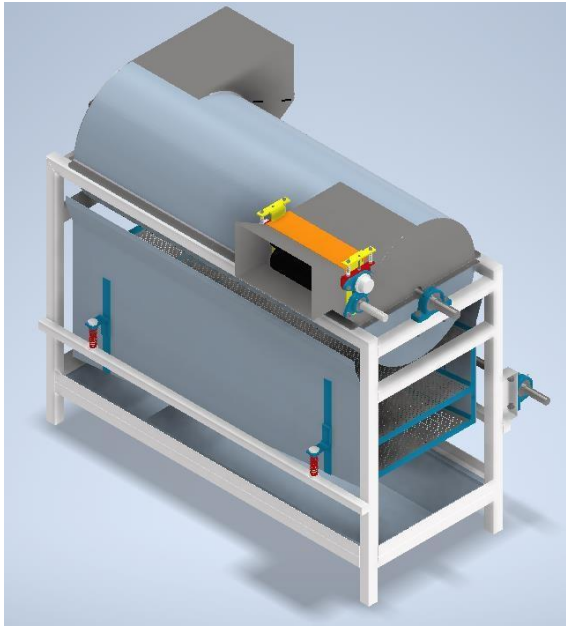
∴ Haciendo una potencia total de 5.87 hp \approx 6 hp

Velocidades máximas del sistema electromecánico

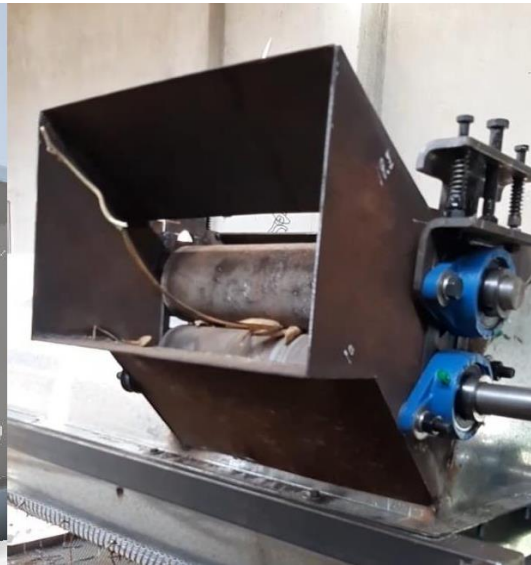
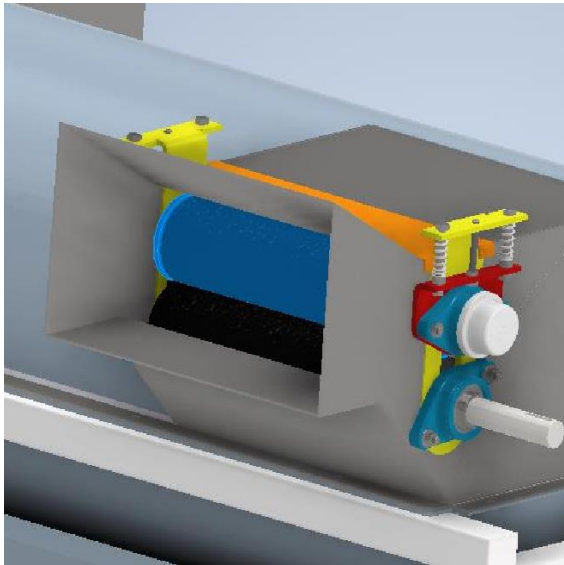
- Velocidad de rodillos del sistema de alimentación : 1000 rpm
- Velocidad máxima del rodillo trillador : 600 rpm
- Velocidad máxima del sistema de vibración de cribas: 500 rpm

Anexo 14 Fabricación de sistema electromecánico

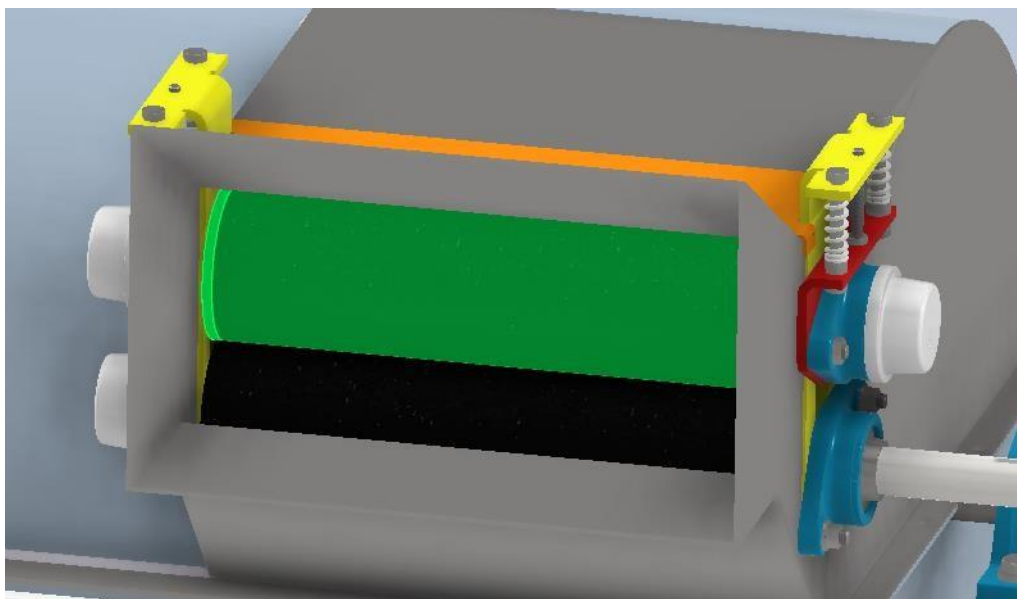
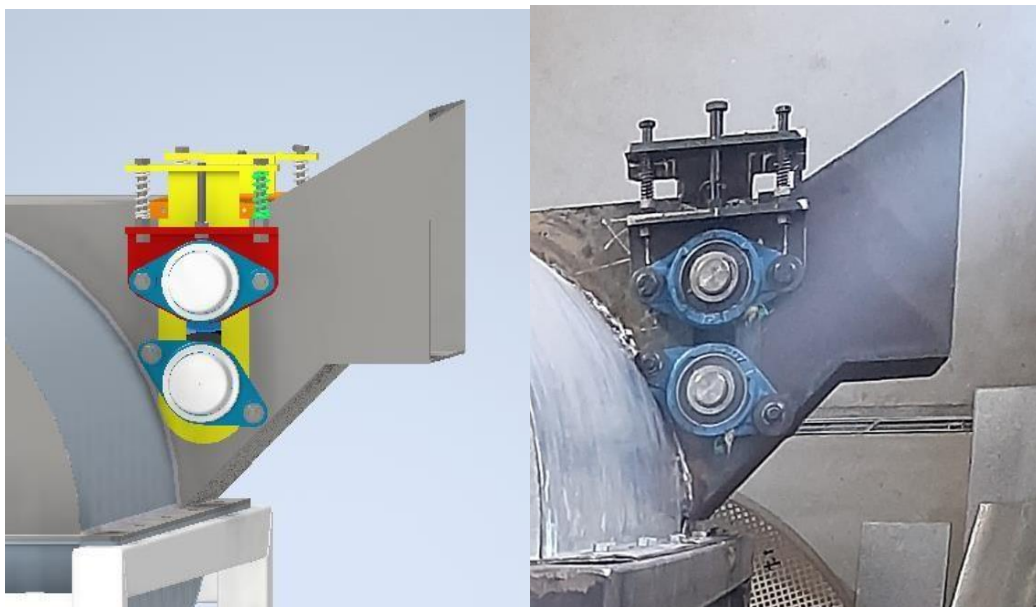
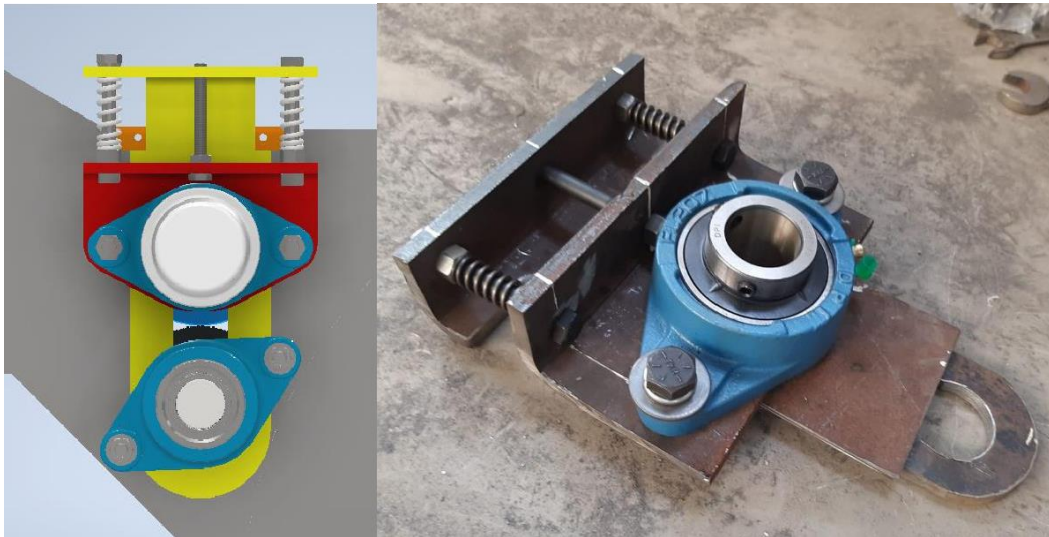
- Modelado de máquina y fabricación



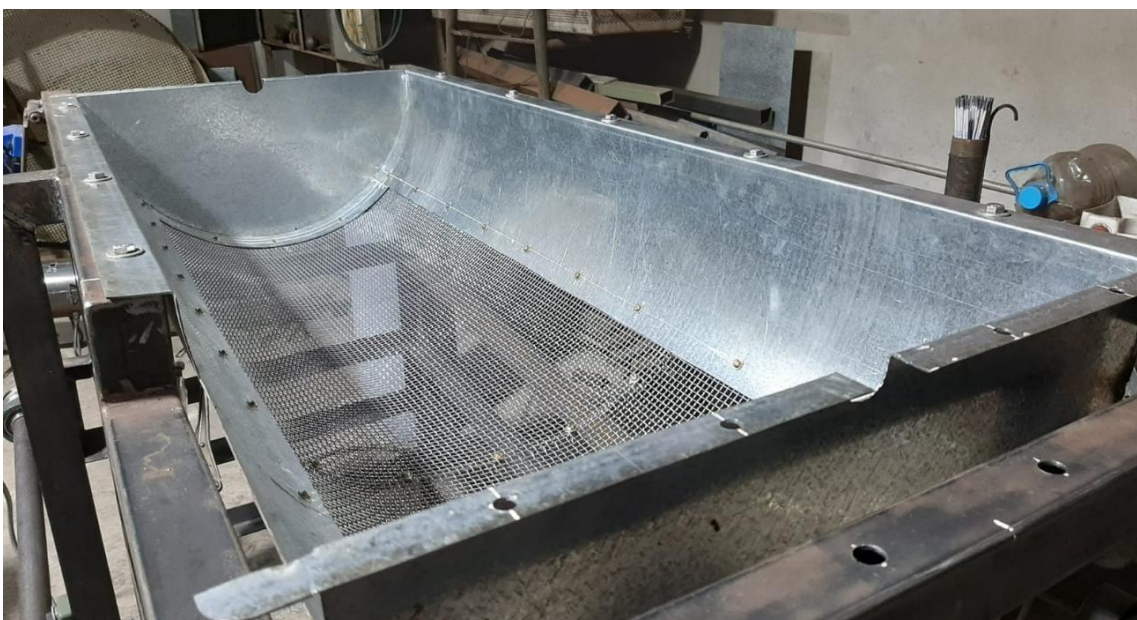
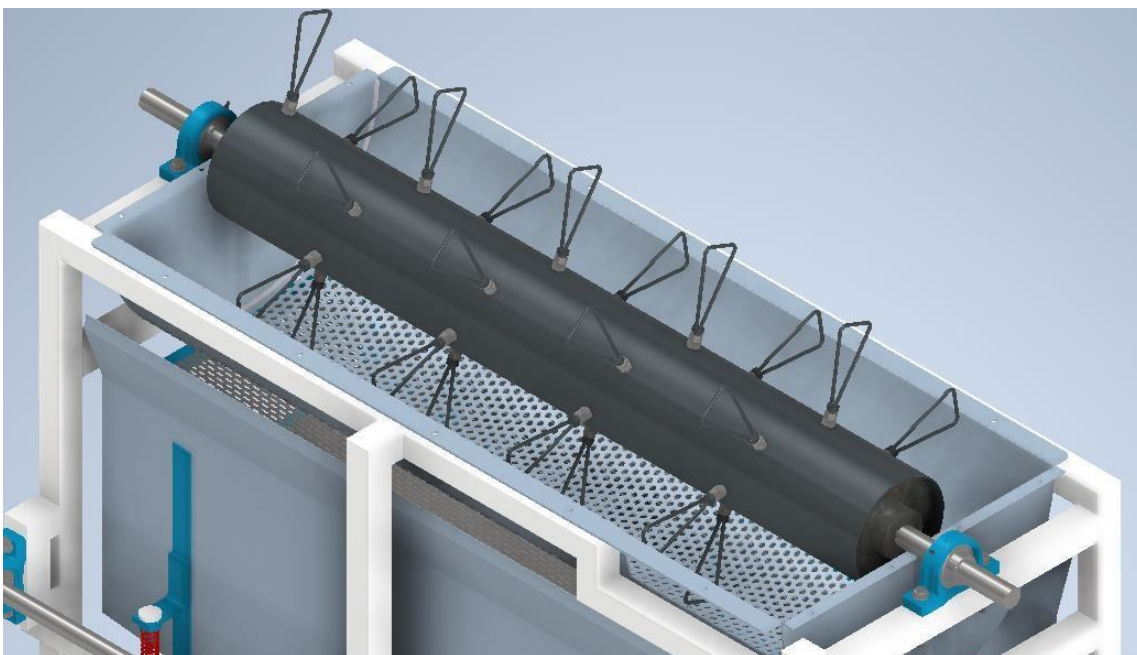
- Sistema de entrada o alimentación



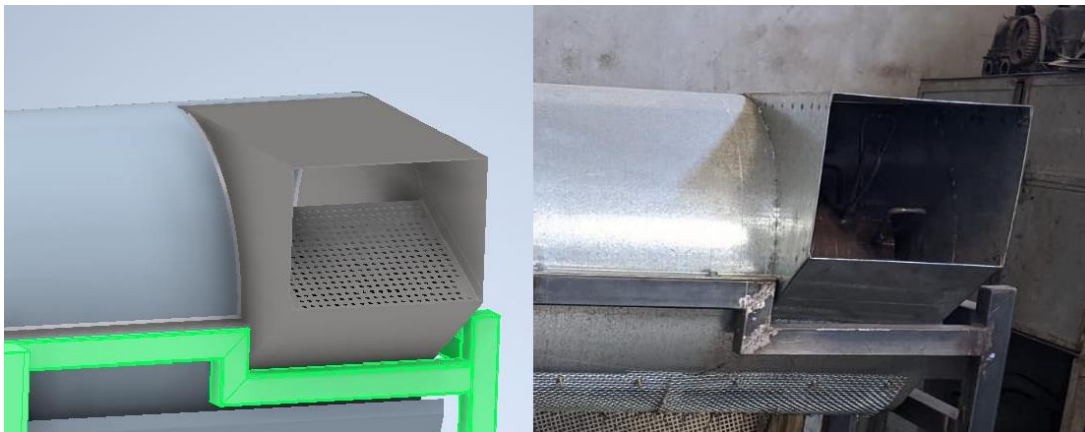
- Sistema de entrada de materia prima:



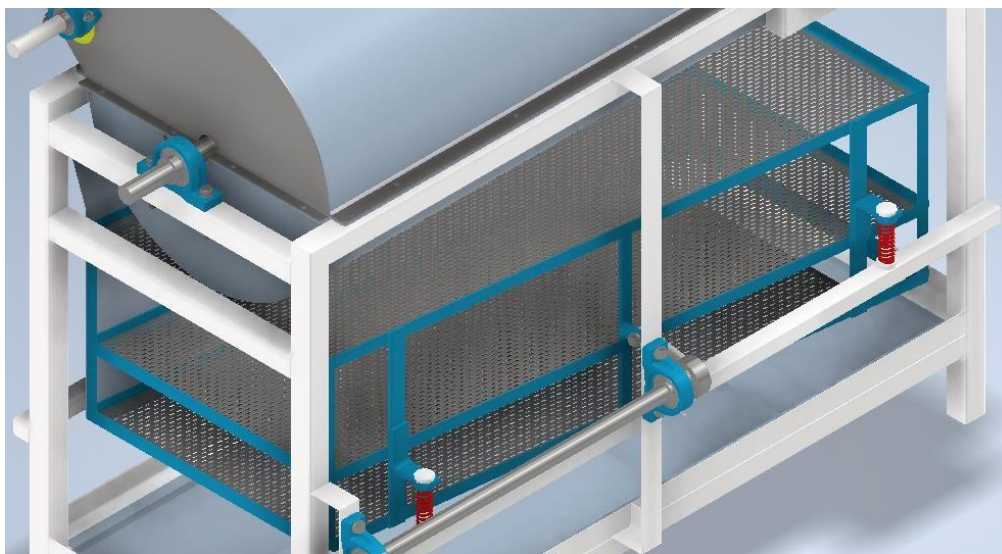
- Sistema de trillado:



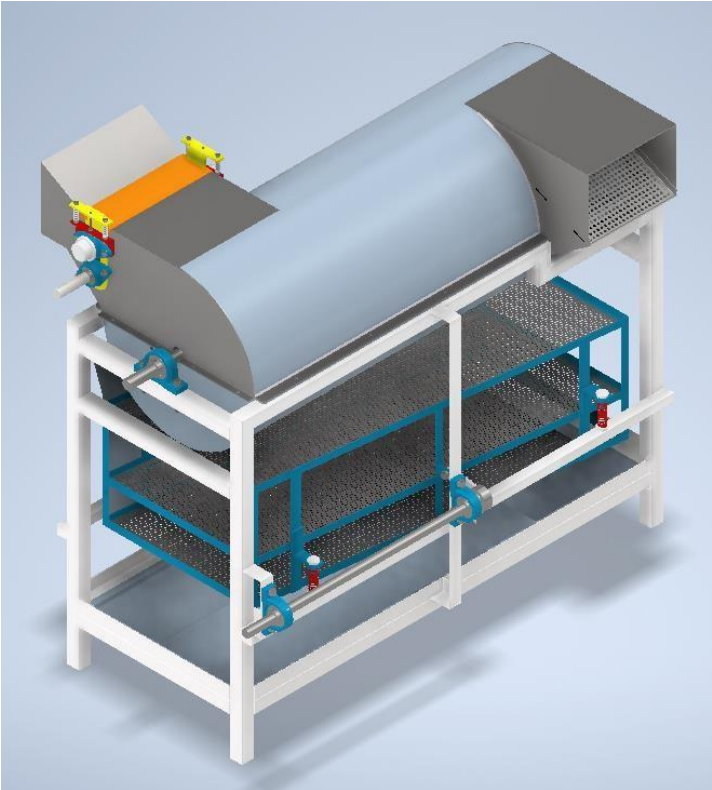
- Sistema de descarga:



- Sistema de limpieza (cribas)



- Vista general de la máquina:



Anexo 15 Resultados de guía de observación G1 y G2

G1 - GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA MEDIR LA EFICIENCIA DEL PROCESO POSTCOSECHA DE LEGUMINOSAS DE GRANO SECO						
Investigadores:	Blanco Saldaña, Luz Karina y Cruz Narcizo, David					
Objetivo	Medir la eficiencia del proceso postcosecha de leguminosas de grano seco					
Datos generales:						
Propietario del cultivo: Victor Olivari Fecha: 18/11/21						
Ubicación/ Sector: Pueblo Nuevo Número de hectáreas por parcela: (ha): 1						
Tipo de leguminosa de grano seco: (X) Lactao () Chileno () Pallar () Otro: _____						
Variedad de cultivo: Guiador . Tipo de proceso: () Manual (X) Semimecanizado () Mecanizado						
Nro. de personas en el proceso seleccionado: 01 - PRUEBAS						
Datos tomados del proceso:						
Item	Descripción	Pruebas				
		1	2	3	4	5
1	Humedad del grano (%)	13				
2	Tiempo de trillado por ha (h)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	Tiempo de limpieza por ha (h)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	Tiempo de ensacado por ha (h)	0	0	0	0	0
5	Ingreso de granos en la entrada principal (A)=B+C+D [g]	14.5	42.8	41.9	52.7	86.2
6	Total de grano limpio de las 3 salidas del trillado (B) [g]	3	33.7	40.2	46.2	82.3
7	Total de grano partido de las 3 salidas del trillado (C) [g]	11.5	8.9	1.2	5.3	1.5
8	Total de grano sin trillar de las 3 salidas del trillado (D) [g]	0	0.2	0.5	1.2	2.4
9	Muestra a la salida principal del trillado (E)	13	34.5	45.3	51.3	86.3
10	Grano partido de la muestra "E" (J) [g]	11.5	21.7	5	2.5	2.4
11	Muestra a la salida de la limpieza (F) [g]	25.5	56.3	24.2	75.8	127.7
12	Grano limpio + grano quebrado de la muestra "F" (M) [g]	24.3	54.2	22.9	70.3	124.2
13	Total de granos (H) [Kg]	1500	1500	1500	1500	1500
14	Cantidad de grano limpio en la salida de la paja (G) [g]	2.2	5.3	2.2	0.7	0.9
15	Cantidad de grano limpio en la salida del tamíz (K) [g]	2.5	8	4.4	1.9	3
Datos calculados:						
% Grano sin trillar (D/A)		0.000%	0.467%	1.193%	2.277%	2.784%
% Grano soplado (G/A)		15.172%	12.383%	5.251%	1.328%	1.044%
% Grano derramado (K/A)		17.241%	18.692%	10.501%	3.605%	3.480%
% Daño de grano (J/E)		88.462%	62.899%	11.038%	4.873%	2.781%
Eficiencia de trillado (%)		100.000%	99.533%	98.807%	97.723%	97.216%
Eficiencia de limpieza (%)		95.294%	96.270%	94.628%	92.744%	97.259%
Pérdida total de granos (%)		32.414%	31.075%	15.752%	4.934%	4.524%
Producción postcosecha (Kg/h)		1500.000	1500.000	1500.000	1500.000	1500.000
Diagrama de proceso y ecuaciones principales:						
				$Ef. \text{ de trillado} = 100\% - \left(\frac{D}{A}\right) * 100$ $Eficiencia \text{ de limpieza} = \left(\frac{M}{F}\right) * 100$ $Pérdida \text{ total} = \%soplado + \%derramado$ $Producción \text{ postcosecha} = \frac{H}{tiempo \text{ total}}$		
Observaciones generales:						

G2 - GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO

Investigadores:	Blanco Saldaña, Luz Karina y Cruz Narcizo, David
Objetivo	Identificar los parámetros de mayor incidencia para el diseño del sistema electromecánico (variable independiente)

Parámetros del cultivo:

Item	Tipo de leguminosa	Lactao	Chileno	Pallar	Otros
1	Especie (nombre científico)				
2	Fuerza de rotura de grano (N)	8.787			
3	Tallo de planta (F=frágil o D=dúctil)	F	F		
4	Humedad de grano (%)	9.4	12.4		
5	Características de planta (5 veces)	Longitud promedio (cm)	81	180	
6		Masa promedio 20 plantas(kg)	1.6	0.9	
7		Volumen promedio 20 plantas	0.06	0.061	
8	Tamaño de vaina (50 Und)	Longitud promedio (mm)	71.75	60	
9		Ancho promedio (mm)	4.77	16	
10	Tamaño físico del grano (100 Und)	Longitud promedio (mm)	4.23	10.74	
11		Ancho promedio (mm)	3.69	7.90	
12		Altura promedio (mm)	3.64	5.63	
13	Cantidad promedio de granos por planta (g)	10.60	20.00		
14	Volumen de 100 granos (cm ³)	2.50	48.23		
15	Masa de 100 granos (g)	5.00	32		
16	Densidad de planta (Kg/m ³)	27.83	14.75		
17	Densidad del grano (g/cm ³)	2.00	0.66		

Parámetro del sistema electromecánico propuesto

Produccion (Kg/h)	2000	2000		
Velocidad de rodillos de alimentación (rpm)	1798.63	1011.3		
Velocidad del rodillo trillador (rpm)	155.877	87.644		
Holgura del rodillo y el cóncavo (mm)	200	200		
Flujo de aire en la limpieza (m ³ /h)				

Observaciones:

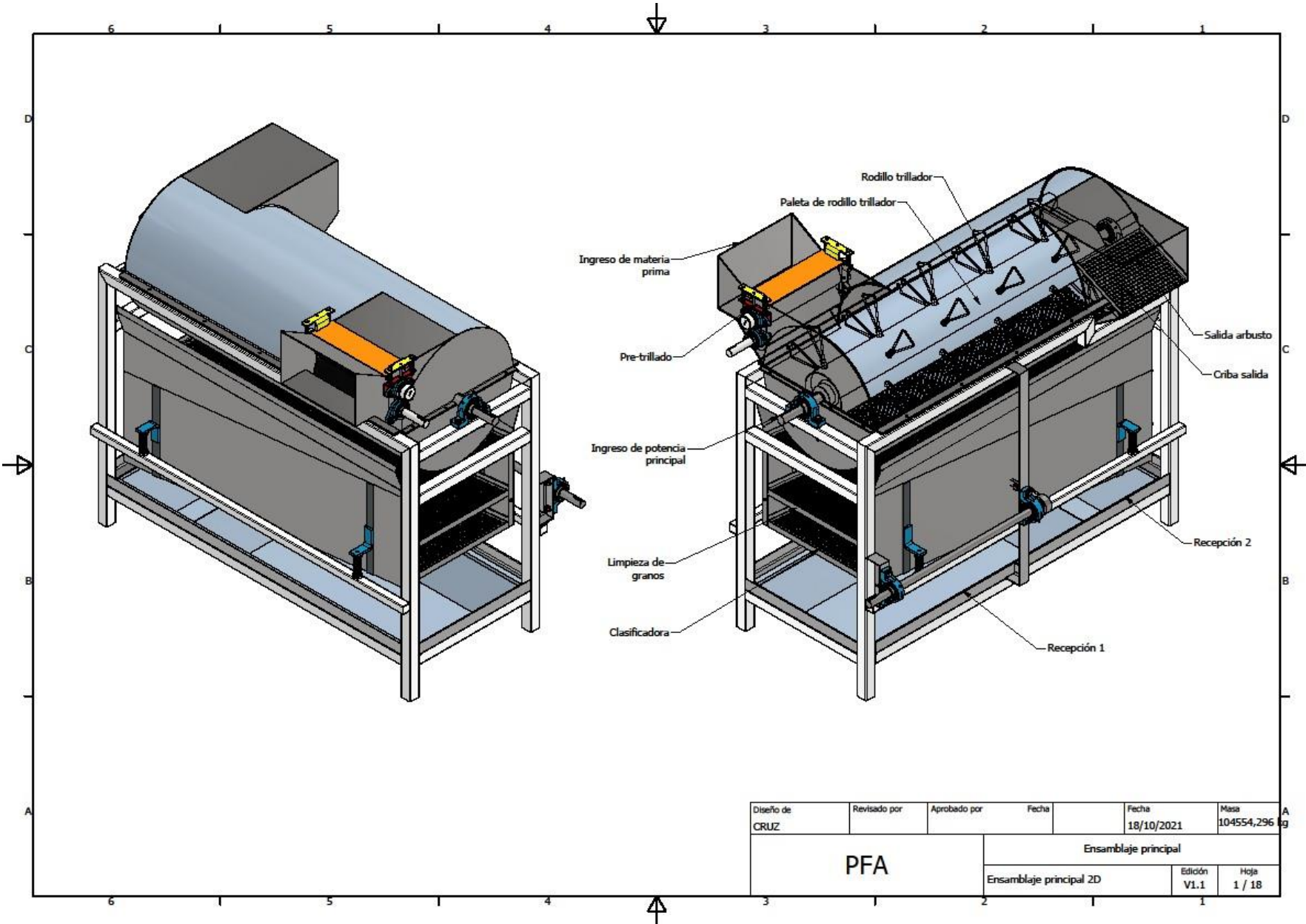
Datos para una producción de 2000Kg/h

Anexo 16. Costo de materiales que están directamente en el producto final

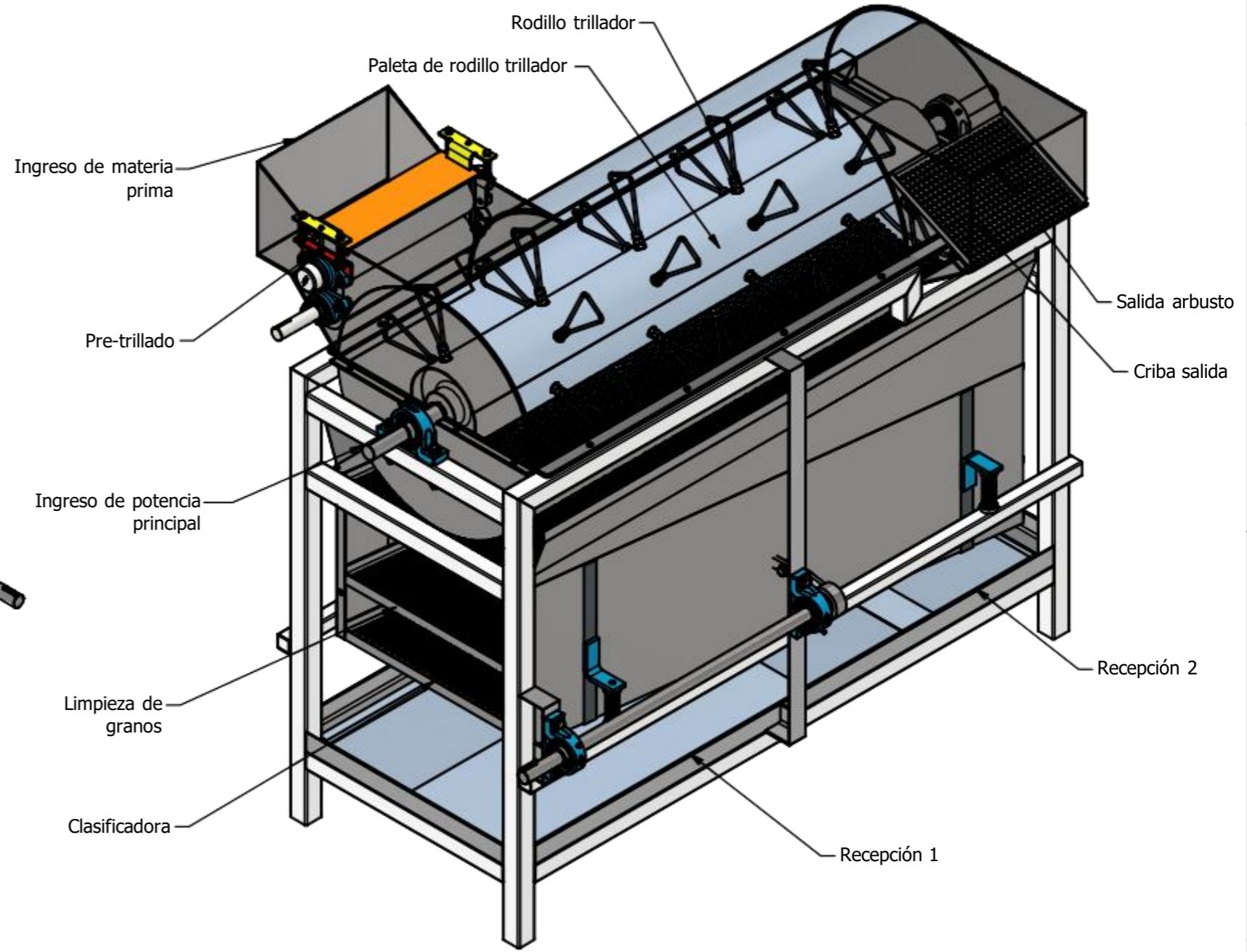
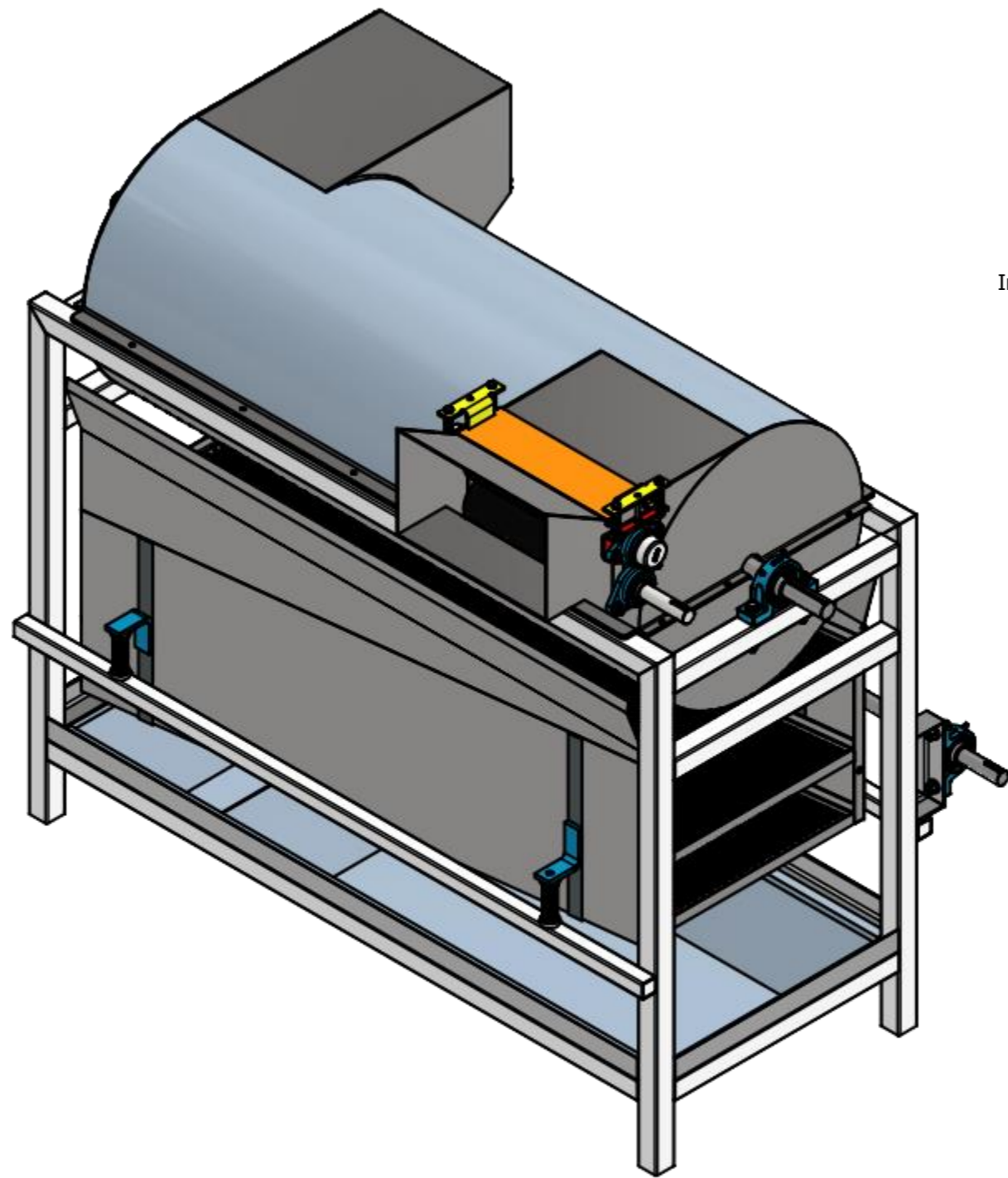
Item	Descripción	Cant.	Und	P. Unit.	Sub total
1	Cable vulcanizado 3x14 awg	8	mt	S/ 8,50	S/ 68,00
2	Polea aluminio 3x1B	22	Und	S/ 41,30	S/ 82,60
3	Soldadura punto azul 1/8	2	Kg	S/ 16,00	S/ 32,00
4	Discos de 5/8x8 1/2	2	Und	S/ 40,00	S/ 80,00
5	Discos de 1x5in	4	Und	S/ 10,50	S/ 42,00
6	Eje de 1 1/2pulg.	0,6	mt	S/ 80,00	S/ 48,00
7	Eje de 1 1/4 pulg.	1,2	mt	S/ 80,00	S/ 96,00
8	Plancha de 1/8 pulg 1,2x0,6m	1	Und	S/ 84,00	S/ 84,00
9	Fierro liso 1/8x6m	4	Und	S/ 18,00	S/ 72,00
10	Perno de 3/8x4 pulg GR-8 UNC	4	Und	S/ 1,75	S/ 7,00
11	Tuerca hex 3/8 RC GR-8	16	Und	S/ 0,30	S/ 4,80
12	Escobilla copa fierro 3pulg	1	Und	S/ 12,00	S/ 12,00
13	Chumacera de pared de 2 huecos 1 1/4 pulg	4	Und	S/ 148,23	S/ 592,93
14	Perno de 1/2x2 pulg hexagonales GR-8 UNC	20	Und	S/ 2,50	S/ 50,00
15	Perno de 3/8x1 1/2 pulg GR-8 UNC	4	Und	S/ 1,00	S/ 4,00
16	Perno de 1/2x1 1/2 pulg. GR-8 UNC	8	Und	S/ 2,00	S/ 16,00
17	Tuerca de 5/8	12	Und	S/ 0,50	S/ 6,00
18	Tubo de 4pul	1	Und	S/ 80,00	S/ 80,00
19	Eje de 1 1/2pulg.*1,5m	1	Und	S/ 141,60	S/ 141,60
20	Eje pulido 1 1/2	1	mt	S/ 75,00	S/ 75,00
21	Tubo cuadrado negro 2pulg *2mm	2	Und	S/ 123,90	S/ 247,80
22	Tubo cuadrado negro 1 1/2pulg *1,5mm	2	Und	S/ 70,80	S/ 141,60
23	Plancha galvanizada 1/16pulg 1,2x2,4m	2	Und	S/ 236,00	S/ 472,00
24	Angulo de 1 1/2x2,5pulg*6m	3	Und	S/ 51,92	S/ 155,76
25	Platina 3/16x2pulg *6m	2	Und	S/ 68,44	S/ 136,88
26	Soldadura punto azul 1/8	3	Kg	S/ 18,88	S/ 56,64
27	Perno G-8 1/2x2pulg	40	Und	S/ 1,50	S/ 60,00
28	Perno G-8 1/2x3pulg	8	Und	S/ 2,30	S/ 18,40
29	Tuerca alta 1/2	40	Und	S/ 1,00	S/ 40,00
30	Tubo redondo negro 8 * 3/16	1,5	mt	S/ 186,67	S/ 280,01
31	Poleas de aluminio de 4x2pulg	2	Und	S/ 59,00	S/ 118,00
32	Chaveta 3/8 acerada	1	Und	S/ 20,00	S/ 20,00

Ítem	Descripción	Cant.	Und	P. Unit.	Sub total
33	Soldadura punto azul 1/8	2	Kg	S/ 16,00	S/ 32,00
34	Retazo de plancha 10*80cm	1	Und	S/ 50,00	S/ 50,00
35	Tubo cuadrado de 2pulg	1	Und	S/ 115,00	S/ 115,00
36	Soldadura punto azul 1/8	2	Kg	S/ 16,00	S/ 32,00
37	Polea de aluminio de 6x1B	1	Und	S/ 82,60	S/ 82,60
38	Perno hex M16x60 UNC	2	Und	S/ 2,20	S/ 4,40
39	Tuerca hex 9/16 pulg UNC (G-8)	2	Und	S/ 0,70	S/ 1,40
40	Tuerca hex M16 UNC (G-8) P-2,0	2	Und	S/ 0,90	S/ 1,80
41	Tuerca 9/16 GR8	1	Und	S/ 0,50	S/ 0,50
42	Prisionero 1/4x3/8pul	4	Und	S/ 0,28	S/ 1,12
43	Prisionero 3/8x3/8pul	4	Und	S/ 0,30	S/ 1,20
44	Perno 3/8x3pulg	6	Und	S/ 1,00	S/ 6,00
45	Tuerca 3/8 GR8	12	Und	S/ 0,10	S/ 1,20
46	Tuercas, anillos, seguros pernos	1	Und	S/ 23,00	S/ 23,00
47	Copa sierra Bahco 1 3/8pulg 35mm	1	Und	S/ 60,00	S/ 60,00
48	Pernos M5 + tuercas+ arandelas planas y presión y broca cobalto	1	Und	S/ 47,00	S/ 47,00
49	Malla zaranda de 1/4x1/4pulg galvanizada	1,5	mt	S/ 44,00	S/ 66,00
50	Plancha clasificadora de agujero chino de 3,5mm	1,9	mt	S/ 89,47	S/ 169,99
51	Malla zaranda 3/16x3/16 galvanizada	1,5	mt	S/ 52,00	S/ 78,00
52	Pintura	2	Gal	S/ 18,00	S/ 36,00
53	Acabados de producto	1	vez	S/ 450,00	S/ 450,00
54	Thinner	2	Gal	S/ 26,00	S/ 52,00
55	Soplador de aire 0,5hp	1	Und	S/ 450,00	S/ 450,00
56	Generador a gasolina 5,5hp 163cc Honda	1	Und	S/ 1.250,00	S/ 1.250,0
				TOTAL	S/ 6352,23

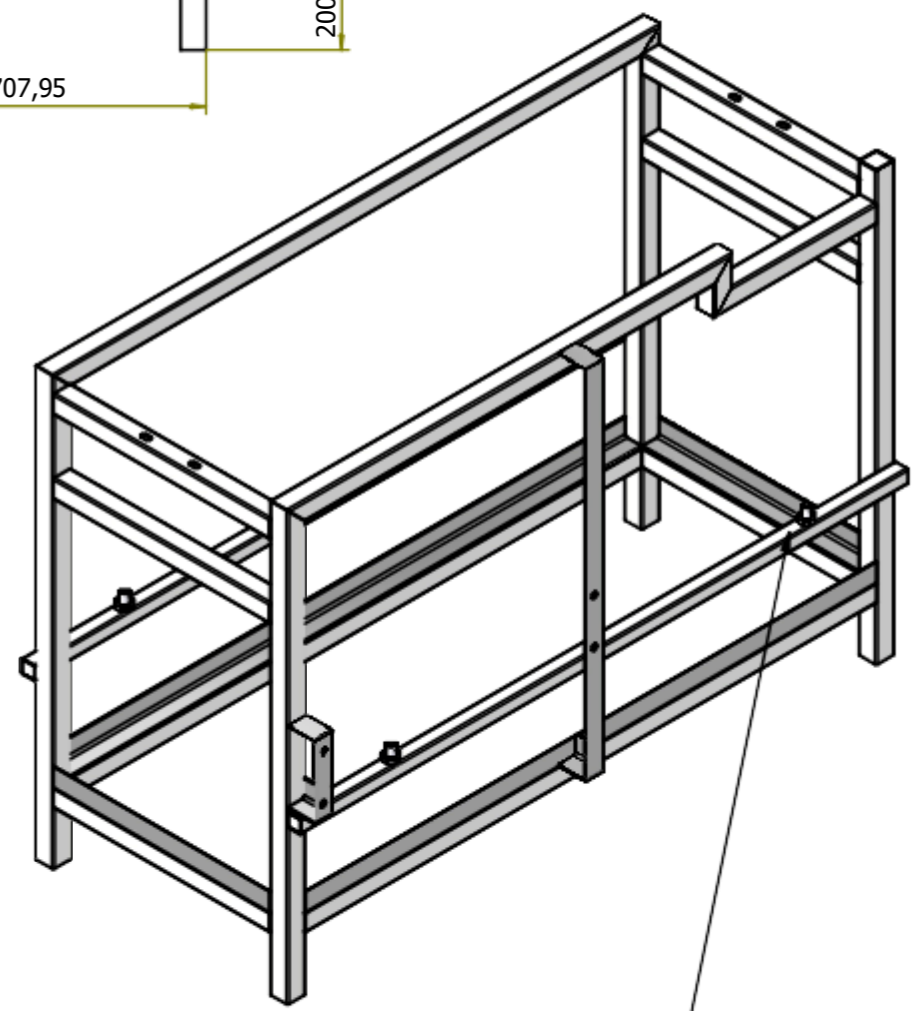
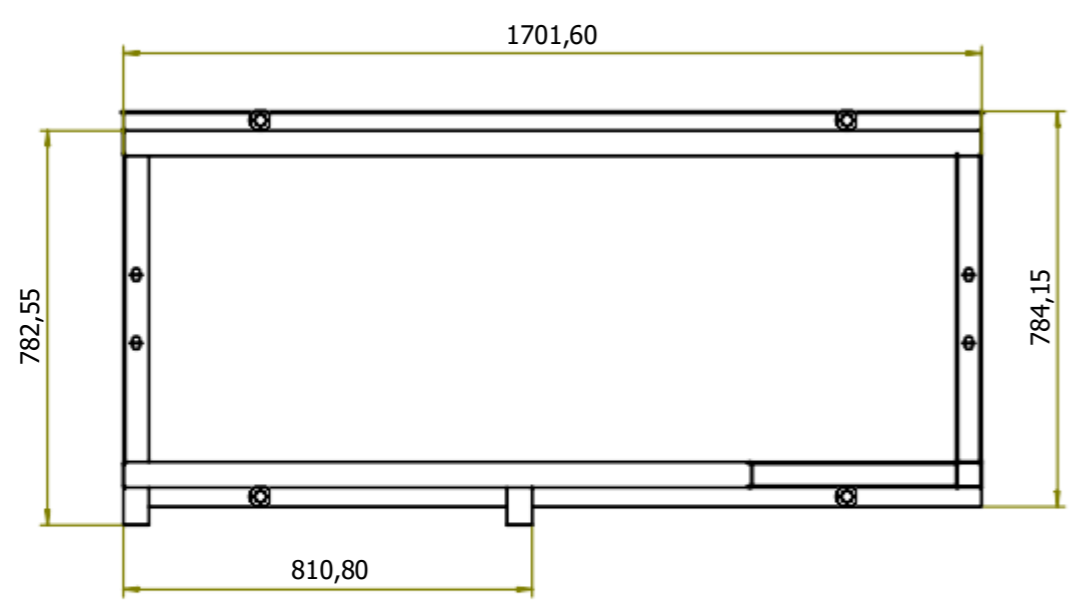
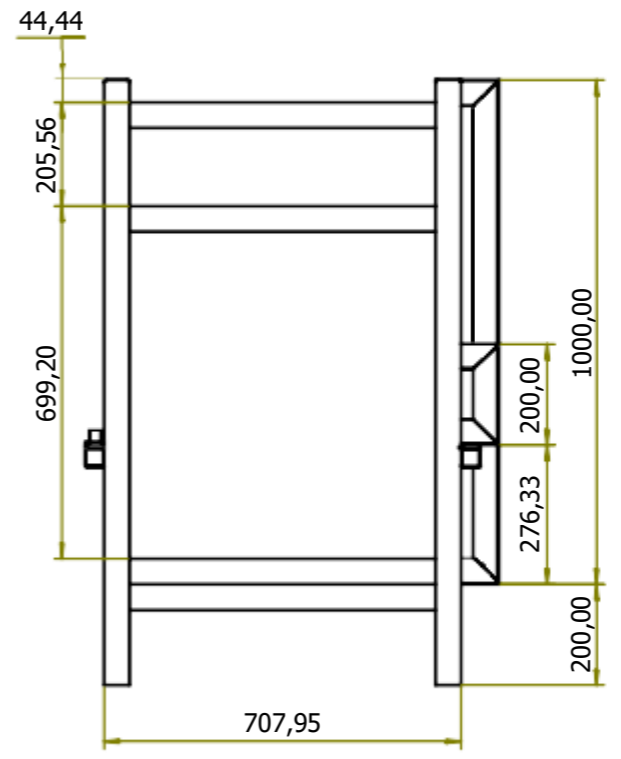
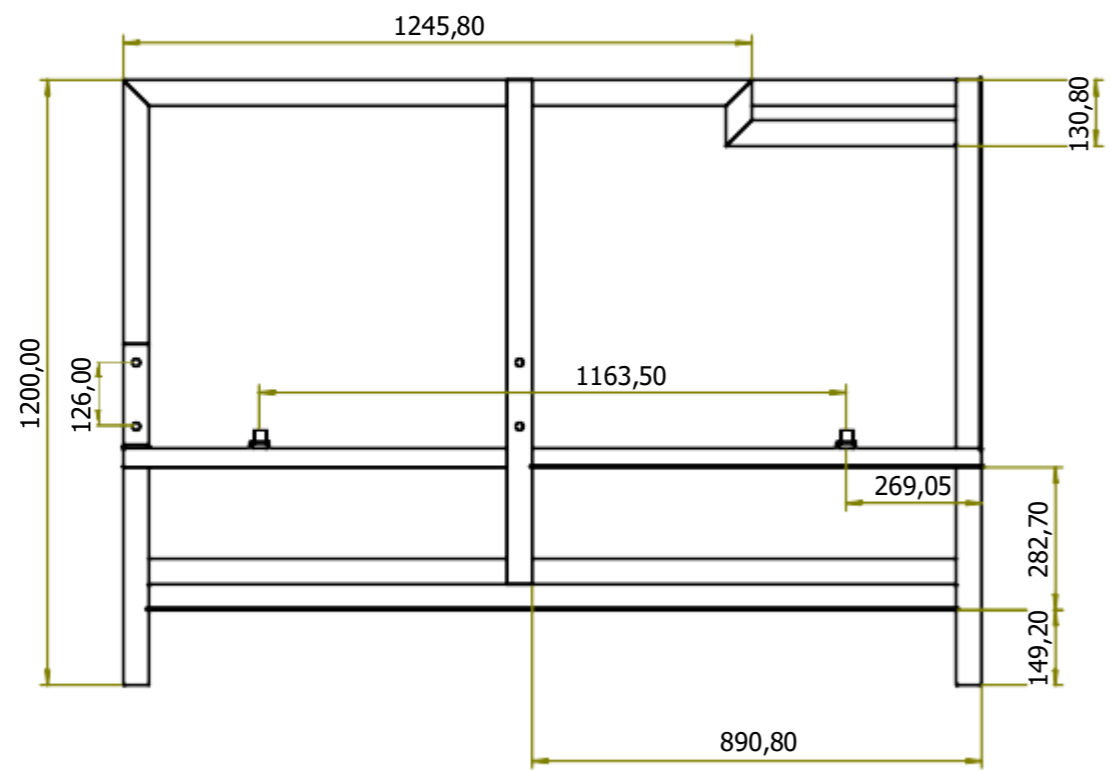
Anexo 17 Planos de detalle y montaje



Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 104554,296 kg
PFA			Ensamblaje principal		
			Ensamblaje principal 2D	Edición V1.1	Hoja 1 / 18

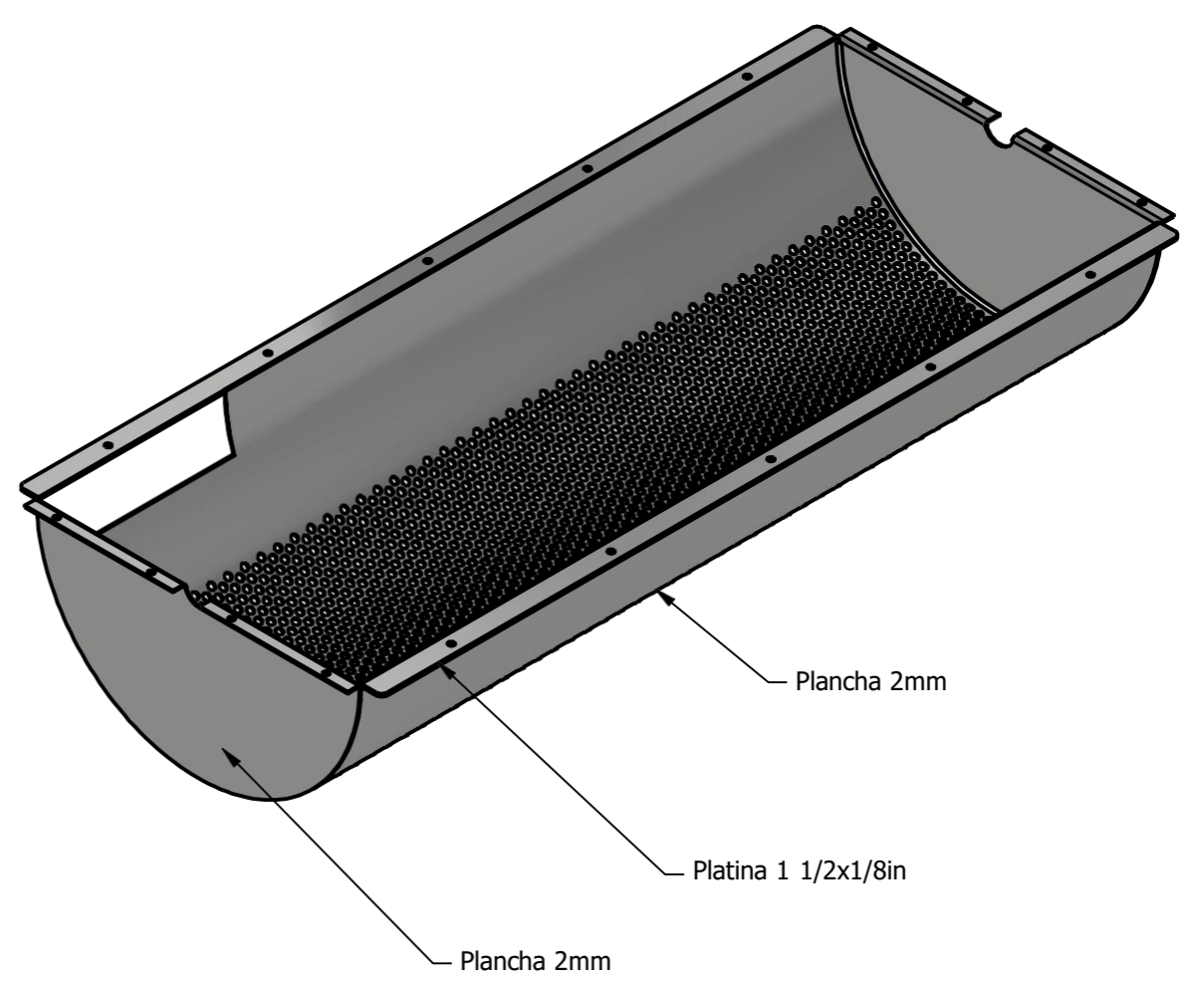
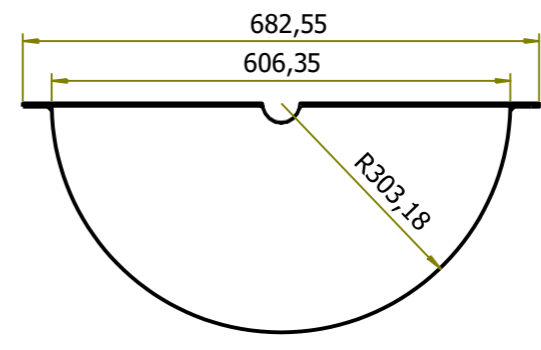
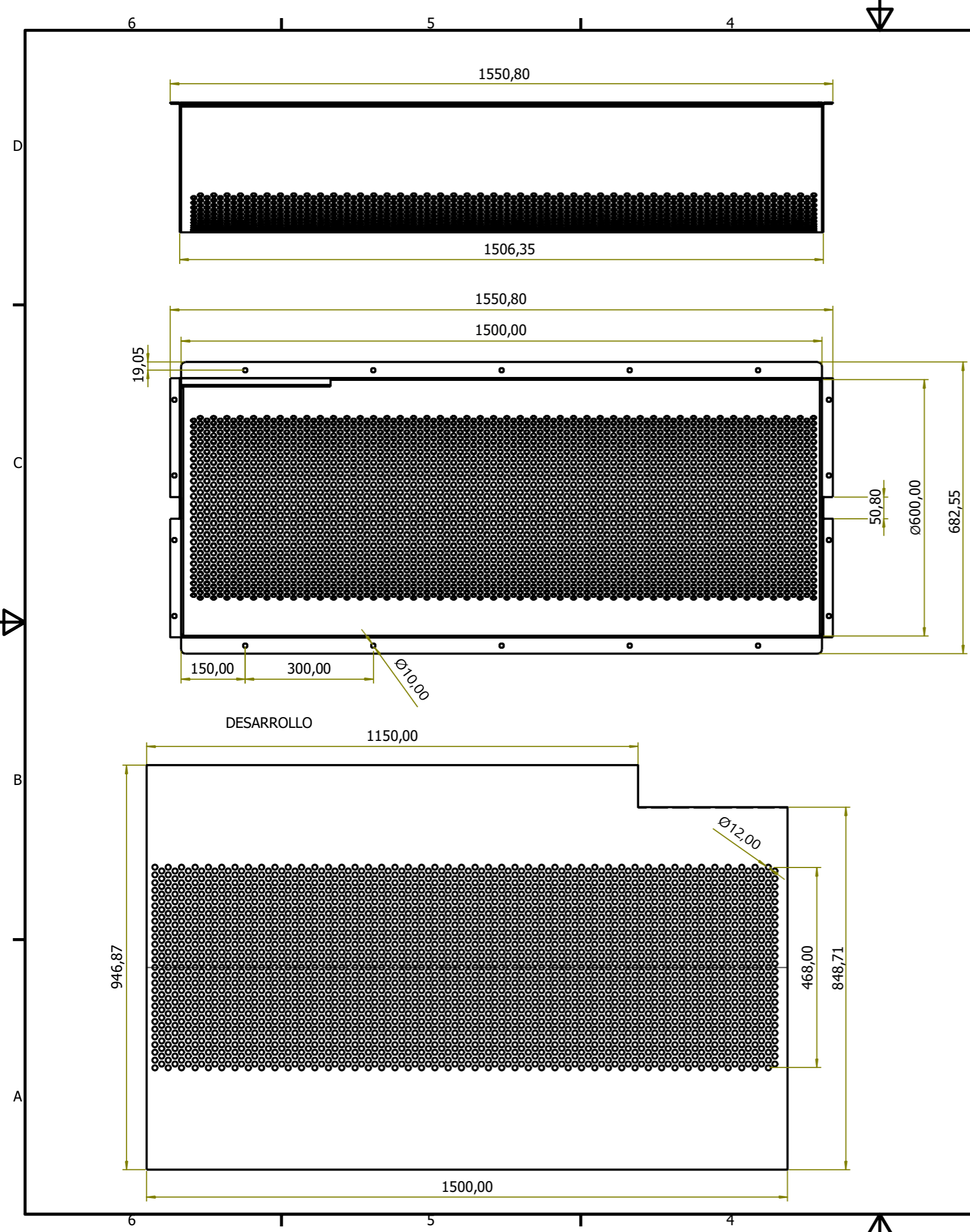


Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 104554,296 kg
PFA			Ensamblaje principal		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1

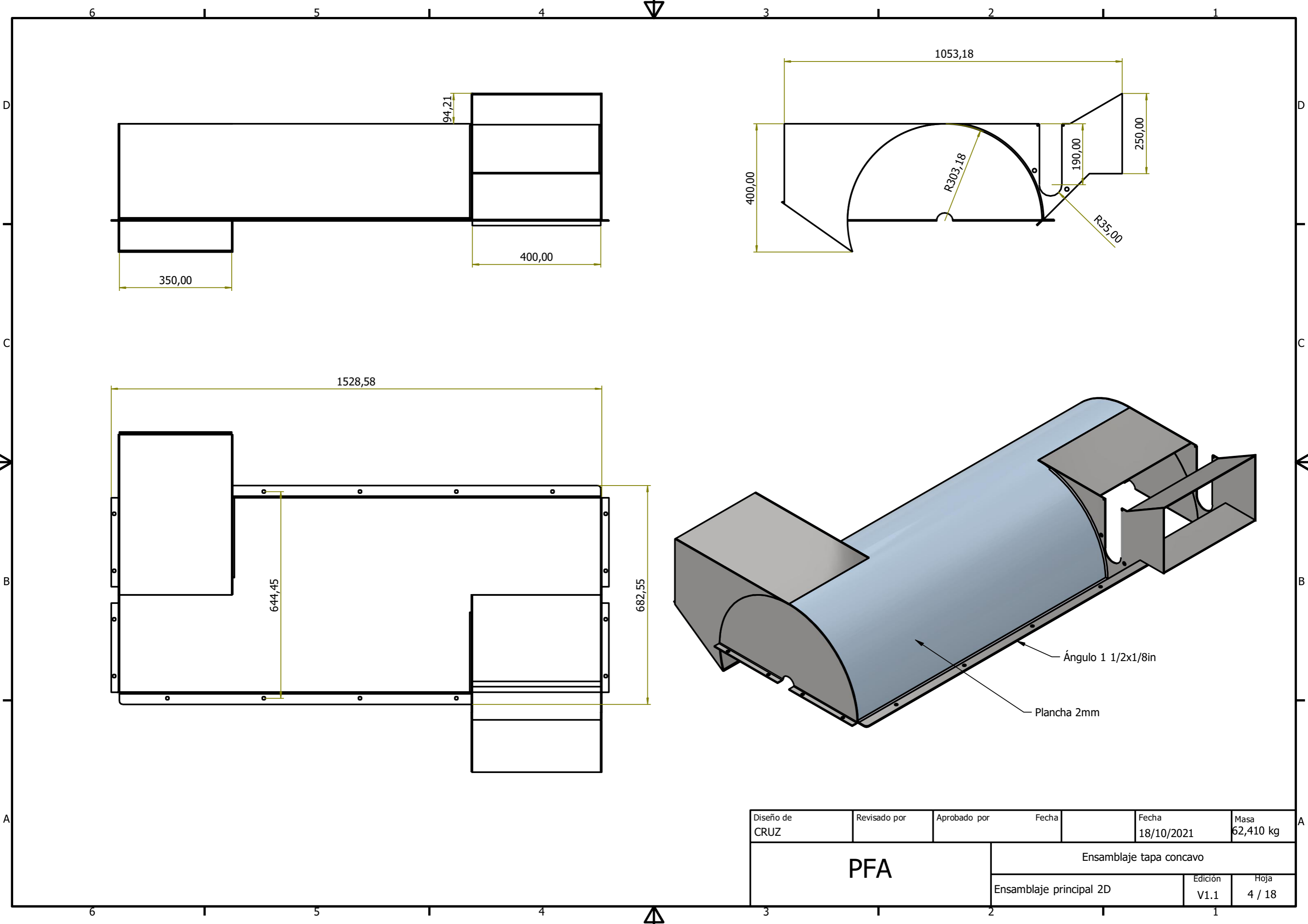


Angulo 2x2in espesor 2mm

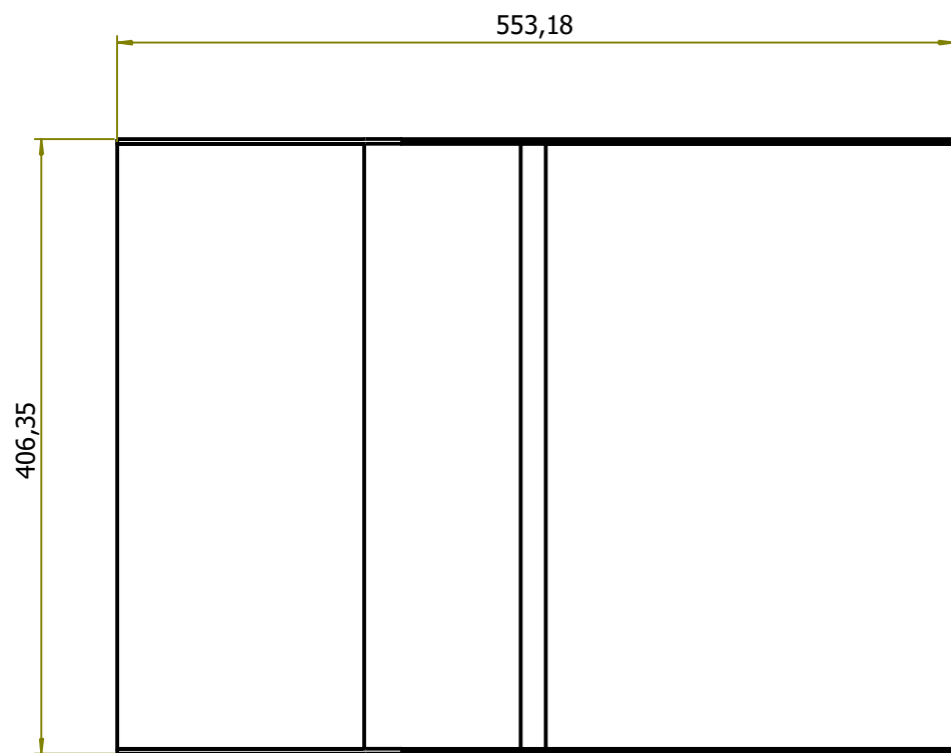
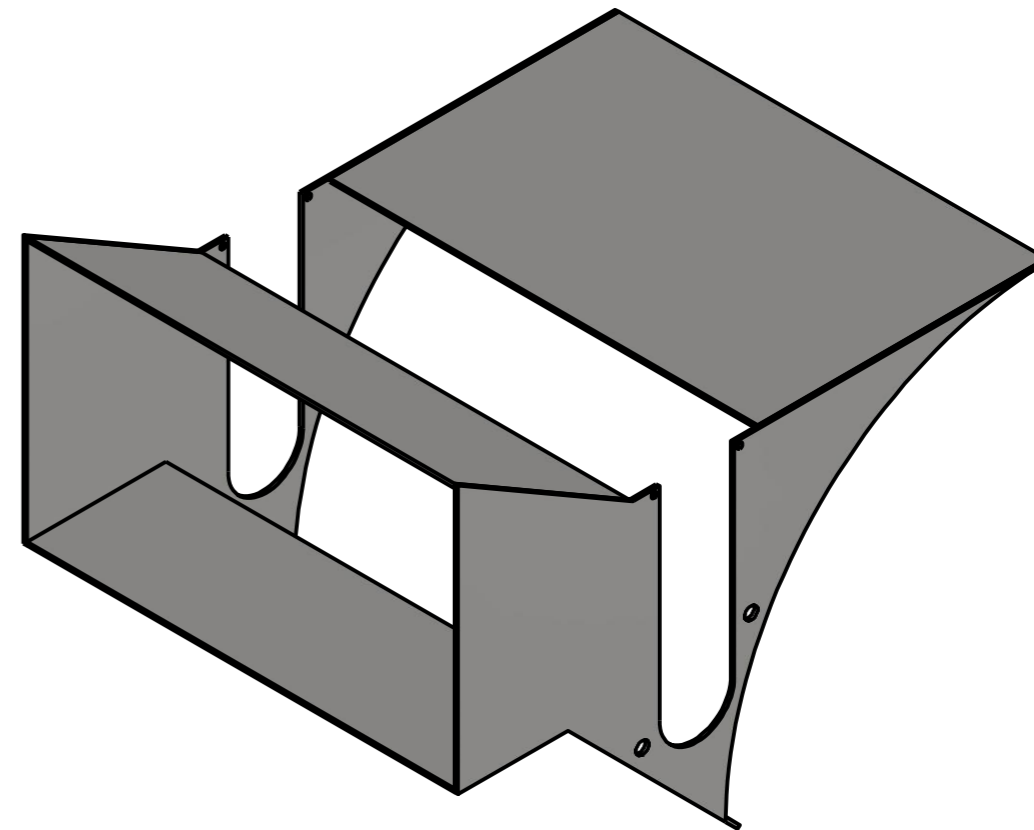
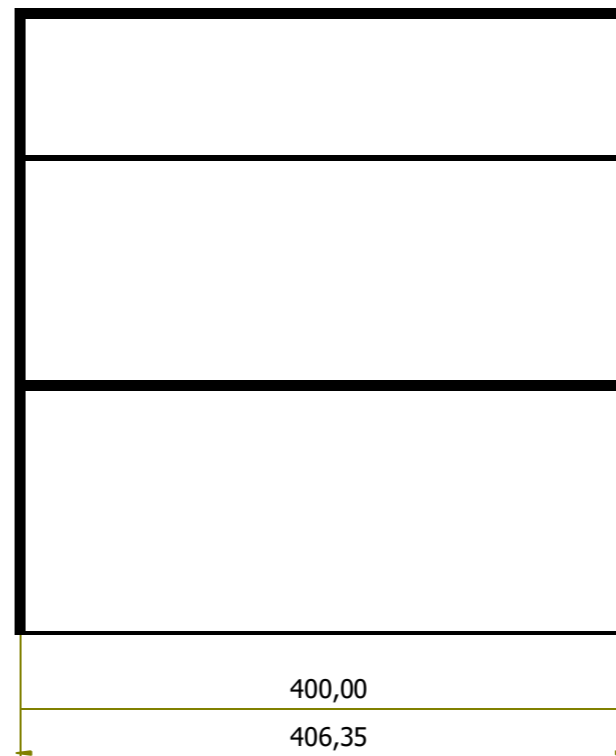
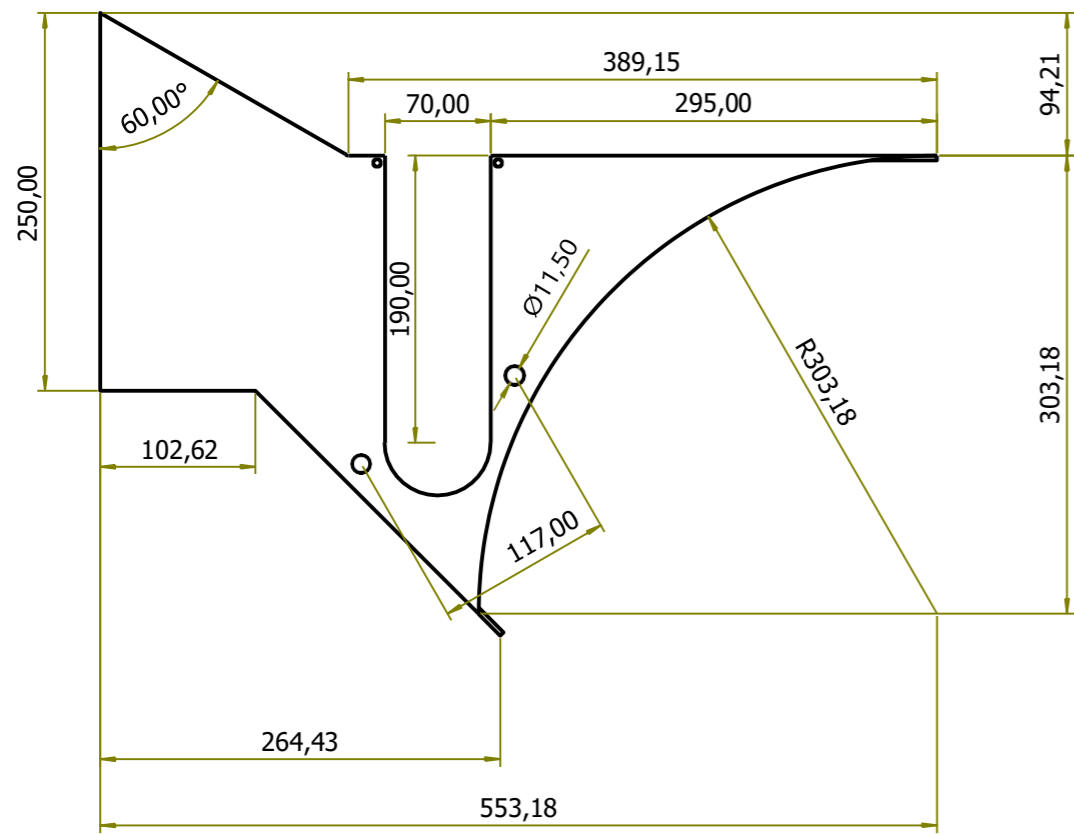
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 63,054 kg
PFA			Estructura principal		
			Edición V1.1	Hoja 2 / 18	
Ensamblaje principal 2D					



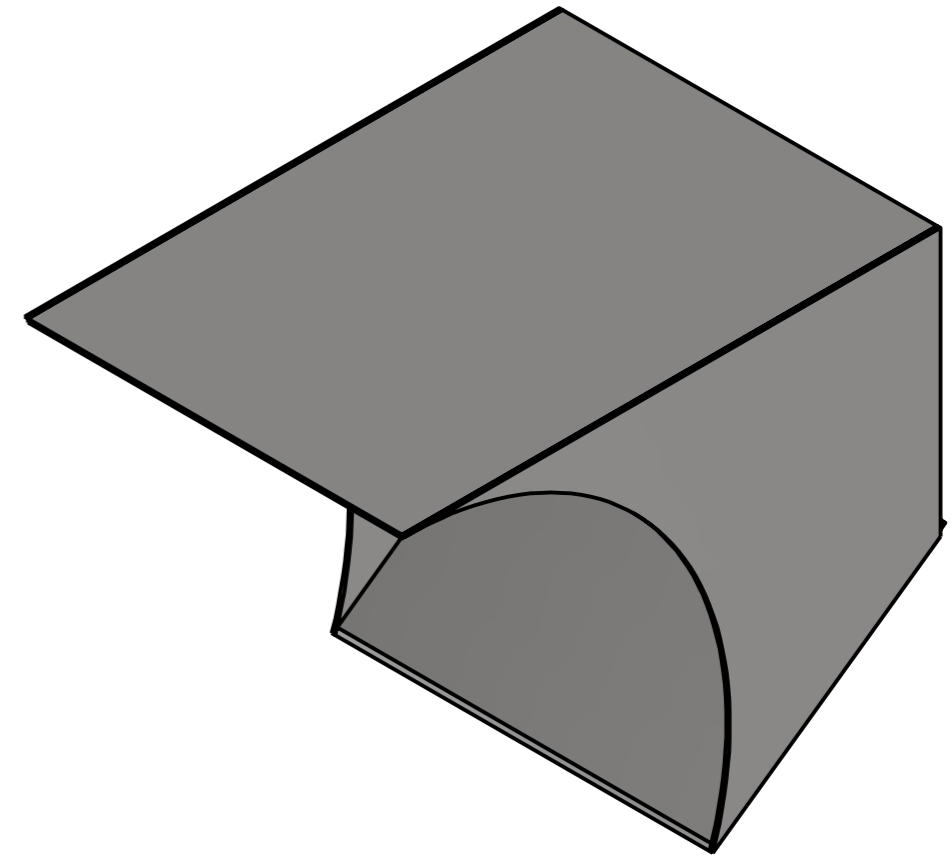
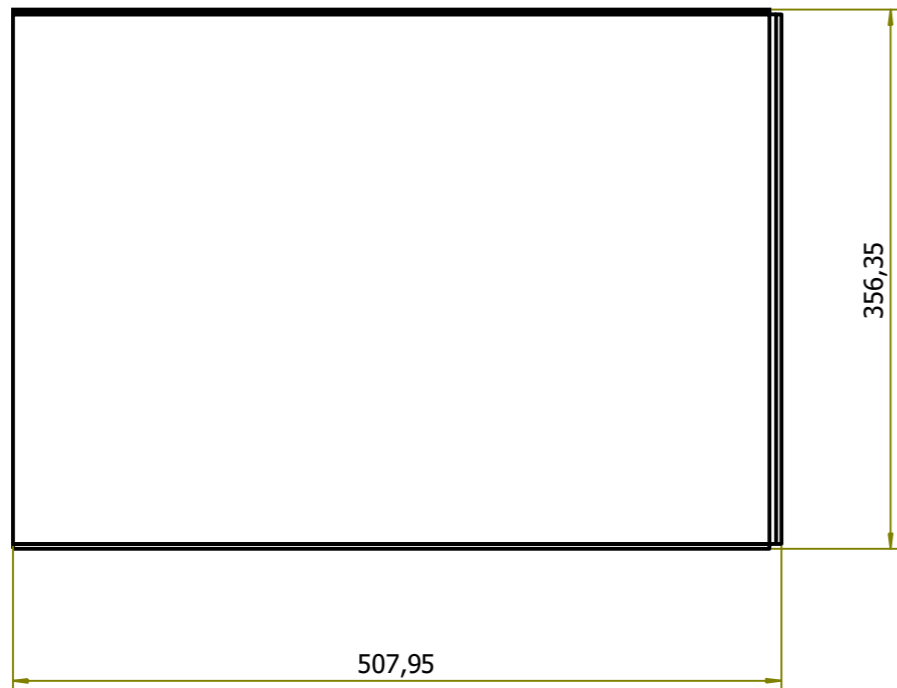
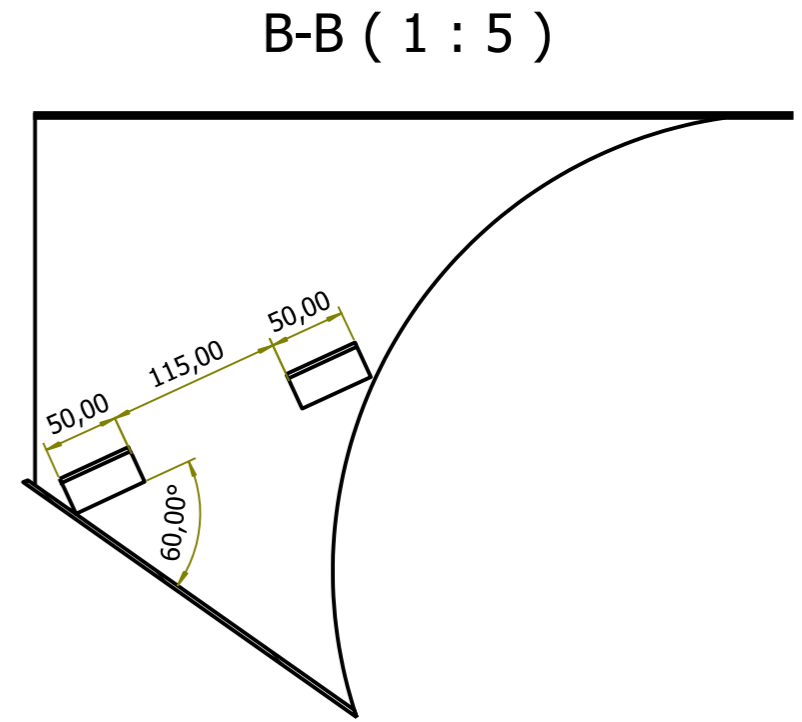
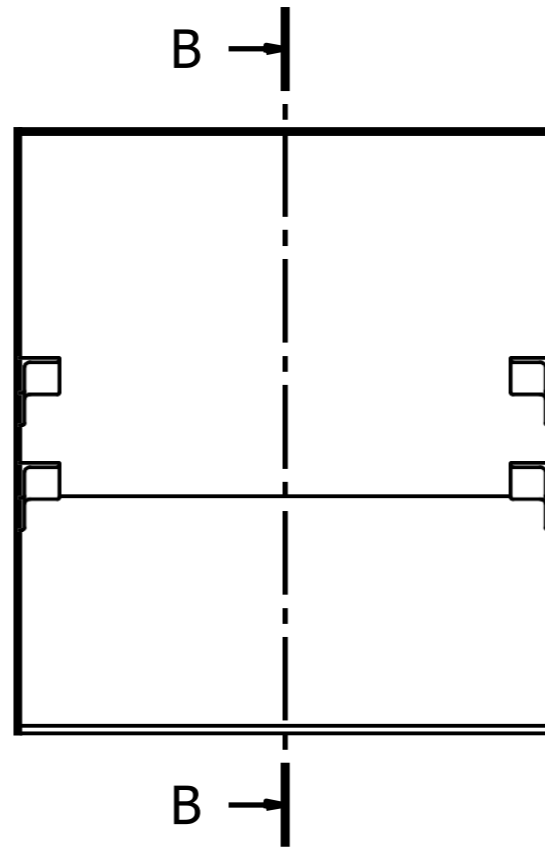
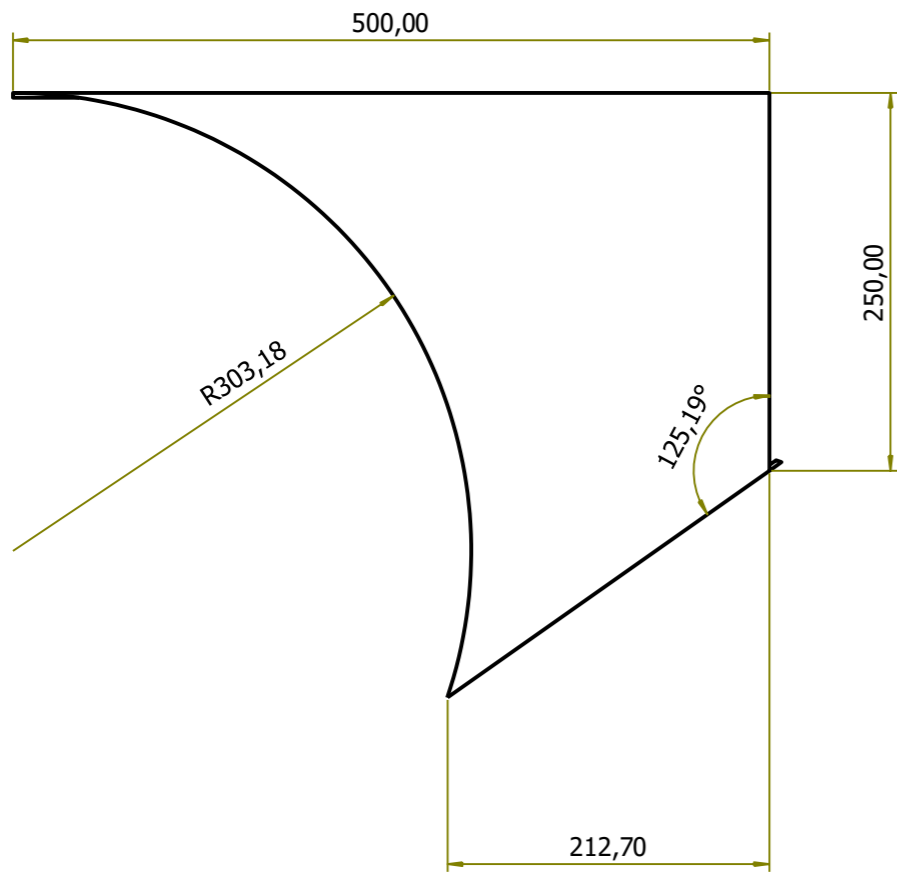
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 39,550 kg
PFA			Ensamblaje concavo		
			Edición V1.1	Hoja 3 / 18	
Ensamblaje principal 2D					



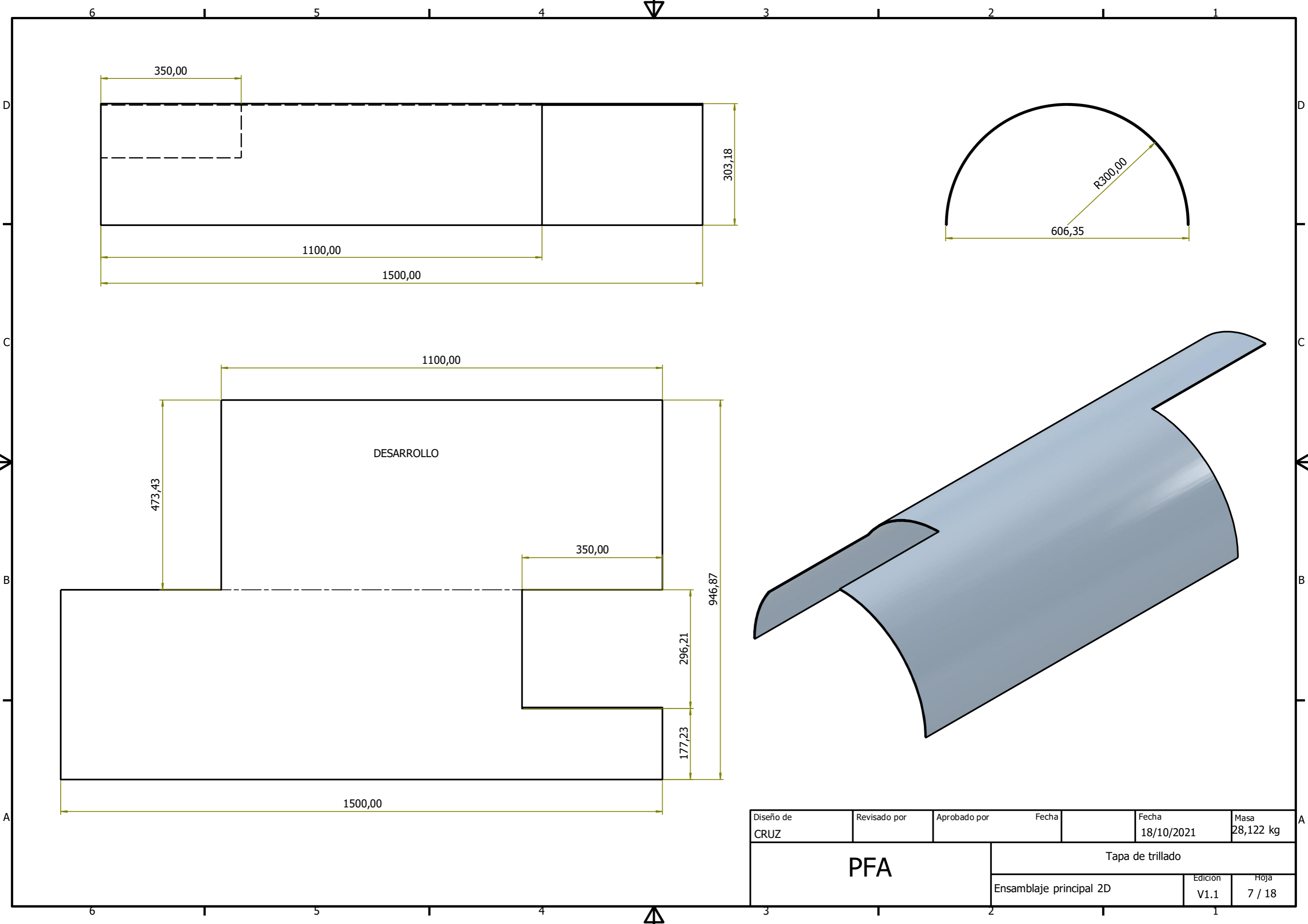
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 62,410 kg
PFA			Ensamblaje tapa concavo		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1



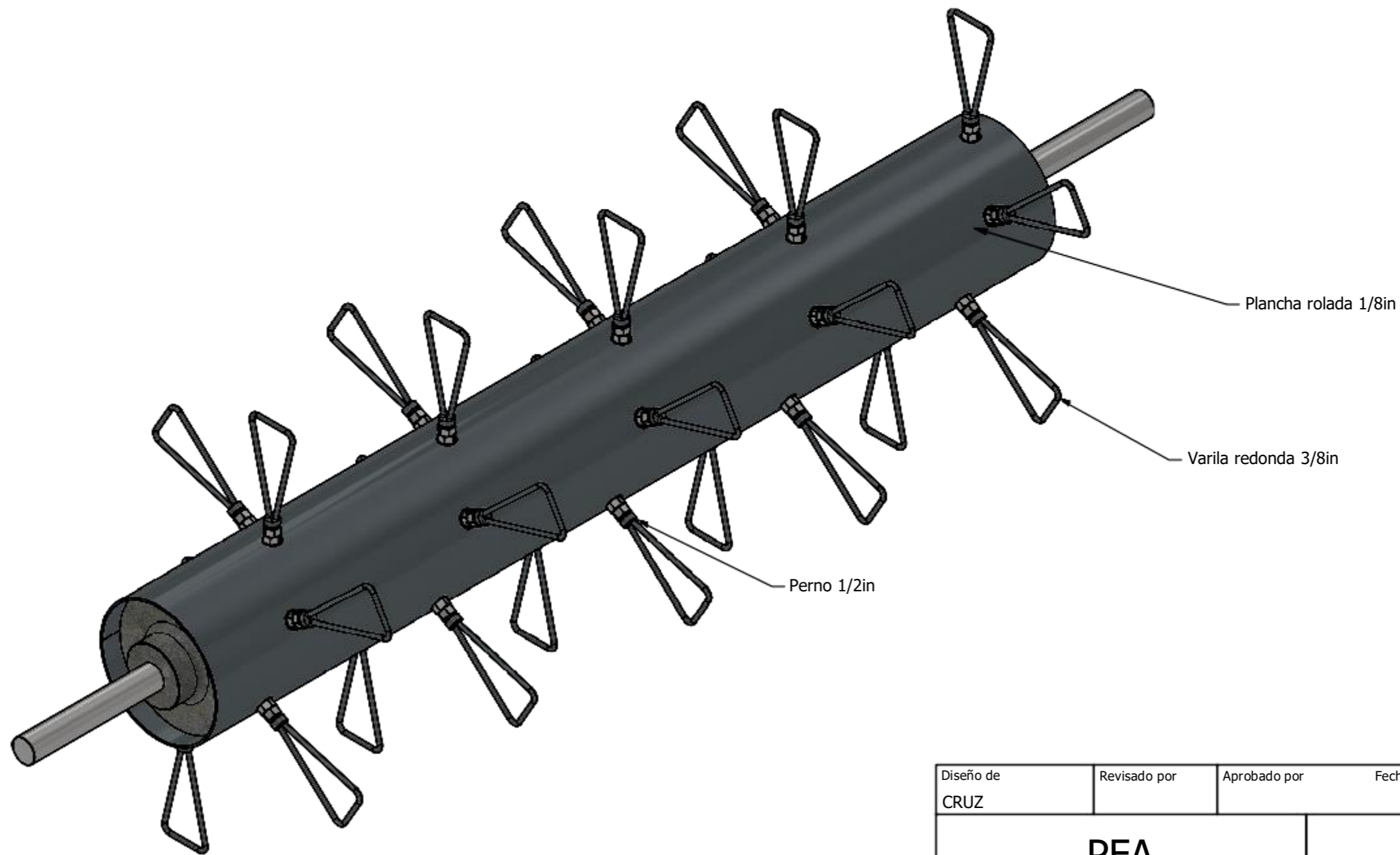
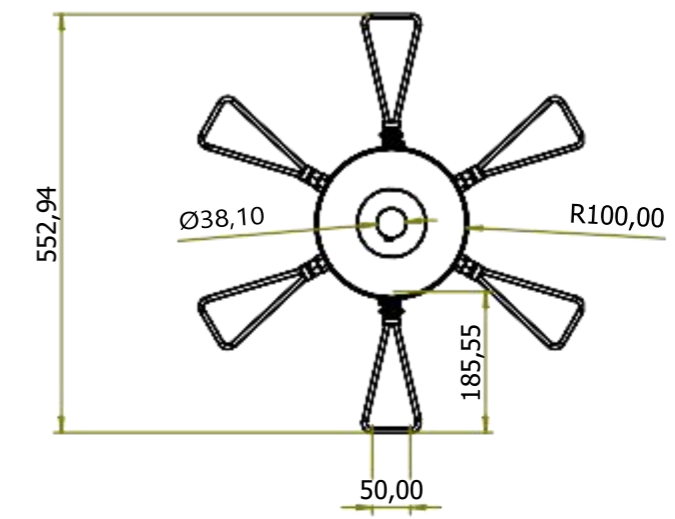
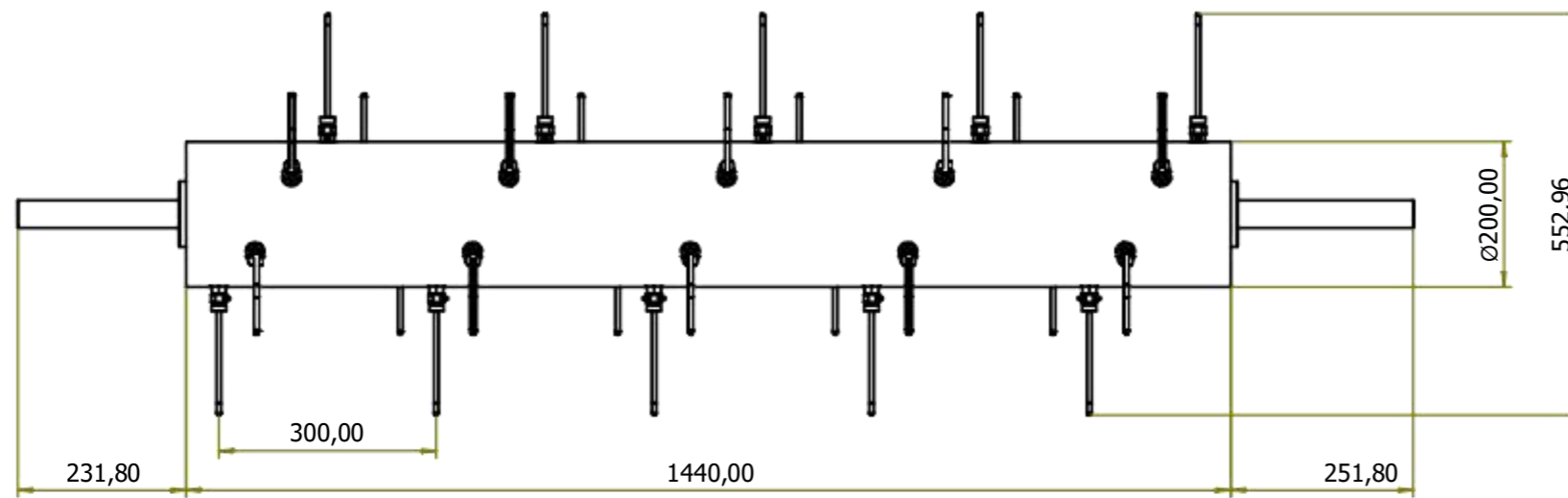
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 11,201 kg
PFA			Ingreso de producto		
			Edición V1.1	Hoja 5 / 18	
Ensamblaje principal 2D					



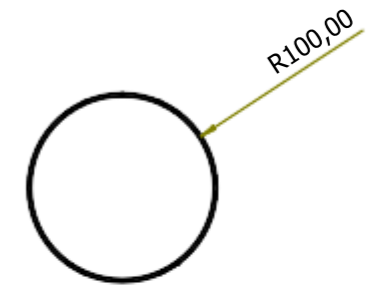
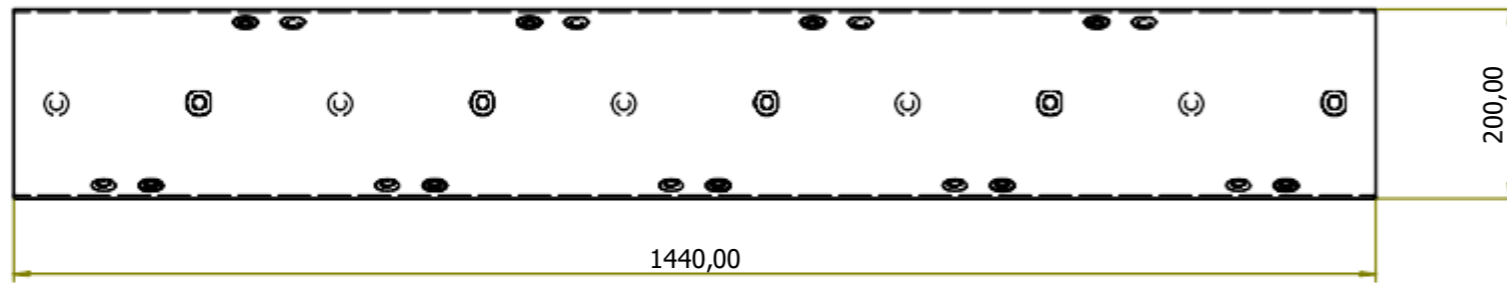
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 11,066 kg
PFA			Salida de arbustos		
			Edición V1.1	Hoja 6 / 18	
Ensamblaje principal 2D					



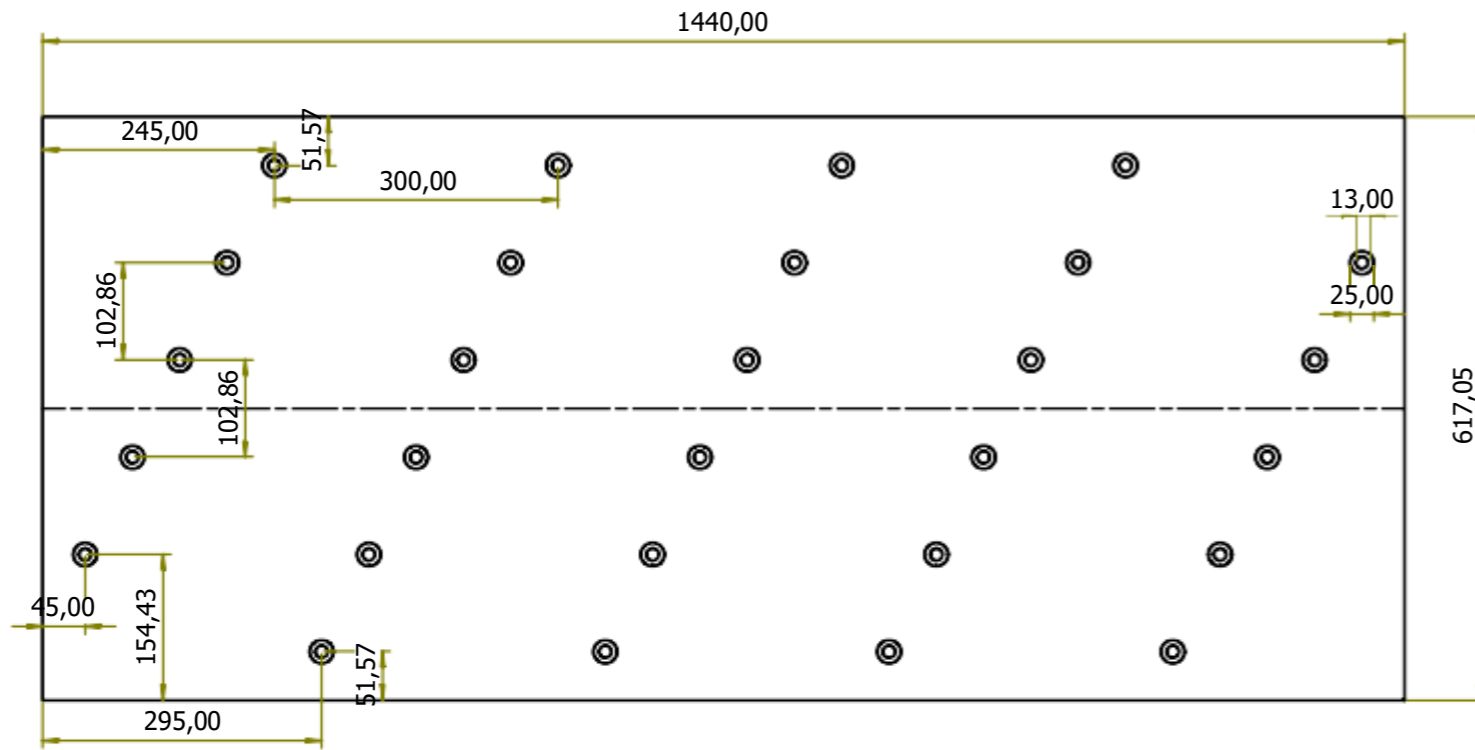
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 28,122 kg
PFA			Tapa de trillado		
			Edición V1.1	Hoja 7 / 18	
Ensamblaje principal 2D					



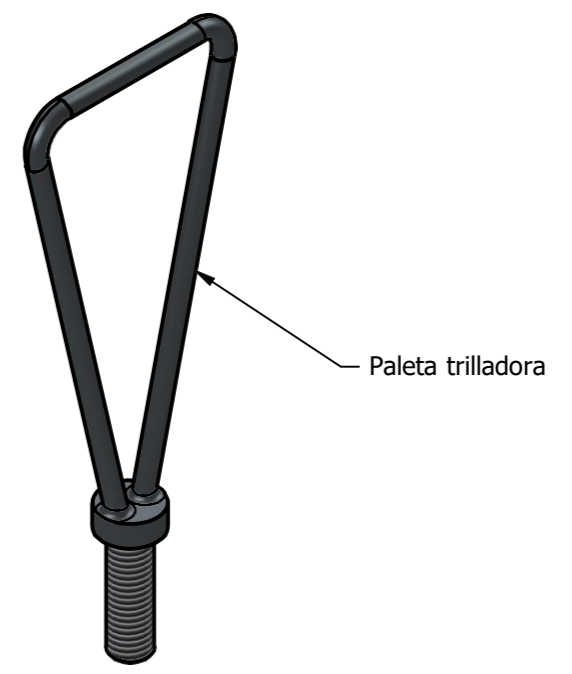
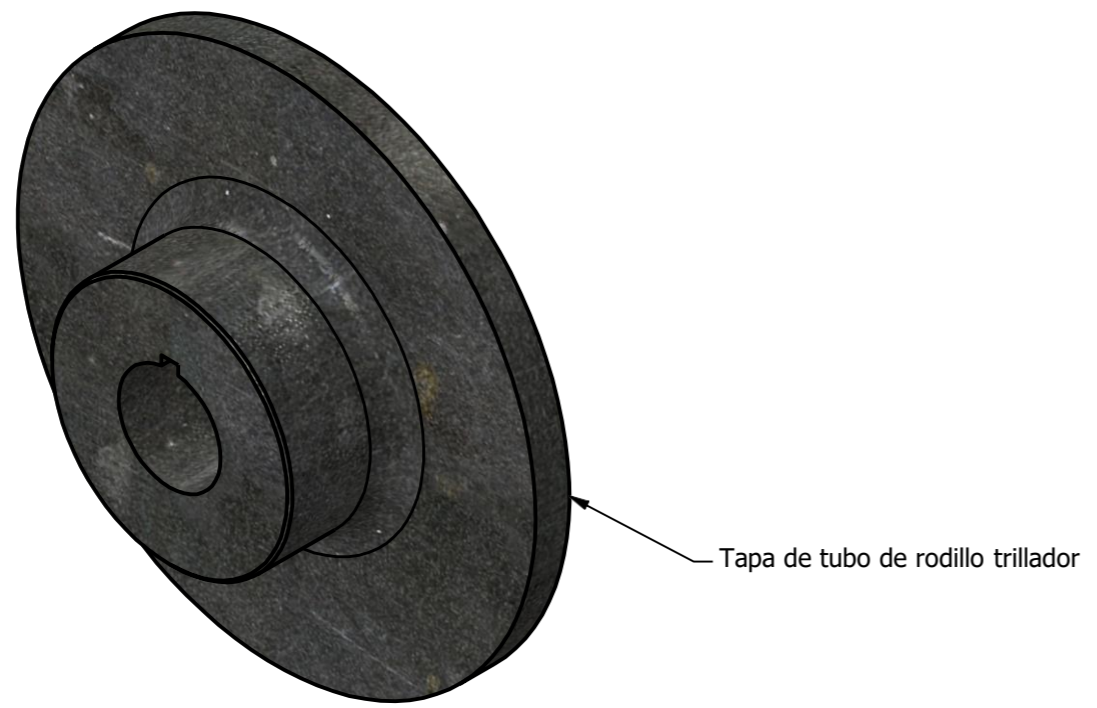
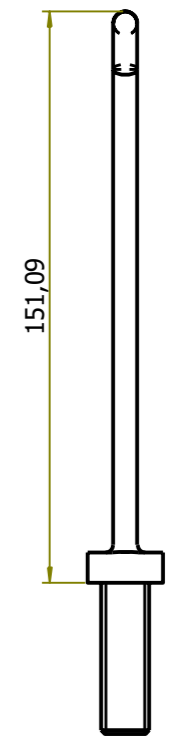
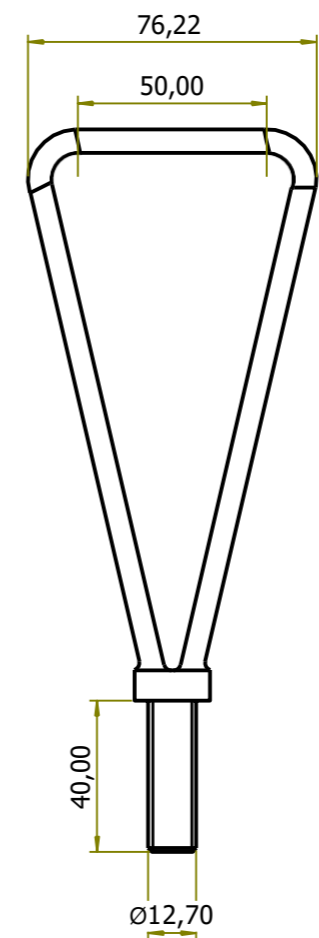
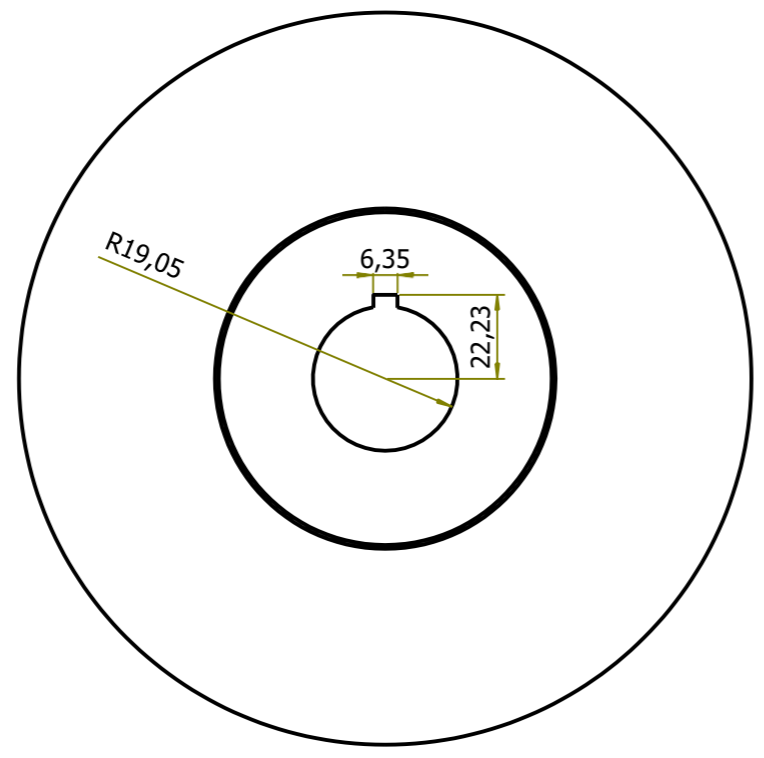
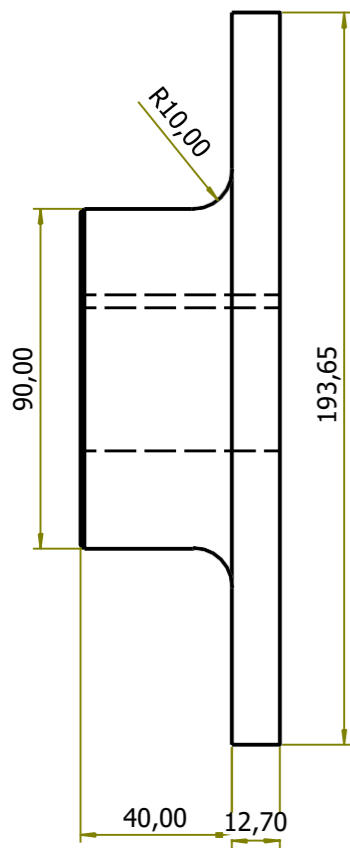
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 39,024 kg
PFA			Ensamblaje rodillo trillador		
			Edición V1.1	Hoja 8 / 18	
Ensamblaje principal 2D					



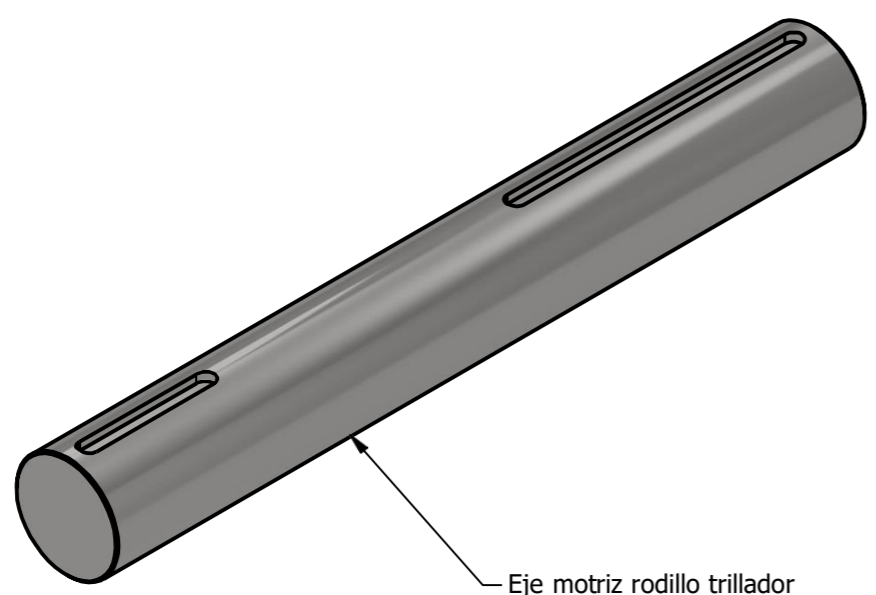
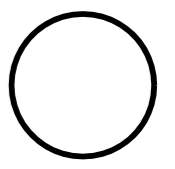
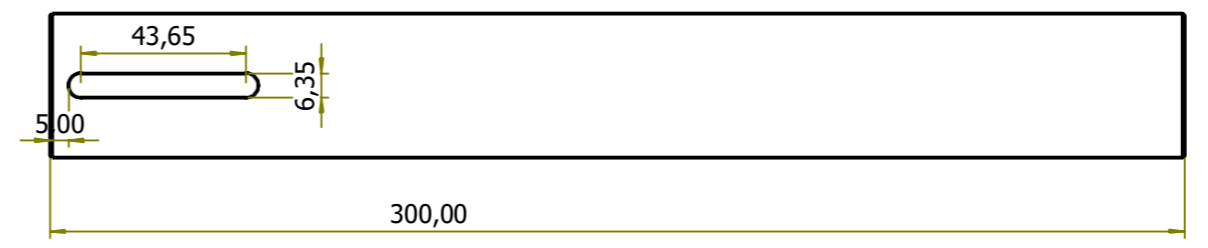
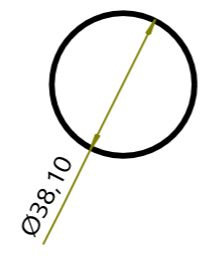
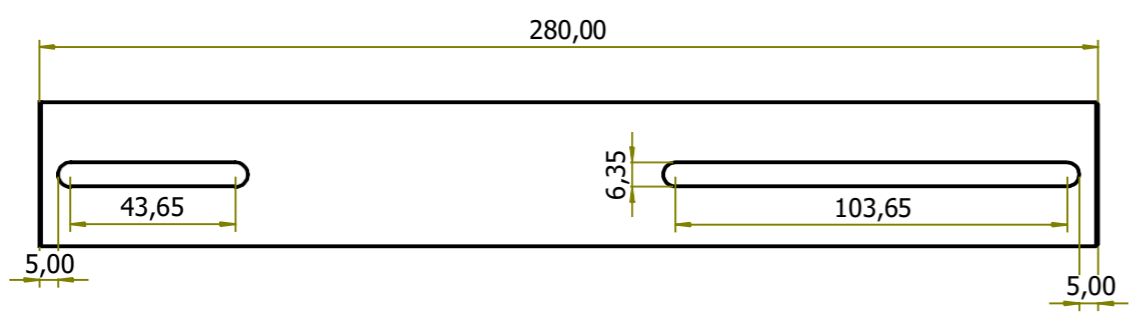
DESARROLLO



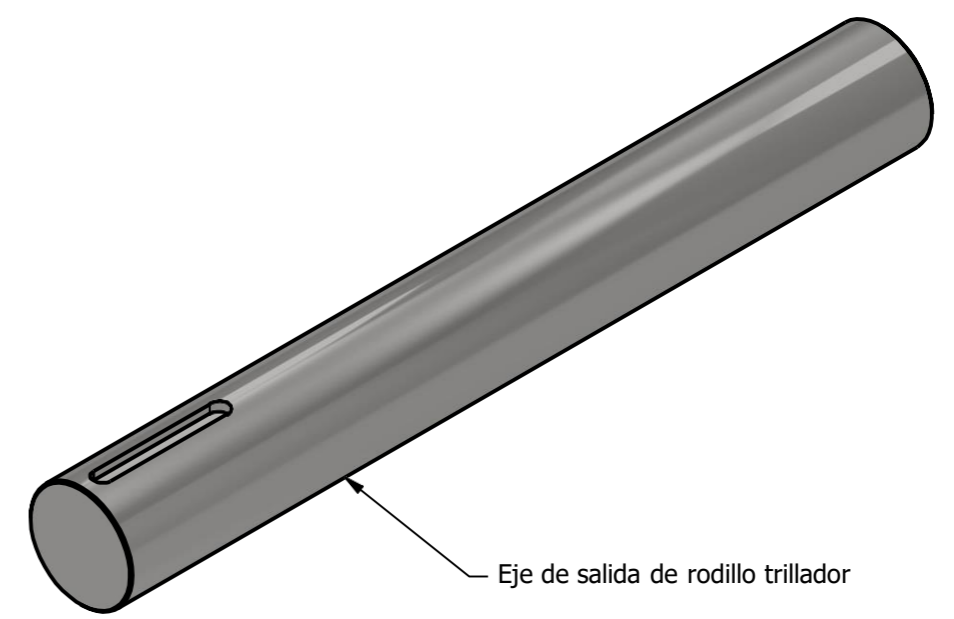
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 20,073 kg
PFA			Tubo trillador		
			Edición V1.1	Hoja 9 / 18	
			Ensamblaje principal 2D		



Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 4,503 kg
PFA			Tapa rodillo		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1

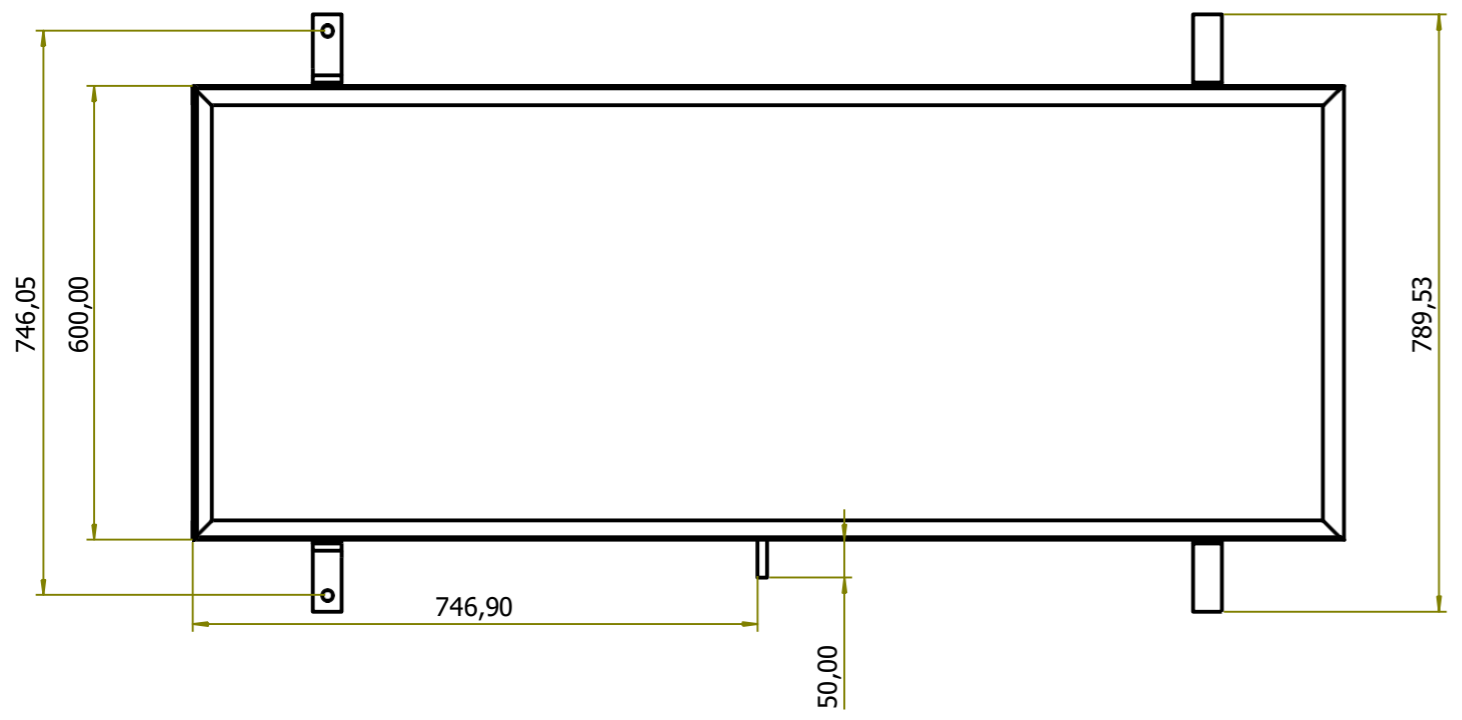
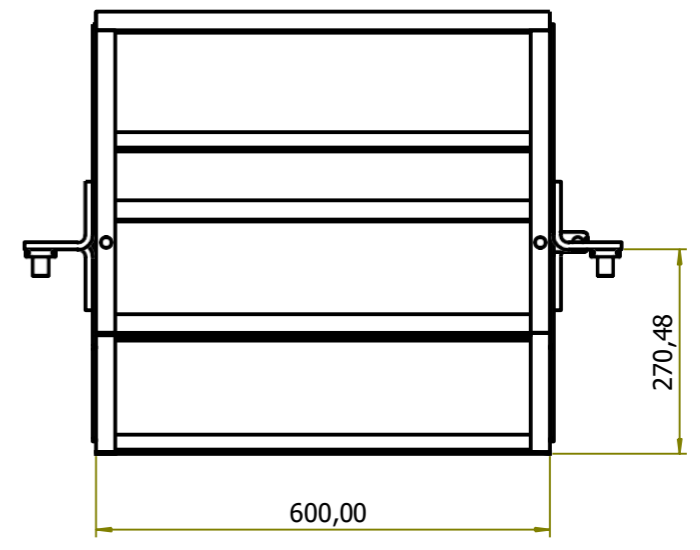
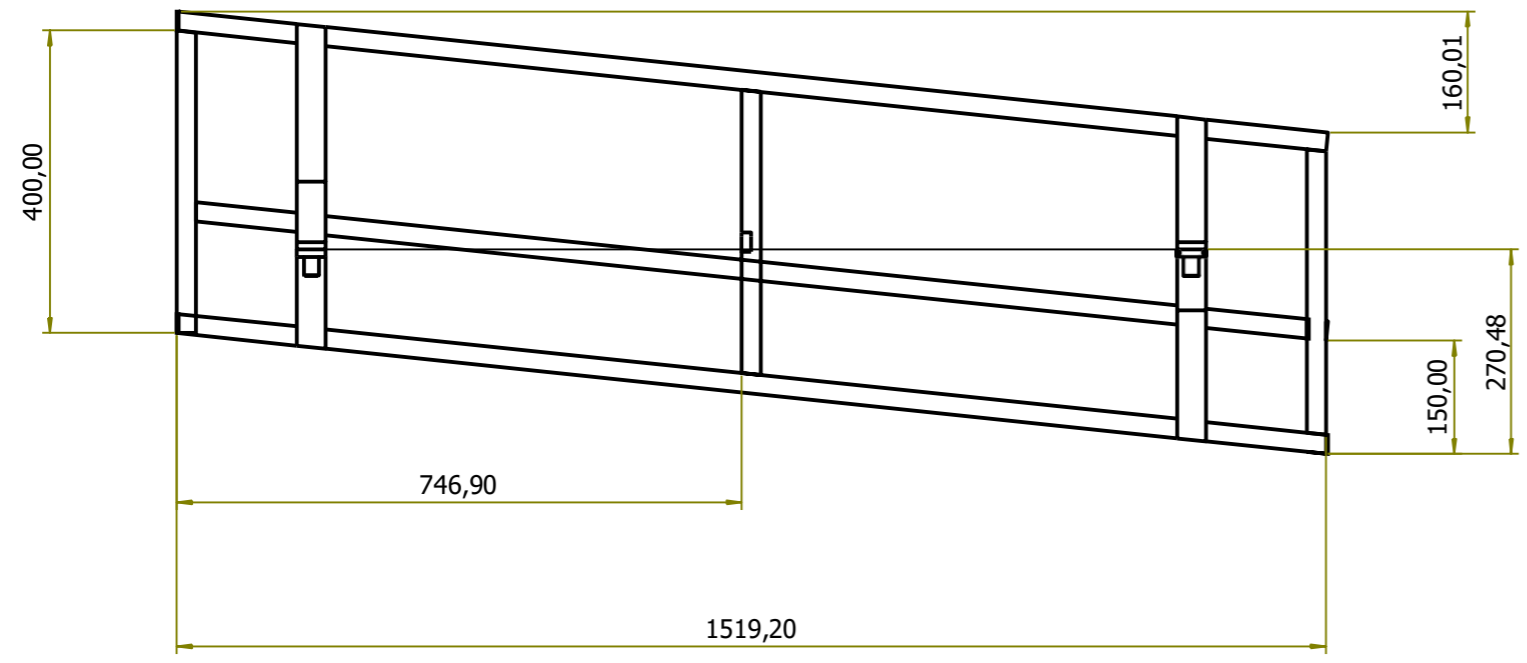


Eje motriz rodillo trillador

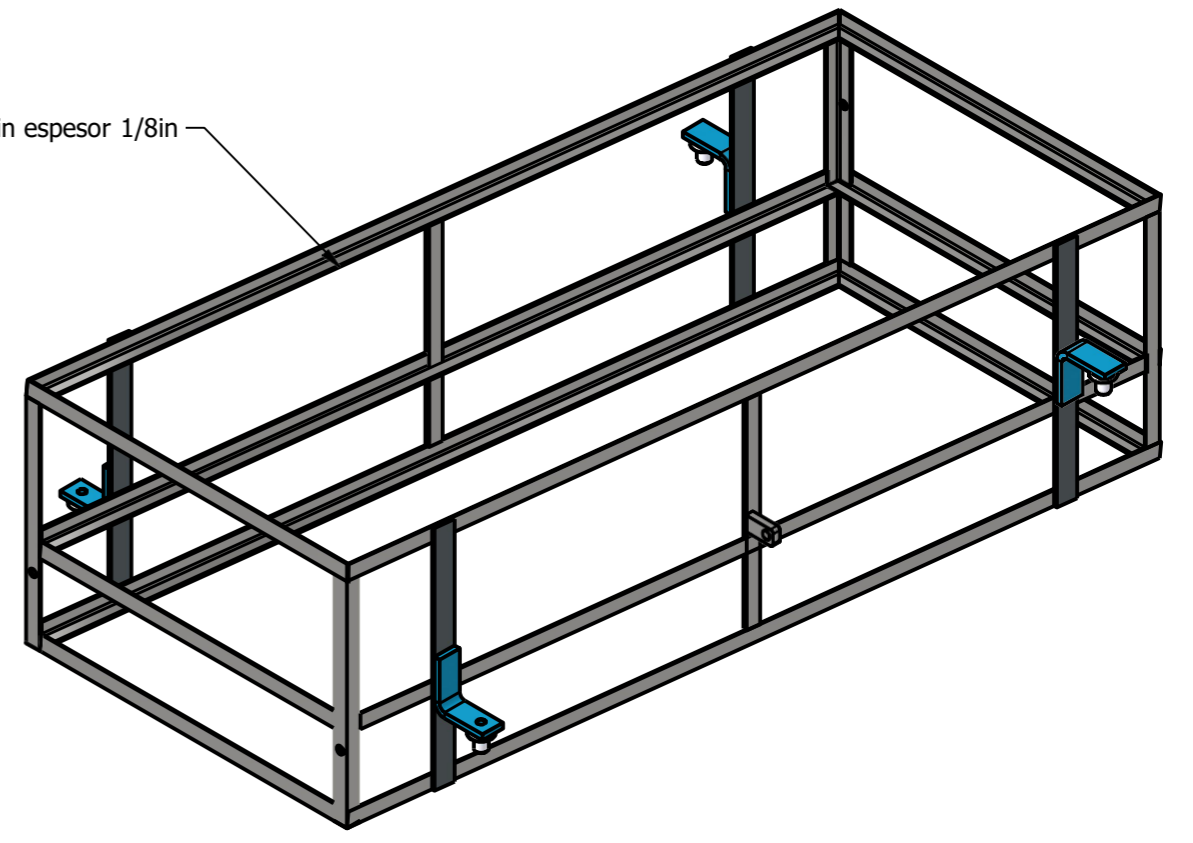


Eje de salida de rodillo trillador

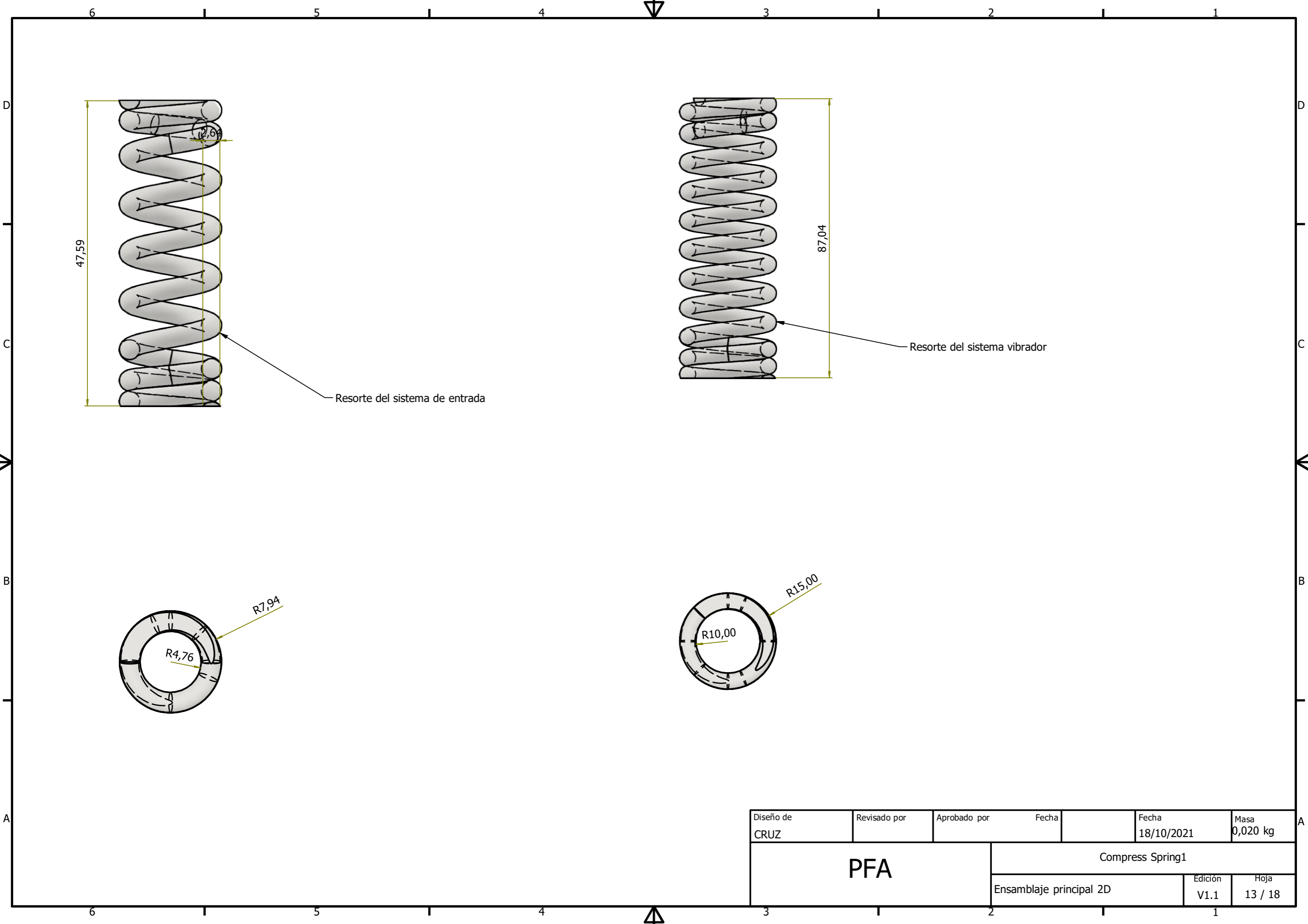
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 2,481 kg
PFA			Eje motriz		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1



Ángulo 1 1/2x 1 1/2 in espesor 1/8in

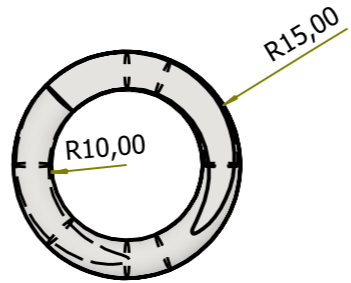
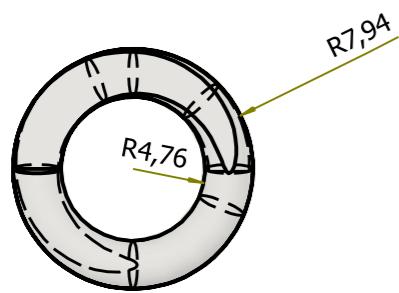


Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 22,316 kg
PFA			Estructura criba		
			Edición V1.1	Hoja 12 / 18	
Ensamblaje principal 2D					

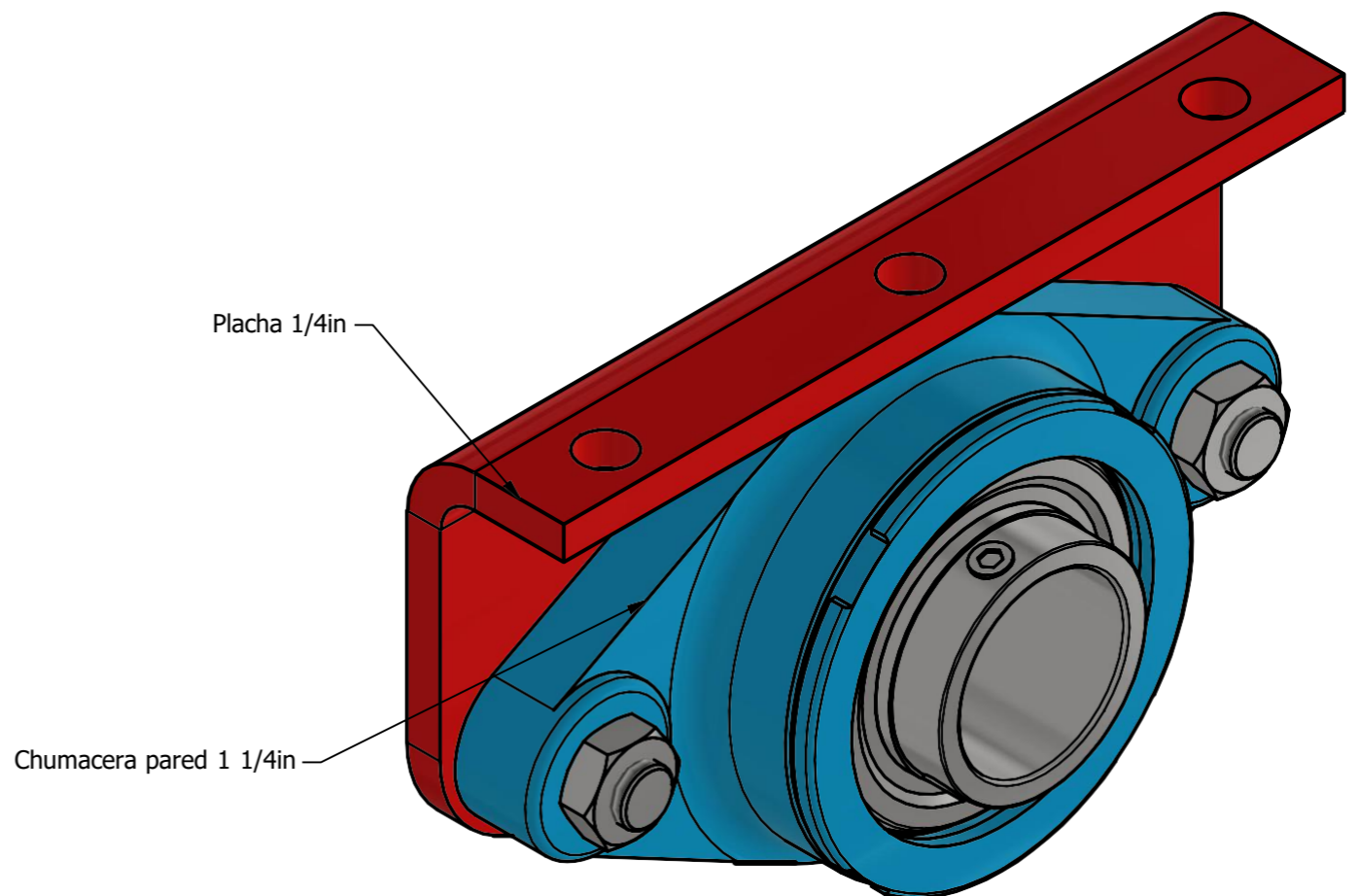
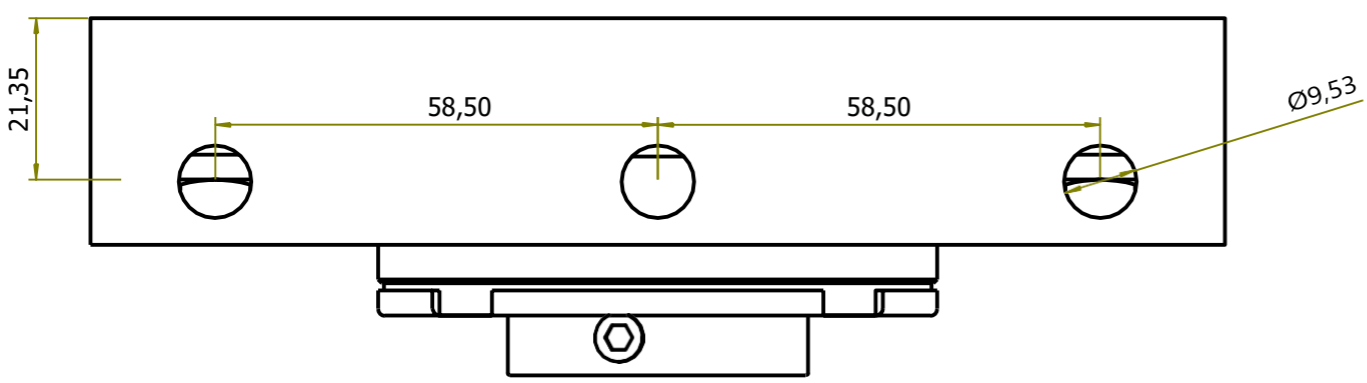
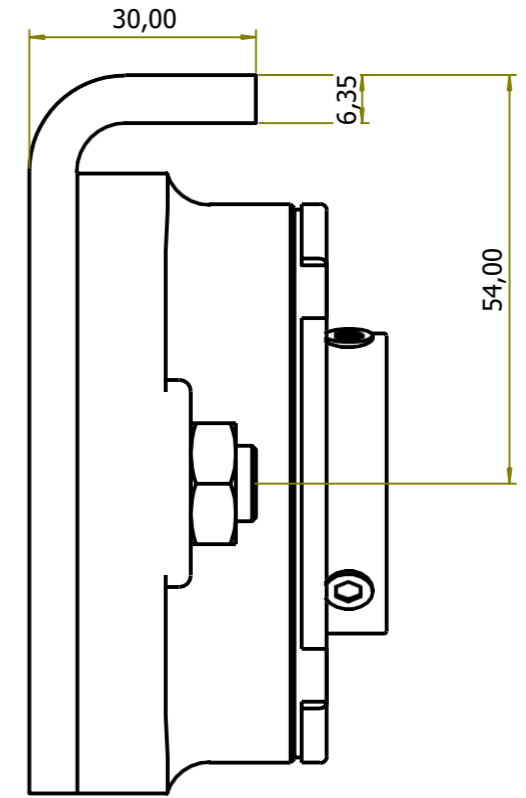
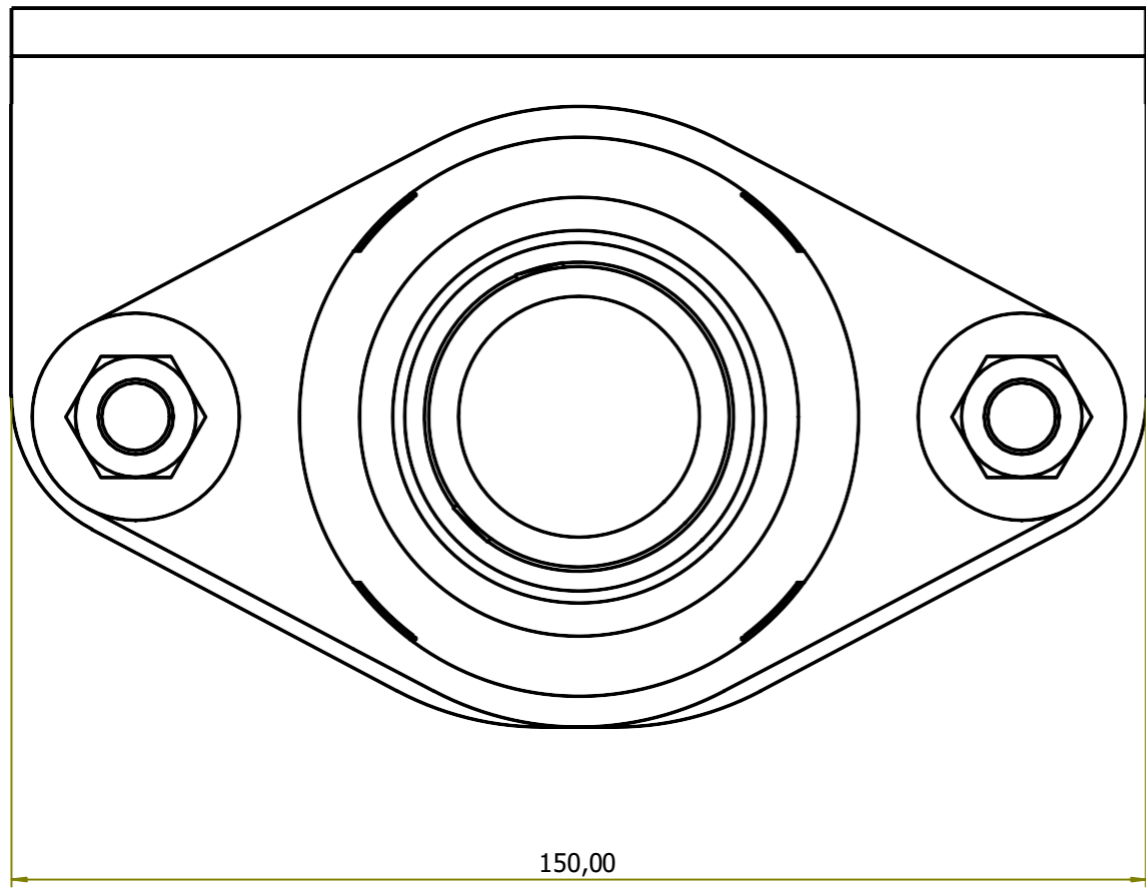


Resorte del sistema de entrada

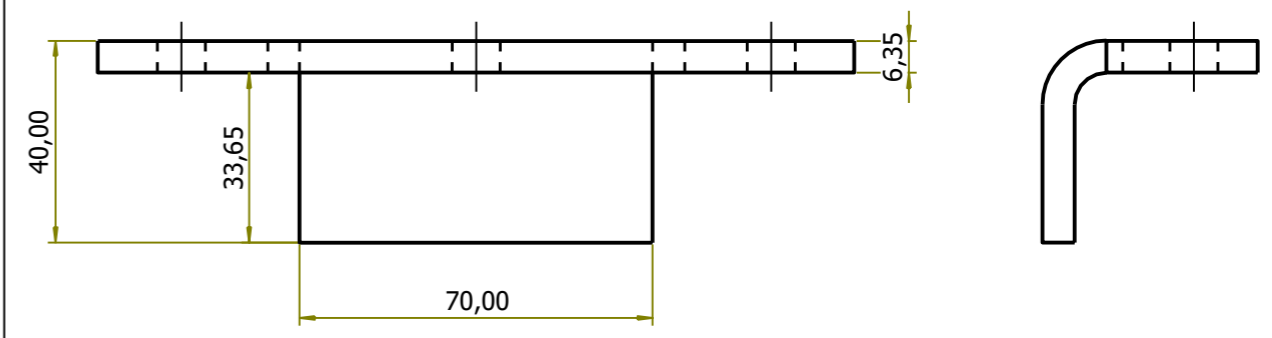
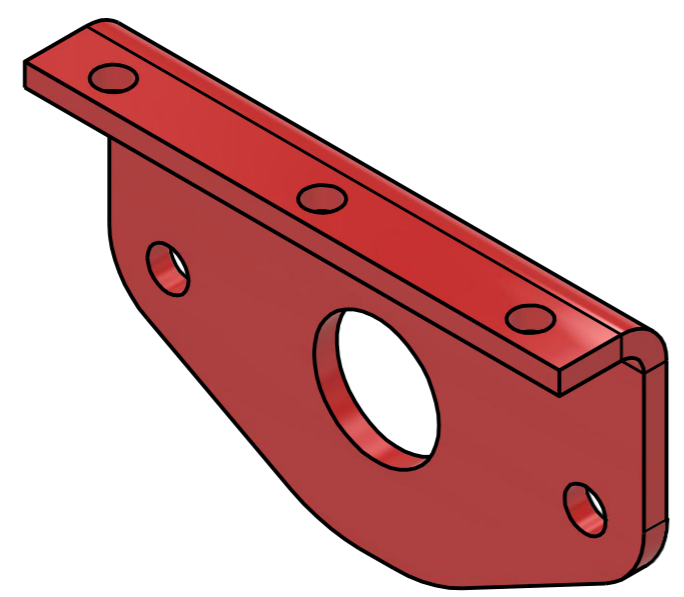
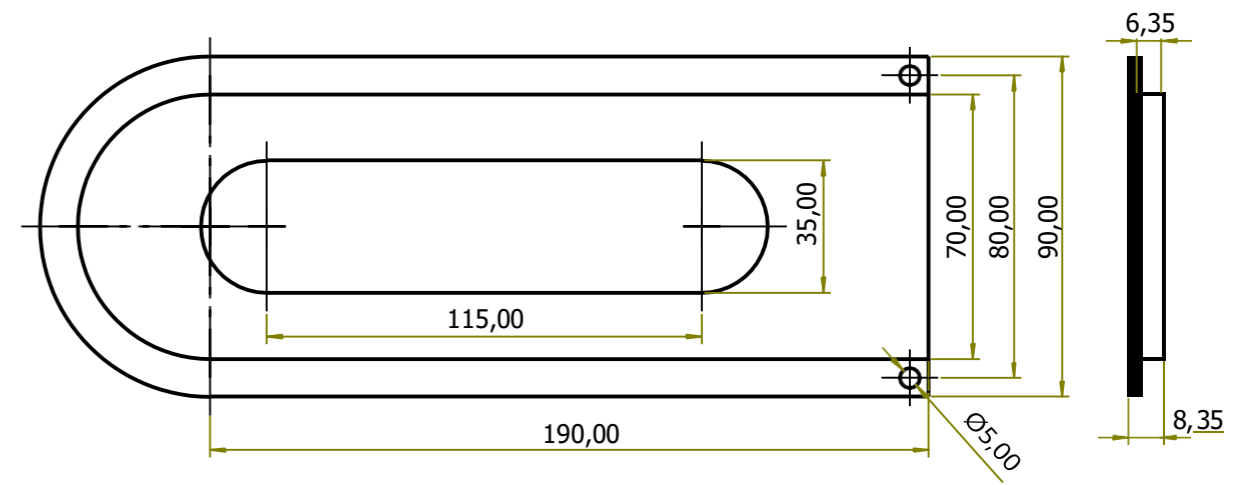
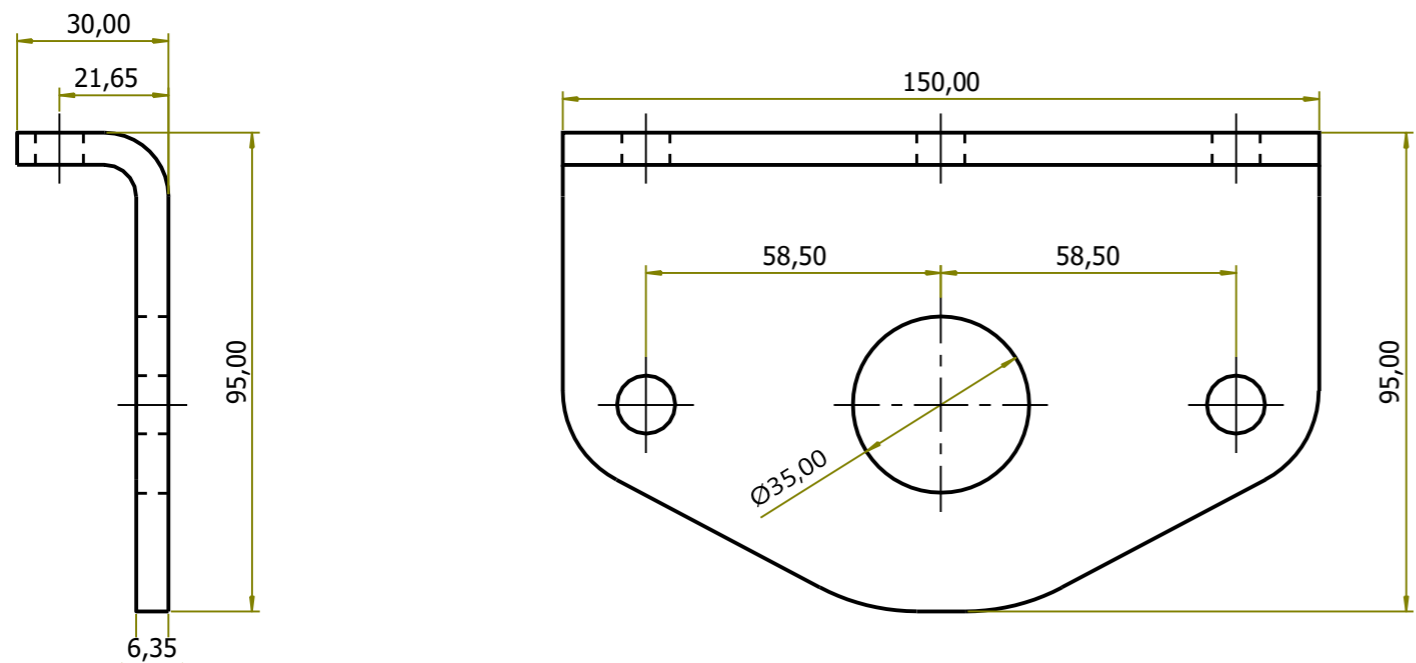
Resorte del sistema vibrador



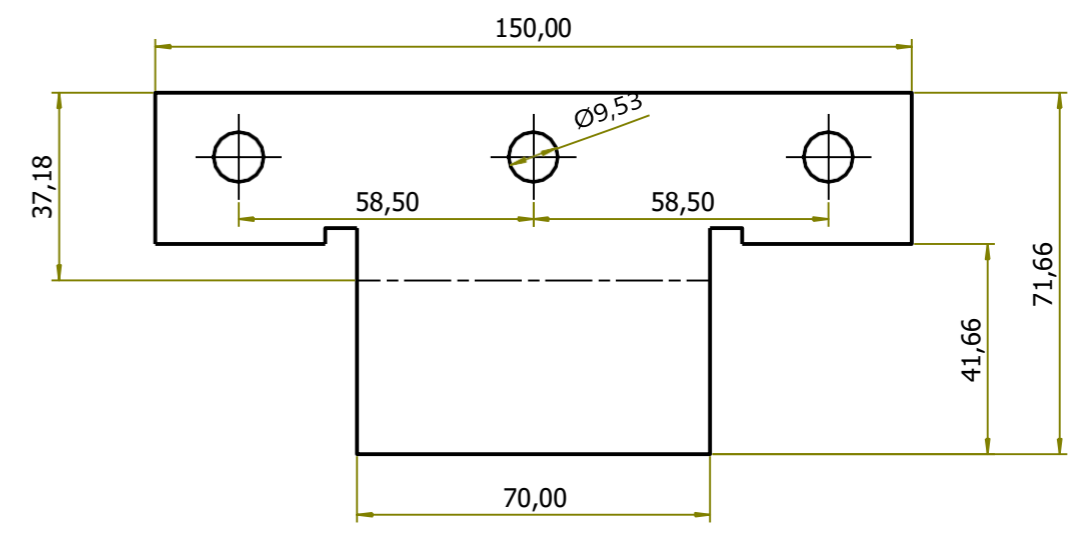
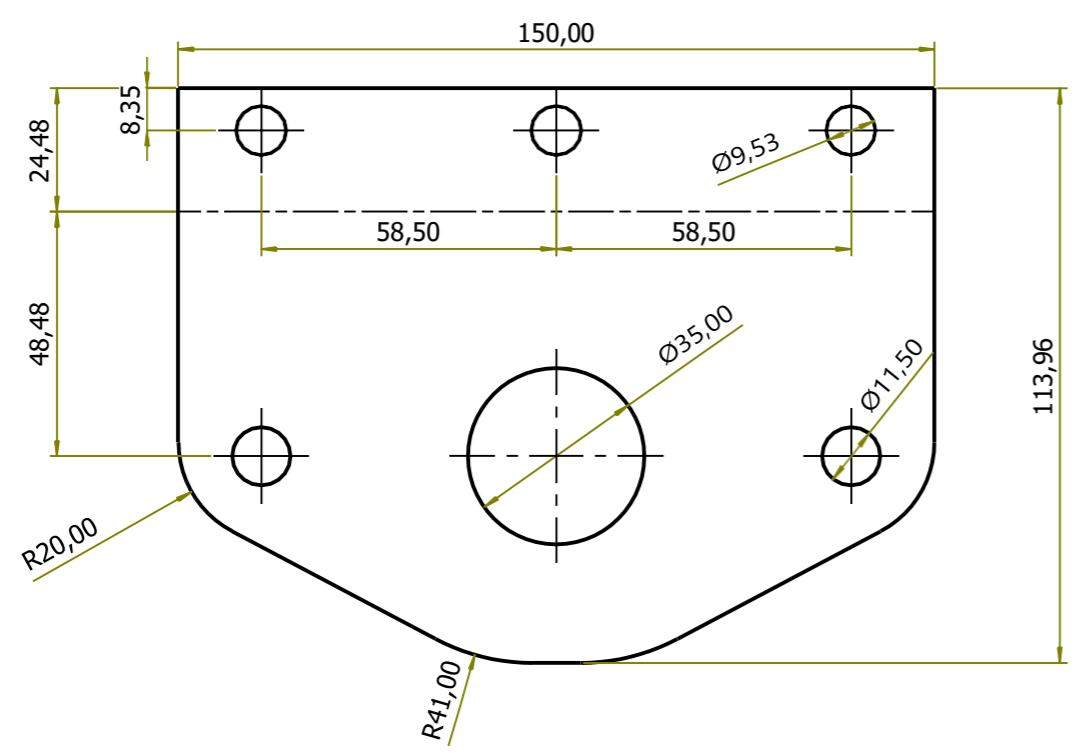
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 0,020 kg
PFA			Compress Spring1		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1



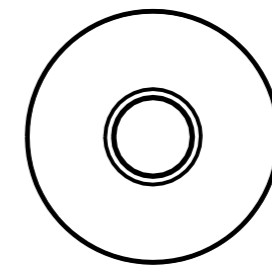
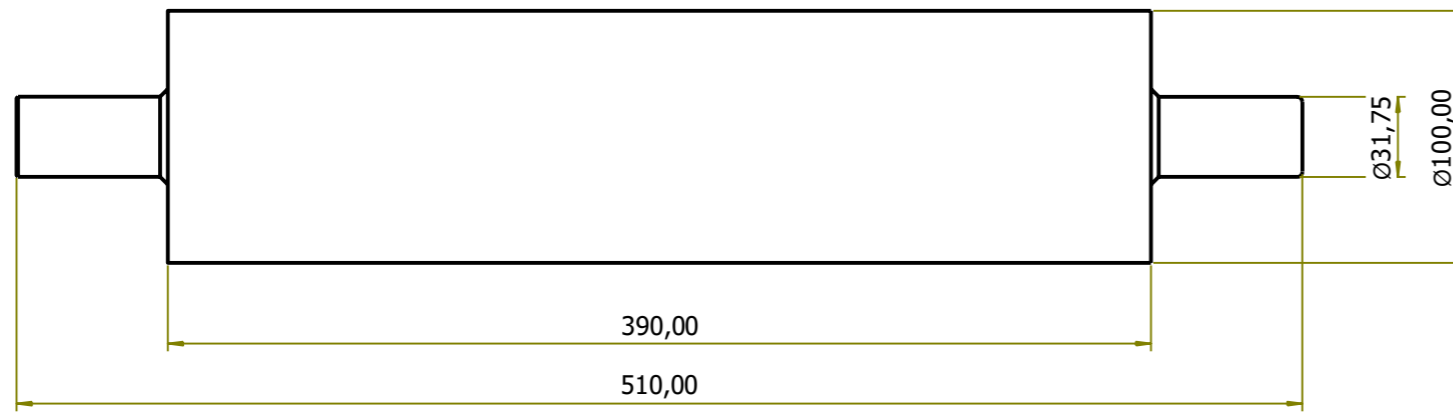
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 1,516 kg
PFA			Ensamblaje chumacera movil		
			Edicion V1.1	Hoja 14 / 18	Ensamblaje principal 2D



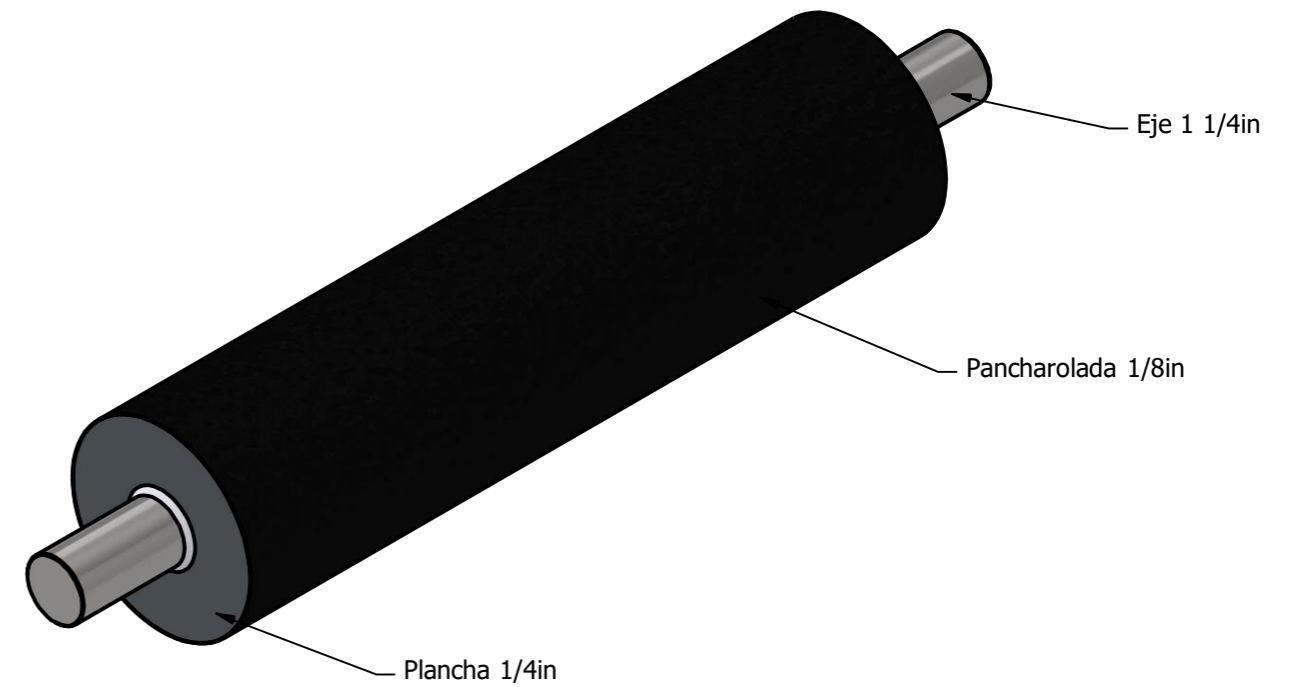
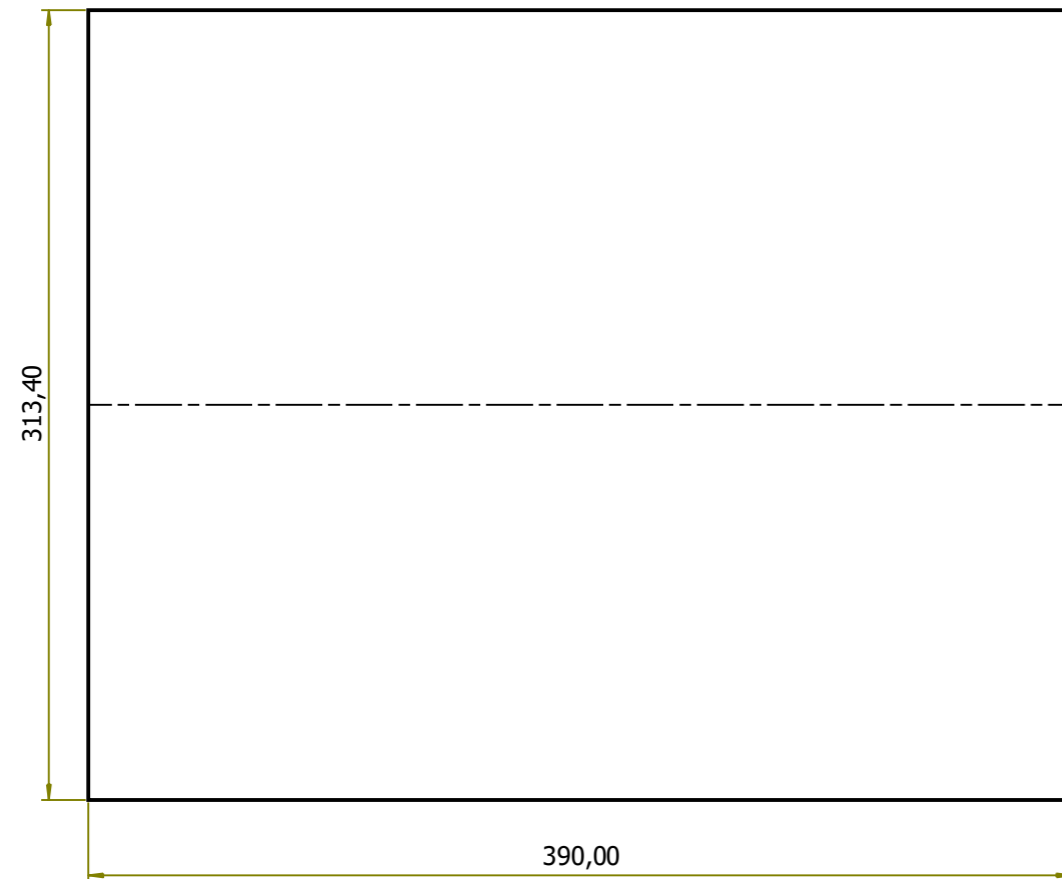
DESARROLLO



Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 0,628 kg
PFA			Base chumacera movil		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1

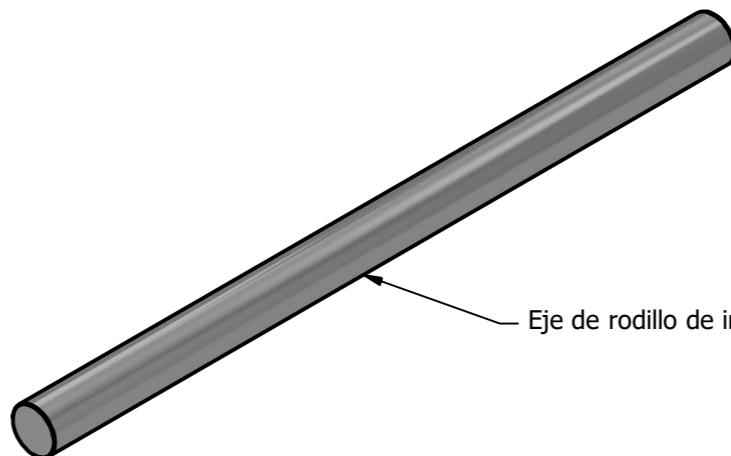
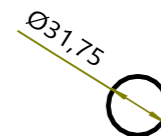
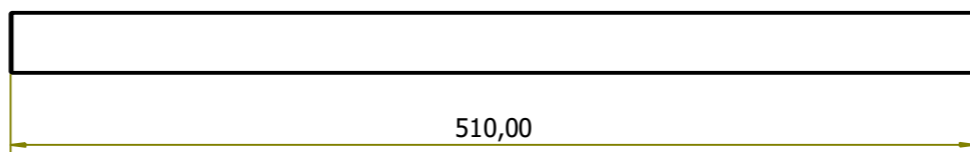
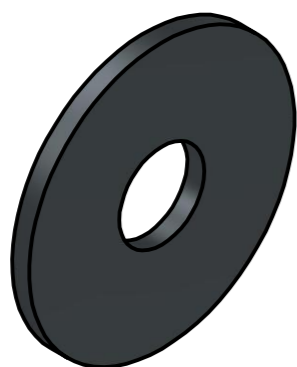
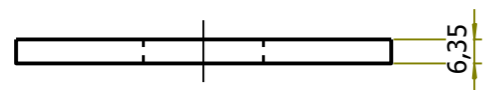
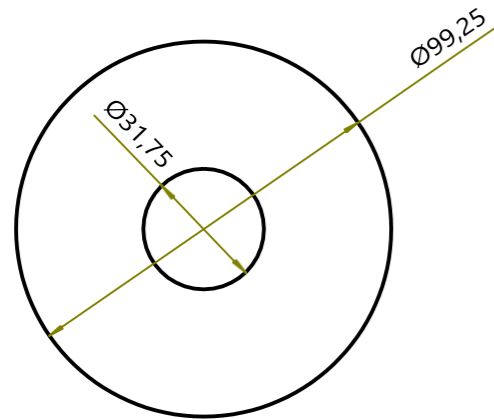


DESARROLLO MANTO

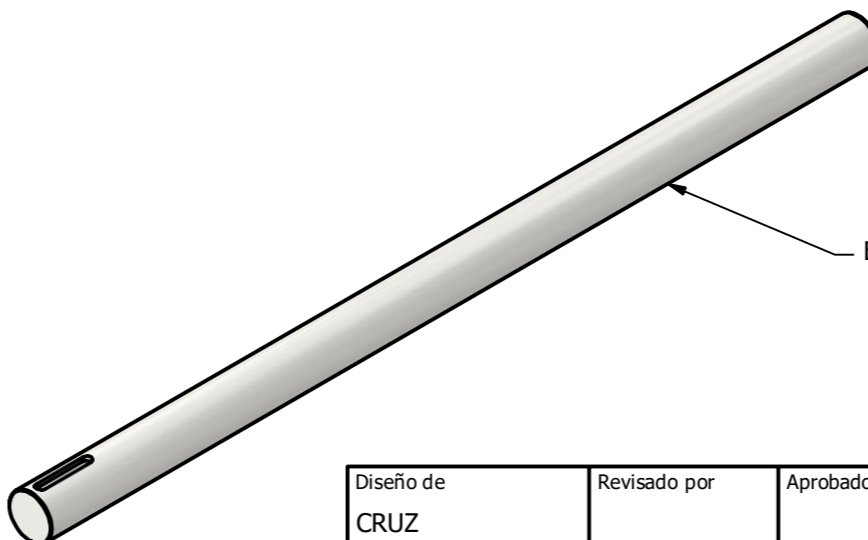
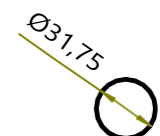
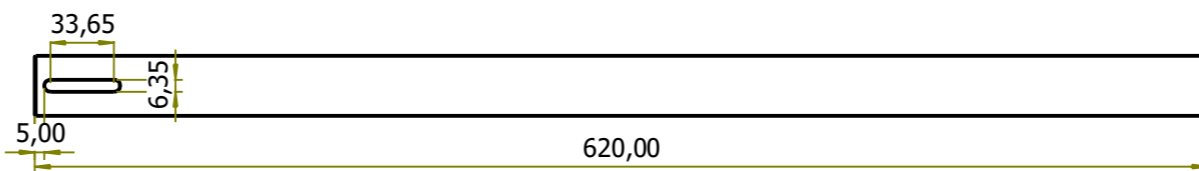


Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 3,966 kg
PFA			Ensamblaje polin de ingreso		
			Edición V1.1	Hoja 16 / 18	
			Ensamblaje principal 2D		

TAPAS POLINES DE INGRESO



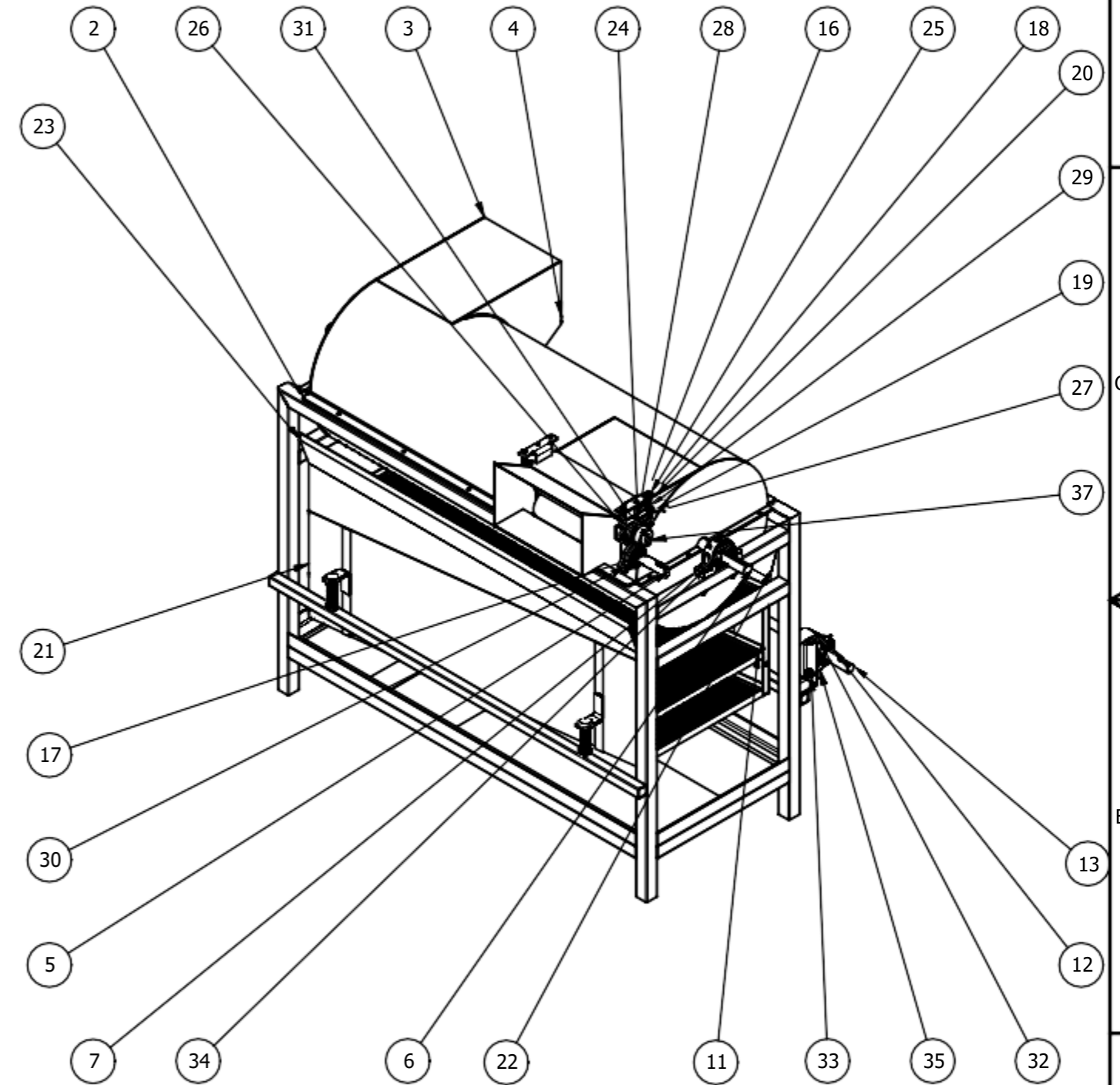
Eje de rodillo de ingreso móvil



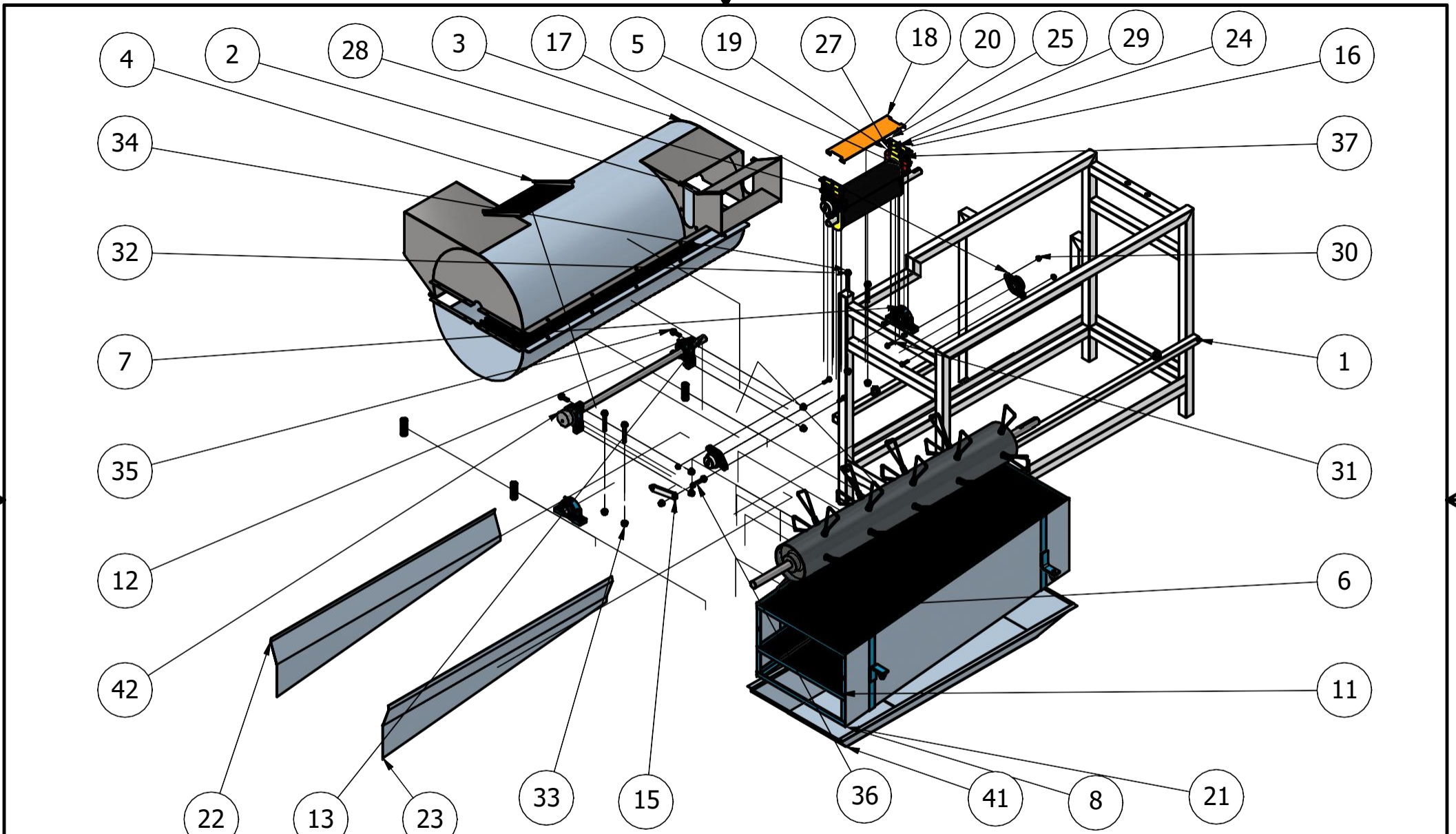
Eje motriz de rodillo de ingreso

Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 0,315 kg
PFA			Tapa manto		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1

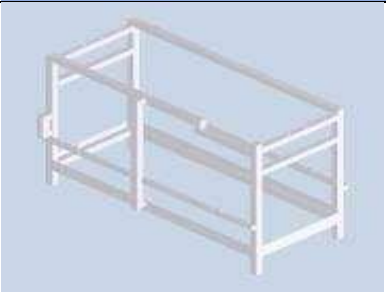

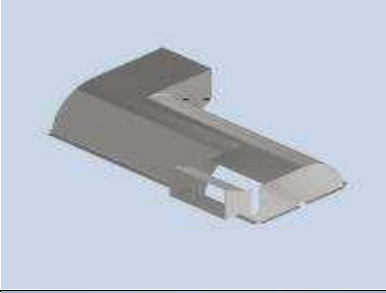
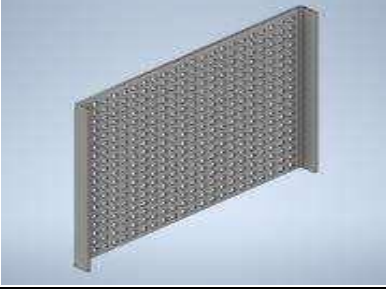

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Estructura principal	
2	1	Ensamblaje concavo	
3	1	Ensamblaje tapa concavo	
4	1	Rampa salida	
5	2	Ensamblaje polin de ingreso	
6	1	Ensamblaje rodillo trillador	
7	2	SKF_SY 1.1/2 TF	AYP_001_HC_HH_HY-AYL_001_HP-Y-bearing plummer block units
8	1	Estructura criba	
11	3	criba 5mm	
12	2	SKF_SY 1.1/4 TF	AYP_001_HC_HH_HY-AYL_001_HP-Y-bearing plummer block units
13	1	Eje zarandas	
15	1	Palanca criba	
16	2	Ensamblaje soporte rodilos	
17	2	SKF_F2BC 104S-TPZM	AYF_002HC_HH_HY_AYD_001HP-Y-bearing oval flanged units
18	1	Tapa rodillos	
19	2	Ensamblaje chumacera movil	
20	2	Soporte resortes	
21	2	Plancha lateral cribas	
22	1	Lateral izquierda	
23	1	Lateral derecha	
24	2	AS 1110 - M8 x 70	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
25	4	AS 2465 - 3/8 x 3 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados (roscas UNC y UNF)
26	1	AS 2465 - 5/16 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados
27	11	AS 2465 - 3/8 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados
28	2	AS 1112 - M8	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas
29	8	Compress Spring1	
30	8	ASTM F436 - 3/8, CW	ANSI B18.22.1 Tipo A
31	4	AS 2465 - 3/8 x 1 1/2 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados (roscas UNC y UNF)
32	18	ASTM F436 - 1/2, CW	ANSI B18.22.1 Tipo A
33	9	AS 2465 - 1/2 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados
34	4	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 4, HCSI	Tornillo de remate hex
35	4	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 1,75, HCSI	Tornillo de remate hex
36	1	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 2, HCSI	Tornillo de remate hex
37	3	SKF_ECB 506	AVA 001-End covers
41	1	Recepcion	
42	1	Acople sist vibracin	


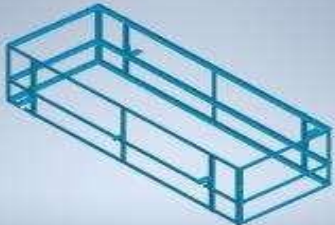





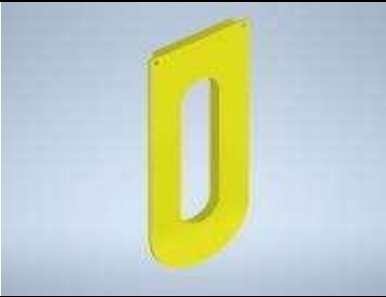

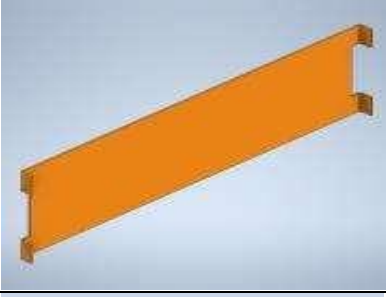


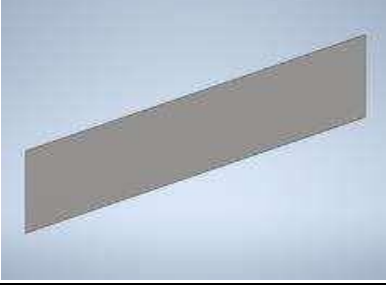
Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 18/10/2021	Masa 104554,296 kg
PFA			Ensamblaje principal		
			Ensamblaje principal 2D		Edición V1.1





Diseño de CRUZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 11/12/2021	
			DESPIECE DE SISTEMA ELECTROMECAÁNICO		
			Edición	Hoja 1 / 1	
			Ensamblaje principal montaje		







Elemento	Nº de pieza	Miniatura	Estructura de la lista de materiales	CTDAD de unidades	CTDAD	Descripción
1	Estructura principal		Inseparable	Cada una	1	Tubo cuadrado de 2" con espesor de 2mm
2	Ensamblaje concavo		Inseparable	Cada una	1	Plancha galvanizada de 1/8" y criba desmontable
3	Ensamblaje tapa concavo		Inseparable	Cada una	1	Plancha galvanizada de 1/8"
4	Rampa salida		Normal	Cada una	1	Rampa con tamaño de agujero según el tipo de grano
5	Ensamblaje polin de ingreso	*Varía*	Inseparable	Cada una	2	
6	Ensamblaje rodillo trillador		Inseparable	Cada una	1	Tubo redondo de 8"x150cm, con espesor de 1/8" y aleta de hierro redondo de 5/16" de diámetro

7	SKF_SY 1.1/2 TF		Comprado	Cada una	2	AYP_001_HC_H H_HY- AYL_001_HP-Y- bearing plummer block units
8	Estructura criba		Normal	Cada una	1	Estructura de ángulo de 1 1/2" con espesor de 1/8"
11	criba 5mm	*Varía*	Normal	Cada una	3	
12	SKF_SY 1.1/4 TF		Comprado	Cada una	2	AYP_001_HC_H H_HY- AYL_001_HP-Y- bearing plummer block units
13	Eje zarandas		Normal	Cada una	1	Eje de acero SAE 1045 con diámetro de 1 1/2"
15	Palanca criba		Normal	Cada una	1	Biela del sistema vibrador de zarandas o cibas

16	Ensamblaje soporte rodillos		Normal	Cada una	2	Soporte deslizable del rodillo en la entrada del equipo
17	SKF_F2BC 104S-TPZM		Comprado	Cada una	2	AYF_002HC_HH_HY_AYD_001H P-Y-bearing oval flanged units
18	Tapa rodillos		Normal	Cada una	1	Tapa del sistema de alimentación
19	Ensamblaje chumacera movil		Normal	Cada una	2	Soporte de chumacera móvil del sistema de alimentación
20	Soporte resortes		Normal	Cada una	2	Soporte de resortes de compresión del sistema de alimentación
21	Plancha lateral cribas		Normal	Cada una	2	Cubierta del sistema de limpieza

22	Lateral izquierda		Normal	Cada una	1	Cubierta del sistema de limpieza
23	Lateral derecha		Normal	Cada una	1	Cubierta del sistema de limpieza
24	AS 1110 - M8 x 70		Comprado	Cada una	2	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
25	AS 2465 - 3/8 x 3 UNC		Comprado	Cada una	4	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados (roscas UNC y UNF)
26	AS 2465 - 5/16 UNC		Comprado	Cada una	1	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados
27	AS 2465 - 3/8 UNC		Comprado	Cada una	11	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados

28	AS 1112 - M8		Comprado	Cada una	2	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas
29	Compress Spring1	*Varía*	Normal	Cada una	8	
30	ASTM F436 - 3/8, CW		Comprado	Cada una	8	ANSI B18.22.1 Tipo A
31	AS 2465 - 3/8 x 1 1/2 UNC		Comprado	Cada una	4	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados (rosclas UNC y UNF)
32	ASTM F436 - 1/2, CW		Comprado	Cada una	18	ANSI B18.22.1 Tipo A
33	AS 2465 - 1/2 UNC		Comprado	Cada una	9	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados

34	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC 4, HCSI		Comprado	Cada una	4	Tornillo de remate hex
35	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC 1,75, HCSI		Comprado	Cada una	4	Tornillo de remate hex
36	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC 2, HCSI		Comprado	Cada una	1	Tornillo de remate hex
37	SKF_ECB 506		Comprado	Cada una	3	AVA 001-End covers
41	Recepcion		Normal	Cada una	1	Depósito de recepción del grano
42	Acople sist vibracin		Normal	Cada una	1	Acople del sistema vibrador