



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA
SEMBRADORA DE SEMILLAS DE MAÍZ PARA
LOS AGRICULTORES EN EL DISTRITO DE
PUCALÁ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE”**

Autor:

Bach. Alex Fabrizio, Alvarez Callirgos

Asesor:

Mag. Ing. Norman Osvaldo, Aguirre Zaquinaula

Lambayeque – Perú

Agosto 2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA
SEMBRADORA DE SEMILLAS DE MAÍZ PARA
LOS AGRICULTORES EN EL DISTRITO DE
PUCALÁ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE”**

Autor:

BACH. ALEX FABRIZIO, ALVAREZ CALLIRGOS

Aprobado por el jurado examinador:

PRESIDENTE: DR. ANIBAL SALAZAR MENDOZA.....

SECRETARIO: M.SC. ING. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ.....

VOCAL: ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO

ASESOR: MAG. ING. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA

Lambayeque – Perú

Agosto 2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS


**"DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA
DE SEMILLAS DE MAÍZ PARA LOS AGRICULTORES EN EL
DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE"**

CONTENIDO

- Capítulo I: Problema de investigación
- Capítulo II: Marco teórico
- Capítulo III: Marco metodológico
- Capítulo IV: Concepción del diseño
- Capítulo V: Ingeniería de detalle
- Capítulo VI: Planos y estimación de costos

AUTOR

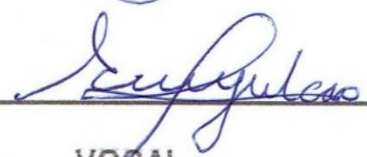
BACH. ALEX FABRIZIO, ALVAREZ CALLIRGOS



PRESIDENTE



SECRETARIO



VOCAL



ASESOR

Lambayeque – Perú

Agosto 2021



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°016-2022-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día miércoles 16 de febrero de 2022. Se reunieron vía plataforma virtual <http://meet.google.com/tgw-kpwz-vwu>, los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°052-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 14 de febrero de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA
M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO
M.Sc. Ing. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
CERTIFICO que el presente documento es copia
fidel de su original que he tenido a la vista


Ing. Oscar Mendez Cruz
SECRETARIO DOCENTE

Se recibió la tesis titulada:


“DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA DE SEMILLAS DE MAÍZ PARA LOS AGRICULTORES EN EL DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE.”

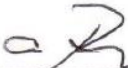
Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **ALVAREZ CALLIRGOS ALEX FABRIZIO.**


Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO**.


Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:00 p.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


Dr. Ing. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA
PRESIDENTE


M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ
SECRETARIO


ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO
MIEMBRO


M.Sc. Ing. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

CONSTANCIA DE SIMILITUD

Nº 005-2022-VIRTUAL-UINV-FIME

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, HACE CONSTAR:

Que, el Bachiller: **ALVAREZ CALLIRGOS ALEX FABRIZIO**, de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, ha cumplido con presentar la **SIMILITUD DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS (TURNITIN)**; como requisito indispensable para la sustentación de la tesis ; según detalle:

- TITULO DE LA TESIS: **“DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA DE SEMILLAS DE MAÍZ PARA LOS AGRICULTORES EN EL DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, LAMBAYEQUE”**

- INDICE DE SIMILITUD: **10 %**

- ASESOR: **MSC. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA**

Se expide la presente, para la tramitación del Título Profesional; dispuesto en la **Directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y títulos de la UNPRG.**

Lambayeque, 18 de abril del 2022

Atentamente,

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza
Director de la Unidad de Investigación FIME

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi amada hija Flavia Valentina que me dio la oportunidad de amar infinitamente y por consiguiente esforzarme por ser un ejemplo para ella.

A mis padres, Alex Alvarez Guevara y María Isabel Callirgos Guerrero quienes con paciencia y ejemplo me forjaron buenos valores.

A mis hermanos, Leandro y Lia, que son el motivo para ser cada día mejor.

A mi pareja Medalit que en todo momento confió en mí.

A mi abuela Ana Guerrero por brindarme su apoyo en todo lo que me propongo y a mi abuelo Andrés Gahona que desde el cielo continúa guiando mis pasos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por otorgarme fortaleza, salud y sabiduría.

A mis amigos y maestros de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo que son sus consejos, apoyo y orientación me permitieron crecer personal y profesionalmente.

Un especial agradecimiento a mi asesor de investigación, el Ing. Norman Aguirre Zaquinaula por sus consejos y contribución para la realización de esta tesis.

A mi madre Isabel Callirgos Guerrero por confiar y creer en mi capacidad y por sus constantes palabras de aliento para poder superarme.

A mi abuela Ana Guerrero Pusma por ser fuente de perseverancia y apoyo incondicional para la culminación de mis estudios.

A mi padre Alex Alvarez Guevara, a mi difunto abuelo Andrés Gahona Herrera, familiares y amigos apasionados por la agricultura del distrito de Pucalá, quienes me inspiraron a la realización del presente proyecto.

A mis amigos y a mis seres queridos quienes siempre creyeron en mí y me apoyaron a lo largo de mi carrera de pregrado.

RESUMEN

El trabajo presentado está centrado en el desarrollo del diseño de un prototipo de sembradora de maíz para la utilización de los pequeños agricultores de maíz del distrito de Pucalá dedicados a la comercialización del maíz en forma de planta.

La sembradora diseñada busca saciar las necesidades del agricultor pucaleño tales como contratar peones para plantar sus terrenos, la desuniformidad de semillas, el esfuerzo físico que demanda la siembra y el tiempo que demora esa actividad para sembrar 1 hectárea (aproximadamente 32 horas – hombre).

Para la concepción del diseño se utilizó la metodología de diseño en ingeniería alemana VDI 2221 en sus cuatro pasos: la definición del producto, diseño conceptual, diseño de materialización y diseño de detalle. De igual manera para el diseño del prototipo se emplearon herramientas informáticas de ingeniería como Excel, Arduino IDE, Proteus y el software Autodesk Inventor.

Como consecuencia se diseñaron los componentes de la máquina tales como el dosificador, el árbol de transmisión, la tolva, la alarma y selección de cadena y rodamientos, tomando en cuenta aspectos del cultivo de maíz en el departamento de Lambayeque, obteniendo un prototipo de uso fácil, que consigue la siembra de 1 hectárea de maíz en un tiempo equivalente a 6 horas, sembrada sólo por un operario; asimismo el precio de construcción resultó accesible para un agricultor. Cabe hacer mención que es aconsejable desarrollar el primer ejemplar para verificar rendimientos reales y según ello hacerle los ajustes que corresponden para luego pasar a su producción en masa.

Palabras clave: Sembradora de maíz, VDI 2221, diseño mecánico, dosificador de semillas.

ABSTRACT

The work presented is focused on the development of the design of a prototype of a corn planter; a mechanical tool for the use of small corn farmers in the district of Pucalá dedicated to the commercialization of corn in plant form.

The planter designed seeks to satisfy the needs of the Pucaleño farmer such as hiring laborers to plant their land, the unevenness of seeds, the physical effort required for sowing and the time it takes for this activity to sow 1 hectare (approximately 32 man-hours).

For the conception of the design, the German engineering design methodology VDI 2221 was used in its four steps: product definition, conceptual design, materialization design and detail design. Similarly, for the design of the prototype, computer engineering tools such as Excel, Arduino IDE, Proteus and Autodesk Inventor software were used.

As a consequence, the components of the machine were designed such as the dispenser, the transmission shaft, the hopper, the alarm and selection of the chain and bearings, taking into account aspects of the cultivation of corn in the department of Lambayeque, obtaining a prototype of use easy, which achieves the sowing of 1 hectare of corn in a time equivalent to 6 hours, sown only by one operator; also, the construction price was accessible for a farmer. It should be mentioned that it is advisable to develop the first copy to verify real yields and accordingly make the corresponding adjustments and then go on to mass production.

Keywords: Corn planter, VDI 2221, mechanical design, seed feeder.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
ÍNDICE	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Justificación e importancia del estudio	4
1.4. Objetivos	4
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes del problema.....	5
2.2. Base Teórica	7
2.2.1. El cultivo del maíz.....	7
2.2.2. Tipos de maíz en la región Lambayeque	8
2.2.3. Preparación y manejo del suelo.....	11
2.2.4. Selección de la semilla	11
2.2.5. Métodos de siembra	11
2.2.6. Profundidad de siembra.....	12
2.2.7. Densidad de siembra	12
2.2.8. Función de la siembra mecanizada	13
2.2.9. Tipos de sembradoras	14
2.2.10. Tipos de dosificadores de semillas.....	15
2.2.11. Funcionamiento de una sembradora.....	19
2.3. Hipótesis.....	21
3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	21
3.1. Metodología de Investigación.....	21
3.2. Tipo de Investigación.....	23
3.3. Diseño de Investigación	24
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	24
4. CAPÍTULO IV: CONCEPCIÓN DEL DISEÑO	26
4.1. Lista de exigencias.....	26
4.2. Estructura de funciones.....	29
4.2.1. Secuencia de operaciones.....	29

4.2.2.	Aplicaciones técnicas y limitaciones	30
4.2.3.	Estructura de funciones	31
4.3.	Matriz morfológica	32
4.4.	Conceptos solución	33
4.4.1.	Concepto solución 1 (CS1)	33
4.4.2.	Concepto solución 2 (CS2)	33
4.4.3.	Concepto solución 3 (CS3)	34
4.5.	Evaluación técnica.....	35
4.6.	Evaluación económica.....	36
4.7.	Evaluación final de los conceptos solución	37
5.	CAPÍTULO V: INGENIERÍA DE DETALLE	38
5.1.	Densidad poblacional	38
5.2.	Tiempo aproximado para sembrar 1 ha.....	39
5.3.	Tolva.....	40
5.4.	Rueda motriz	43
5.4.1.	Velocidad angular y RPM	43
5.5.	Rueda compactadora	45
5.6.	Sistema de dosificación de semillas	45
5.6.1.	Dosificador de Rodillo Acanalado	45
5.6.2.	Número de ranuras	46
5.6.3.	Volumen de las ranuras	48
5.6.4.	Torque en el rodillo acanalado.....	50
5.6.5.	Potencia en el rodillo acanalado	53
5.6.6.	Selección de cadena.....	53
5.6.7.	Cálculo del árbol de transmisión	59
5.6.8.	Selección de los rodamientos	70
5.7.	Chasis	75
5.8.	Reja surcadora	76
5.9.	Cadena tapadora.....	77
5.10.	Manubrio de empuje	78
5.11.	Descarga.....	79
5.12.	Alarma.....	79
6.	CAPÍTULO VI: PLANOS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	91
6.1.	Relación de planos.....	91
6.2.	Estimación de costos.....	139
	CONCLUSIONES.....	142
	RECOMENDACIONES	143
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
	ANEXOS	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidades de siembra según tipo de semilla utilizada.....	13
Tabla 2. Recomendación del sistema dosificador según el tamaño de semilla	16
Tabla 3. Etapas del proceso de diseño.....	22
Tabla 4. Formato de lista de exigencias	25
Tabla 5. Lista de exigencias	26
Tabla 6. Valor técnico.....	36
Tabla 7. Valor económico	36
Tabla 8. Evaluación de los conceptos solución	37
Tabla 9. Características de la semilla de maíz	40
Tabla 10. Valores probables de aceleración angular (rad/s ²)	52
Tabla 11. Especificaciones para las cadenas de rodillos ANSI.....	57
Tabla 12. Propiedades mecánicas del acero AISI 1015.....	67
Tabla 13. Duración en horas de servicio para diferentes tipos de máquinas	73
Tabla 14. Rodamientos rígidos de bolas	75
Tabla 15. Presupuesto de la alarma.....	89
Tabla 16. Planos y sus códigos.....	91
Tabla 17. Precio de materiales y componentes seleccionados	140
Tabla 18. Precio de fabricación de elementos	141
Tabla 19. Precio de manufactura.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Forraje verde para alimentación de cuyes.....	8
Figura 2.	Planta maíz amarillo duro.....	10
Figura 3.	Maíz amarillo duro.....	10
Figura 4.	Siembra a golpes en terreno de cultivo en Pucalá.....	12
Figura 1.	Dosificador de cucharillas.....	17
Figura 2.	Dosificador de cilindros acanalados.....	17
Figura 3.	Dosificador de dientes Chevrón.....	17
Figura 4.	Dosificador centrífugo.....	18
Figura 5.	Dosificador neumático.....	19
Figura 6.	Abridores de surco.....	20
Figura 7.	Elementos constructivos de una sembradora de precisión.....	20
Figura 8.	Etapas del proceso de diseño según la VDI 2221.....	23
Figura 9.	Abstracción de caja negra.....	29
Figura 10.	Estructura de funciones.....	31
Figura 11.	Matriz morfológica.....	32
Figura 12.	Esquema de solución 1.....	33
Figura 13.	Esquema de solución 2.....	34
Figura 14.	Esquema de solución 3.....	35
Figura 15.	Gráfico de toma de decisión.....	37
Figura 16.	Terreno de 1Ha.....	39
Figura 17.	Dimensiones principales de la tolva.....	42
Figura 18.	Tolva.....	43
Figura 19.	Rueda motriz.....	44
Figura 20.	Rueda compactadora.....	45
Figura 21.	Vista isométrica y vista delantera del dosificador de rodillo acanalado.....	46
Figura 22.	Paso de las semillas por el sistema dosificador.....	47
Figura 23.	Sistema dosificador.....	50
Figura 24.	DCL del rodillo acanalado.....	51
Figura 25.	Esquema transmisión de potencia.....	54
Figura 26.	Capacidades de las cadenas de rodillos.....	58
Figura 27.	Árbol de transmisión.....	59

Figura 28.	Esquema árbol de transmisión	59
Figura 29.	DCL del árbol de transmisión.....	60
Figura 30.	DCL de la catalina.....	60
Figura 31.	DCL del dosificador de rodillo acanalado	61
Figura 32.	Fuerzas en el plano X – Z.....	63
Figura 33.	Diagrama de fuerza cortante plano X – Z	64
Figura 34.	Diagrama de momento flector plano X – Z.....	65
Figura 35.	Fuerzas en el plano X – Y.....	65
Figura 36.	Diagrama de fuerza cortante plano X – Y	66
Figura 37.	Diagrama de momento flector plano X – Y.....	67
Figura 38.	Coeficientes X e Y para rodamientos rígidos de bolas	74
Figura 39.	Chasis.....	76
Figura 40.	Reja surcadora.....	77
Figura 41.	Cadena tapadora.....	78
Figura 42.	Manubrio de empuje.....	78
Figura 43.	Tubo de descarga	79
Figura 44.	Sensor ultrasónico HC-SR04.....	80
Figura 45.	Buzzer	80
Figura 46.	Microcontrolador Atmega 328P.....	81
Figura 47.	Regulador de voltaje Transistor LM7805.....	81
Figura 48.	Cristal oscilador de cuarzo	82
Figura 49.	Batería Duracell 9V	82
Figura 50.	Cable electrónico.....	83
Figura 51.	Switch ON/OFF	83
Figura 52.	Ubicación de la alarma.....	84
Figura 53.	Placa electrónica diseñada en el software Proteus.....	85
Figura 54.	Conexiones del aditivo electrónico en software Proteus	85
Figura 55.	Declaración del sensor – alarma y las variables	86
Figura 56.	Inicialización del sensor - alarma.....	87
Figura 57.	Lectura de los datos recibidos por el sensor	88
Figura 58.	Ejecución de lógica	88
Figura 59.	Ensamble del prototipo de sembradora de maíz	90

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo de mucho significado para el Perú, tanto por sus aportes alimenticios para las familias y sus animales, así como por ser un generador de trabajo, por consiguiente, el cultivo de maíz representa un impulsor de la economía local, regional y nacional. Por otro parte, para que un cultivo de maíz sea ventajoso es imprescindible un adecuado plan de producción, siendo la fase de siembra la más relevante de dicho plan debido a que de ella es dependiente la proporción de semillas por área sembrada, de la profundidad, contacto con la tierra, temperatura y humedad correcta que garantice el adecuado brote y aumento de las plantas.

La finalidad de la tesis es el diseño de un prototipo de una máquina sembradora de maíz que sea una herramienta sencilla y precisa. De forma que cubra los requerimientos de siembra de los pequeños agricultores de maíz.

La tesis comienza con la explicación de las deficiencias que existen en Pucalá, distrito perteneciente a la provincia de Chiclayo; en el cual los agricultores dedicados al cultivo de maíz no cuentan con una herramienta que facilite la siembra uniforme de los granos de maíz. En el capítulo III se explica el marco metodológico comprendido por la metodología de diseño VDI 2221 en sus cuatro etapas. En el capítulo IV se aplica las recomendaciones de la VDI 2221 con el fin de obtener un diseño apropiado que se adapte a las características y necesidades del agricultor en Pucalá. En el capítulo V se explica la ingeniería de detalle compuesta por los cálculos justificativos del prototipo y donde se emplearon herramientas informáticas de ingeniería como Excel, Arduino IDE, Proteus y el software Autodesk Inventor. En el capítulo VI se describen los planos y el precio del diseño. Por último, se presentan las conclusiones adquiridas durante la realización de la presente tesis y las recomendaciones como probables mejoras del prototipo.

1. CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Lambayeque es una región que destaca por el desarrollo de la agricultura, ya que cuenta con un clima constante que posibilita cultivar durante todo el año. De igual manera, esta región cuenta con más horas luz al día que otras zonas agrícolas. Cabe resaltar que esta labor data de una antigüedad de casi 4 000 años en esta zona. (Banco Central de Reserva del Perú, 2008)

En el departamento Lambayeque, el maíz amarillo duro es uno de los principales cultivos ocupando el tercer puesto de la producción agrícola regional. A nivel nacional, el departamento de Lambayeque ocupa el cuarto puesto en producción de maíz amarillo duro. (Gobierno Regional de Lambayeque, 2018)

No obstante, la región tiene un nivel tecnológico bajo para manejar los cultivos, ya que solo las grandes empresas agrícolas cuentan con una gran capacidad técnico - profesional y un servicio de mecanización que les posibilita atender de manera persistente las necesidades de su proceso productivo.

Situación contraria es la del pequeño productor que no cuenta con acceso directo al uso de maquinaria por ser económicamente elevado en cuanto a los costos de alquiler del servicio. (Gobierno Regional de Lambayeque, 2018)

El distrito de Pucalá está localizado al este de la provincia de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque. Pucalá tiene una extensión territorial de 175,81 Km², y está por sobre los 54 m.s.n.m., la localización territorial de Pucalá posibilita que el distrito goce de un clima soleado la mayor parte del año, un atributo que en compañía del elevado contenido de materia orgánica en sus suelos beneficia la

agricultura local, primordialmente la de caña de azúcar y el maíz. (Distrito de Pucalá, 2021)

En el distrito de Pucalá, muchas familias se dedican al cultivo de maíz y es cosechado y vendido en forma de planta (panca). Debido a que la gente cría animales que se alimentan de esto, las plantas de maíz son muy demandadas por lo cual es importante tener un continuo abastecimiento de panca.

El maíz se siembra utilizando la técnica tradicional de golpes que consiste en golpear el suelo con una pala para depositar un número determinado de semillas espaciados entre 20 – 30 cm y a una profundidad aproximada de 5 cm (Hidalgo, 2013). Esto genera algunas desventajas como la desuniformidad en la distribución de semillas, un gran esfuerzo físico y el tiempo que demora esa actividad ya que se requieren aproximadamente 32 horas - hombre para sembrar 1 hectárea de maíz por lo que el dueño de la parcela tiene la necesidad de contratar peones¹.

Tomando en cuenta lo anterior expuesto, se estimó primordial diseñar un prototipo de sembradora mecánica que sea eficiente y sencilla en su uso que represente una solución a las necesidades de un pequeño productor de maíz del distrito de Pucalá.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo diseñar un prototipo de una máquina sembradora de maíz que permita obtener una herramienta sencilla y eficiente para un pequeño productor de maíz del distrito de Pucalá?

¹ Información recopilada por el autor.

1.3. Justificación e importancia del estudio

La finalidad primordial de la siembra mecanizada es proveer a la semilla condiciones apropiadas para una inmediata germinación y un buen crecimiento; por esa razón podría decirse que la sembradora es la herramienta agrícola que afecta directamente en la producción de las cosechas, debido a que provee la porción necesaria de semillas por hectárea, profundidad, contacto con la tierra, temperatura y humedad correcta, que asegure su desarrollo. (Polanco, 2007)

Por medio de la investigación se implementará un prototipo de sembradora de maíz de bajo precio que permitirá mejorar la eficiencia del plantado, reducir el esfuerzo físico llevado a cabo y minimizar los tiempos de producción empleados en la siembra.

Del mismo modo, con el diseño del prototipo de sembradora de maíz se está impulsando la tecnología agrícola en la región Lambayeque.

1.4. Objetivos

General: Diseñar un prototipo de máquina sembradora de semillas de maíz que satisfaga las necesidades de un pequeño agricultor de maíz del distrito de Pucalá.

Específicos:

- Aplicar la metodología de diseño VDI 2221 para la concepción del diseño.
- Comprender los dispositivos de dosificación de granos.
- Escoger, calcular y dimensionar los principales elementos de la máquina sembradora para las condiciones en la cual va a ser empleada.
- Desarrollar los planos del prototipo de sembradora con Autodesk Inventor.

- Estimar el costo total para la fabricación del prototipo.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

A lo largo de la historia, el hombre ha ideado muchos aparatos manuales para trabajar la tierra y facilitar la agricultura. En la actualidad, estos métodos todavía se aplican y sumado al crecimiento de la tecnología han sido reemplazados por máquinas cada vez de mayor capacidad de operación. (Cortéz, Álvarez, & González, 2009)

En el desarrollo de sembradoras se menciona a Jethro Tull (Inglaterra, 1731) como la persona que construyó la primera máquina sembradora de grano; en su libro “La nueva labranza mediante la tracción equina” (The New Horse-Hoeing Husbandry) dio a conocer sus investigaciones. Su máquina dejaba caer simultáneamente las semillas en tres surcos distintos y funcionaba por tracción animal, movida por un solo caballo.

La primera sembradora como tal se patentó en Norteamérica en 1856, esta ha sido la sembradora de maíz portátil, gran invento que constaba de un agujero a lo largo de la herramienta que perforaba la tierra y depositaba la semilla con la frecuencia que se perforaba la tierra, este invento ha sido el precursor de la tolva que después se transformaría en uno de los componentes primordiales de las sembradoras actuales. Tomando como base esta sembradora se ha podido modificar, sofisticar y construir nuevos equipos.

En el caso del Perú, la revolución agrícola llegó a fines del siglo XIX a partir de Inglaterra, país que intervino en nuestro territorio, en especial en el norte para la sustracción del guano de islas.

Durante el siglo XX y con la invención del tractor se dio una serie de avances para la agricultura, en especial para la siembra de todo tipo de granos.

Todos estos importantes aportes han permitido el surgimiento de las diferentes máquinas de sembrado que en la actualidad existen, como lo son:

Sembradora a chorrillo, mono grano, adecuadas para realizar la siembra habiendo arado previamente la tierra, sembradoras para siembra directa, sembradoras a voleo, sembradoras para líneas, sembradoras para hileras, sembradoras para implantaciones sin laboreo previo del suelo, sembradoras con cajón para semilla, sin cajón, con cajón para semilla y cajón para fertilizante, etc. (Ospina & Sanchez , 2017).

En el contexto latinoamericano, destacan las investigaciones relacionadas a sembradoras movidas por tracción humana y/o animal, de las cuales se rescata:

Héctor Ospina Bayona y Cristian Sánchez Torres en su tesis de pregrado “Diseño de un prototipo de sembradora mecánica de semillas de maíz y frijol para la Granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña” concluye que es posible ahorrar una cantidad de tiempo significativa, ya que de los 8 jornales que se tiene destinados para sembrar una hectárea de maíz y con el prototipo de sembradora mecánica de semillas de maíz y frijol solo se requerirá la mitad de tiempo para realizar el mismo proceso.

En el artículo de la Revista de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Austral de Chile “Evaluación de una sembradora de maíz para tracción animal o humana” se llegó a la conclusión que con el prototipo se logró tener una buena siembra y una alta germinación; la profundidad esperada y más plantas por

metro lineal, aunque se apreció irregularidad en el distanciamiento debido a la altura de caída de las semillas, desperfecto solucionable con la reducción de dicha altura.

Si nos remitimos al ámbito nacional, existen investigaciones referentes a sembradoras tiradas por tractores agrícolas, de los cuales destacan:

Luis Salvá Ramos en su tesis de pregrado “Diseño mecánico de una máquina sembradora de semillas de quinua con una capacidad de siembra de 01 hectárea por hora y traccionada por un tractor agrícola de 55HP” donde determinó que la rapidez ideal de marcha de la máquina debe ser 1,39 m/s con una extensión de avance de 2,4 m, en conclusión: Una hectárea podrá ser sembrada en 1 hora.

Giancarlo Cabrera Perochena en su tesis de pregrado “Diseño y construcción de máquina sembradora para la producción de maíz en terrenos pedregosos en la Irrigación Majes”. En este estudio se llegó a la conclusión que esta máquina permite regular la distancia entre plantas pudiendo tener un distanciamiento de 20 centímetros, lo que posibilita incrementar o reducir la densidad de siembra por hectárea, de acuerdo a la época de siembra, o diversidad de maíz u otro tipo de grano usado (previa evaluación).

2.2. Base Teórica

2.2.1. El cultivo del maíz

2.2.1.1. Historia y origen

En la actualidad, pese a todos los estudios, aún no se sabe el origen geográfico preciso del maíz, solo lo que se conoce es que fue en América. Varias corrientes defienden que el origen geográfico del maíz se localiza en el valle de Tehuacán, en la denominada Meseta Central de México a una altitud de 2500 metros.

No se tiene exactitud sobre el origen geográfico del maíz en América. No obstante, al extenderse por todo el continente, se desarrolló de forma distinta en las diferentes zonas, dando lugar a especies propias de cada región (Gerencia Regional de Agricultura, 2019).

En el Perú resaltan dos grandes clases de maíz: el maíz amiláceo y el maíz amarillo duro (MAD), entre los cuales se identifican más de 51 razas en el país (Huamanchumo de la Cuba, 2013).



Figura 1. Forraje verde para alimentación de cuyes

Fuente: (MINAGRI)

2.2.2. Tipos de maíz en la región Lambayeque

En la región Lambayeque, el MAD ocupa el tercer puesto en la producción de la agricultura regional, luego de la caña de azúcar y el arroz. A nivel nacional, Lambayeque ocupa el cuarto puesto en producción de maíz amarillo duro (Gobierno Regional de Lambayeque, 2018).

2.2.2.1. Descripción del MAD

- Nombre Común: Maíz Amarillo Duro
- Nombre Científico: Zea mays
- Nombre en inglés: Hard yellow corn
- Variedad principal: Marginal 28 tropical
- Clima: Cálido o templado
- Temperatura óptima promedio: 15 - 25 °C
- Requerimiento de suelo: Francos (arcilloso, arenoso) PH de 5,5 – 8.
- Tamaño de semillas: De unos 0,15 gramos hasta 0,5 gramos por semilla.
- Requerimiento de semillas: 25 kg/Ha
- Periodo vegetativo: 140 – 150 días
- Período de siembra: La siembra y cosecha es a lo largo de todo el año, siendo septiembre y febrero los meses donde se incrementa la siembra y sus cosechas en junio y diciembre. En la Costa Norte, en las zonas de Piura, Lambayeque y La Libertad se reúne la siembra del maíz en los meses de diciembre hasta abril, presentando las cosechas desde mayo hasta septiembre.²

² <https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/30-sector-agrario/maiz/250-maiz?start=2>

2.2.2.2. Características del MAD

Raíces: Las raíces son fasciculadas y su tarea es la de dar un perfecto anclaje a la planta.

Tallo: El tallo es erecto, es alto pudiendo alcanzar los 4 m de elevación, es robusto y sin ramificaciones.

Hojas: Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas.

Semillas: En general el grano de MAD posee un color que varía entre blanco, amarillo y rojo o variegado. De tamaño mediano.



Figura 2. Planta maíz amarillo duro

Fuente: (Gerencia Regional de Agricultura, 2019)



Figura 3. Maíz amarillo duro

Fuente: (Gerencia Regional de Agricultura, 2019)

2.2.3. Preparación y manejo del suelo

La preparación del suelo se define como el tratamiento físico, químico y/o biológico del suelo enfocado a brindar las condiciones idóneas para el adecuado brote y crecimiento de las plántulas (Jara, Hidalgo, & Echeverría, 2003).

Para la preparación del terreno se recomienda arar la superficie del suelo para conseguir que la tierra quede suelta y tenga buena capacidad de absorción de agua. Mediante el arado se busca lograr que el terreno donde se va a realizar la siembra quede esponjoso.³

2.2.4. Selección de la semilla

Para poder obtener grandes rendimientos de las cosechas se necesita usar granos de calidad certificada con una elevada tasa de germinación (Jara, Hidalgo, & Echeverría, 2003).

2.2.5. Métodos de siembra

El maíz se puede plantar en forma manual o mecanizada. De manera manual se siembra a golpes en plano o por surcos. La división de las líneas es de 0.8 m a 1 m y la separación entre los golpes es de 20 a 25 cm (Hidalgo, 2013).

Hidalgo (2013) sugiere sembrar terrenos planos mediante siembra mecanizada por surcos (pág. 14).

³ <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>



Figura 4. Siembra a golpes en terreno de cultivo en Pucalá⁴

2.2.6. Profundidad de siembra

La semilla debe ser depositada a una profundidad tal que permita un óptimo contacto con el suelo húmedo, tal profundidad va de 3 a 7 cm.

En terrenos bastante pesados (suelos arcillosos) las semillas se colocan a no más de 5 centímetros de profundidad, pues esta clase de suelo dificulta el crecimiento normal de las plántulas si se siembra a mayores profundidades (Jara, Hidalgo, & Echeverría, 2003).

2.2.7. Densidad de siembra

Se refiere al número de semilla o plantas que obtenemos por hectárea sembrada.

La densidad de siembra es dependiente de las propiedades de la semilla (variedad o híbrido), la forma de la planta, la fertilidad natural del suelo, el clima y los recursos disponibles para la compra de insumos y manejo del cultivo. Para el cultivo de maíz

⁴ Fuente: Elaboración propia

amarillo duro, el número de plantas por hectárea oscila entre 50 000 a 62 500 (Hidalgo, 2013).

Tabla 1. *Densidades de siembra según tipo de semilla utilizada*

DENSIDAD DE SIEMBRA	VARIEDAD		HÍBRIDO	
	Densidad 1	Densidad 2	Densidad 1	Densidad 2
Distancia entre surcos	0,80 m	0,80 m	0,80 m	0,80 m
Distancia entre plantas	1,0 m	0,40 m	0,30 m	0,20 m
N° de plantas/golpe	2	2	2	2
N° de plantas/Ha	50 000	62 500	83 333	62 500

Fuente: (Hidalgo, 2013)

2.2.8. Función de la siembra mecanizada

Es importante conseguir la máxima producción de plantas. Es además fundamental la preparación del terreno de tal forma que la germinación sea rápida y uniforme; ésta puede hacerse en toda el área del terreno, o más económicamente, solamente en los surcos sobre los que se realizará la siembra (Ruiz, 1971).

Las sembradoras utilizadas para la siembra de maíz deben aportar las siguientes ventajas:⁵

- Disminución de la cantidad de semilla necesaria.
- Mayor facilidad de las tareas de cultivo mecanizadas.

⁵ (Ruiz, 1971)

- Precisión en la dosificación de semillas para lograr la productividad esperada.
- Reducción de mano de obra.
- Siembra con espaciamiento uniforme

2.2.9. Tipos de sembradoras

Hay una gran pluralidad de sistemas de siembra y de acuerdo a la forma de los cultivos se han ideado los implementos adecuados; pero básicamente la siembra puede hacerse al voleo o de precisión (a golpes y monograno)⁶.

2.2.9.1. Sembradora al voleo

En general utilizan distribuidores centrífugos de semillas, se usan para la siembra de granos finos como el arroz y pastos, principalmente. Este procedimiento de siembra tiene la gran desventaja que se desperdicia mucha semilla al mantenerse sobre la superficie expuesta, teniendo después que integrar, usando rastrillos, con lo cual los granos pueden permanecer bastante superficiales o muy profundos (Polanco, 2007).

2.2.9.2. Sembradora de granos a precisión

Este tipo de sembradoras ejecutan múltiples funciones a la vez como colocar la semilla a profundidad, ejecutar labores de labranza, abrir surcos para poner la semilla a una profundidad conveniente, tapar la semilla y compactar la tierra; algunas sembradoras poseen otros aditivos como unidades para aplicar

⁶ <https://boletinagrario.com/f796,tipos-sembradoras.html>

fertilizantes. Esta clase de sembradora se usa realmente bien en la siembra de granos gruesos tales como el maíz, soya, sorgo (Polanco, 2007).

En estas sembradoras, un componente fundamental es el sistema dosificador, creado para soltar los granos de manera individual (monograno), una seguida de otra, o a golpes (grupo de semillas) con intervalos regulares.⁷

Existe gran variedad de sembradoras mecánicas de precisión y pueden ser movidas ya sea por fuerza humana, animal o motriz.

2.2.10. Tipos de dosificadores de semillas

El dosificador es una parte fundamental de la sembradora, debe lograr una gran uniformidad de siembra, y debe adaptarse para ser empleado con distintos tipos de granos.

Se clasifican en dosificadores de rodillos, dosificadores centrífugos y dosificadores neumáticos:

- 1. Las sembradoras con dosificador de rodillos** llevan una o varias ruedas dosificadoras montadas en un eje giratorio. Puede ser un rodillo con canales, un rodillo de dientes o cucharillas⁸:

La dosificación por rodillos acanalados es la más generalizada. Es un cilindro con ranuras, en las que pueden entrar un grupo de semillas en contacto con el fondo de la tolva. Accionado por un eje, consigue arrastrar de la tolva un caudal constante de semillas. Usa una cubierta envolvente y

⁷ <https://boletinagrario.com/f796.tipos-sembradoras.html>

⁸ (Márquez, 1999)

flotante para evitar el deterioro de semillas, es una solución económica y fiable.

El rodillo de dientes exteriores, permite también arrastrar semillas de la tolva de manera uniforme, pero requiere un sistema de engranajes intercambiables para poder variar la dosis de siembra.

Los dosificadores por cucharillas o cangilones, al igual que una noria, estas van sacando las semillas de la tolva. Este sistema permite un buen trato a las semillas, pero puede tener problemas en la dosificación cuando la máquina recibe sacudidas por las irregularidades del terreno, al producirse el vaciado de los cangilones.

En la Tabla 2 se muestra una recomendación para escoger el sistema de dosificación apropiado para un tamaño determinado de semilla.

Tabla 2. *Recomendación del sistema dosificador según el tamaño de semilla*

Semillas	Sistema de dosificación				
	Acanaladuras		Cucharillas		
	Regulables	Fijos	Pequeños	Normales	Grandes
Pequeñas	++	+	++	-	-
Medianas	++	++	-	++	++
Gruesas	+	+	-	-	++
Muy gruesas	-	-	-	-	+
++adecuado; +admisible; - desaconsejado					

Fuente: (Márquez, 1999)

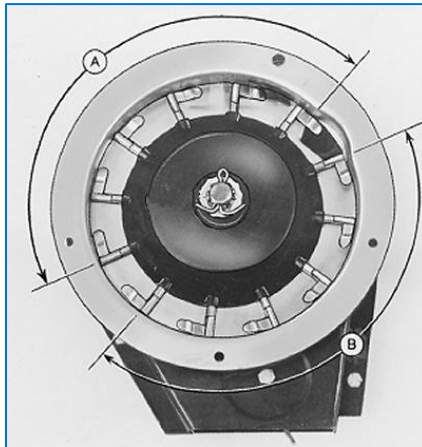


Figura 1. Dosificador de cucharillas

Fuente: (Manual de semillas, 2020)

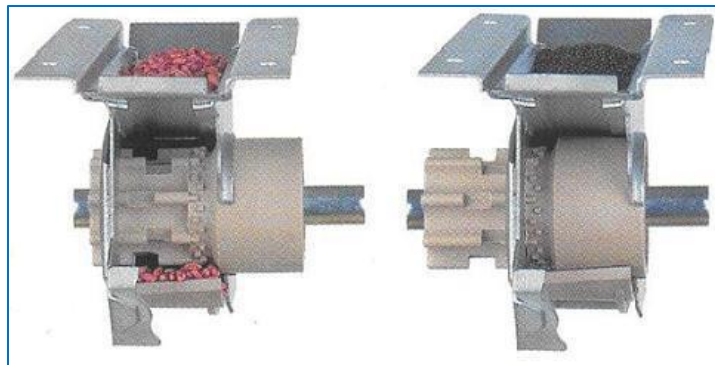


Figura 2. Dosificador de cilindros acanalados

Fuente: (Boletín Agrario, s.f.)

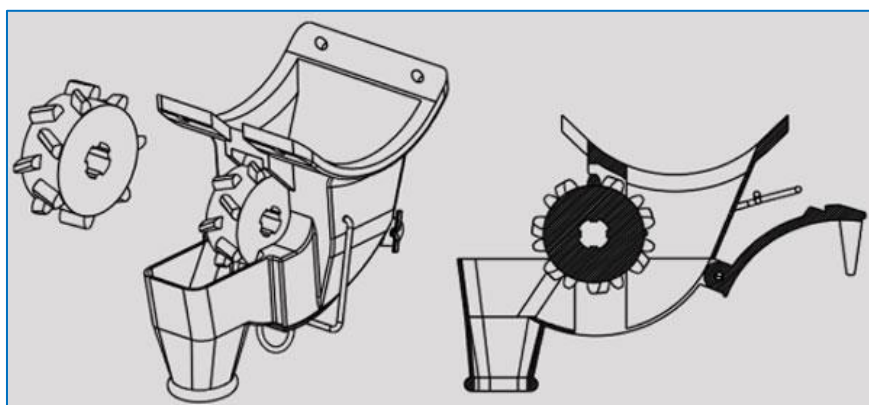


Figura 3. Dosificador de dientes Chevrón

Fuente: (Bertini líder en siembra directa, s.f.)

2. **Las sembradoras con distribuidor centrífugo** hacen ingresar los granos utilizando la gravedad por una apertura variable desde la tolva en un cono giratorio. Una vez en el interior, por unas aletas soldadas al cono, son sometidas a fuerzas que originan su ascensión hasta llegar a la tapa superior donde hay orificios por los que ingresan en los tubos de caída y son dirigidas hacia las botas de abertura del surco.

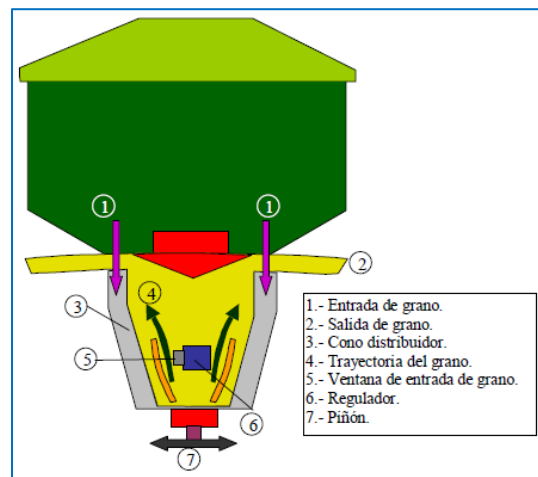


Figura 4. Dosificador centrífugo

Fuente: (UPM, 2006)

3. **Las sembradoras con distribuidor neumático**, utilizan un sistema de succión de aire para el llenado de las celdillas. Por medio de esta succión los granos quedan adheridos en las celdillas hasta el punto en el que han de ser depositados, en el que desaparece el efecto de aspiración. Su principal ventaja es que se adapta a cualquier tipo de semilla (Ruiz, 1971).

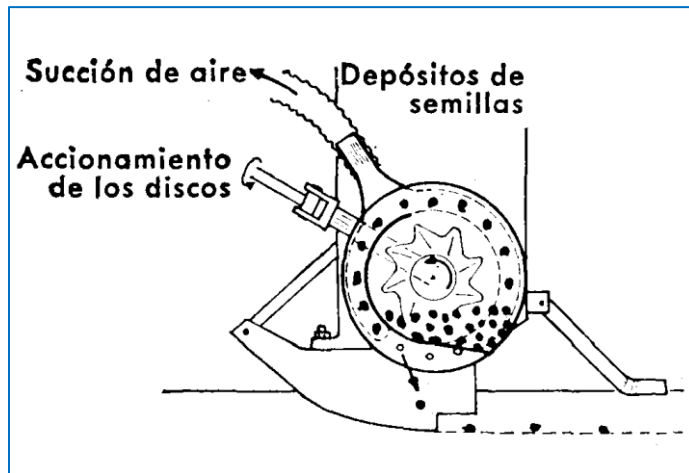


Figura 5. Dosificador neumático

Fuente: (Ruiz, 1971)

2.2.11. Funcionamiento de una sembradora.

Las acciones que ejecutan las sembradoras son⁹:

1. Aperturar el surco donde van a depositarse las semillas. Se hace con cuchillas circulares (un solo disco cóncavo o 2 discos planos) para terrenos pesados o con rejas surcadoras (tipo bota, sable, cincel, etc.) para suelos físicamente sueltos. Este componente va montado en el chasis, de manera que va siguiendo la superficie del terreno.

⁹ <https://mecanizacionagricolafca.files.wordpress.com/2012/06/sembradoras1.pdf>

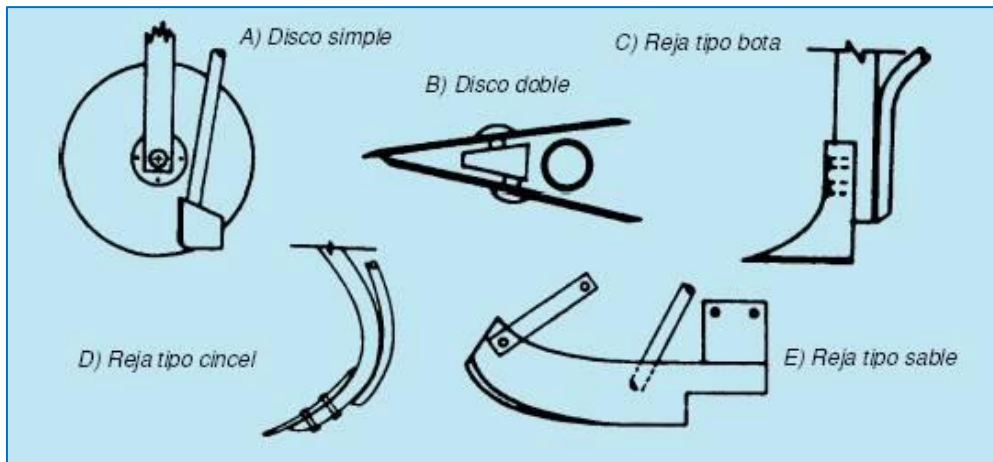


Figura 6. Abridores de surco¹⁰

2. Soltar la dosis de semilla y colocarlas en el surco que se ha hecho. Se hace mediante dosificadores y tubos de caída.
3. Enterrar el grano. La reja surcadora puede hacer esta operación, aunque se pueden usar otras rejas, rastras, cadenas, etc.
4. Comprimir el suelo sobre las semillas, por medio de rodillos y de esta forma promover la humedad alrededor de ellas.

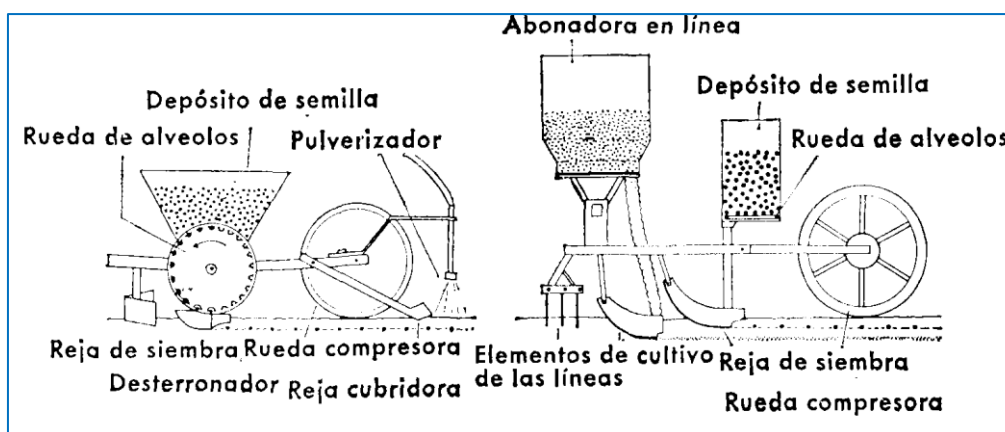


Figura 7. Elementos constructivos de una sembradora de precisión

Fuente: (Ruiz, 1971)

¹⁰ <https://boletinagrario.com/f802,sembradoras-para-siembra-directa-parte-ii.html>

2.3. Hipótesis

Si diseñamos un prototipo de sembradora de maíz utilizando las recomendaciones de la norma de los ingenieros alemanes VDI 2221, obtendremos una herramienta que satisfaga las necesidades de los pequeños productores de maíz en el distrito de Pucalá.

3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología de Investigación

La metodología planteada en el proceso de investigación se basa en el modelo de fases del proceso de diseño, específicamente en las recomendaciones de la norma alemana VDI¹¹ 2221, con el título de Metodología de Diseño en Ingeniería; es el documento desde el cual se toman las pautas que dan la composición al plan metodológico de diseño del presente trabajo.

De acuerdo a Riba (2002), el modelo de fases del proceso de diseño puede expresarse en cuatro niveles de definición que determinan los resultados de cada una de las fases sucesivas: (pág. 78).

¹¹ VDI Verein Deutscher Ingenieure – (Asociación alemana de Ingenieros).

Tabla 3. *Etapas del proceso de diseño*

Etapas	Resultados
Etapa 1: Definición del producto.	Especificación.
Etapa 2: Diseño conceptual.	Principios de solución. Estructura funcional. Estructura modular.
Etapa 3: Diseño de materialización.	Planos de conjunto.
Etapa 4: Diseño de detalle.	Planos de pieza. Documentos de fabricación.

Fuente: (Riba, 2002)

La composición del diseño VDI 2221 se fundamenta en siete tareas y se presentan en la Figura 8, cada una de ellas con un resultado propio.

Es importante hacer notar que las tareas no precisamente se cumplen de forma estricta una luego de otra. Es recurrente que se lleven a cabo de forma iterativa, regresando a las anteriores, y consiguiendo de esta forma una mejora paso a paso.

La guía VDI sigue un método sistemático general en el cual primero se examina y entiende el problema lo más enteramente posible, después se descompone en problemas secundarios, se hallan soluciones secundarias apropiadas y éstas se combinan en una solución general (Cross, 2002).

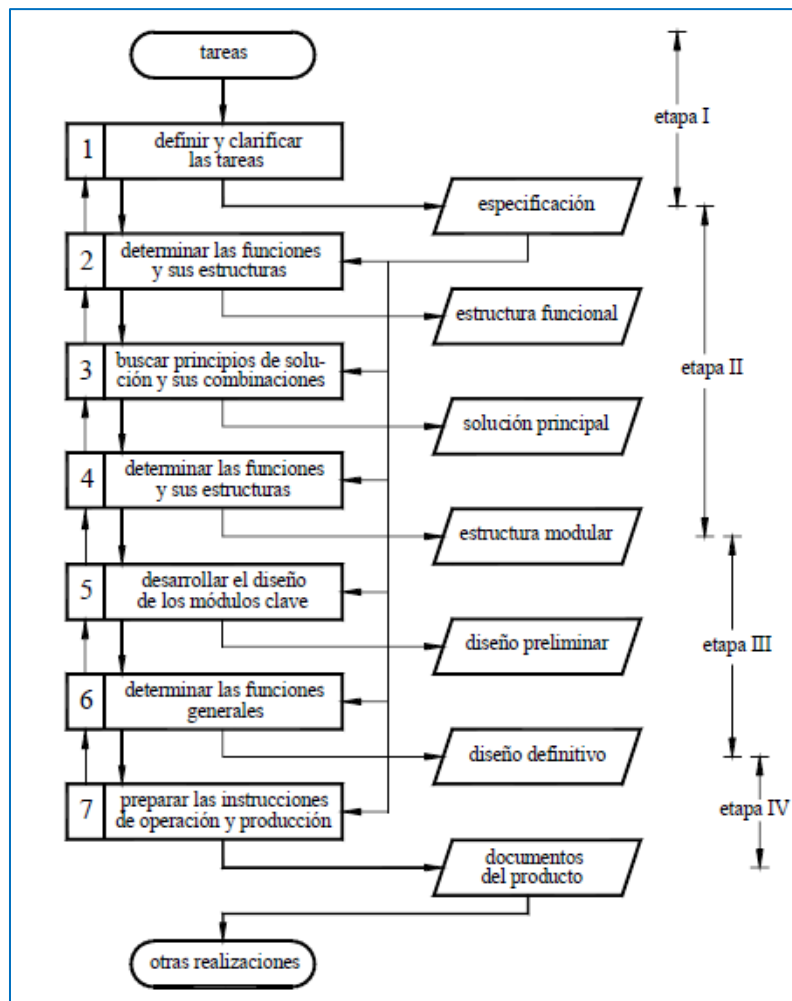


Figura 8. Etapas del proceso de diseño según la VDI 2221

Fuente: (Riba, 2002)

3.2. Tipo de Investigación

Aplicada, pues “La investigación aplicada tiene por finalidad transformar los conocimientos existentes en objetos útiles a la sociedad, también podemos llamarlo proceso de innovación” (Espinoza, 2010, pág. 106)

Alfaro (2012) afirma: “La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar”. (pág. 18)

3.3. Diseño de Investigación

Diseño de aplicación según las metas y situaciones en la que se deben cumplir los requisitos que se identificarán después en la lista de exigencias como exigencias o deseos.

Este diseño llegará hasta el nivel de planos de fabricación.

Según Espinoza (2010) “Este diseño sirve para evaluar la conversión de un modelo a objeto” (pág. 104).

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Elaboración de la lista de exigencias o especificaciones, hecha según las necesidades planteadas en la problemática de la presente tesis.

Se utilizará el siguiente formato de lista de exigencias.

Tabla 4. *Formato de lista de exigencias*

LISTA DE EXIGENCIAS			
PROYECTO			Fecha:
			Revisado:
CLIENTE			Elaborado:
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
Función			
Geometría			
Cinemática			
Fuerzas			
Energía			
Energía			
Materia			
Señales			
Seguridad			
Ergonomía			
Fabricación			
Montaje			
Transporte			
Mantenimiento			
Terreno			
Operación			
Costo			
Plazos			

Fuente: (Riba, 2002)

4. CAPÍTULO IV: CONCEPCIÓN DEL DISEÑO

4.1. Lista de exigencias

Se valoran las especificaciones como exigencias o deseos.

Exigencia (E): Es aquella especificación que debe cumplirse para lograr el objetivo de la máquina.

Deseo (D): Es aquella especificación que no necesariamente debe cumplirse pero que mejoraría algunas características de la máquina.

Tabla 5. *Lista de exigencias*¹²

LISTA DE EXIGENCIAS			
PROYECTO		DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA SEMBRADORA DE SEMILLAS DE MAÍZ	Fecha:
			05/08/21
CLIENTE:		UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	Revisado:
			N.A.Z.
			Elaborado:
			A.F.A.C
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
Función	E	Plantar las semillas de maíz de manera rápida y eficiente cubriendo las necesidades de siembra de los agricultores pucaleños. Sembrar 1 Ha en un jornal de trabajo y por una sola persona.	A.F.A.C
Geometría	E	Las medidas de la máquina serán lo justo para ser operada por una persona de tamaño promedio y para conseguir una marcha estable sobre el terreno y una distribución uniforme de granos.	A.F.A.C
Cinemática	E	La velocidad de la máquina será la velocidad de marcha del operario, con lo cual se espera obtener una porción uniforme de semillas.	A.F.A.C

¹² Fuente: Elaboración propia

		Al girar las partes mecánicas de la herramienta, los granos no deben amontonarse ni obstruir la salida.	
Fuerzas	E	La máquina debe soportar las fuerzas a plena carga de trabajo sin dejar de ser liviana. La máquina debe soportar las fuerzas a plena carga sin producir deformaciones en sus elementos.	A.F.A.C
Energía	E	La energía la proporcionará la fuerza humana únicamente o ayudado por motores.	A.F.A.C
Energía	D	La energía empleada para mover la herramienta no debe afectar el medio ambiente.	A.F.A.C
Materia	E	El insumo empleado será semillas de maíz.	A.F.A.C
Señales	E	Señales de fácil comprensión para el operario.	A.F.A.C
Seguridad	E	Durante la operación de la máquina debe ser segura para el operario.	A.F.A.C
Ergonomía	E	De fácil maniobrabilidad, de manera que su manejo sea confortable para el operario.	A.F.A.C
Fabricación	D	Los materiales usados en la elaboración de los elementos de la máquina deben estar disponibles en el departamento de Lambayeque. Los elementos de máquina serán de sencilla producción en cualquier taller.	A.F.A.C
Montaje	E	La máquina será de fácil montaje y desmontaje.	A.F.A.C
Transporte	E	La máquina debe ser transportada hasta el lugar de trabajo de manera fácil, por esta razón la máquina será liviana.	A.F.A.C

Mantenimiento	E	<p>El mantenimiento se realizará con herramientas básicas en cualquier taller.</p> <p>El mantenimiento se hará cada vez que lo requiera.</p> <p>Los componentes serán de fácil reemplazo, ya que los repuestos pueden ser comprados y fabricados en el medio local.</p>	A.F.A.C
Terreno	E	La máquina trabajará sobre un terreno arado.	A.F.A.C
Operación	E	Un único operario debe encargarse del manejo de la máquina.	A.F.A.C
Costo	D	<p>Deberá ser factible para un agricultor su fabricación e implementación.</p> <p>No deberá superar los S/. 1 200.00</p>	A.F.A.C
Plazos	E	Se entregará el informe técnico final antes del 30/11/21	A.F.A.C

4.2. Estructura de funciones

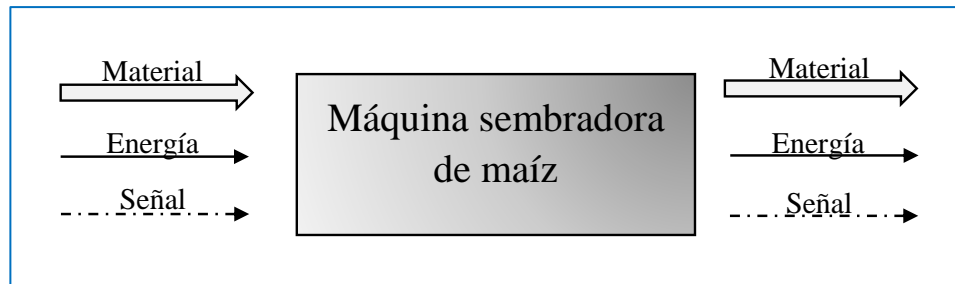


Figura 9. Abstracción de caja negra¹³

ENTRADAS:

Señal: Señal indicadora para iniciar la marcha de la herramienta.

Energía: Potencia aportada por el operador y/o acción de un motor.

Material: Granos de maíz.

SALIDAS:

Señal: Alarma para el aviso de ausencia de semillas.

Energía: Sonido, vibración, energía mecánica, calor.

Material: Granos plantados y tapados.

4.2.1. Secuencia de operaciones.

- a. Alimentar la tolva con semillas.
- b. Inicio del recorrido de la máquina sobre el terreno.
- c. Transferencia de la potencia hacia el mecanismo dosificador.

¹³ Fuente: Elaboración propia

- d. Apertura del surco con surcador.
- e. Dosificar las semillas de maíz.
- f. Depositar semillas al terreno surcado.
- g. Cubrir con tierra la semilla.
- h. Compactar el terreno.
- i. Repetir los pasos anteriores (b, c, d, e, f, g, h) hasta que una alarma indique repetir el paso a.

4.2.2. Aplicaciones técnicas y limitaciones

La dirección de la máquina va a ser controlada por un operario, el empuje por acción humana o motora y se utilizarán cadenas de rodillos como transmisión de potencia debido a la baja velocidad de trabajo.

En la tolva se incorporará un sistema de alarma electrónica que nos informe el instante que necesite cargar la tolva para asegurar su correcto funcionamiento, evitar espacios sin sembrar y ahorrar tiempo debido a que no será necesaria la verificación visual de la tolva.

La profundidad de siembra debería estar entre 3 - 7 centímetros.

Ya que la función de la sembradora será sembrar maíz destinada a forraje verde, el número de semillas por golpe aproximado será 2 al requerir buena densidad de siembra.

La separación entre golpes va a ser de 25 cm y la rapidez de marcha del operario se tasa en 0,7 m/s.

4.2.3. Estructura de funciones

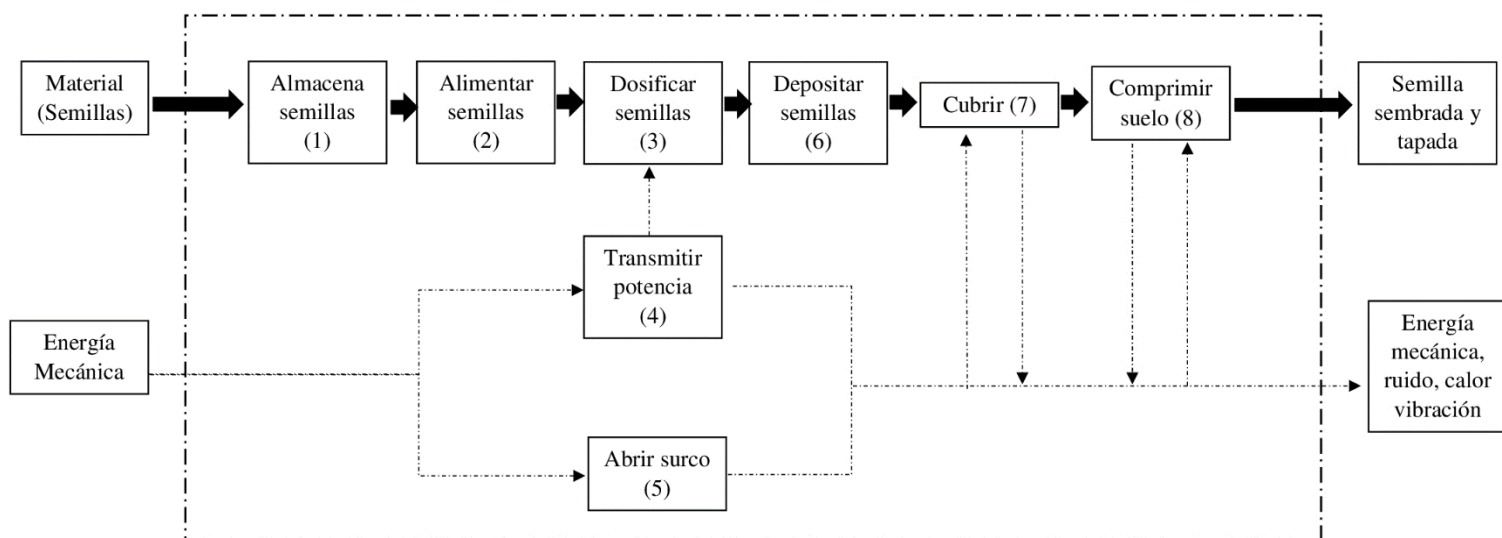


Figura 10. Estructura de funciones¹⁴

¹⁴ Fuente: Elaboración propia

4.3. Matriz morfológica



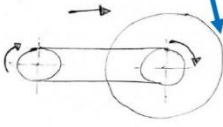
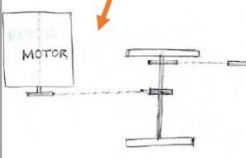
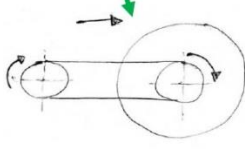
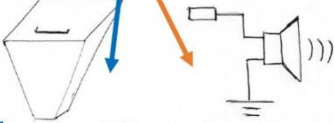
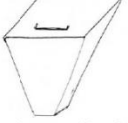

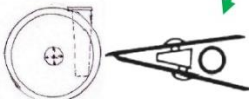
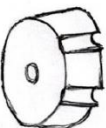
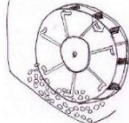
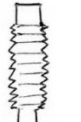
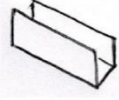


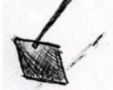
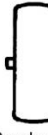
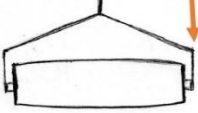




Funciones	Subfunciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Trasladar la máquina		 Rueda de metal	 Rueda de bicicleta	
Transmitir potencia		 Empuje del operario + Cadena	 Motor a gasolina + cadenas	 Empuje del operario + Cadena
Almacenar	Alertar tolva vacía	 Tolva + Aditivo electrónico (Alarma)		 Tolva + Inspección visual
Abrir surco		 Surcador tipo bota		 Disco doble
Dosificar		 Rodillo acanalado		 Dosificador de cucharillas
Depositar		 Tubo PVC corrugado		 Canal
Cubrir		 Cadena de arrastre	 Disco inclinado	 Rastra
Comprimir		 Rueda simple	 Rodillo compactador	 Pisada
CONJUNTO SOLUCIÓN 1  CONJUNTO SOLUCIÓN 2  CONJUNTO SOLUCIÓN 3 				

Figura 11. Matriz morfológica¹⁵

¹⁵ Fuente: Elaboración propia

4.4. Conceptos solución

4.4.1. Concepto solución 1 (CS1)

Este concepto usa una tolva con su respectiva alarma de recarga de semillas, usa cadena como mecanismo de transmisión de potencia al dosificador de rodillo acanalado; está provisto de un surcador tipo bota para abrir el surco y un tubo PVC corrugado para la caída de semillas. Por último, cuenta con una cadena de arrastre para cubrir el surco y una rueda compactadora. La dirección y empuje los proporciona el operario.

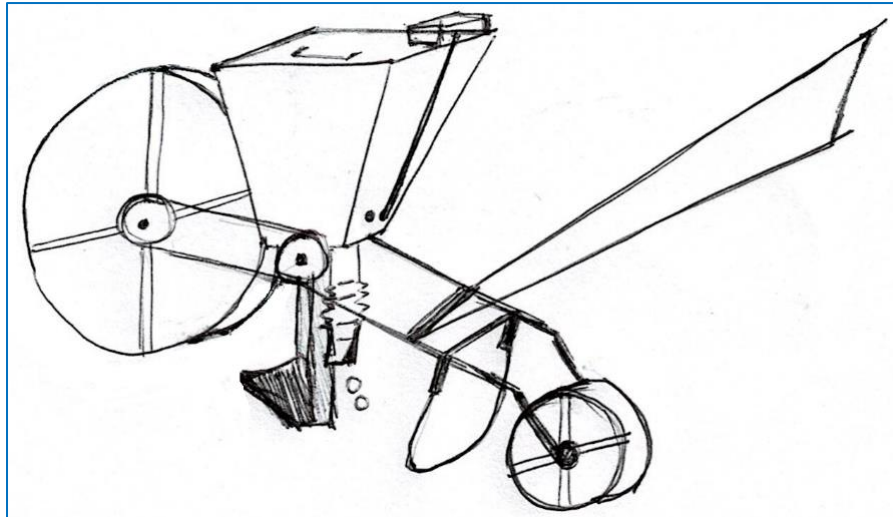


Figura 12.Esquema de solución 1¹⁶

4.4.2. Concepto solución 2 (CS2)

Este concepto utiliza una tolva con su respectiva alarma de recarga de semillas, cuenta con dos llantas laterales de bicicleta, usa cadenas de rodillos como mecanismos de transmisión de potencia desde el motor gasolinero al árbol de transmisión de las llantas y al dosificador de rodillo acanalado; está provisto de un

¹⁶ Fuente: Elaboración propia

surcador tipo bota para abrir el surco de sección trapecial y un tubo PVC corrugado para la caída de semillas. Por último, cuenta con un disco inclinado para cubrir con tierra el surco y un rodillo compactador de caucho. El empuje es proporcionado por el motor y la dirección la proporciona el operario.

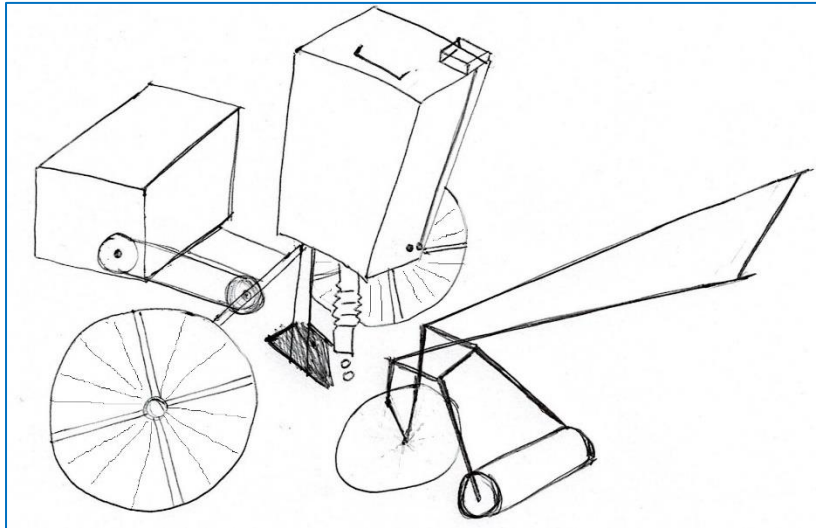


Figura 13.Esquema de solución 2¹⁷

4.4.3. Concepto solución 3 (CS3)

Este concepto utiliza una tolva y adosado a ella en su interior, se ubica el dosificador. Cuenta con dos llantas laterales de bicicleta, usa una cadena de rodillos como mecanismo de transmisión de potencia desde el eje de transmisión de las llantas al dosificador de cucharillas; está provisto de un surcador de disco doble que a la misma vez que apertura el surco, también funciona como soporte de la sembradora y un canal para la caída de semillas. Por último, cuenta con una rastra para cubrir el surco y usa las pisadas del operario para compactar la tierra. El empuje y dirección los proporciona el operario.

¹⁷ Fuente: Elaboración propia

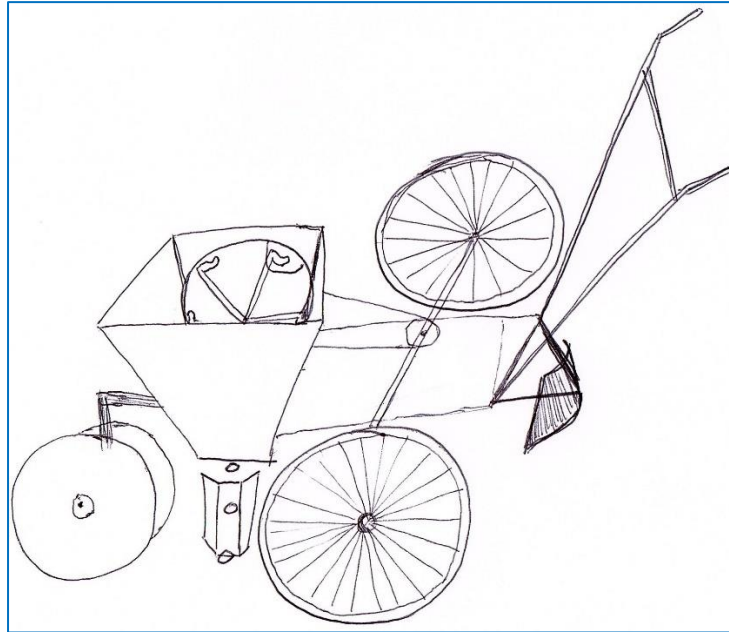


Figura 14.Esquema de solución 3¹⁸

4.5. Evaluación técnica

Se consideran los siguientes criterios:

Criterio 1 (C1): Sencillez de fabricación, tenemos mayor puntuación cuando los componentes de la sembradora son de sencilla fabricación o compra.

Criterio 2 (C2): Facilidad para el transporte, se valora con mayor puntuación cuando tenemos mayor facilidad de montaje y desmontaje para ser transportado.

Criterio 3 (C3): Sencillez de operación, se valora con mayor puntuación cuando la máquina consigue mayor ergonomía con el operador y cuya operación sea fácil.

Criterio 4 (C4): Demanda de energía, tenemos mayor puntuación cuando el sistema es capaz de utilizar la energía suministrada con las menores pérdidas.

¹⁸ Fuente: Elaboración propia

Criterio 5 (C5): Necesidad de mantenimiento, tendrá mayor puntuación el concepto cuyo mantenimiento sea lo más básico posible.

Criterio 6 (C6): Nivel de ruido, tendrá mayor puntaje la solución con menos ruido.

Los criterios están valorizados en 1 como mínimo y 4 como valor ideal.

Valor Técnico = Suma ponderada / Puntaje máximo.

Tabla 6. Valor técnico¹⁹

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Suma ponderada	Puntaje ideal	Valor técnico
	PESO	0.25	0.25	0.15	0.15	0.05	0.15			
CS1	Valor	3	3	3	3	2	3			
	Puntaje	0.75	0.75	0.45	0.45	0.1	0.45	2.95	4	0.74
CS2	Valor	2	3	2	3	3	1			
	Puntaje	0.5	0.75	0.3	0.45	0.15	0.15	2.3	4	0.58
CS3	Valor	3	2	3	3	3	2			
	Puntaje	0.75	0.5	0.45	0.45	0.15	0.3	2.6	4	0.65

4.6. Evaluación económica

Precio admisible de fabricación = S/. 1 200,00

Precio Ideal = 0,7 x Precio Admisible = S/. 840,00

Valor Económico = Precio Ideal / Precio Aproximado

Tabla 7. Valor económico²⁰

	CS1	CS2	CS3
Precio aproximado	1000	1900	1100
Valor económico	0.84	0.44	0.76

¹⁹ Fuente: Elaboración propia

²⁰ Fuente: Elaboración propia

4.7. Evaluación final de los conceptos solución

Tabla 8. Evaluación de los conceptos solución²¹

	CS1	CS2	CS3
Valor técnico	0.74	0.58	0.65
Valor económico	0.84	0.44	0.76

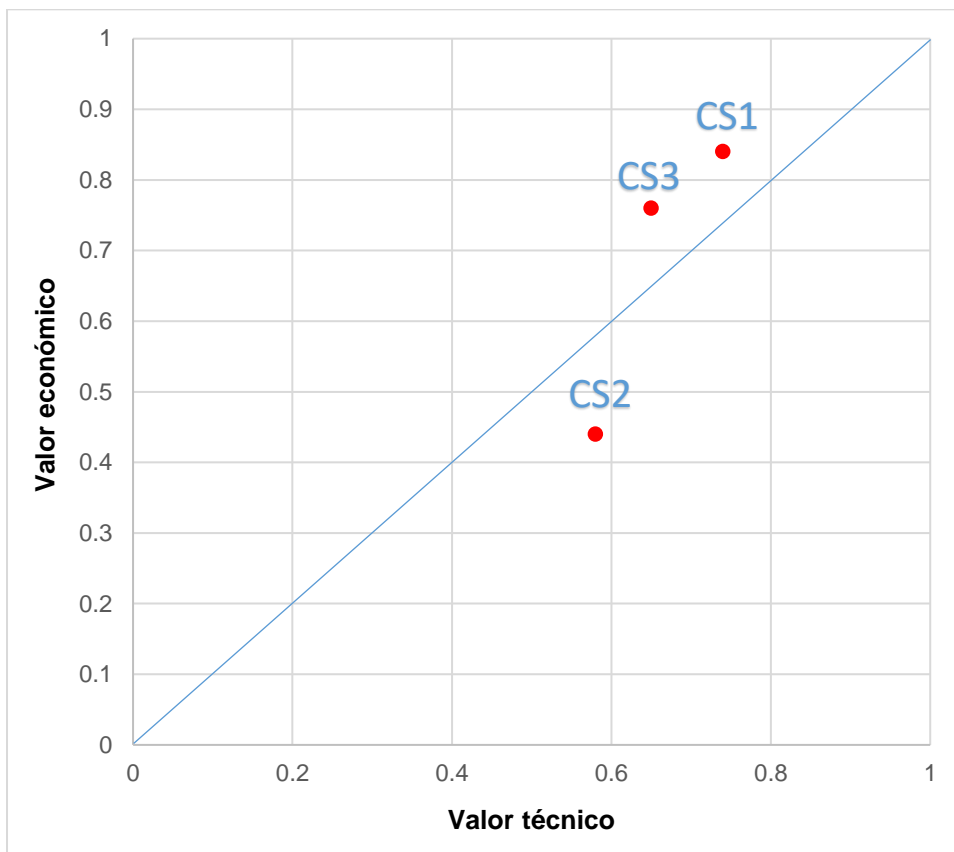


Figura 15. Gráfico de toma de decisión²²

De acuerdo al gráfico de toma de decisión, Figura 15, se aprecia que el concepto solución 1 representa la solución óptima.

²¹ Fuente: Elaboración propia

²² Fuente: Elaboración propia

5. CAPÍTULO V: INGENIERÍA DE DETALLE

5.1. Densidad poblacional

Considerando un terreno de 1 ha (100 m x 100 m) con las siguientes consideraciones técnicas:

Distancia entre golpes: 0,25 m.

Distancia entre surcos: 0,80 m.

Número de semillas por golpe: 2

Sembrando 2 semillas por cada 0.25 m tendremos la siguiente dosis: $2/0,25 = 8$ semillas/m.

En 100 m con surcos separados a 0,8 m tendremos = $100/0,8 = 125$ surcos.

Entonces, para sembrar 1 ha se necesitarán:

$8 \text{ semillas/m} * 100 \text{ m} * 125 \text{ surcos} = 100\,000 \text{ semillas/ha.}$

Por lo tanto, considerando el 100 % de germinación, la densidad poblacional será:

100 000 plantas/ha.

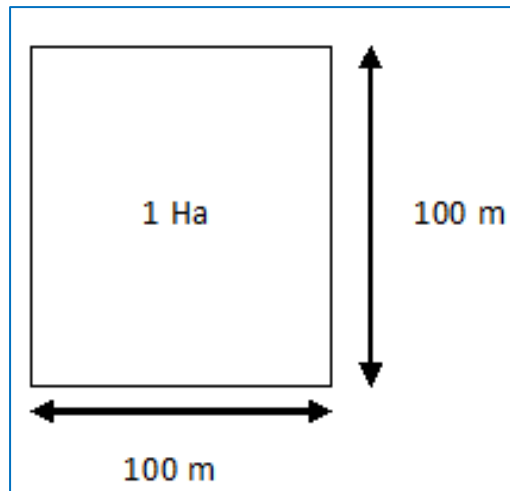


Figura 16. Terreno de 1Ha²³

5.2. Tiempo aproximado para sembrar 1 ha

Velocidad aproximada del operario: 2,5 km/h = 0,7 m/s.

Longitud total recorrida= N° de surcos * 100 m = 125*100 = 12 500 m

$$Tiempo = \frac{Longitud}{Velocidad} = \frac{12\ 500\ m}{0,7\ m/s} * \frac{1\ h}{3\ 600\ s} = 4,96\ h$$

Tomando en consideración un factor igual a 1,2 que incluye recarga de granos y descanso del operario, obtenemos el tiempo aproximado de operación del prototipo para sembrar 1 ha.

$$Tiempo\ aproximado\ total = 4,96 * 1,2 = 6\ h$$

Por lo tanto, 1 ha de maíz será sembrada en 6 horas.

²³ Fuente: Elaboración propia

5.3. Tolva

La tolva es el contenedor de los granos de maíz, es el elemento que permitirá el ingreso de semillas por gravedad al sistema dosificador. La tolva tiene la forma de pirámide truncada invertida ya que se busca tener una mayor superficie para cargar las semillas en la parte superior y una menor superficie en la descarga de la tolva.

Como material de fabricación se utilizarán láminas de acero de calidad ASTM A-36 de grosor 1,5 mm (1/16”).

Tiene una tapa del mismo acero y cuenta con una alarma cuya función será avisar momentos antes que se terminen las semillas. El diseño de la alarma se detalla en el apartado 5.12.

Tabla 9. Características de la semilla de maíz

	PESO DE 1.000 SEMILLAS g.	DENSIDAD g./litro	CAPACIDAD DEL DEPOSITO DE LA SEMBRADORA SEGUN LA POSICION DE LA RUEDA DISTRIBUIDORA			SUPERFICIE CUBIERTA POR CADA LLENADA Y LINEA		
			Vertical Kg.	Inclinada Kg.	Horizontal Kg.	Vertical Ha.	Inclinada Ha.	Horizontal Ha.
Semilla monogermen calibrada.	11-16	370-380	1,5-3,0	3,0- 5,6	5,6- 8,0	0,29-0,58	0,58-1,08	1,08-1,30
Semilla monogermen en píldoras	28	560	2,2-4,5	4,5- 8,4	8,4-10,1	0,20-0,40	0,40-0,76	0,76-0,91
Semilla de maíz.	Ca. 300	700-800	3,0-6,0	6,0-11,2	11,2-13,5	0,11-0,22	0,22-0,42	0,42-0,51

Fuente: (Ruiz, 1971)

Tomando como referencia la Tabla 9:

El peso de 1000 semillas es 300 g, por lo tanto, el peso unitario de semilla de maíz es:

$$\frac{300}{1000} = 0,3 \text{ g/semilla}$$

La densidad de semilla (g/L) varía de 700 a 800, tomando un valor intermedio tenemos:

$$\delta = 750 \frac{g}{L} = 0,75 \text{ g/cm}^3$$

Lo siguiente será diseñar la tolva con las medidas necesarias para almacenar una cantidad de semillas que represente una carga liviana.

El volumen de la tolva se hallará con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{H}{3} (A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} + A_{Bm}})$$

Donde:

V: Volumen de la tolva

H: Altura = 29 cm

A_{BM} : Área de base mayor = 381 cm²

A_{Bm} : Área de base menor = 28 cm²

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$V = \frac{29}{3} (381 + 28 + \sqrt{381 + 28})$$

$$V = 4150 \text{ cm}^3 = 4,15 \text{ L}$$

Por lo tanto, la tolva llena pesará:

$$\text{Peso de la tolva} = \delta * V$$

Donde:

δ : Densidad de semilla de maíz = 0,75 g/cm³

V: Volumen de tolva = 4 150 cm³

$$\text{Peso de la tolva} = 0,75 \frac{g}{cm^3} * 4150 cm^3 * 0,001 \frac{Kg}{g}$$

$$\text{Peso de la tolva} = 3,11 Kg$$

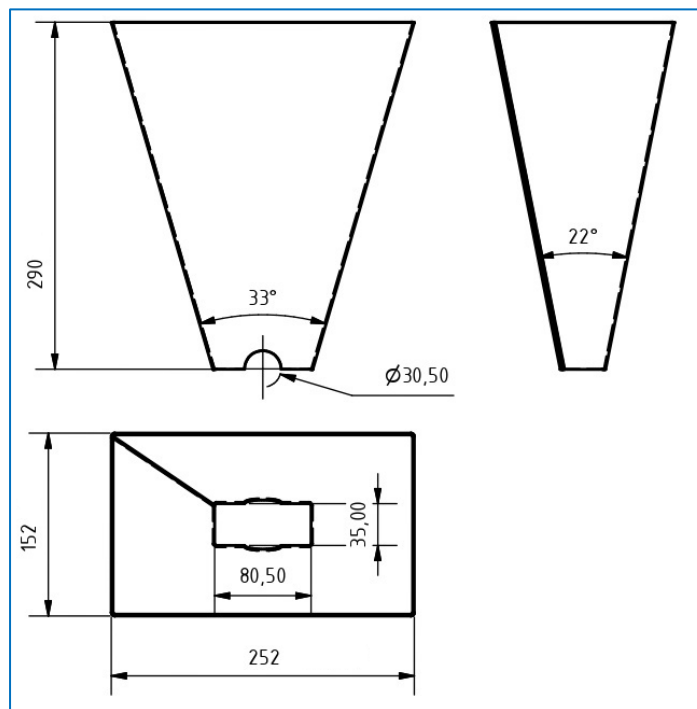


Figura 17. Dimensiones principales de la tolva²⁴

El requerimiento de semillas para sembrar 1 ha será:

Para sembrar 1 ha necesitamos 100 000 semillas, entonces el requerimiento de semilla será:

$$D = 100\ 000 \text{ semillas} * 0,3 \frac{g}{\text{semillas}} = 30 \text{ kg/ha}$$

$$N^{\circ} \text{ de recargas de tolva} = \frac{30}{3,11} = 9,65 \cong 10$$

²⁴ Fuente: Elaboración propia

Entonces para sembrar 1 ha de maíz se debe recargar 10 veces la tolva.

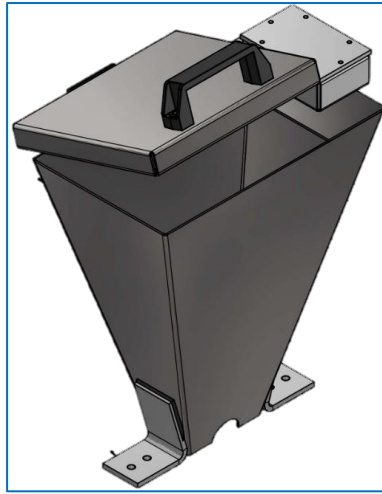


Figura 18.Tolva²⁵

5.4. Rueda motriz

Esta rueda al girar se encarga de transmitir potencia a una cadena de rodillos conectada al sistema dosificador. Tiene un diámetro exterior de 0,36 m.

Estará construida con platina de acero ASTM A-36 de 3/16'' x 2''.

5.4.1. Velocidad angular y RPM

La velocidad angular la determinamos empleando la siguiente fórmula:

$$\omega = \frac{2V}{D}$$

Donde:

ω : Velocidad angular

V: Velocidad del operario: 0,7 m/s

²⁵ Fuente: Elaboración propia

D: Diámetro de la rueda = 0,36 m

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$\omega = \frac{2(0,7)}{0,36}$$

$$\omega = 3,88 \frac{rad}{s}$$

Cálculo del rpm:

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60(3,88)}{2\pi}$$

$$n = 37,1 \text{ rpm}$$

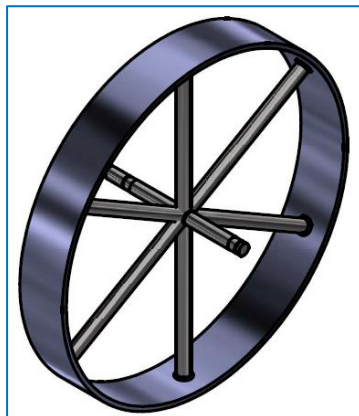


Figura 19.Rueda motriz²⁶

²⁶ Fuente: Elaboración propia

5.5. Rueda compactadora

Es el último elemento que interviene en el proceso de siembra debido a que se ocupa de proporcionar una pequeña presión a la tierra ubicada encima de las semillas y de esta forma terminar el trabajo de compactación de la semilla en el surco favoreciendo el proceso de germinación.

La rueda tiene un diámetro de 0.25 m.

Estará fabricada con platina de acero ASTM A-36 de 1/8'' x 2''.

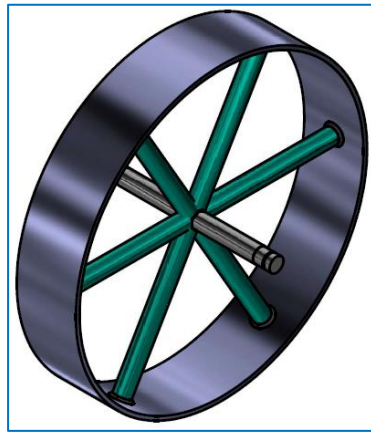


Figura 20.Rueda compactadora²⁷

5.6. Sistema de dosificación de semillas

5.6.1. Dosificador de Rodillo Acanalado

Está localizado en la parte inferior de la tolva permitiendo el ingreso de semilla por gravedad. Tiene la forma de un cilindro con unas ranuras o acanaladuras en su periferia, estas ranuras están talladas en la dirección a la que gira el eje como se aprecia en la Figura 23, la configuración de las ranuras en forma de hélice garantiza un funcionamiento sin posibles atascamientos de granos. El rodillo al girar alrededor

²⁷ Fuente: Elaboración propia

de su eje aprisiona cierta proporción de granos y como resultado las arrastra hacia el tubo de caída para ser depositadas en el surco.

Para su diseño se tienen en cuenta 3 aspectos: El número de ranuras, el volumen de ranura y el torque necesario que girar el rodillo.

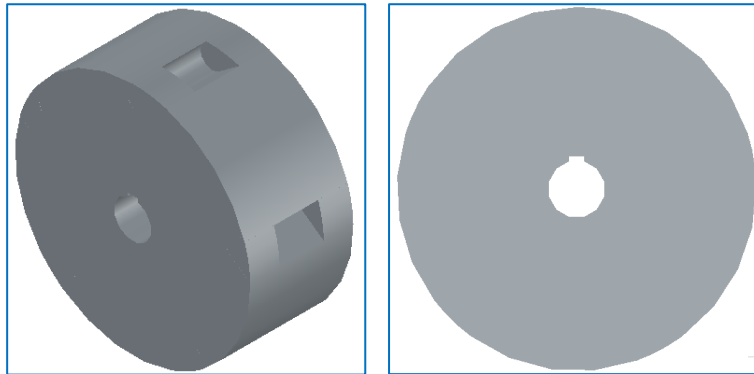


Figura 21. Vista isométrica y vista delantera del dosificador de rodillo acanalado²⁸

5.6.2. Número de ranuras

Es de primordial importancia en el dosificador, debido a que permitirá obtener el espacio entre golpes que se espera lograr en todo el surco.

²⁸ Fuente: Elaboración propia

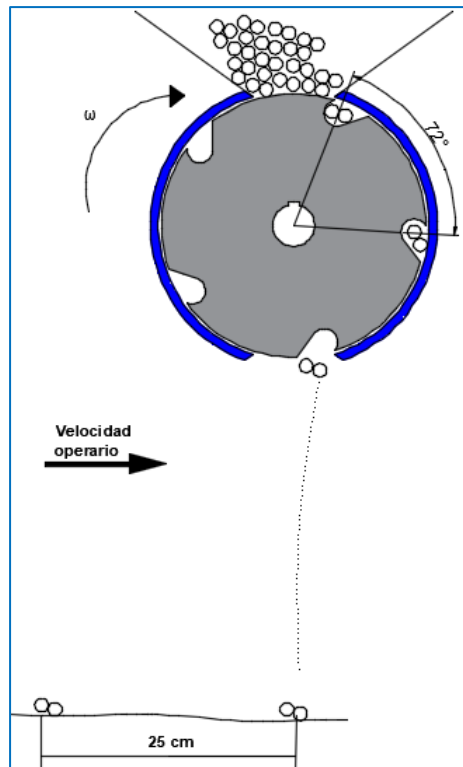


Figura 22. Paso de las semillas por el sistema dosificador²⁹

Se plantea que el tiempo que existe entre golpes es igual al tiempo entre una ranura y la siguiente ranura.

$$t_{entre\ golpes} = t_{alvéolo\ y\ alvéolo}$$

$$t_{entre\ golpes} = \frac{D_{entre\ golpes}}{V_{operario}} = \frac{0,25}{0,7} = 0,36\ s$$

$$t_{alvéolo\ y\ alvéolo} = \frac{Paso}{\omega_{rodillo\ acanalado}}$$

Asumiendo: $\omega_{rodillo\ acanalado} = \omega_{rueda\ motriz} = 3,88\ rad/s$, para una relación de transmisión $i = 1$, tenemos:

²⁹ Fuente: Elaboración propia

$$Paso = t_{\text{alvéolo y alvéolo}} * \omega_{\text{rodillo acanalado}}$$

$$Paso = 0,36 * 3,88 = 1,4 \text{ rad} \cong 80,21^\circ$$

Por lo tanto,

$$\text{Número de alvéolos} = \frac{360^\circ}{Paso} = \frac{360^\circ}{80,21^\circ} = 4,48 \cong 5 \text{ alvéolos}$$

$$Paso = \frac{360^\circ}{5} = 72^\circ = 1,25664 \text{ rad} = \frac{2\pi}{5} \text{ rad}$$

Recalculando la velocidad angular y RPM del rodillo acanalado con la configuración de 5 ranuras:

$$\omega_{\text{rodillo acanalado}} = \frac{Paso}{t_{\text{alvéolo y alvéolo}}} = \frac{1,25664 \text{ rad}}{0,36 \text{ s}}$$

$$\omega_{\text{rodillo acanalado}} = 3,5 \text{ rad/s}$$

$$n_{\text{rodillo}} = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60(3,5)}{2\pi}$$

$$n_{\text{rodillo}} = 33,42 \text{ rpm}$$

5.6.3. Volumen de las ranuras

Característica que se regula para conseguir la porción de semillas por golpe. El autor (Ortiz Cañavate, 1989) proporciona la siguiente fórmula para verificar que el volumen de la ranura satisface el mínimo requerido para contener el volumen de las semillas a dosificar.

$$D = 0,6 \frac{\delta \cdot V \cdot n_r \cdot n_v \cdot Z}{a \cdot v} \text{ kg/Ha}$$

Donde:

D : Requerimiento de semilla = 30 Kg/ha

δ : Densidad de semilla (g/cm^3) = 0,75

V : Volumen de las ranuras en la posición escogida (cm^3/rev)

n_r : Velocidad rotativa del dosificador. Este valor oscila entre 30 y 50 RPM = 33,42 RPM

n_v : Valor de llenado que varía entre 0,6 y 0,85 = 0,85

Z : Número de dosificadores = 1

v : Velocidad de operación (km/h) = 0,7 m/s = 2,5 km/h

a : Anchura de trabajo = 0,80 m

Reemplazando los valores en la fórmula obtenemos:

$$30 = 0,6 \frac{(0,75)(V)(33,42)(0,85)(1)}{(0,80)(2,5)}$$

$$V = 4,69 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

Entonces,

$$\text{Volumen de 1 ranura} = \frac{V}{\text{Número de ranuras}}$$

$$\text{Volumen de 1 ranura} = \frac{4,69 \text{ cm}^3/\text{rev}}{5 \text{ ranuras/rev}} = 0,93 \text{ cm}^3$$

Verificando que el volumen satisfaga el mínimo necesario para contener 2 granos.

El peso unitario por semilla de maíz es: 0,3 g/semilla

Entonces, en 2 semillas será: $2 \times 0,3 \text{ g/semilla} = 0,6 \text{ g}$

Usando la densidad de la semilla de maíz (δ), obtenemos el volumen de 2 semillas:

$$\text{Volumen de 2 semillas} = \frac{0,6 \text{ g}}{0,75 \text{ g/cm}^3} = 0,8 \text{ cm}^3$$

Comparando ambos resultados, se verifica que satisface el volumen necesario para las 2 semillas.

5.6.4. Torque en el rodillo acanalado

El dosificador necesita un Momento Torsor M que lo haga girar. Para su cálculo se asume que el peso de las semillas pasa por el centro del eje del rodillo acanalado.

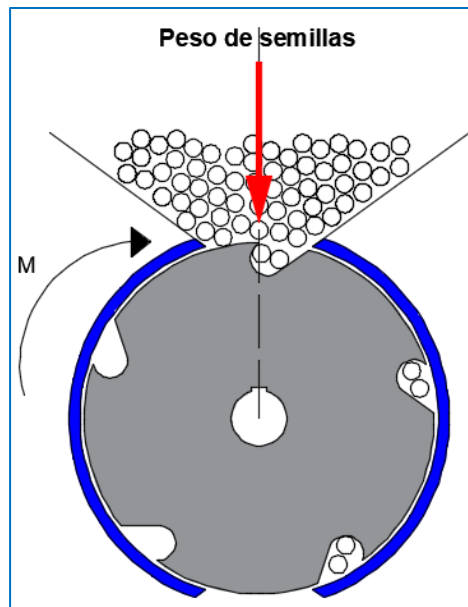


Figura 23. Sistema dosificador³⁰

Analizando el rodillo acanalado obtenemos el siguiente DCL:

³⁰ Fuente: Elaboración propia

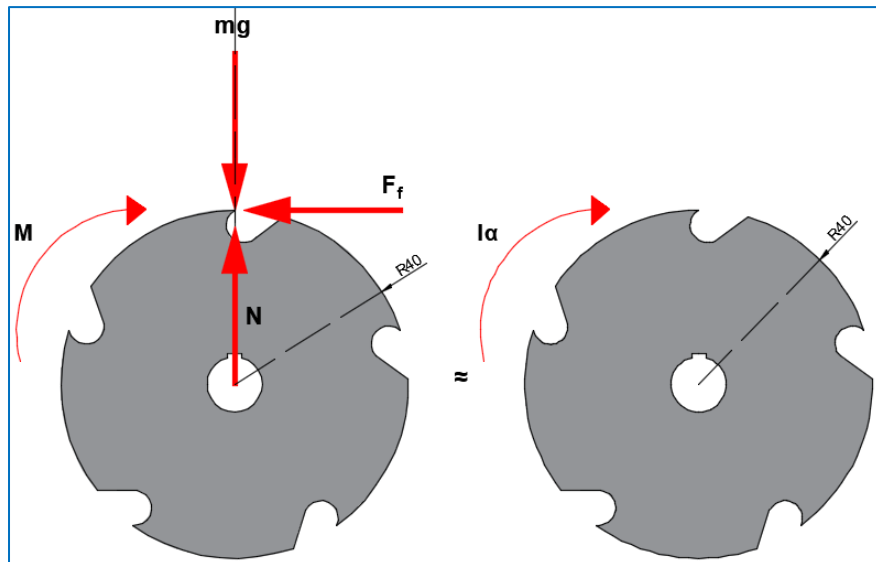


Figura 24.DCL del rodillo acanalado³¹

Aplicando la suma de fuerzas en el eje Y igual a cero, obtenemos:

$$\sum F_Y = 0$$

$$N - mg = 0$$

$$N = mg$$

Aplicamos sumatoria de momentos en el punto de origen, obtenemos:

$$\sum M_o = I\alpha$$

$$M - F_f * R = I\alpha$$

$$M = I\alpha + F_f * R$$

Donde:

Radio de rodillo (R): R= 0,04 m

³¹ Fuente: Elaboración propia

Momento de Inercia del rodillo (I): Para calcular este dato, asumimos el dosificador como un cilindro sólido:

$$I = \frac{1}{2} m * R^2 = \frac{1}{2} * 3,11 * 0,04^2 = 2,48 * 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

Aceleración angular (α): Se asume un periodo de tiempo (ΔT) en el que el rodillo alcanza los 3,5 rad/s.

$$\Delta\omega = \alpha\Delta T$$

Tabla 10. Valores probables de aceleración angular (rad/s^2)³²

Punto	Variación de tiempo (s) ΔT	Aceleración angular (rad/s^2) α
1	0,5	7
2	1,0	3,5
3	1,5	2,33
4	2,0	1,75
5	2,5	1,4
6	3,0	1,16

Se escoge un valor aproximado $\Delta T = 1\text{s}$ cuando se consigue la rapidez de 3,5 rad/s, por lo tanto: $\alpha = 3,5 \text{ rad/s}^2$

La fuerza de fricción (F_f): Fuerza contraria al sentido del movimiento. Este dato lo obtenemos por medio de la siguiente fórmula:

$$F_f = \mu * N$$

Donde:

F_f : Fuerza de fricción (N)

³² Fuente: Elaboración propia

μ : Coeficiente de fricción entre las semillas de maíz y el acero = 0,35 (ver Anexo 7)
(Mamani, 2015)

N : Normal (N): Es igual al peso de las semillas

$$N = mg = 3,11 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 30,51 \text{ N}$$

Por lo tanto, la fuerza de fricción es:

$$F_f = 10,67 \text{ N}$$

Reemplazando valores obtenemos el valor del Momento Torsor M .

$$M = 2,48 * 10^{-3} * 3,5 + 10,67 * 0,04$$

$$M = 0,435 \text{ N.m}$$

5.6.5. Potencia en el rodillo acanalado

Obtenemos esa potencia mediante la siguiente fórmula:

$$P_{dosificador} = M * \omega_{dosificador} = (0,435 \text{ Nm}) \left(3,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$P_{dosificador} = 1,54 \text{ W}$$

5.6.6. Selección de cadena.

Paso 1: Relación de transmisión

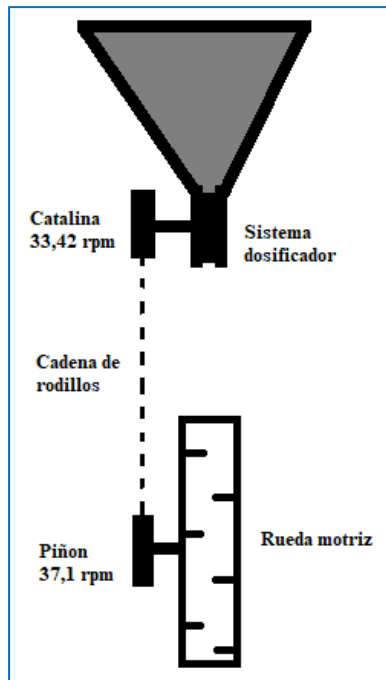


Figura 25.Esquema transmisión de potencia³³

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_{\text{piñón}}}{n_{\text{catalina}}} = \frac{37,1}{33,42} = 1,11$$

Paso 2: Número de dientes de las ruedas (Z)

Asumimos $z_1 = 18$ *dientes*, entonces la catalina tendrá:

$$Z_2 = 18 * 1,11 = 20 \text{ *dientes*}$$

Paso 3: Potencia de diseño

$$\text{Potencia a transmitir} = 1,54 \text{ W} * \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ W}} = 0.002 \text{ HP}$$

Debido a que la potencia es menor a la mínima en la Figura 40, utilizaremos como potencia de selección 0,1 HP, potencia que nos aporta un margen de tolerancia necesaria para el diseño.

³³ Fuente: Elaboración propia

Paso 4: Selección de la cadena

De la Figura 40, para 37,1 rpm y 0,1 HP, le corresponde una cadena ANSI N° 35 - 1, y le corresponde un paso (p) de 3/8 pulg, según la Tabla 11.

Paso 5: Diámetro de paso de las ruedas

$$d_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{z_1}\right)} \quad \wedge \quad D_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{z_2}\right)}$$

Donde:

d_p : Diámetro de paso del piñón

D_p : Diámetro de paso de la catalina

p : Paso de la cadena = 0,375 pulg.

Reemplazando datos tenemos:

$$d_p = \frac{0,375}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{18}\right)} \quad \wedge \quad D_p = \frac{0,375}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{20}\right)}$$

Luego:

$$d_p = 2,16 \text{ pulg} = 55 \text{ mm}$$

$$D_p = 2,40 \text{ pulg} = 61 \text{ mm}$$

Paso 6: Velocidad tangencial de la cadena

$$v = \frac{\pi * d_p * z_1}{12}$$

Reemplazando los valores en la ecuación, obtenemos:

$$v = \frac{\pi * 2,16 * 37,1}{12} = 21 \text{ pies}/\text{min}$$

Lo cual satisface la velocidad mínima de la Tabla 10 para una lubricación manual.

Paso 7: Longitud de la cadena

La longitud aproximada de la cadena está dada por la siguiente ecuación:

$$L_p = 2C_p + 0,53(z_1 + z_2)$$

Asumiendo una distancia entre centros, $C_p = 30$ pasos, obtenemos la longitud aproximada en pasos de la cadena:

$$L_p = 2(30) + 0,53(18 + 20)$$

$$L_p = 80,14$$

Tomando la longitud par más próxima, tenemos que:

$$L_p = 80 \text{ pasos}$$

La distancia entre centros correcta será:

$$C_p = \frac{1}{4} \left[L_p - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(L_p - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - \frac{8(z_2 - z_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

Reemplazando los respectivos valores en la ecuación, obtenemos:

$$C_p = \frac{1}{4} \left[80 - \frac{18 + 20}{2} + \sqrt{\left(80 - \frac{18 + 20}{2} \right)^2 - \frac{8(20 - 18)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C_p = 30,5 \text{ pasos}$$

Luego, la distancia entre centros será:

$$C = C_p * p = 30,5 * 0,375$$

$$C = 11,43 \text{ pulg} = 290 \text{ mm}$$

Paso 8: Recomendación final

Se recomienda utilizar una cadena ANSI N° 35 de 80 pasos y ruedas dentadas de 18 y 20 dientes.

Tabla 11. Especificaciones para las cadenas de rodillos ANSI

ANSI N°	PASO Pulg	CARGA DE ROTURA Lbs.	PESO PROMEDIO EN lbs/pie.	VELOCIDAD MAXIMA, PIES/MIN		
				TIPO DE LUBRICACION		
				MANUAL	GOTEO	SALPICADURA
25	1/4	875	0,09	500	2 500	3 500
35	3/8	2 100	0,21	370	1 700	2 800
40	1/2	3 700	0,42	300	1 300	2 300
50	5/8	6 100	0,68	250	1 000	2 000
60	3/4	8 500	1,00	220	850	1 800
80	1	14 500	1,73	170	650	1 500
100	1 1/4	24 000	2,50	150	520	1 300
120	1 1/2	34 000	3,69	130	430	1 200
140	1 3/4	46 000	5,00	115	370	1 100
160	2	58 000	6,50	100	330	1 000
180	2 1/4	76 000	9,06	95	300	950
200	2 1/2	95 000	10,65	85	260	900

Fuente: (Alva Davila, 2002)

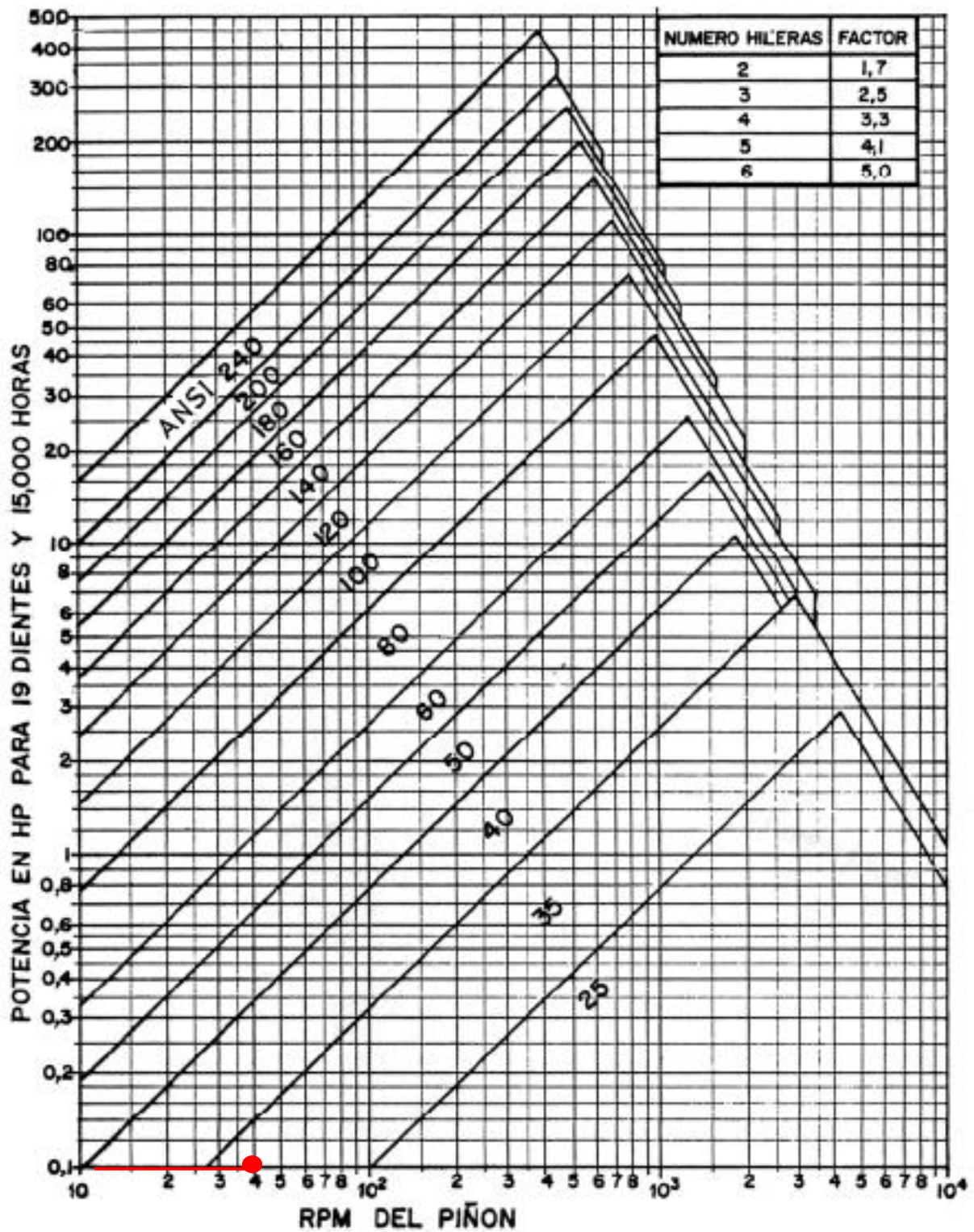


FIG. I: CAPACIDADES DE LAS CADENAS DE RODILLOS

Figura 26. Capacidades de las cadenas de rodillos

Fuente: (Alva Davila, 2002)

5.6.7. Cálculo del árbol de transmisión

El árbol de transmisión es el encargado de transferir el Momento Torsor M de la catalina hacia el dosificador de rodillo acanalado. El material del árbol será AISI 1015 (acero bajo en carbono utilizado comúnmente para ejes y árboles que no exijan elevadas características mecánicas) (Marín García, 2008).

El árbol de transmisión está sujeto a una fuerza tangencial y un momento torsor transferido por la cadena, de igual manera de una fuerza y un momento torsor producidos en el rodillo acanalado.



Figura 27.Árbol de transmisión³⁴

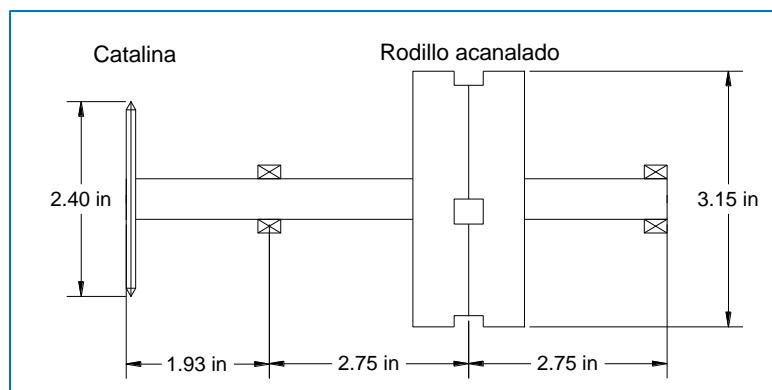


Figura 28.Esquema árbol de transmisión³⁵

³⁴ Fuente: Elaboración propia

³⁵ Fuente: Elaboración propia

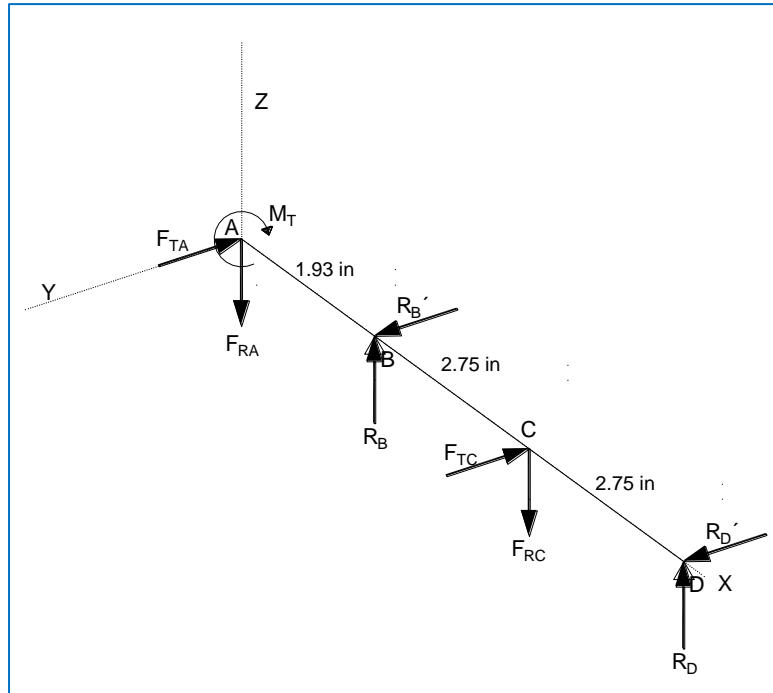


Figura 29.DCL del árbol de transmisión³⁶

Cálculo de las fuerzas

Punto A: Catalina

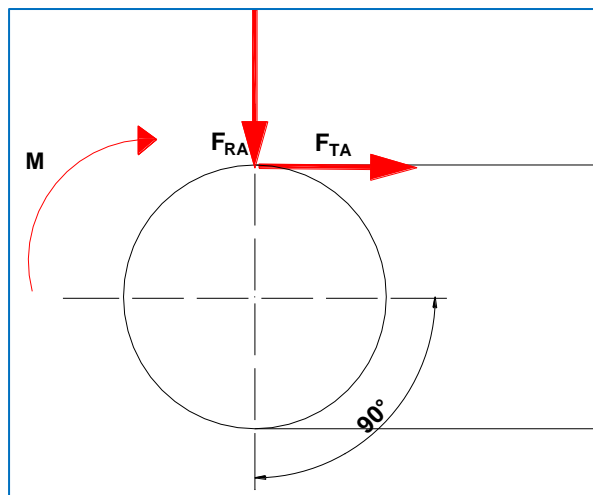


Figura 30.DCL de la catalina³⁷

³⁶ Fuente: Elaboración propia

³⁷ Fuente: Elaboración propia

Despreciando el peso de la catalina y con la cadena en posición horizontal, tenemos:

La fuerza radial despreciable: $F_{RA} = 0$

La fuerza tangencial en la catalina la hallamos con la siguiente ecuación:

$$F_{TA} = \frac{2M}{D_p}$$

Donde:

M: Momento torsor = 0,435 Nm = 3,85 lb.pulg

D_p : Diámetro de paso de la catalina = 2,40 pulg

Reemplazando valores, obtenemos:

$$F_{TA} = \frac{2(3,85)}{2,40}$$

$$F_{TA} = 3,2 \text{ lb}$$

Punto C: Dosificador

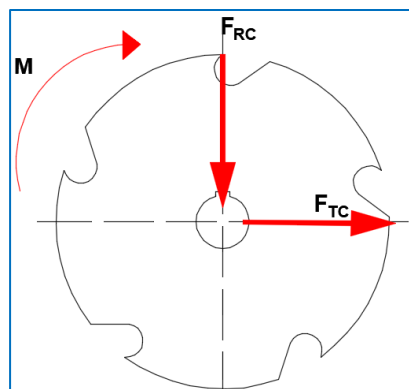


Figura 31.DCL del dosificador de rodillo acanalado³⁸

³⁸ Fuente: Elaboración propia

La fuerza tangencial en el dosificador la hallamos con la siguiente ecuación:

$$F_{TC} = \frac{2M}{D_{dosificador}}$$

Donde:

M: Momento torsor = 0,435 Nm = 3,85 lb.pulg

$D_{dosificador}$: Diámetro del dosificador = 80 mm = 3,15 pulg

Reemplazando valores, obtenemos:

$$F_{TC} = \frac{2(3,85)}{3,15}$$

$$F_{TC} = 2,44 \text{ lb}$$

La fuerza radial en el punto C es la suma del peso del maíz con el peso del elemento dosificador.

Para hallar el peso del maíz multiplicamos la masa de maíz de la tolva por la aceleración de la gravedad.

$$W_{maíz} = m * g = 3,11 * 9.81 = 30,51 \text{ N}$$

Multiplicando un factor de 1,15 para alguna variación de semilla en el peso de la tolva, tenemos:

$$W_{maíz} = 30,51 * 1,15 = 35 \text{ N}$$

Para hallar el peso del dosificador multiplicamos la densidad del material del dosificador (acero ASTM A-36) por el volumen del rodillo acanalado por la aceleración de la gravedad.

$$W_{dosificador} = \rho_{acero} * V_{dosificador} * g$$

Donde:

ρ_{acero} : Densidad del acero = 0,00786 kg/cm³

g: Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²

Volumen del dosificador: $V_{dosificador} = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} \cdot 3,5 = 175,93 \text{ cm}^3$

Luego:

$$W_{dosificador} = 0,00786 \cdot 175,93 \cdot 9,81$$

$$W_{dosificador} = 13,56 \text{ N}$$

Por lo tanto, la fuerza radial en el dosificador es:

$$F_{RC} = W_{maíz} + W_{dosificador} = 35 + 13,56$$

$$F_{RC} = 48,6 \text{ N} = 11 \text{ lb}$$

Plano X – Z

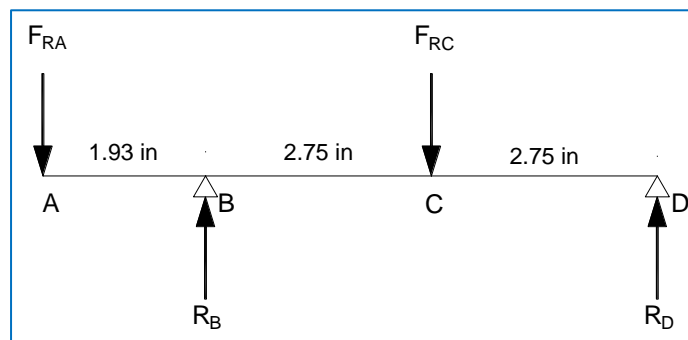


Figura 32. Fuerzas en el plano X – Z³⁹

$$\sum F_Z = 0$$

$$R_B + R_D = F_{RA} + F_{RC}$$

³⁹ Fuente: Elaboración propia

$$R_B + R_D = 11 \text{ lb}$$

$$\sum M_D = 0$$

$$-(R_B)(5,5) + (11)(2,75) = 0$$

$$R_B = 5,5 \text{ lb}$$

$$R_D = 5,5 \text{ lb}$$

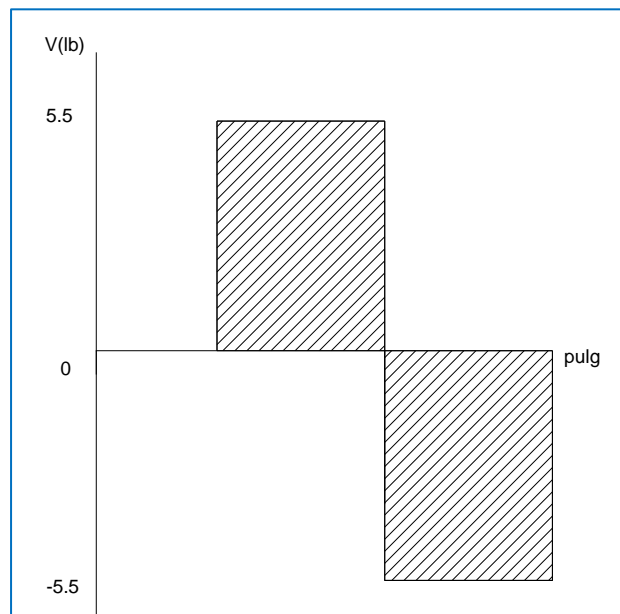


Figura 33.Diagrama de fuerza cortante plano X - Z⁴⁰

⁴⁰ Fuente: Elaboración propia

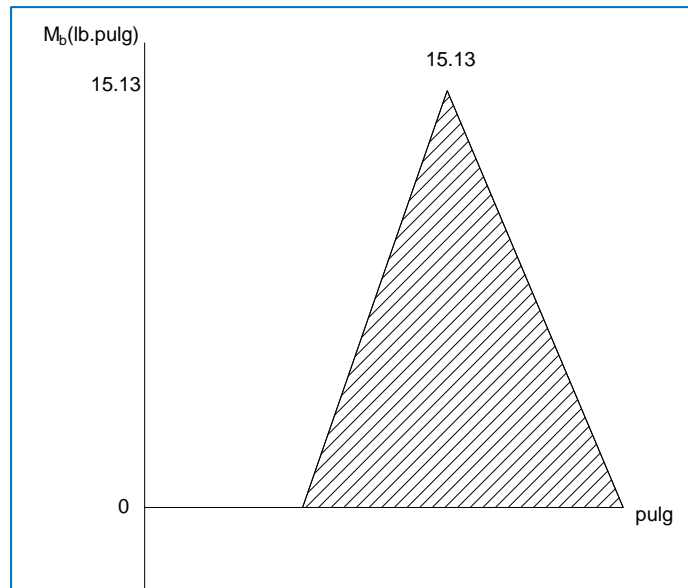


Figura 34. Diagrama de momento flector plano X – Z⁴¹

Plano X – Y

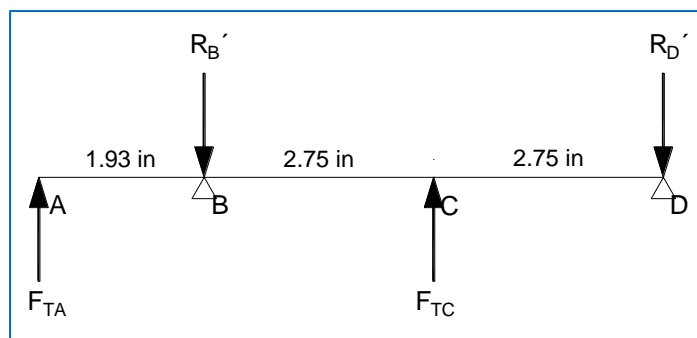


Figura 35. Fuerzas en el plano X – Y⁴²

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_B' + R_D' = F_{TA} + F_{TC}$$

$$R_B' + R_D' = 3,2 + 2,44 = 5,64 \text{ lb}$$

⁴¹ Fuente: Elaboración propia

⁴² Fuente: Elaboración propia

$$\sum M_D = 0$$

$$(R_B')(5,5) - (3,2)(7,43) - (2,44)(2,75) = 0$$

$$R_B' = 5,54 \text{ lb}$$

$$R_D' = 0,1 \text{ lb}$$

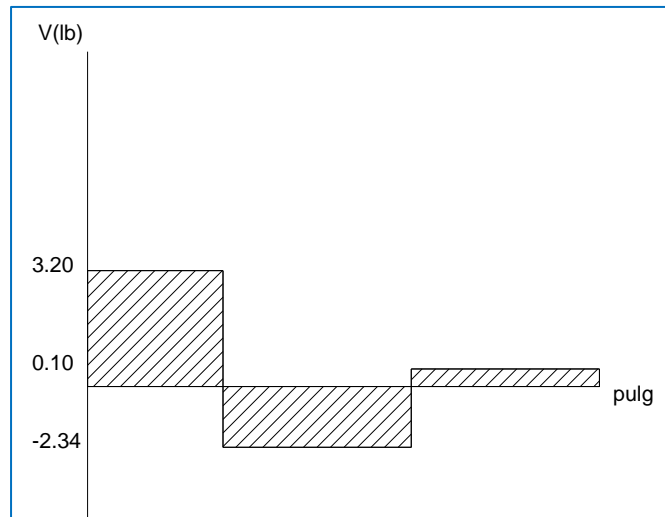


Figura 36.Diagrama de fuerza cortante plano X – Y⁴³

⁴³ Fuente: Elaboración propia

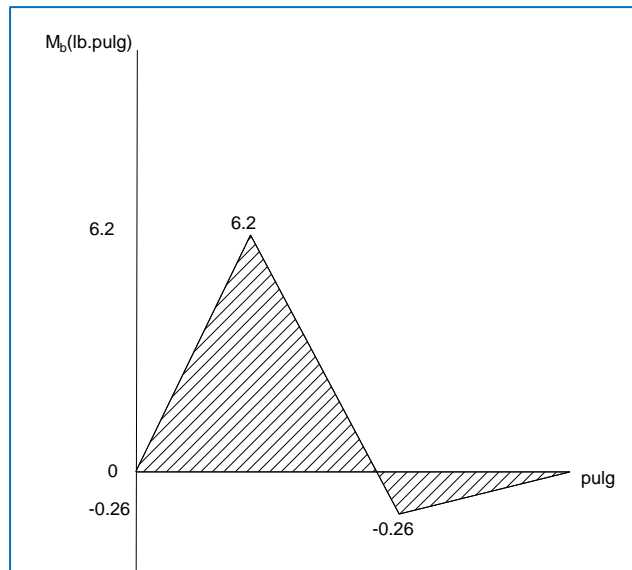


Figura 37.Diagrama de momento flector plano X – Y⁴⁴

Podemos apreciar que el mayor momento flector es aplicado en el Punto C, entonces:

$$M_m = \sqrt{15,13^2 + 0,26^2} = 15,13 \text{ lb.pulg}$$

Esfuerzo permisible a corte

El material a usar para la construcción del árbol de transmisión es el acero AISI 1015. En la Tabla 11 se presentan sus propiedades mecánicas.

Tabla 12.Propiedades mecánicas del acero AISI 1015

UNE	AISI	DIN	Estado	HB	S _y (MPa)	S _u (MPa)
F 1110	1015	Ck 15	Normalizado	110	215	380
				170	225	500

Fuente: (Marín García, 2008)

Para el cálculo tomaremos los menores valores de la Tabla 10, así tenemos:

$$S_y = 215 \text{ Mpa}$$

⁴⁴ Fuente: Elaboración propia

$$S_{\mu} = 380 \text{ Mpa}$$

Entonces:

$$S_{sd} = 0,3 * S_Y = 0,3 * 215 = 64,5 \text{ MPa}$$

$$S_{sd} = 0,18 * S_{\mu} = 0,18 * 380 = 68,4 \text{ MPa}$$

Se toma el menor valor, por lo tanto $S_{sd} = 64,5 \text{ MPa}$

Al existir canal chavetero o rosca, el valor del esfuerzo permisible se multiplica por 0,75

Por lo tanto:

$$S_{sd} = 0,75 * 64,5 = 48,375 \text{ MPa} * 145 = 7014,4 \text{ PSI}$$

Empleamos la ecuación de la ASME para determinar el diámetro de ejes y árboles de transmisión, para un árbol macizo sin cambios de diámetro y sin carga axial:

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_{sd}} \sqrt{(K_m M_m)^2 + (K_T M_T)^2}$$

Donde:

S_{sd} : Esfuerzo permisible a corte

K_m : Factor de carga de momento flector

K_T : Factor de carga de torsión

M_m : Momento flector

M_T : Momento torsor

d : Diámetro exterior del árbol de transmisión

Resumiendo:

$$S_{sd} = 7014,4 \text{ PSI (con canal chavetero)}$$

$$K_m = 2 \text{ (carga súbitamente aplicada con choques menores)}$$

$$K_T = 1,5 \text{ (carga súbitamente aplicada con choques menores)}$$

$$M_m = 15,13 \text{ lb.pulg}$$

$$M_T = 8,85 \text{ lb.pulg}$$

Sustituyendo los datos y resolviendo la ecuación:

$$d^3 = \frac{16}{\pi(7014,4)} \sqrt{(2 * 15,13)^2 + (1,5 * 8,85)^2}$$

$$d = 0,3 \text{ pulg}$$

Estandarizando al mayor valor próximo:

$$d = \frac{1}{2} \text{ pulg}$$

Calculamos el esfuerzo permisible a corte con el valor del diámetro estándar escogido.

$$S_{sd} = \frac{16}{\pi(0,5)^3} \sqrt{(2 * 15,13)^2 + (1,5 * 8,85)^2}$$

$$S_{sd} = 1346 \text{ PSI}$$

Por lo tanto, tenemos un factor de seguridad de 5,2 considerando que calculamos 7014,4 PSI de esfuerzo permisible a corte.

5.6.8. Selección de los rodamientos

En el sistema van acoplados dos rodamientos ubicados en los puntos B y D del árbol de transmisión.

El primer paso será hallar la carga resultante en cada soporte.

Punto B:
$$F_B = \sqrt{5,50^2 + 5,54^2} = 7,8 \text{ lb}$$

Punto D:
$$F_D = \sqrt{5,50^2 + 0,1^2} = 5,5 \text{ lb}$$

El siguiente paso es estimar la duración en millones de revoluciones.

$$L = L_n * 60 * n * 10^{-6}$$

Donde:

L_n : Duración nominal en horas de servicio = 3 000 (Tabla 13)

n : Velocidad de rotación, en RPM = 33,42 rpm

Reemplazando valores:

$$L = 3000 * 60 * 33,42 * 10^{-6}$$

$$L = 6 \text{ millones de revoluciones}$$

Lo siguiente será calcular la carga dinámica equivalente.

Carga dinámica equivalente

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Donde:

P : Carga dinámica equivalente

F_r : Fuerza radial real

F_a : Fuerza axial real (0 lb)

X : Factor radial

Y : Factor axial

Ya que no existe carga axial, tenemos que:

$$\frac{F_a}{F_r} = 0 \leq e$$

Entonces de la Figura 40, tenemos:

$$X = 1, Y = 0$$

Aplicando la ecuación de carga dinámica equivalente en los puntos B y D tenemos:

Punto B: $P = 1 * 7,8 = 7,8 \text{ lb}$

Punto D: $P = 1 * 5,5 = 5,5 \text{ lb}$

Finalmente, calculamos la capacidad de carga dinámica

Capacidad de carga dinámica

$$C = PL^{1/p}$$

Donde:

C : Capacidad de carga dinámica

P : Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

L : Duración en millones de revoluciones

p : exponente = 3 (Rodamiento de bolas)

Aplicando la ecuación de capacidad dinámica equivalente en los puntos B y D tenemos:

Punto B: $C = 7,8(6)^{1/3} = 14,2 \text{ lb} = 0,063 \text{ KN}$

Punto D: $C = 5,5(6)^{1/3} = 10 \text{ lb} = 0,044 \text{ KN}$

Con el diámetro exterior del árbol de transmisión (1/2 pulg) seleccionamos unos rodamientos que tengan como diámetro interno $d = 12 \text{ mm}$, además verificamos que cumplan con los requerimientos de carga en ambos puntos B y D.

Por lo tanto, de la Tabla 14, seleccionamos el Rodamiento N° 61801 para ambos soportes B y D.

Tabla 13. Duración en horas de servicio para diferentes tipos de máquinas

TABLA N° 1
DURACIÓN EN HORAS DE SERVICIO PARA
DIFERENTES TIPOS DE MAQUINAS

CLASE DE MÁQUINA	HORAS
- Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos técnicos para uso médico	300 a 3 000
- Máquinas de uso intermitente o por períodos cortos; máquinas herramientas portátiles aparatos elevadores en talleres, máquinas para la construcción	3 000 a 8 000
- Máquinas para trabajar con alta confiabilidad de funcionamiento durante períodos cortos o intermitentes: ascensores, grúas para mercancías embaladas	8 000 a 12 000
- Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no utilizadas totalmente: transmisiones por engranaje para uso general, motores eléctricos para uso industrial, chancadoras giratorias	10 000 a 25 000
- Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, transportadores de faja, equipos de impresión, centrifugas y separadoras	20 000 a 30 000
- Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: caja de engranajes para laminadoras, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresoras, winches de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 a 50 000
- Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria propulsora para transatlánticos	60 000 a 100 000
- Maquinaria para fabricación de papel y pasta de papel, máquinas eléctricas de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	≈ 100 000

Fuente: (Alva Davila, 2002)

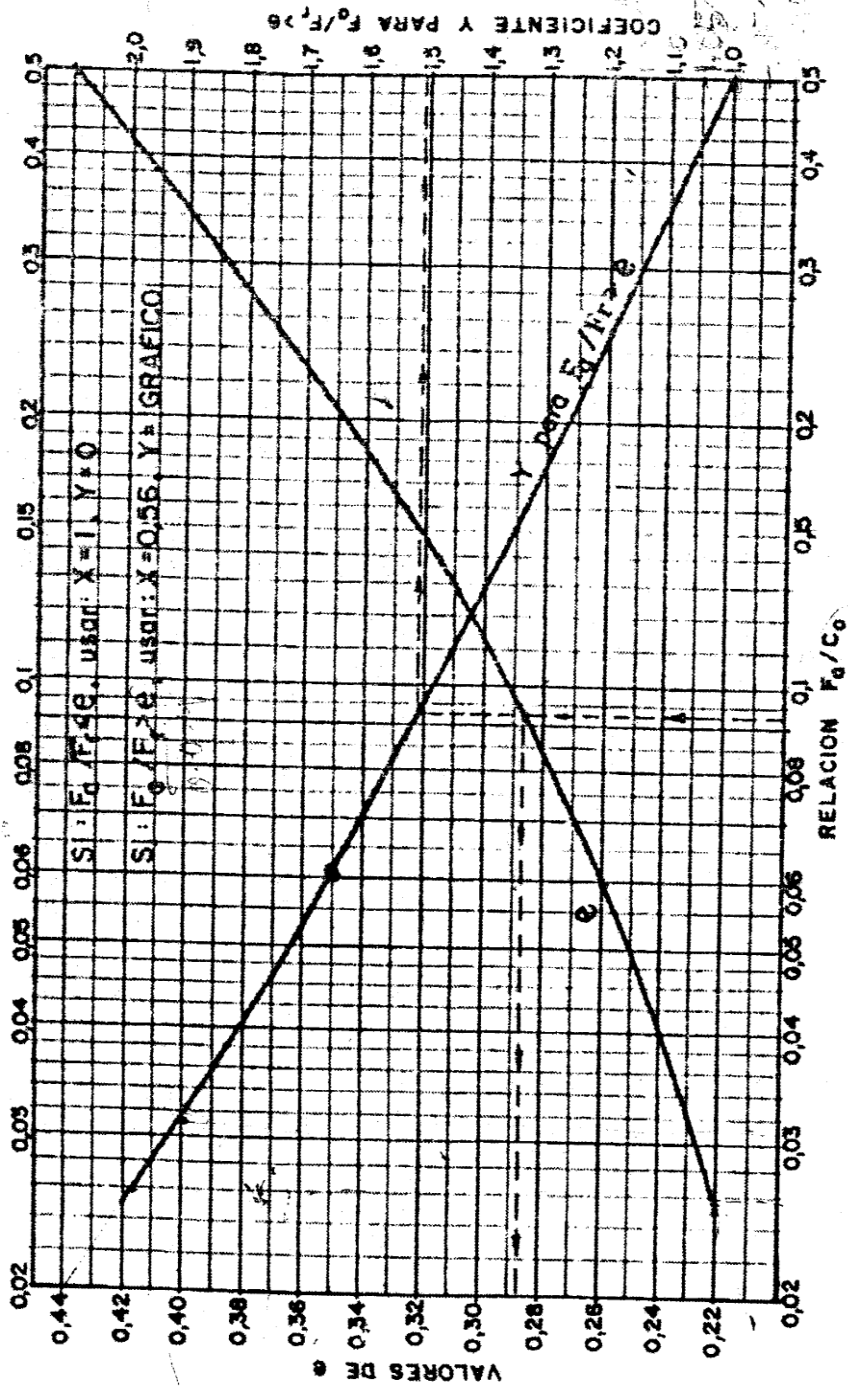


FIG. 1 COEFICIENTES X e Y PARA RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS

Figura 38. Coeficientes X e Y para rodamientos rígidos de bolas

Fuente: (Alva Davila, 2002)

Tabla 14. Rodamientos rígidos de bolas

RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS

RODAM Nº	d mm	D mm	B mm	d _i mm	D _i mm	R mm	CAPAC. kN		RPM máx.	
							C	C ₀	Grasa	Aceite
SERIE 618										
618/4	4	9	2,5	5,4	7,5	0,3	0,355	0,156	45000	53000
5	5	11	3,0	6,8	9,2	0,3	0,444	0,216	40000	48000
6	6	13	3,5	7,9	11,1	0,3	0,630	0,315	38000	45000
7	7	14	3,5	8,9	12,2	0,3	0,695	0,355	38000	45000
8	8	16	4,0	10,1	13,9	0,4	0,930	0,510	36000	43000
9	9	17	4,0	11,1	14,9	0,4	1,02	0,560	34000	40000
61800	10	19	5,0	13	16	0,5	1,08	0,630	32000	38000
01	12	21	5,0	15	18	0,5	1,12	0,710	30000	36000
02	15	24	5,0	18	21	0,5	1,22	0,780	26000	32000
03	17	26	5,0	20,2	23	0,5	1,32	0,915	24000	30000
04	20	32	7,0	24	28	0,5	2,04	1,4	19000	24000
61805	25	37	7,0	29	33	0,5	2,28	1,70	17000	20000
06	30	42	7,0	33,8	38,2	0,5	2,28	1,80	15000	18000
07	35	47	7,0	38,8	43,2	0,5	2,36	2,00	13000	16000
08	40	52	7,0	43,8	48,2	0,5	2,45	2,20	11000	14000
09	45	58	7,0	48,7	54,3	0,5	4,65	3,80	9500	12000
61810	50	65	7,0	54,7	60,3	0,5	4,80	4,25	9000	11000
11	55	72	9,0	60,2	66,8	0,5	6,40	5,60	8500	10000
12	60	78	10	65,6	72,4	0,5	6,70	6,10	7500	9000
13	65	85	10	71,1	78,9	1,0	9,00	8,30	7000	8500
14	70	90	10	76,1	83,9	1,0	9,30	9,15	6700	800
61815	75	95	10	81,1	88,9	1,0	9,65	9,80	6300	7500
16	80	100	10	86,1	93,9	1,0	9,50	9,80	6000	7000
17	85	110	13	92,5	103	1,5	14,60	15,00	5300	6300
18	90	115	13	97,5	108	1,5	15,00	15,60	5300	6300
20	100	125	13	107	118	1,5	15,30	17,00	4800	5600
61822	110	140	16	119	131	1,5	21,60	23,60	4300	5000
24	120	150	16	129	141	1,5	22,40	25,00	3800	4500
26	130	165	18	140	156	2,0	29,00	32,50	3600	4300
28	140	175	18	151	164	2,0	30,50	35,50	3400	4000
30	150	190	20	163	178	2,0	37,50	43,00	3000	3600
61832	160	200	20	173	188	2,0	38,00	45,00	2800	3400
34	170	215	22	184	202	2,0	47,50	56,00	2600	3200
36	180	225	22	194	212	2,0	48,00	57,00	2400	3000
38	190	240	24	206	225	2,5	57,00	69,50	2200	2800
40	200	250	24	216	235	2,5	58,50	72,00	2200	2800
61844	220	270	24	236	255	2,5	60,00	78,00	1900	2400
48	240	300	28	259	282	3,0	83,00	106,0	1800	2200
52	260	320	28	279	302	3,0	85,00	114,0	1700	2000
56	280	350	33	302	329	3,0	106,0	140,0	1600	1900
60	300	380	28	326	356	3,5	132,0	173,0	1400	1700
61864	320	400	38	346	375	3,5	134,0	180,0	1300	1600
68	340	420	38	366	395	3,5	137,0	196,0	1200	1500
72	360	440	38	386	417	3,5	140,0	200,0	1100	1400
76	380	480	46	412	449	3,5	190,0	280,0	1000	1300

Fuente: (Alva Davila, 2002)

Es el soporte de los elementos del prototipo como la tolva, el manubrio de empuje y la reja surcadora, por lo que debe tener la suficiente resistencia para no fallar. Considerando lo anterior mencionado, el chasis va a estar fabricado con platina de acero ASTM A-36 de 1"x ¼" con una longitud máxima de 64 centímetros. Además, irán unidas 6 bocinas de rodajes como soporte de los ejes de ruedas y el árbol de transmisión del dosificador de rodillo acanalado.

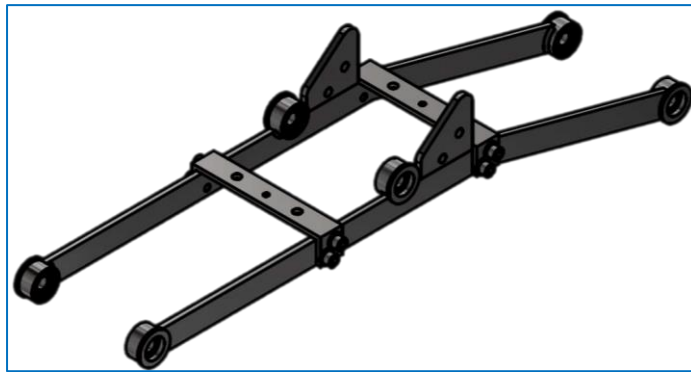


Figura 39.Chasis⁴⁵

5.8. Reja surcadora

Encargada de abrir el surco. La reja estará empernada al chasis y será de simple desmontaje para su mejor traslado. La reja se puede deslizar por la placa inferior y ajustar hasta la profundidad necesaria obteniendo una altura máxima de 6 centímetros por debajo del nivel del suelo. Estará fabricada con acero ASTM A-36 de 1"x ¼"

⁴⁵ Fuente: Elaboración propia

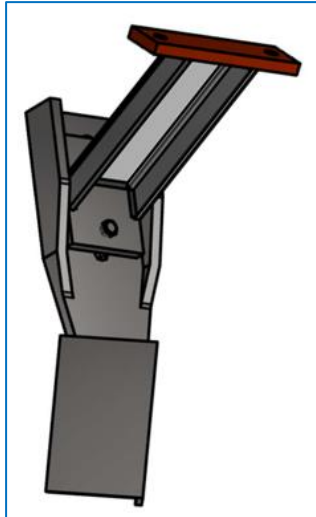


Figura 40.Reja surcadora⁴⁶

5.9. Cadena tapadora

Este componente es una cadena simple, cuya función es cerrar el surco, tapando las semillas que han sido depositadas en el suelo. Esta acción es fundamental para proteger a la semilla de la intemperie y asegurar su germinación. Para su mejor funcionamiento se deja una longitud grande de cadena para conseguir arrastrar tierra y tapar las semillas. La cadena estará sujeta al chasis a través de unos soportes como se aprecia en la figura 41.

Se utilizará una cadena de acero galvanizado de 10 mm de espesor.

⁴⁶ Fuente: Elaboración propia

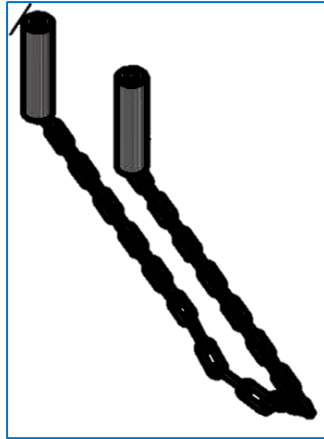


Figura 41.Cadena tapadora⁴⁷

5.10. Manubrio de empuje

Elemento cuya función es el manejo y control de la sembradora. Tiene un largo máximo de 90 centímetros y en la parte superior el manubrio tiene un tubo de 40 centímetros para el empuje. El sistema de empuje le da una altura final a la sembradora de 73 centímetros. Estará fabricado con tubo rectangular de 1/8" x 1" x 2" de acero de calidad ASTM A-36.

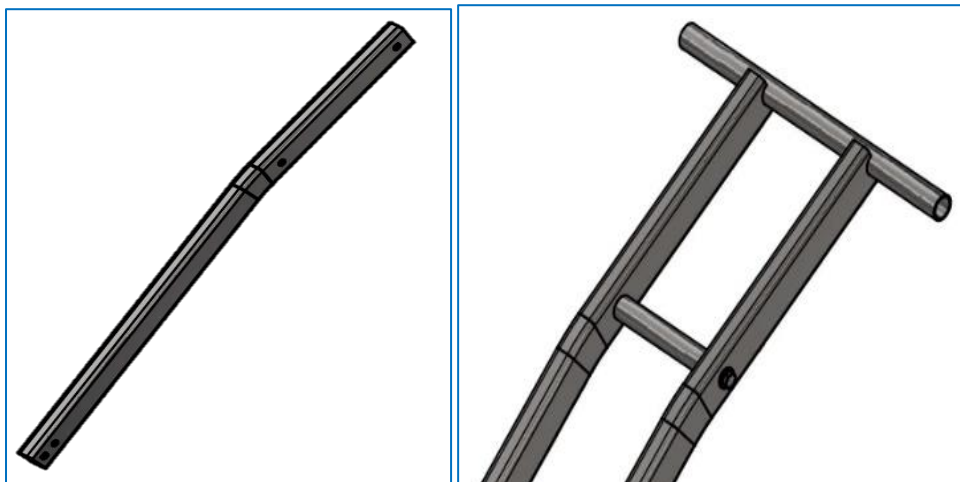


Figura 42.Manubrio de empuje⁴⁸

⁴⁷ Fuente: Elaboración propia

⁴⁸ Fuente: Elaboración propia

5.11. Descarga

El tubo de descarga tiene la capacidad de depositar las semillas en el surco, asimismo funciona como una cubierta del rodillo dosificador. Va a estar fabricado con plancha de acero ASTM A-36 de 1,5 mm de espesor e irá adosado un tubo corrugado de PVC de 1 pulgada de diámetro exterior.

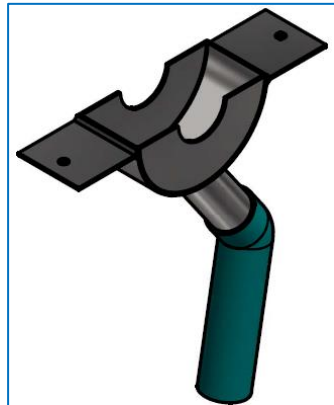


Figura 43. Tubo de descarga⁴⁹

5.12. Alarma

La alarma está diseñada en una placa electrónica cuya función será avisar el instante en que se tiene que cargar la tolva con el fin de evitar áreas no sembradas y ahorrar tiempo, debido a que no se necesitaría la inspección visual del operario.

Los elementos que la constituyen son:

Sensor ultrasónico HC-SR04: Los sensores ultrasónicos miden la distancia por medio de la utilización de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y obtiene la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos

⁴⁹ Fuente: Elaboración propia

miden la distancia al objeto contabilizando el tiempo entre la emisión y la recepción.⁵⁰

En este caso el sensor ultrasónico será utilizado para medir la distancia entre el sensor y los granos de maíz, cuando el nivel de maíz baje ya no detectará la misma distancia, entonces en ese momento emitirá una señal de alarma al operador.

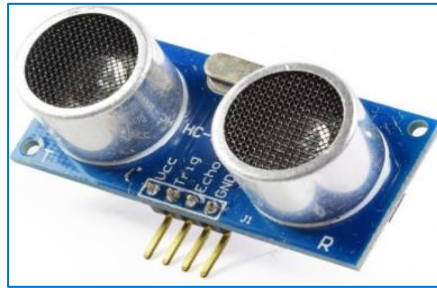


Figura 44. Sensor ultrasónico HC-SR04⁵¹

Buzzer: Es un actuador sencillo y barato que emite un sonido a partir de una señal de 5V.

Este dispositivo tiene la función de activarse cuando la tolva tenga pocos granos, alertando de esta manera al operador.



Figura 45. Buzzer⁵²

⁵⁰ <https://inovaciontecnologiaideasyproyecots.home.blog/sensores/>

⁵¹ <https://naylorpmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

⁵² <https://naylorpmechatronics.com/interfaz-de-usuario/368-piezo-buzzer-activo-12mm.html>

Microcontrolador Atmega 328P: Es un circuito integrado creado por ATMEL y pertenece a la serie MEGA-AVR. Este microcontrolador se encarga de procesar las señales digitales que son tomadas por el sensor ultrasónico, para luego, mediante programación tomar la decisión de activar la alarma.



Figura 46.Microcontrolador Atmega 328P⁵³

Regulador de voltaje Transistor LM7805: Un regulador de tensión es un dispositivo que modifica una señal de tensión que obtiene a su entrada y manda una señal de salida regulada a 5VDC necesario para poder alimentar la placa electrónica. Junto al transistor van conectados 2 condensadores de 30 pF.

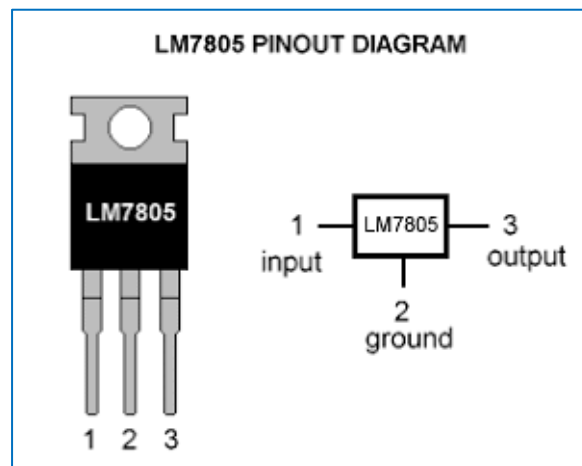


Figura 47.Regulador de voltaje Transistor LM7805⁵⁴

⁵³ <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Atmega328&oldid=136603139>

⁵⁴ <https://www.electrontools.com/Home/WP/regulador-de-voltaje-7805/>

Cristal oscilador de cuarzo 16MHz: El cristal oscilador es un accesorio electrónico, su propio nombre lo dice, oscila a una frecuencia determinada y sintoniza un circuito resonante.



Figura 48. Cristal oscilador de cuarzo⁵⁵

Batería 9V: Se utilizará una pila alcalina de 9 Voltios necesaria para la alimentación del control de la alarma.



Figura 49. Batería Duracell 9V⁵⁶

Cables: Cables AWG 26, con sección transversal de 0,13 mm², cables típicos utilizados en electrónica.

⁵⁵ <https://electrocrea.com/products/cristal-de-16-mhz>

⁵⁶ https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Pila_9V&oldid=134600308

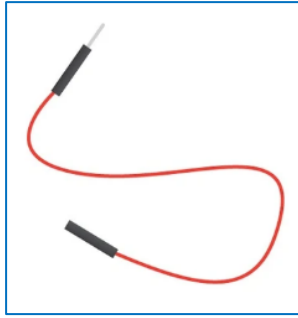


Figura 50.Cable electrónico⁵⁷

Switch ON/OFF: Es un interruptor que se mantiene fijo por tiempo indefinido en la posición que lo dejemos, abre o cierra el circuito. Para que funcione la alarma el operario debe cerrar el circuito.



Figura 51.Switch ON/OFF⁵⁸

El buzzer, el microcontrolador, el regulador de voltaje y sus bornes irán conectados y soldados en una baquelita (placa para soldar circuitos) de 51 mm x 50 mm.

Estos componentes estarán ubicados en una caja de control encima de la tolva y el sensor ultrasónico HC-SR04 irá adosado en la pared interior de la tolva.

⁵⁷ <https://solectroshop.com/es/blog/cables-en-electronica-su-equivalencia-de-estandar-awg-a-diametro-carga-maxima-n74>

⁵⁸ <https://felixmaocho.wordpress.com/2016/09/06/curso-de-arduino-interruptores-pulsadores-llaves-y-reles-utilizados-en-electronica/>

Funcionamiento:

Al empezar el trabajo se llena la tolva y se enciende la placa electrónica con el switch ON. Se trabaja con normalidad y cuando las semillas lleguen a un nivel por debajo de la ubicación del sensor, este mandará una señal al microcontrolador, y este último enviará una señal digital al buzzer avisando al operador que las semillas están por debajo del nivel mínimo y dejará de sonar cuando la tolva vuelva cargarse con semillas o cuando el operario apague el switch.

Ubicación del aditivo electrónico:

Los elementos de la alarma estarán ubicados encima de la tolva en una pequeña caja de plástico de 90x60x30 mm. El sensor ultrasónico irá atornillado al interior y en la parte inferior de la tolva, se hará una pequeña ranura a la tolva suficiente para que pasen los cables que conectan el sensor, estos cables irán dentro de una guarda de plástico que sirva de protección.

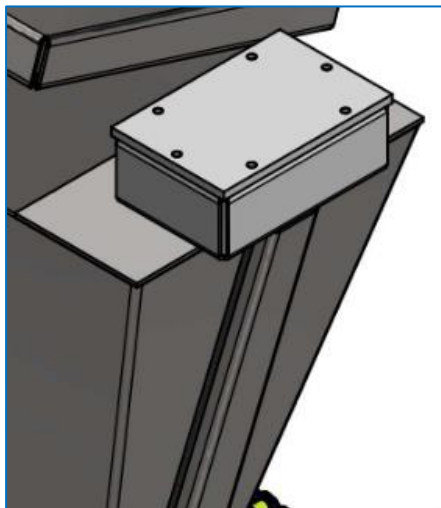


Figura 52.Ubicación de la alarma⁵⁹

⁵⁹ Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de la placa electrónica:

Para el desarrollo del hardware se utilizó el software Proteus, este programa simula circuitos electrónicos, el cual permitió realizar las conexiones de los elementos de la placa electrónica y su respectiva simulación.



Figura 53.Placa electrónica diseñada en el software Proteus⁶⁰

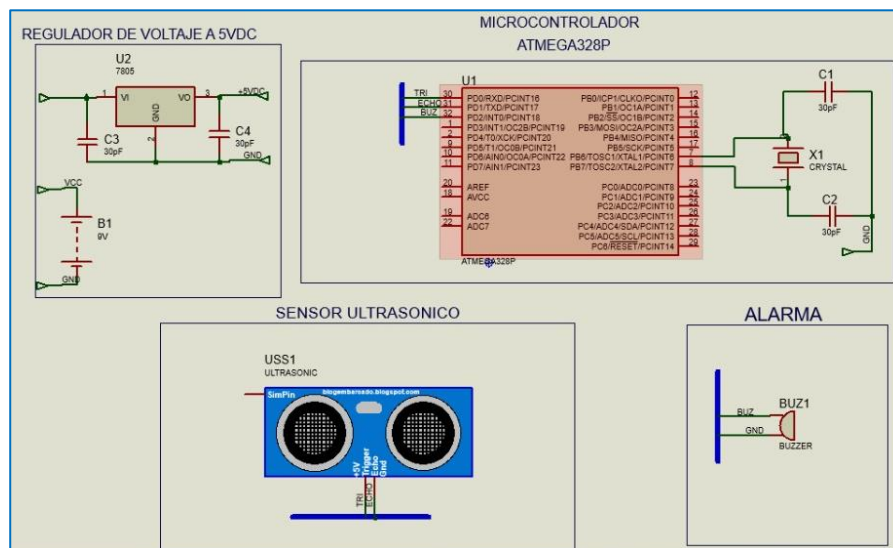


Figura 54.Conexiones del aditivo electrónico en software Proteus⁶¹

⁶⁰ Fuente: Elaboración propia

⁶¹ Fuente: Elaboración propia

Programación del Microcontrolador ATMEGA 328P:

Programar el microcontrolador significa desarrollar el software, en otras palabras, el programa que procesará la información y activará la alarma.

Se programa el microcontrolador de la Figura 46, usando como programador la tarjeta Arduino, cuya suite de desarrollo es el software Arduino IDE en el cual se realiza la programación.

Para la programación, se empieza declarando las variables a utilizar en el proyecto:

TRIG: Representa al pin TRIGGER del sensor ultrasónico, el cual se va a encargar de mandar la onda hasta que choque con algún objeto.

ECO: Representa la respuesta de la onda al momento de chocar con cualquier objeto, mediante el cual por cálculos del sensor se va a medir la cantidad de tiempo que le tomó en realizar dicho trabajo.

DURACIÓN: Esta variable es de tipo entera ya que va ser donde se va guardar los datos entregados por el sensor al microcontrolador Atmega 328P.

DISTANCIA: Es una variable tipo entera en la cual mediante fórmula y teniendo en cuenta el tiempo que le tomó a la onda se calcula la distancia del objeto.

```
//PROYECTO DE TESIS //
int TRIG = 10;      // trigger en pin 10
int ECO = 9;       // echo en pin 9
int ALARMA = 3;    // ALARMA en pin 3
int DURACION;
int DISTANCIA;
```

Figura 55.Declaración del sensor – alarma y las variables⁶²

⁶² Fuente: Elaboración propia

En el void setup se declara la variable TRIG como una salida digital, ya que va ser esta variable la que va a representar a la onda que va ser enviada por el sensor al exterior

La variable ECO se declara como una entrada digital ya que va representar la entrada de respuesta de la onda.

Se inicia la comunicación serial a 9600 baudios para realizar pruebas del sensor y verificar su correcto funcionamiento.

```
void setup()
{
  pinMode(TRIG, OUTPUT); // trigger como salida
  pinMode(ECO, INPUT);   // echo como entrada
  pinMode(ALARMA, OUTPUT); // ALARMA como salida
  Serial.begin(9600);    // inicializacion de comunicacion serial a 9600 bps
}
```

Figura 56.Inicialización del sensor - alarma⁶³

En esta pequeña parte del código se leen las lecturas del sensor ultrasónico. Se guardan los valores en la variable Duración y luego mediante fórmula se obtiene la distancia de ubicación del objeto con la que topa la onda enviada por el sensor.

⁶³ Fuente: Elaboración propia

```

void loop()
{
  digitalWrite(TRIG, HIGH);    // generacion del pulso a enviar
  delay(1);                    // al pin conectado al trigger
  digitalWrite(TRIG, LOW);     // del sensor

  DURACION = pulseIn(ECO, HIGH); // con funcion pulseIn se espera un pulso
  // alto en Echo
  DISTANCIA = DURACION / 58.2;   // distancia medida en centimetros
  Serial.println(DISTANCIA);     // envio de valor de distancia por monitor serial
  delay(200);                    // demora entre datos
}

```

Figura 57.Lectura de los datos recibidos por el sensor⁶⁴

Aquí es donde termina el código en C, mediante la siguiente condición:

Si la distancia que está leyendo el sensor es mayor o igual a 8 centímetros y además es menor o igual a 30 centímetros entonces el microcontrolador mandará un “1” lógico al puerto donde se encuentra conectada la alarma. La alarma al recibir el “1” lógico se activará hasta que la nueva distancia leída por el sensor cambie de valores.

```

if (DISTANCIA <= 30 && DISTANCIA >= 8){ // su distancia .
  digitalWrite(ALARMA, HIGH);
}else{
  digitalWrite (ALARMA, LOW);|
}
}

```

Figura 58.Ejecución de lógica⁶⁵

⁶⁴ Fuente: Elaboración propia

⁶⁵ Fuente: Elaboración propia

PRESUPUESTO DE LA ALARMA

Tabla 15. Presupuesto de la alarma⁶⁶

COMPONENTES	COSTO UNITARIO (S/.)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (S/.)
Microcontrolador ATMEGA 328P	10,00	1	10,00
Sensor Ultrasónico	8,00	1	8,00
Buzzer	1,00	1	1,00
Cables	2,00	1	2,00
Baquelita	4,00	1	4,00
Transistor 7805	3,00	1	3,00
Condensadores Cerámicos (30 pF)	0,20	4	0,80
Batería 9V DURACELL	13,00	1	13,00
Cristal 16 MHz	2,00	1	2,00
Borneras	0,50	2	1,00
Caja de Plástico + Guarda	8,00	1	8,00
TOTAL			52,80

⁶⁶ Fuente: Elaboración propia

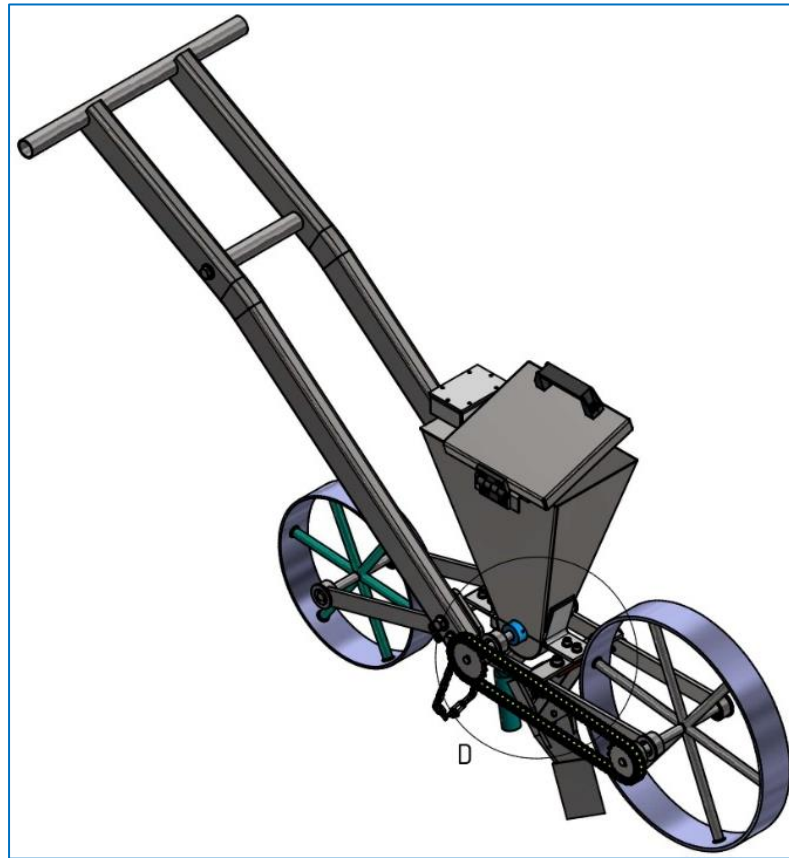


Figura 59.Ensamble del prototipo de sembradora de maíz⁶⁷

⁶⁷ Fuente: Elaboración propia

6. CAPÍTULO VI: PLANOS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

6.1. Relación de planos

En la Tabla adjunta se presentan los planos de los elementos con su respectivo código de designación el cual es el siguiente: SDM-AX-XXXX-PXX, donde:

SDM: Sembradora de maíz

AX: Tamaño de la hoja

XXXX: Tipo de plano (ENS: Ensamble, DESP: Despiece)

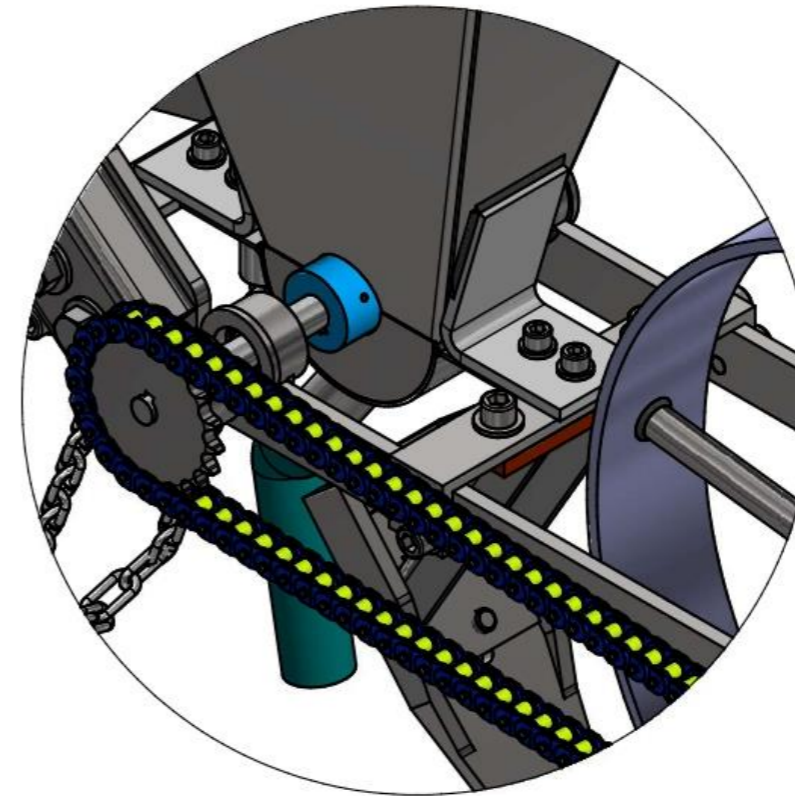
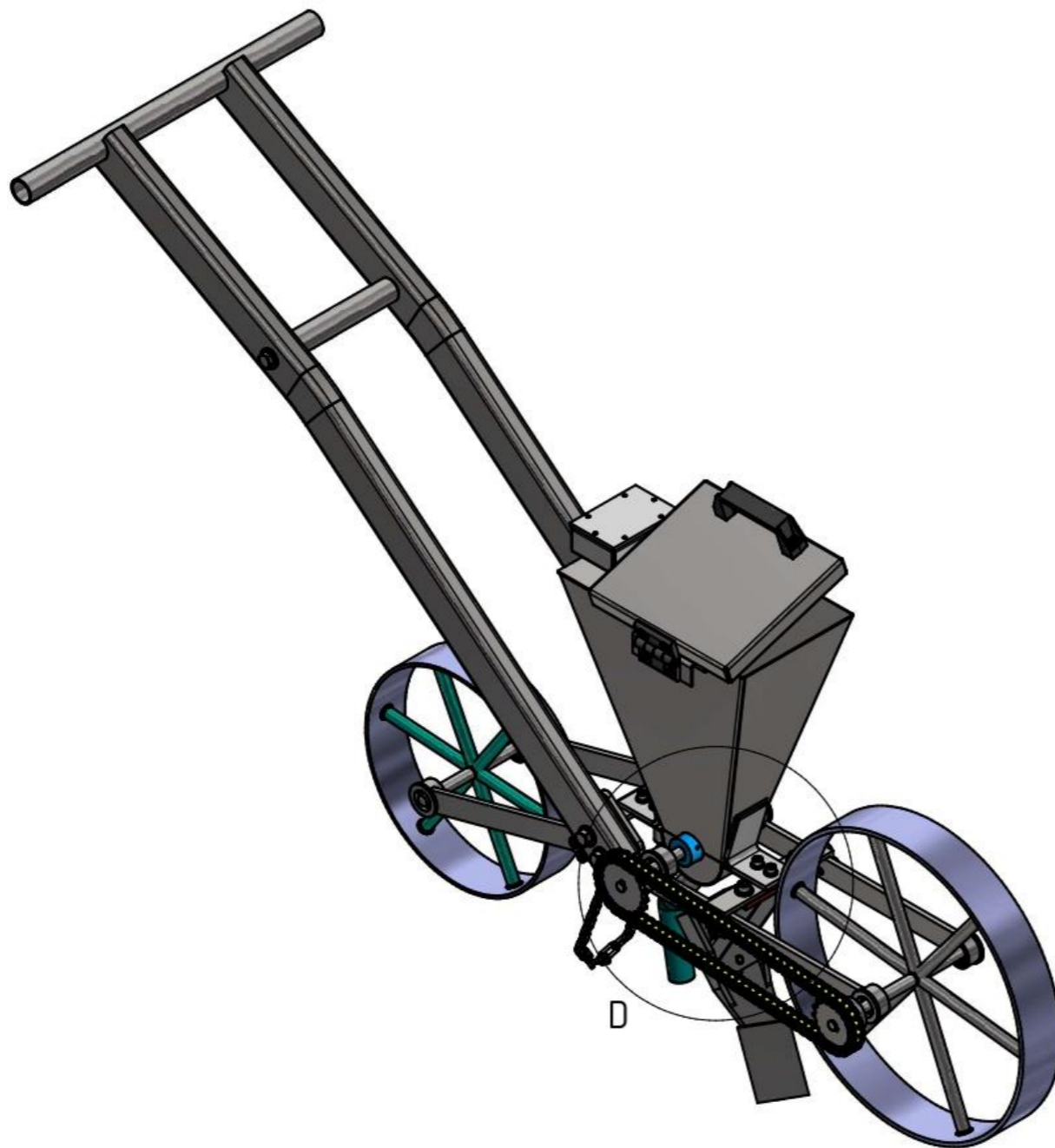
PXX: Número de plano

Tabla 16. Planos y sus códigos⁶⁸

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
SDM-A3-ENS-P01	Máquina sembradora de maíz
SDM-A3-ENS-P02	
SDM-A3-ENS-P03	
SDM-A3-ENS-P04	
SDM-A3-ENS-P05	
SDM-A3-ENS-P06	Chasis
SDM-A3-DESP-P07	Platina travesaño
SDM-A3-DESP-P08	Platina soporte
SDM-A3-DESP-P09	Bocina de rodaje
SDM-A4-DESP-P10	Cartela refuerzo
SDM-A4-DESP-P11	Árbol de transmisión dosificador
SDM-A4-ENS-P12	Rueda motriz
SDM-A4-DESP-P13	Aro rueda motriz
SDM-A4-DESP-P14	Eje de rueda motriz
SDM-A4-DESP-P15	Rayo de aro de rueda motriz
SDM-A4-DESP-P16	Dosificador de rodillo acanalado
SDM-A4-ENS-P17	Rueda conducida
SDM-A4-DESP-P18	Aro rueda conducida
SDM-A4-DESP-P19	Eje de rueda conducida
SDM-A4-DESP-P20	Rayo de aro de rueda conducida
SDM-A4-ENS-P21	Tolva principal

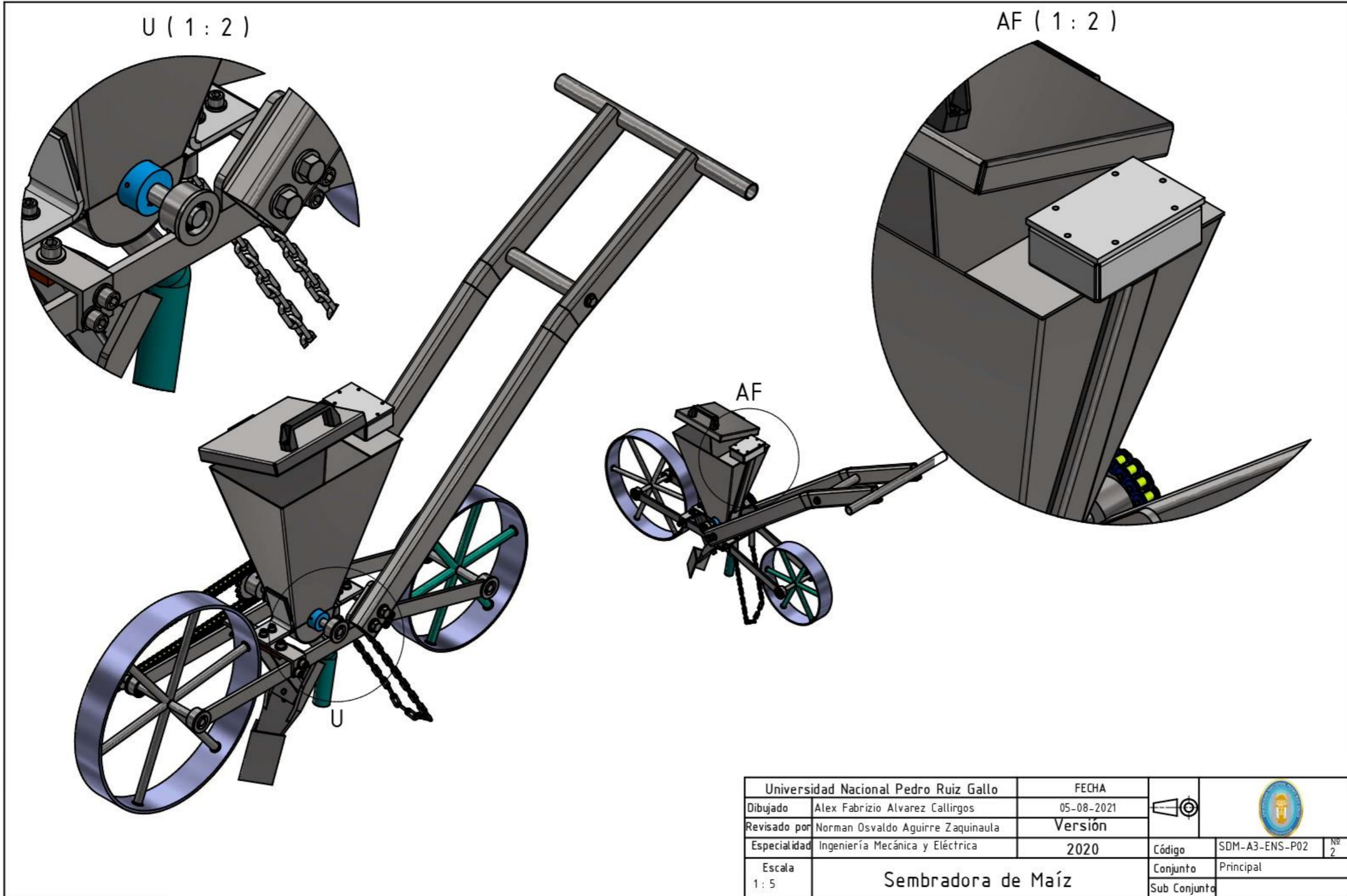
⁶⁸ Fuente: Elaboración propia



SDM-A4-ENS-P22	Tolva principal vistas
SDM-A4-DESP-P23	Tolva principal detalles
SDM-A4-DESP-P24	Ángulo de soporte
SDM-A4-DESP-P25	Aleta soporte
SDM-A4-DESP-P26	Bisagra
SDM-A4-DESP-P27	Tapa de tolva
SDM-A4-DESP-P28	Manija de tolva
SDM-A4-DESP-P29	Cubierta pequeña
SDM-A4-DESP-P30	Caja de la alarma
SDM-A4-DESP-P31	Guarda portacables
SDM-A4-ENS-P32	Descarga de semillas
SDM-A4-DESP-P33	Guarda descarga
SDM-A4-DESP-P34	Tubo de descarga
SDM-A4-DESP-P35	Tapa de guarda de descarga
SDM-A4-DESP-P36	Manubrio de empuje
SDM-A4-ENS-P37	Reja surcadora
SDM-A4-DESP-P38	Soporte de reja surcadora
SDM-A4-DESP-P39	Placa superior de reja
SDM-A4-DESP-P40	Placa inferior de reja
SDM-A4-DESP-P41	Reja surcadora
SDM-A4-DESP-P42	Sprocket Z18
SDM-A4-DESP-P43	Sprocket Z20
SDM-A4-DESP-P44	Distanciador de manubrio
SDM-A4-DESP-P45	Soporte de cadena
SDM-A4-DESP-P46	Tubo de empuje de manubrio



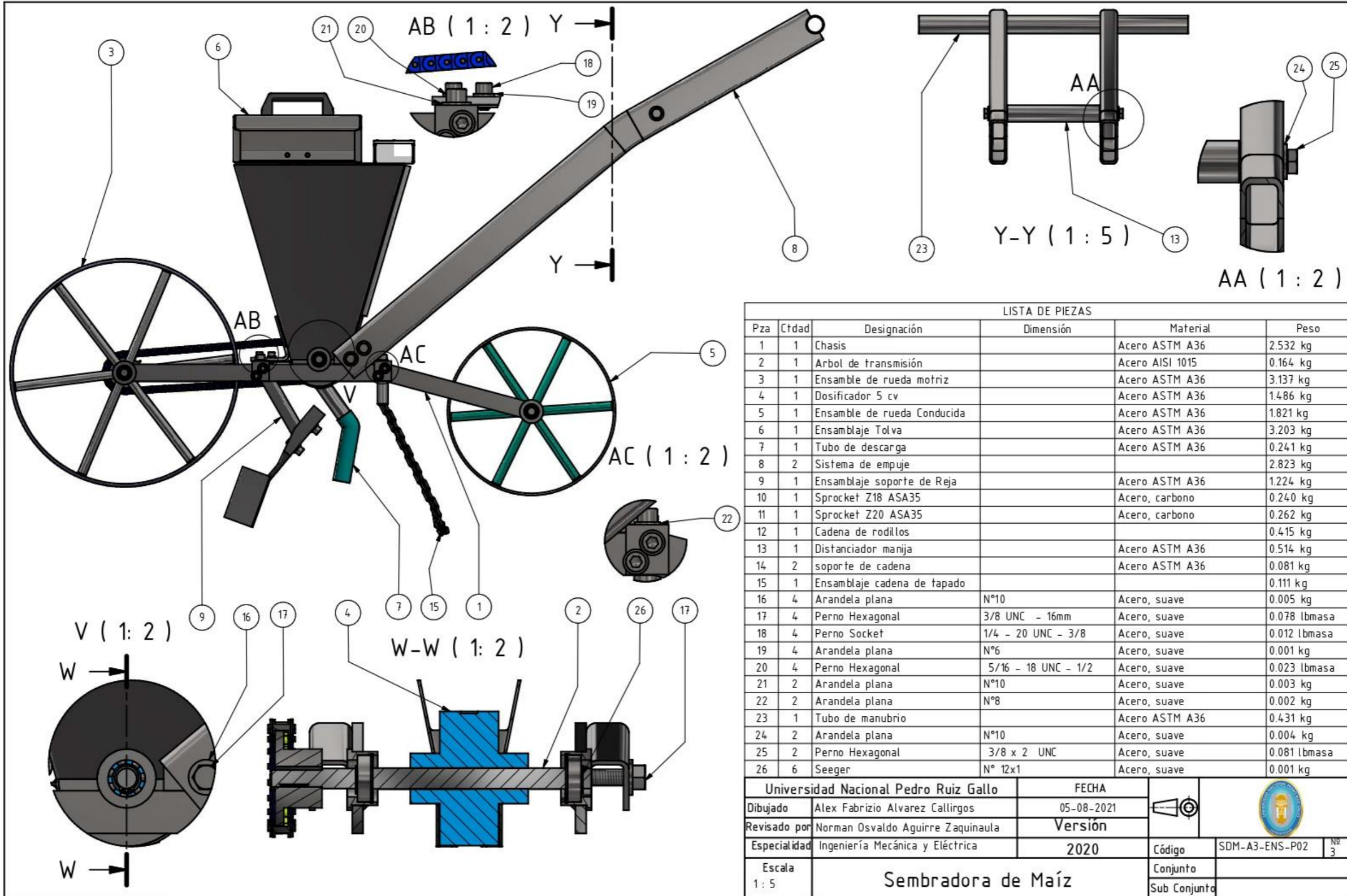
D (1 : 2)

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA	 
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021	
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula	Versión	Código SDM-A3-ENS-P01 <small>Nº 1</small>
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020	
Escala	Sembradora de Maíz		Conjunto Principal
1 : 5			Sub Conjunto





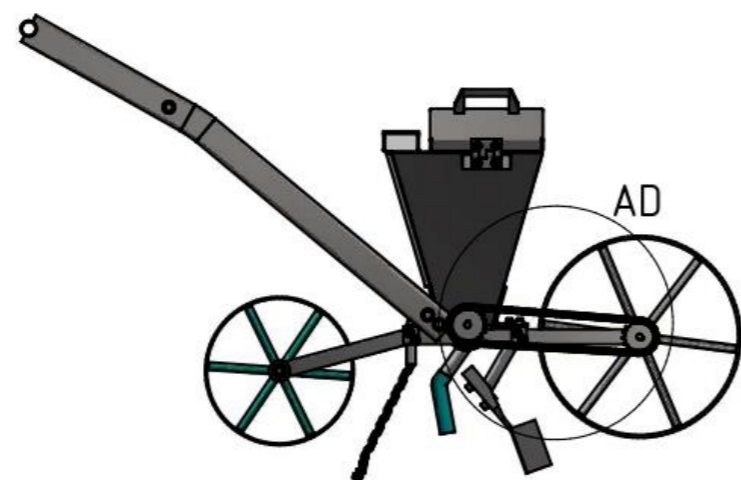
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA		
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021		
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula	Versión	Código	SDM-A3-ENS-P02
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020		
Escala	1:5		Conjunto	Principal
			Sub Conjunto	

Sembradora de Maíz

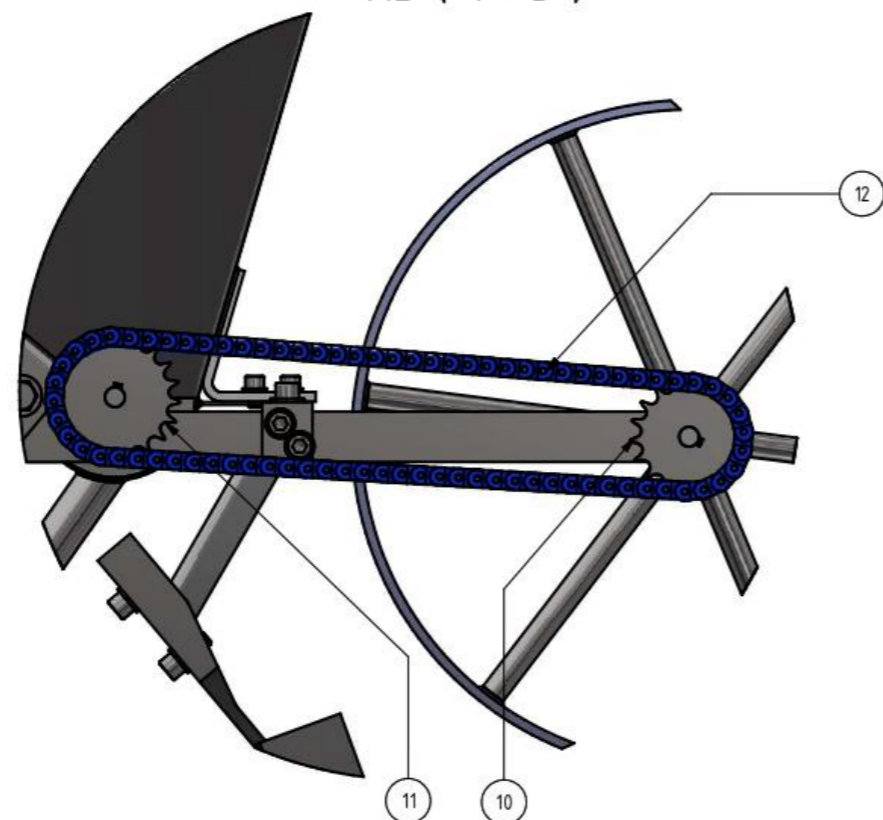


LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Chasis		Acero ASTM A36	2.532 kg
2	1	Arbol de transmisión		Acero AISI 1015	0.164 kg
3	1	Ensamble de rueda motriz		Acero ASTM A36	3.137 kg
4	1	Dosificador 5 cv		Acero ASTM A36	1.486 kg
5	1	Ensamble de rueda Conducida		Acero ASTM A36	1.821 kg
6	1	Ensamblaje Tolva		Acero ASTM A36	3.203 kg
7	1	Tubo de descarga		Acero ASTM A36	0.241 kg
8	2	Sistema de empuje			2.823 kg
9	1	Ensamblaje soporte de Reja		Acero ASTM A36	1.224 kg
10	1	Sprocket Z18 ASA35		Acero, carbono	0.240 kg
11	1	Sprocket Z20 ASA35		Acero, carbono	0.262 kg
12	1	Cadena de rodillos			0.415 kg
13	1	Distanciador manija		Acero ASTM A36	0.514 kg
14	2	soporte de cadena		Acero ASTM A36	0.081 kg
15	1	Ensamblaje cadena de tapado			0.111 kg
16	4	Arandela plana	N°10	Acero, suave	0.005 kg
17	4	Perno Hexagonal	3/8 UNC - 16mm	Acero, suave	0.078 lbmasa
18	4	Perno Socket	1/4 - 20 UNC - 3/8	Acero, suave	0.012 lbmasa
19	4	Arandela plana	N°6	Acero, suave	0.001 kg
20	4	Perno Hexagonal	5/16 - 18 UNC - 1/2	Acero, suave	0.023 lbmasa
21	2	Arandela plana	N°10	Acero, suave	0.003 kg
22	2	Arandela plana	N°8	Acero, suave	0.002 kg
23	1	Tubo de manubrio		Acero ASTM A36	0.431 kg
24	2	Arandela plana	N°10	Acero, suave	0.004 kg
25	2	Perno Hexagonal	3/8 x 2 UNC	Acero, suave	0.081 lbmasa
26	6	Seeger	N° 12x1	Acero, suave	0.001 kg

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA	
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021	
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaulta	Versión	
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020	
Escala	1:5	Sembradora de Maíz	
		Código	SDM-A3-ENS-P02 N° 3
		Conjunto	
		Sub Conjunto	



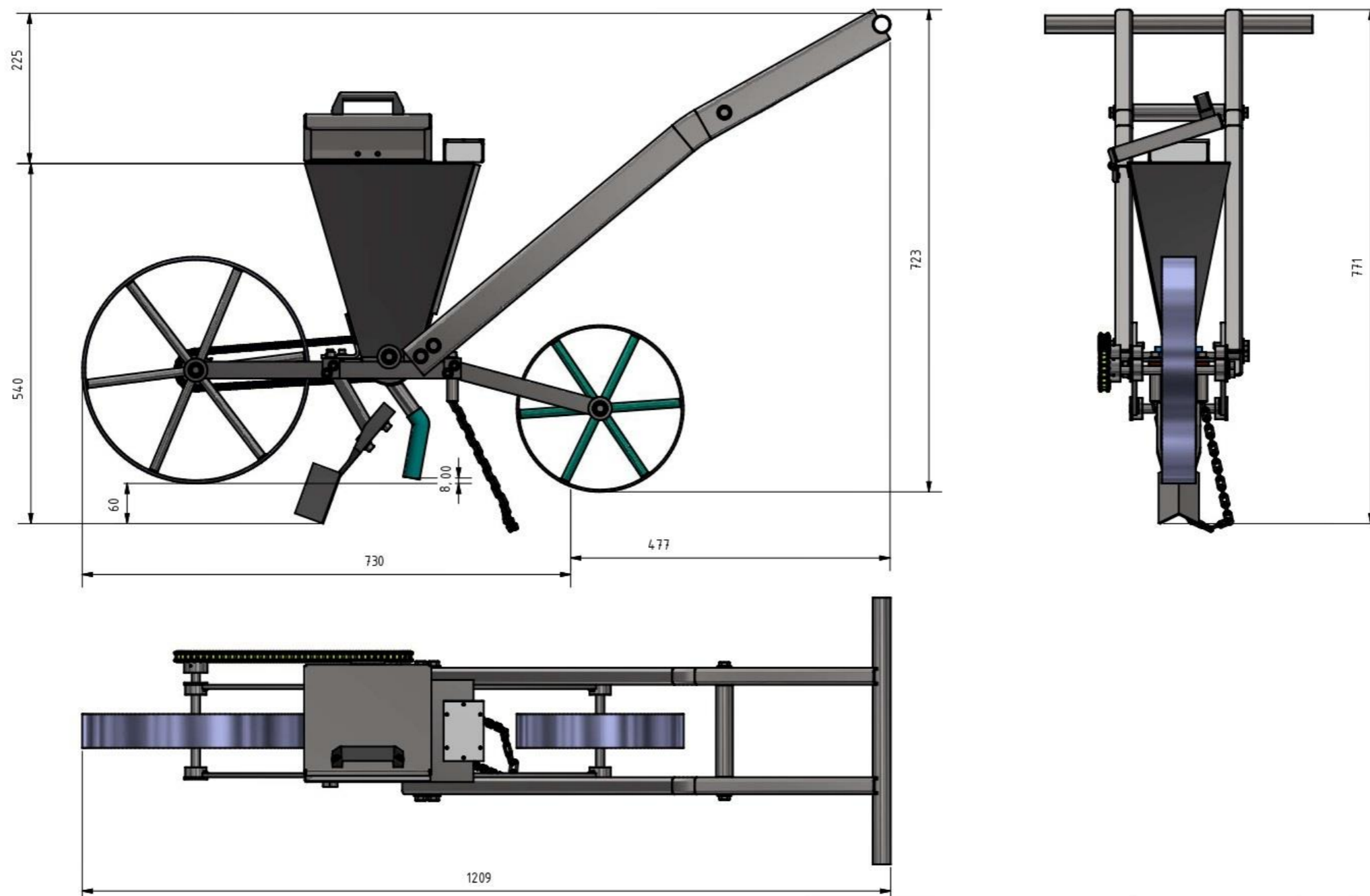
AD (1 : 3)




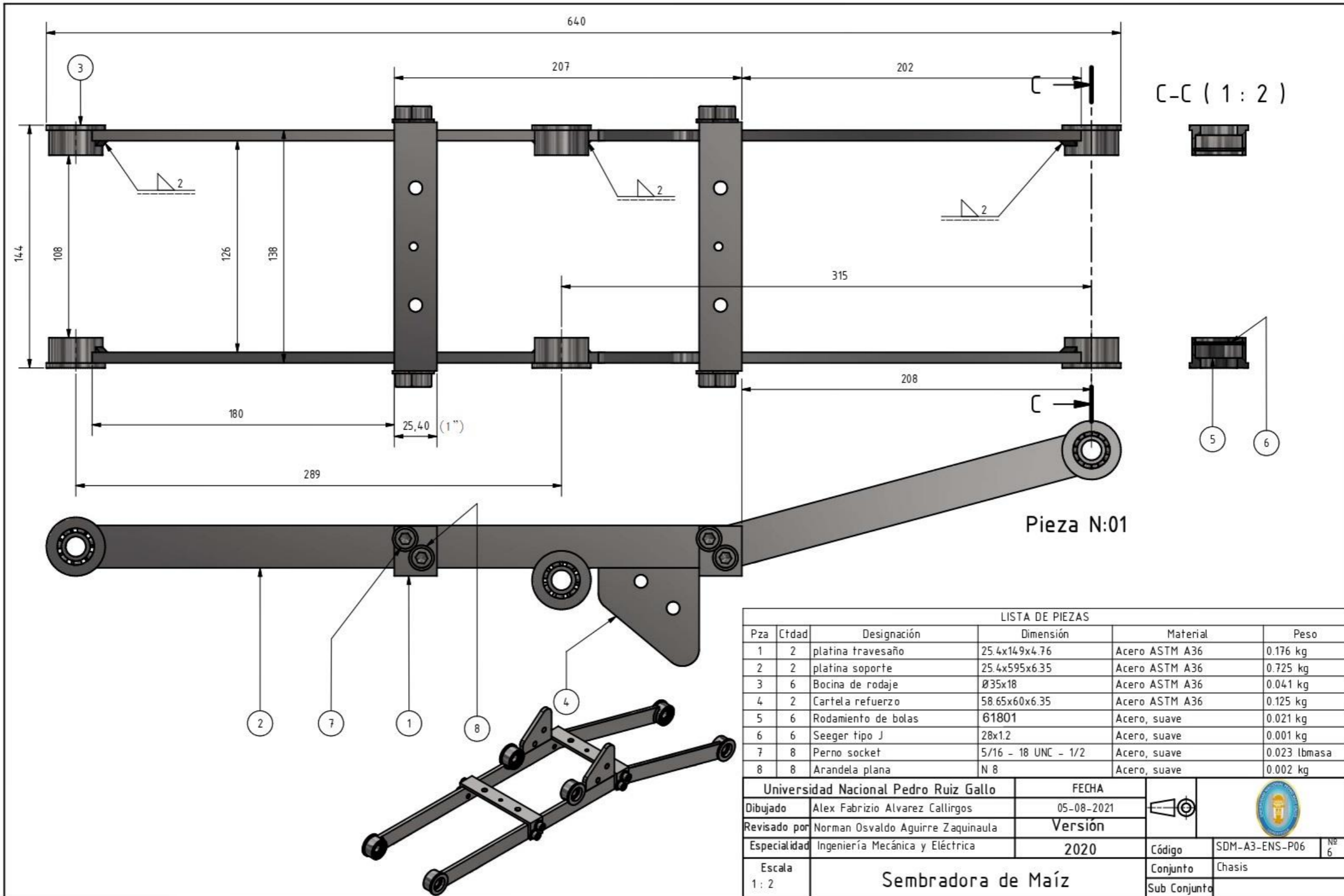
LISTA DE PIEZAS

Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Chasis		Acero ASTM A36	2.532 kg
2	1	Arbol de transmisión		Acero AISI 1015	0.164 kg
3	1	Ensamble de rueda motriz		Acero ASTM A36	3.137 kg
4	1	Dosificador 5 cv		Acero ASTM A36	1.486 kg
5	1	Ensamble de rueda Conducida		Acero ASTM A36	1.821 kg
6	1	Ensamblaje Tolva		Acero ASTM A36	3.203 kg
7	1	Tubo de descarga		Acero ASTM A36	0.241 kg
8	2	Sistema de empuje			2.823 kg
9	1	Ensamblaje soporte de Reja		Acero ASTM A36	1.224 kg
10	1	Sprocket Z18 ASA35		Acero, carbono	0.240 kg
11	1	Sprocket Z20 ASA35		Acero, carbono	0.262 kg
12	1	Cadena de rodillos			0.415 kg
13	1	Distanciador manija		Acero ASTM A36	0.514 kg
14	2	soporte de cadena		Acero ASTM A36	0.081 kg
15	1	Ensamblaje cadena de tapado			0.111 kg
16	4	Arandela plana	N°10	Acero, suave	0.005 kg
17	4	Perno Hexagonal	3/8 UNC - 16mm	Acero, suave	0.078 lbmasa
18	4	Perno Socket	1/4 - 20 UNC - 3/8	Acero, suave	0.012 lbmasa
19	4	Arandela plana	N°6	Acero, suave	0.001 kg
20	4	Perno Hexagonal	5/16 - 18 UNC - 1/2	Acero, suave	0.023 lbmasa
21	2	Arandela plana	N°10	Acero, suave	0.003 kg
22	2	Arandela plana	N°8	Acero, suave	0.002 kg
23	1	Tubo de manubrio		Acero ASTM A36	0.431 kg
24	2	Arandela plana	N°10	Acero, suave	0.004 kg
25	2	Perno Hexagonal	3/8 x 2 UNC	Acero, suave	0.081 lbmasa
26	6	Seeger	N° 12x1	Acero, suave	0.001 kg



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA	
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021	
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula	Versión	
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020	
Escala	1 : 10	Código	
Sembradora de Maíz		SDM-A3-ENS-P04 N° 4	
		Conjunto	
		Sub Conjunto	

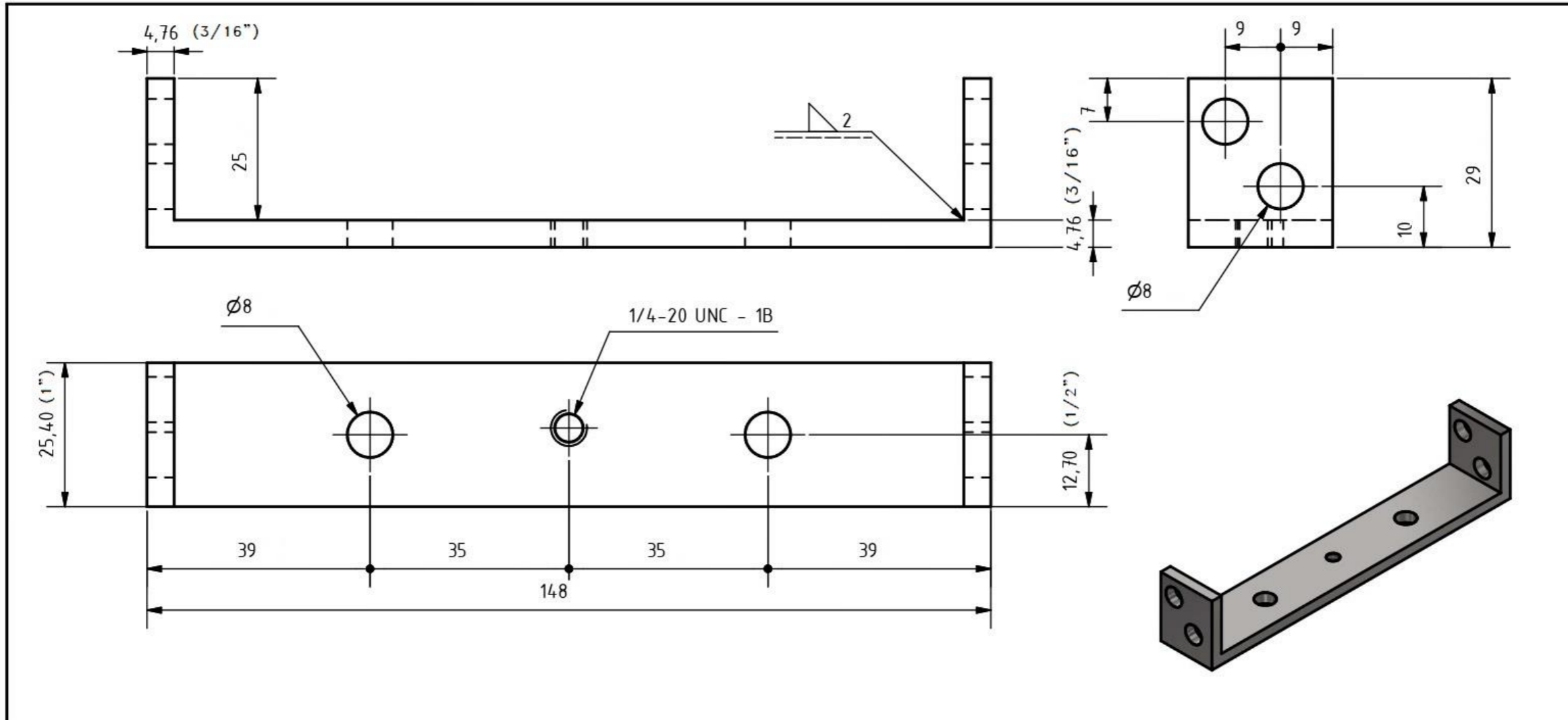


Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA	 
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021	
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaulta	Versión	Código SDM-A3-ENS-P05 Nº 5
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020	
Escala	1: 6	Sembradora de Maíz	
		Conjunto	Principal
		Sub Conjunto	

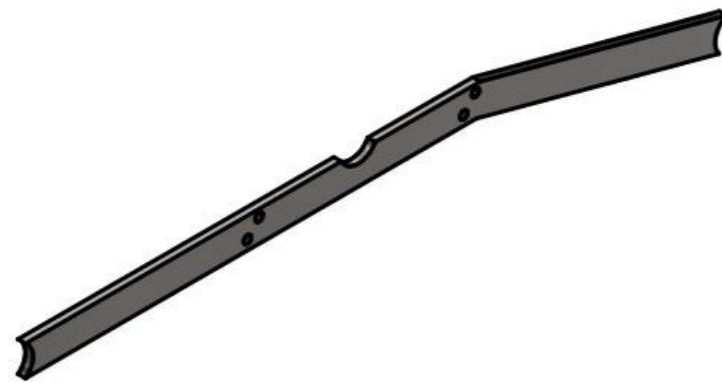
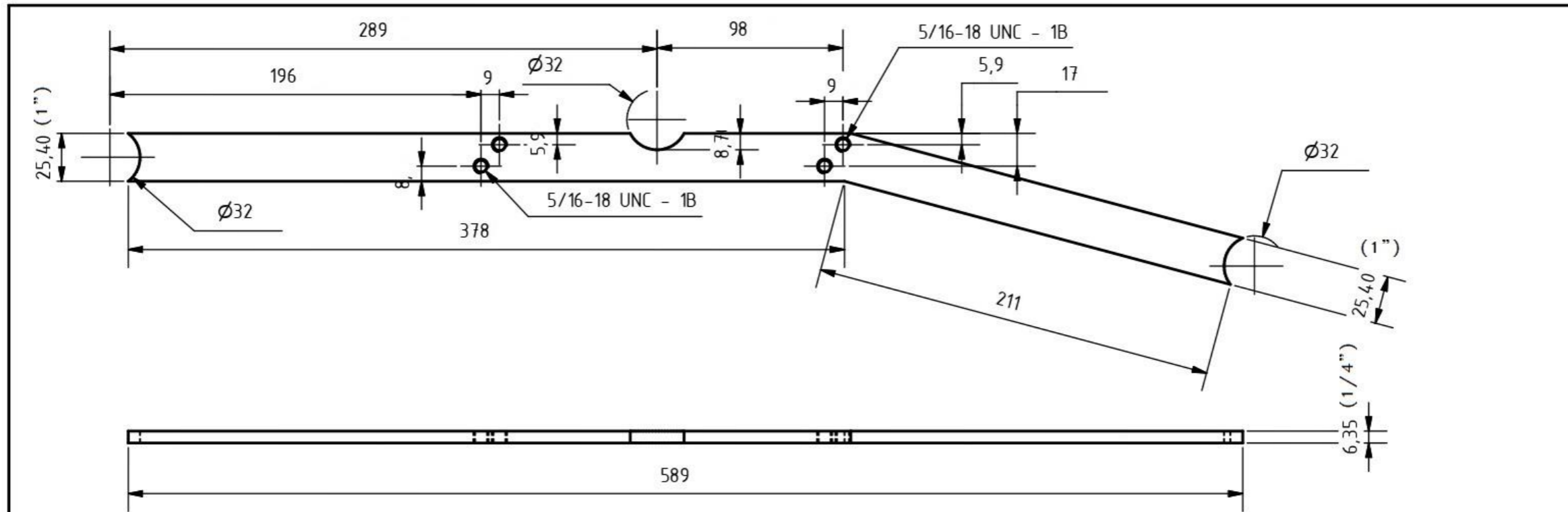


LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	2	platina travesaño	25.4x149x4.76	Acero ASTM A36	0.176 kg
2	2	platina soporte	25.4x595x6.35	Acero ASTM A36	0.725 kg
3	6	Bocina de rodaje	Ø35x18	Acero ASTM A36	0.041 kg
4	2	Cartela refuerzo	58.65x60x6.35	Acero ASTM A36	0.125 kg
5	6	Rodamiento de bolas	61801	Acero, suave	0.021 kg
6	6	Seeger tipo J	28x1.2	Acero, suave	0.001 kg
7	8	Perno socket	5/16 - 18 UNC - 1/2	Acero, suave	0.023 lbmasa
8	8	Arandela plana	N 8	Acero, suave	0.002 kg

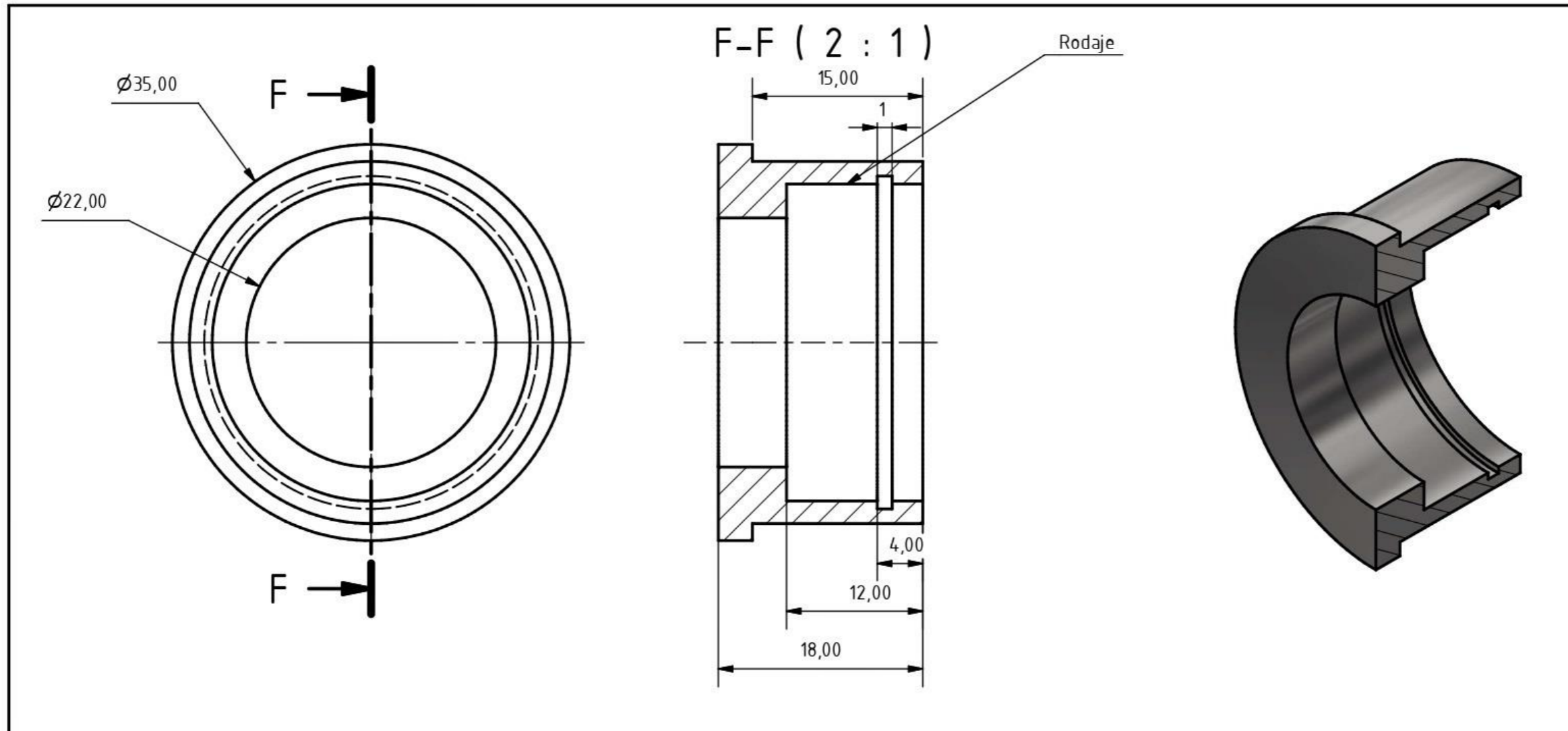
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA					
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021					
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaulta	Versión					
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020					
Escala	1:2	Sembradora de Maíz		Código	SDM-A3-ENS-P06	Nº	6
				Conjunto	Chasis		
				Sub Conjunto			



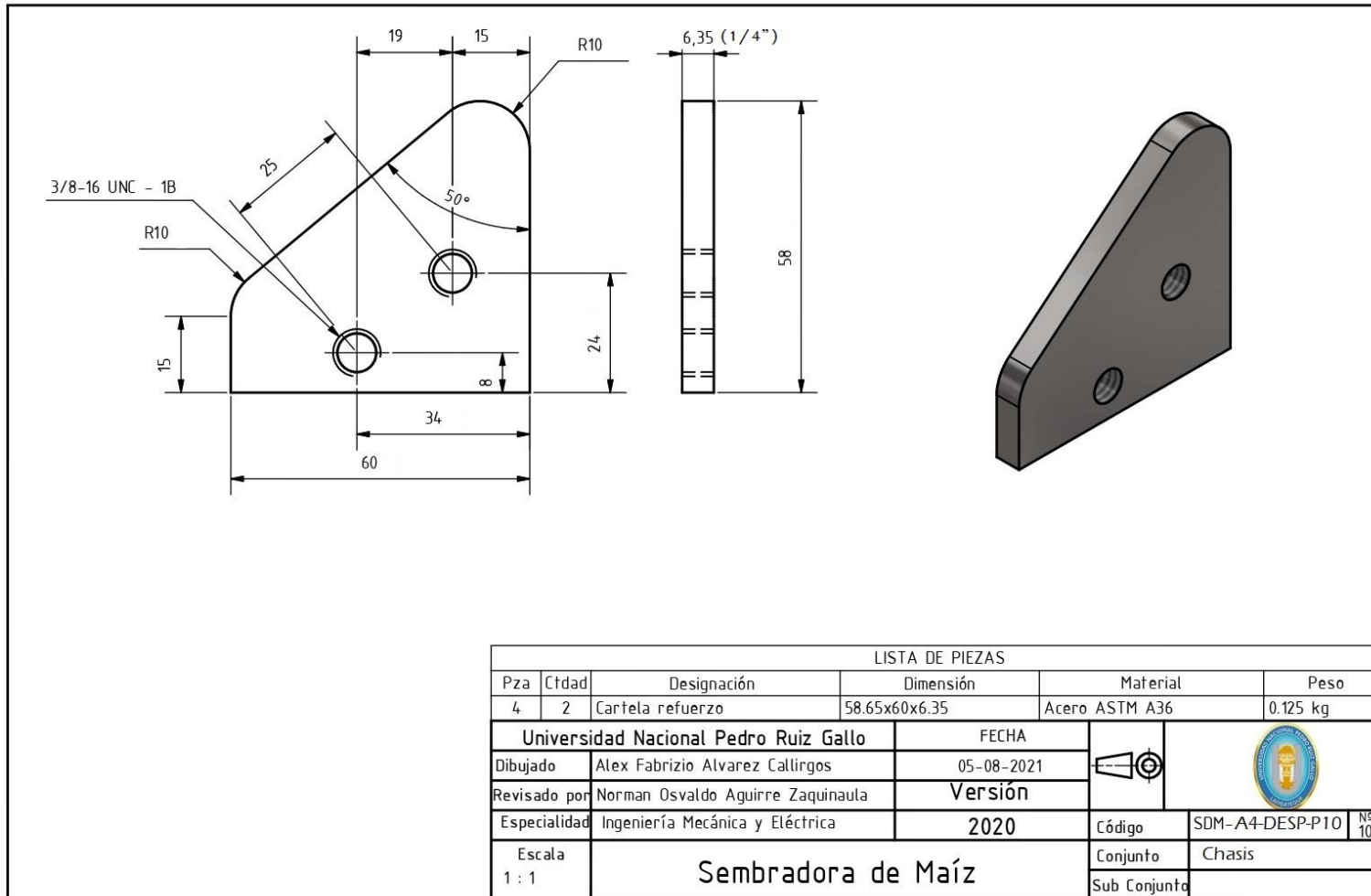
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
1	2	platina travesaño	25.4x149x4.76	Acero ASTM A36	0.176 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A3-DESP-P07	
1 : 1				Conjunto	Chasis	
				Sub Conjunto		



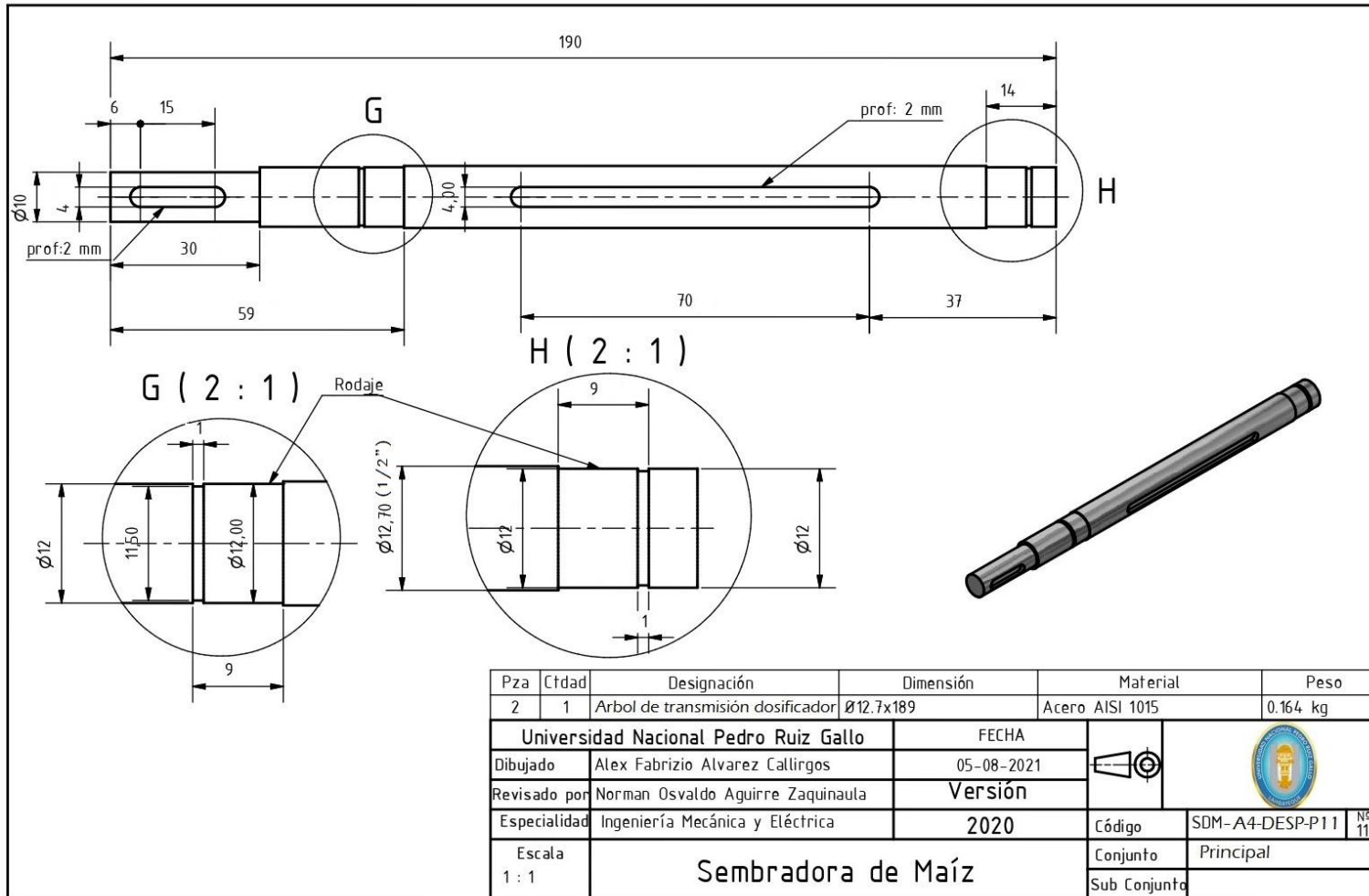
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
2	2	platina soporte	25.4x595x6.35	Acero ASTM A36	0.725 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A3-DESP-P08 Nº 8	
1 : 3				Conjunto	Chasis	
				Sub Conjunto		

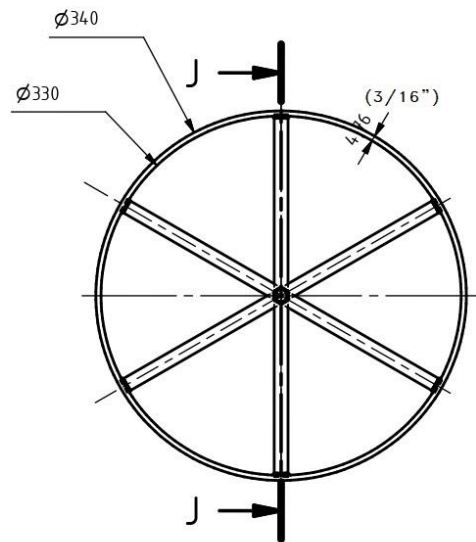


LISTA DE PIEZAS							
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso		
3	6	Bocina de rodaje	Ø35x18	Acero ASTM A36	0.041 kg		
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA				
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021				
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión				
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código		
Escala	Sembradora de Maíz			SDM-A3-DESP-P09			
2 : 1				Conjunto		Chasis	
				Sub Conjunto			

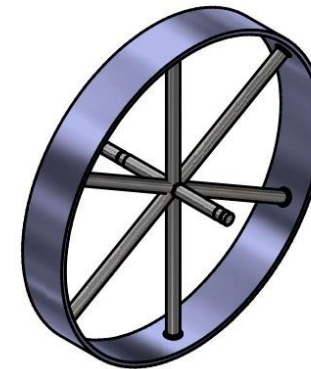
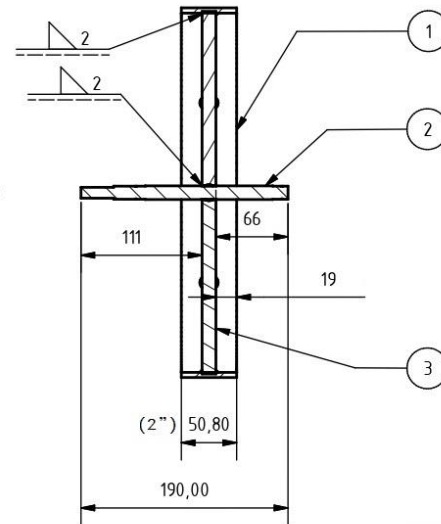


LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
4	2	Cartela refuerzo	58.65x60x6.35	Acero ASTM A36	0.125 kg
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA		
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021		
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión		
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P10
1 : 1				Conjunto	Chasis
				Sub Conjunto	





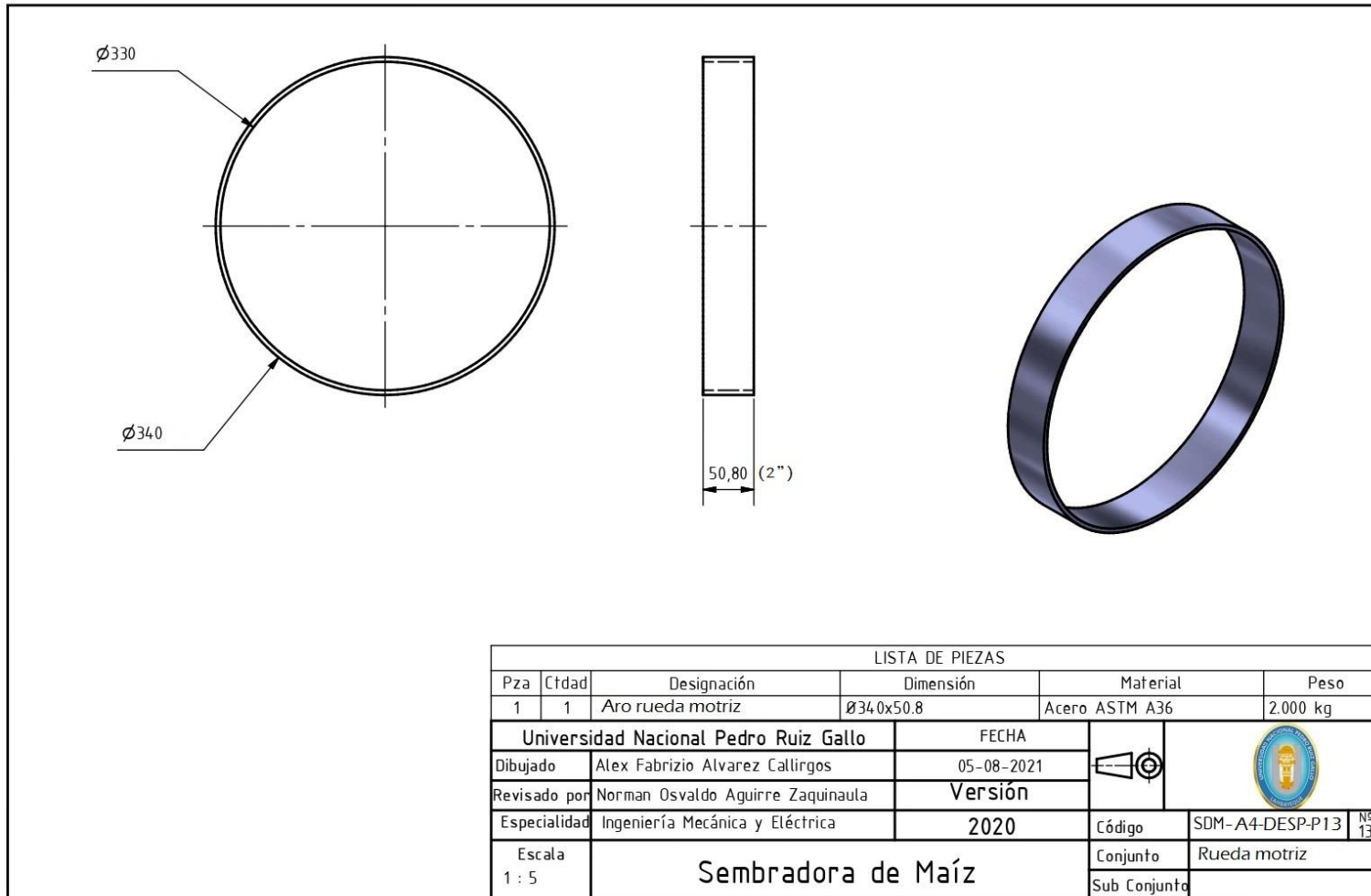
J-J (1 : 5) *Pieza N° 03*

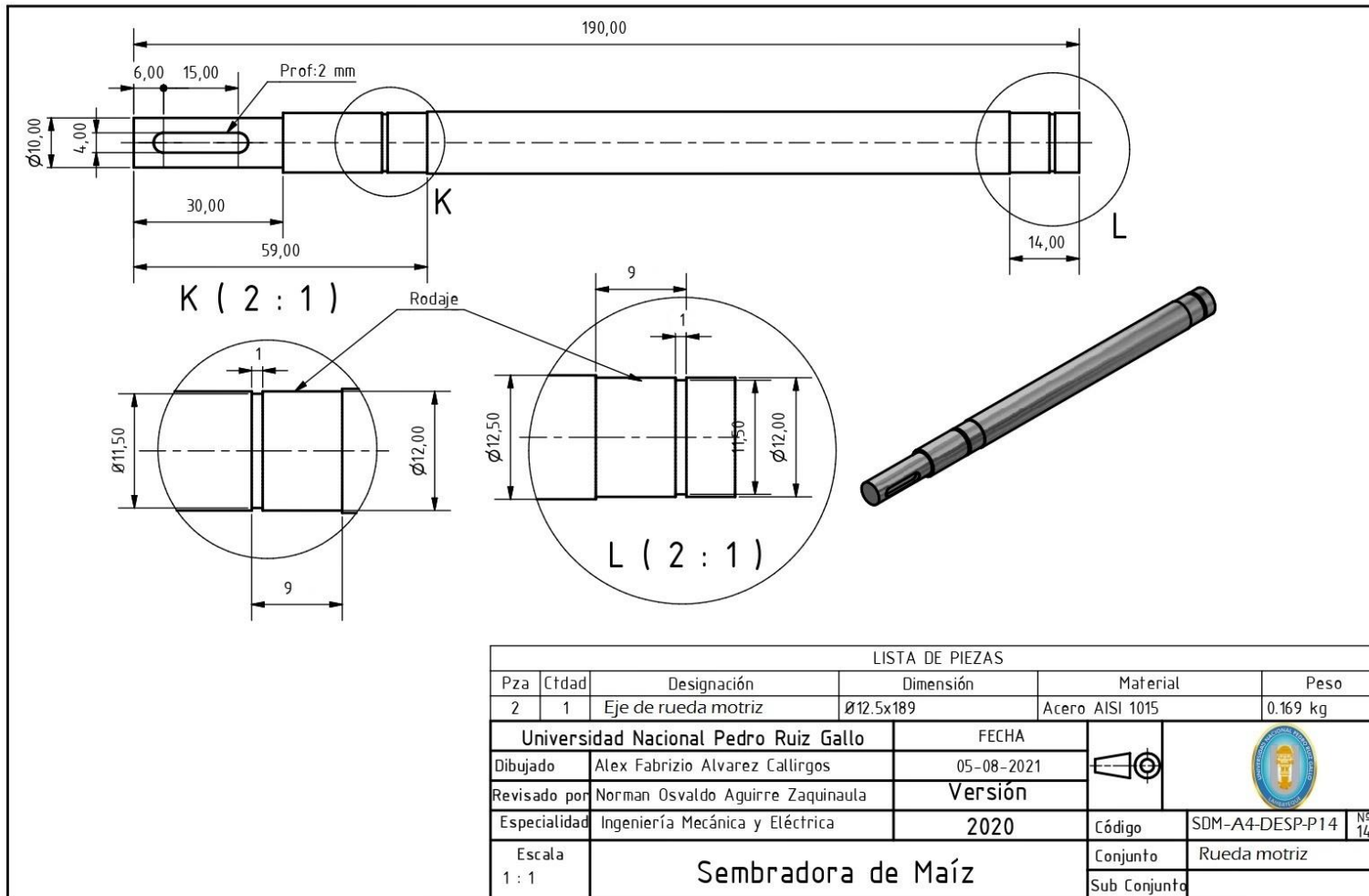


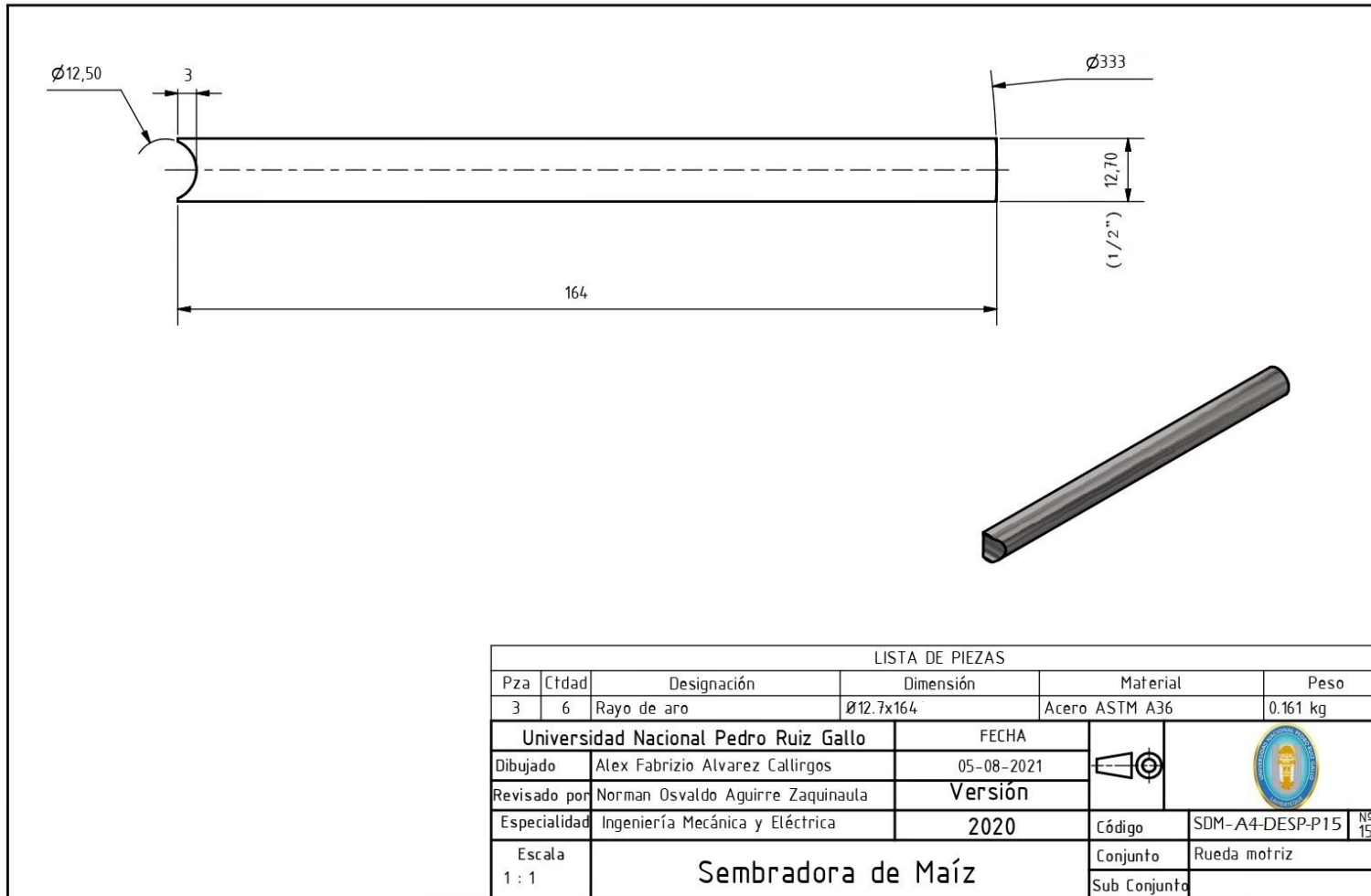
LISTA DE PIEZAS

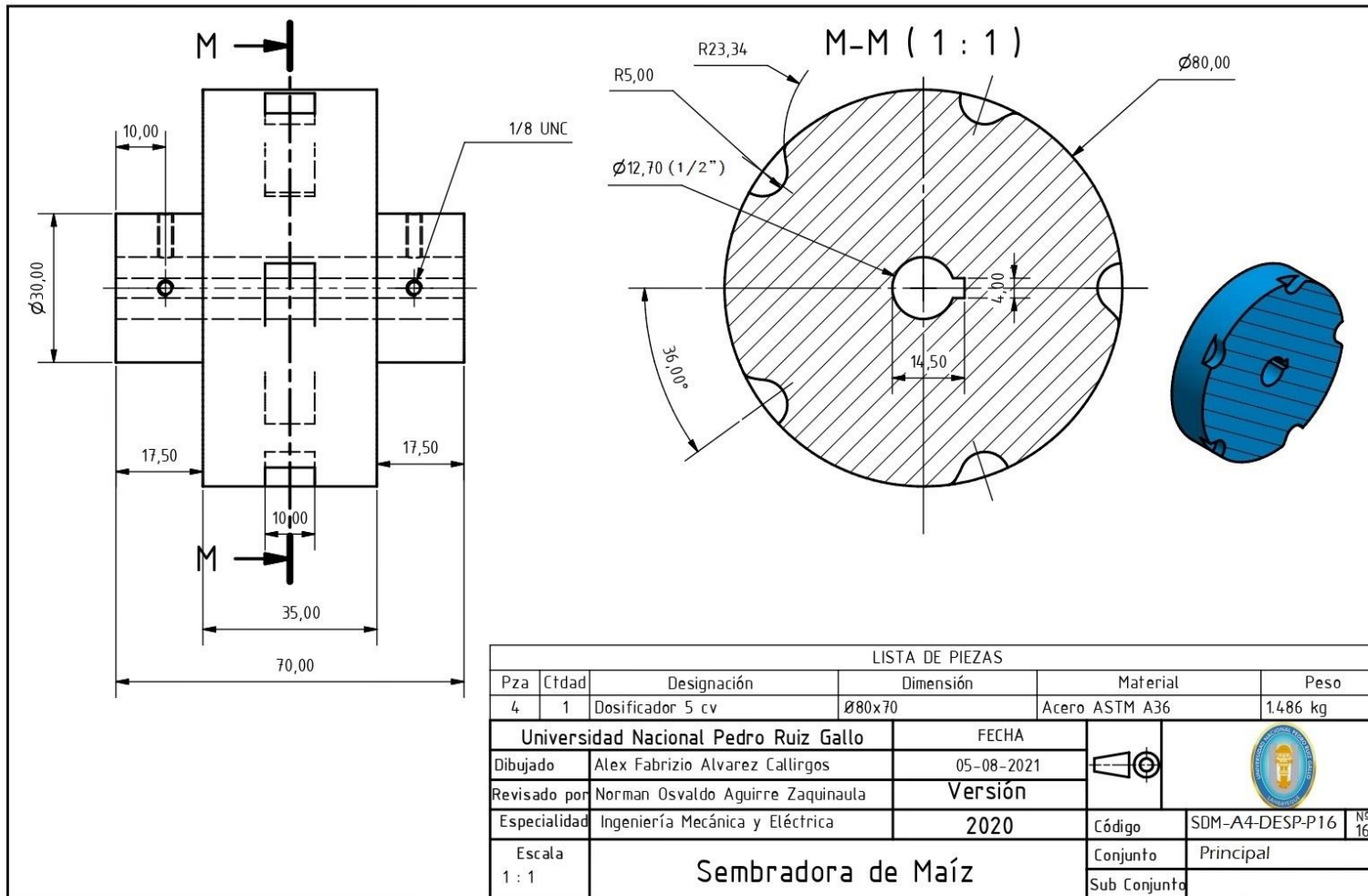
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Rueda motriz	Ø34.0x50.8	Acero ASTM A36	2.000 kg
2	1	Arbol Motriz	Ø12.5x189	Acero AISI 1015	0.169 kg
3	6	Rayo de aro	Ø12.7x164	Acero ASTM A36	0.161 kg

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA	 
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021	
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula	Versión	
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020	Código
Escala 1 : 5	Sembradora de Maíz		SDM-A4-ENS-P12
			Nº 12
		Conjunto	Rueda motriz
		Sub Conjunto	

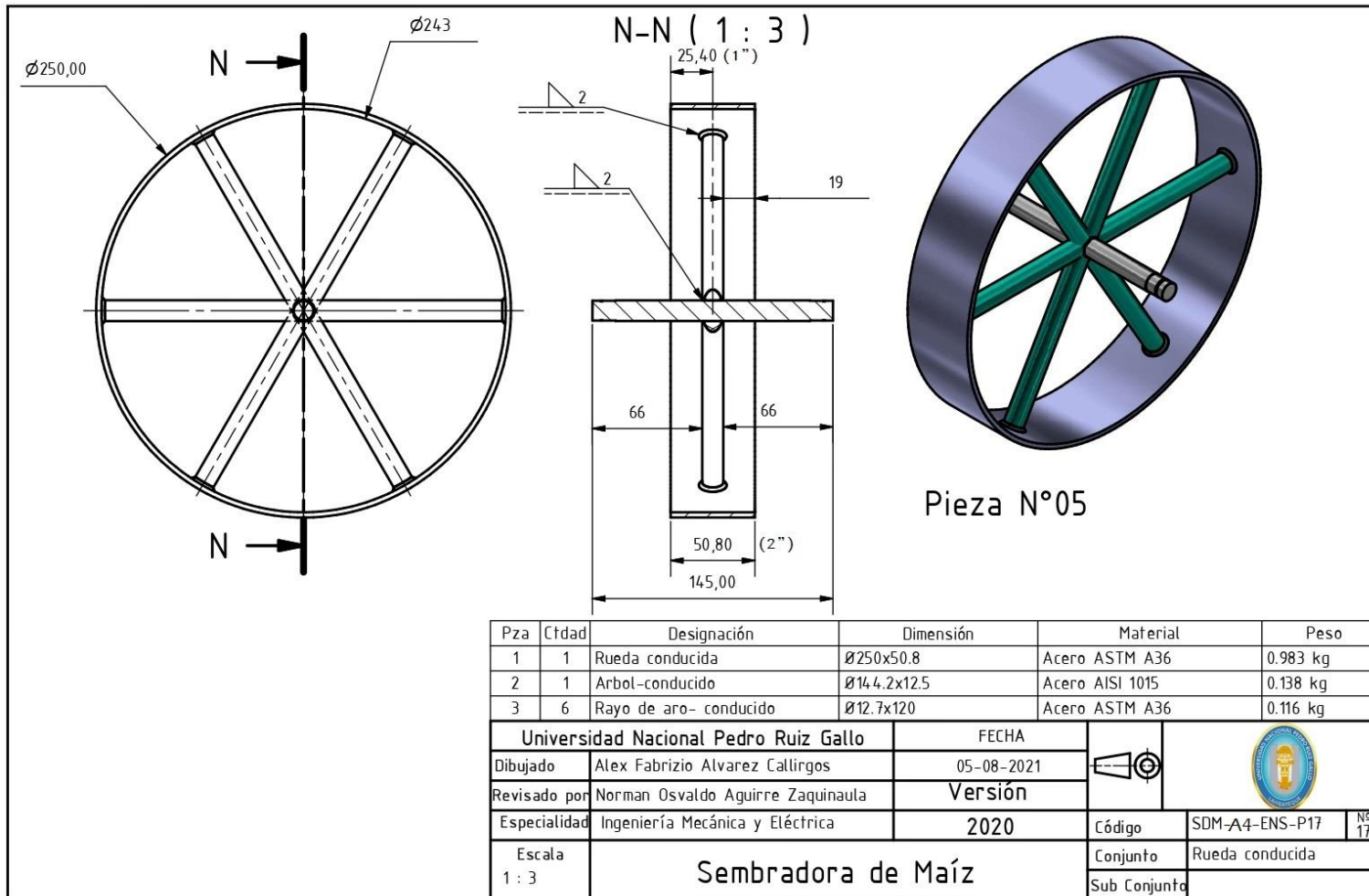


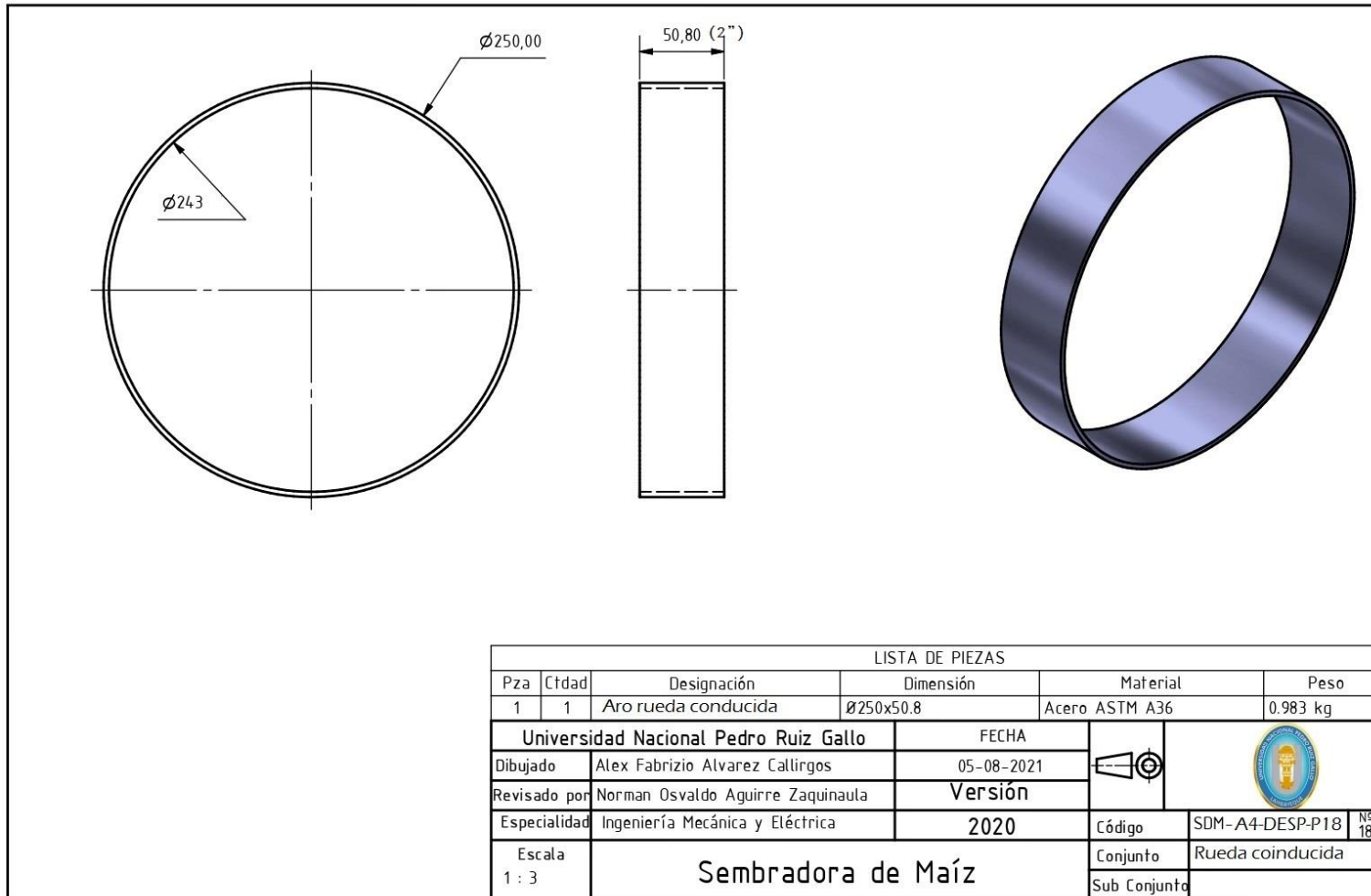


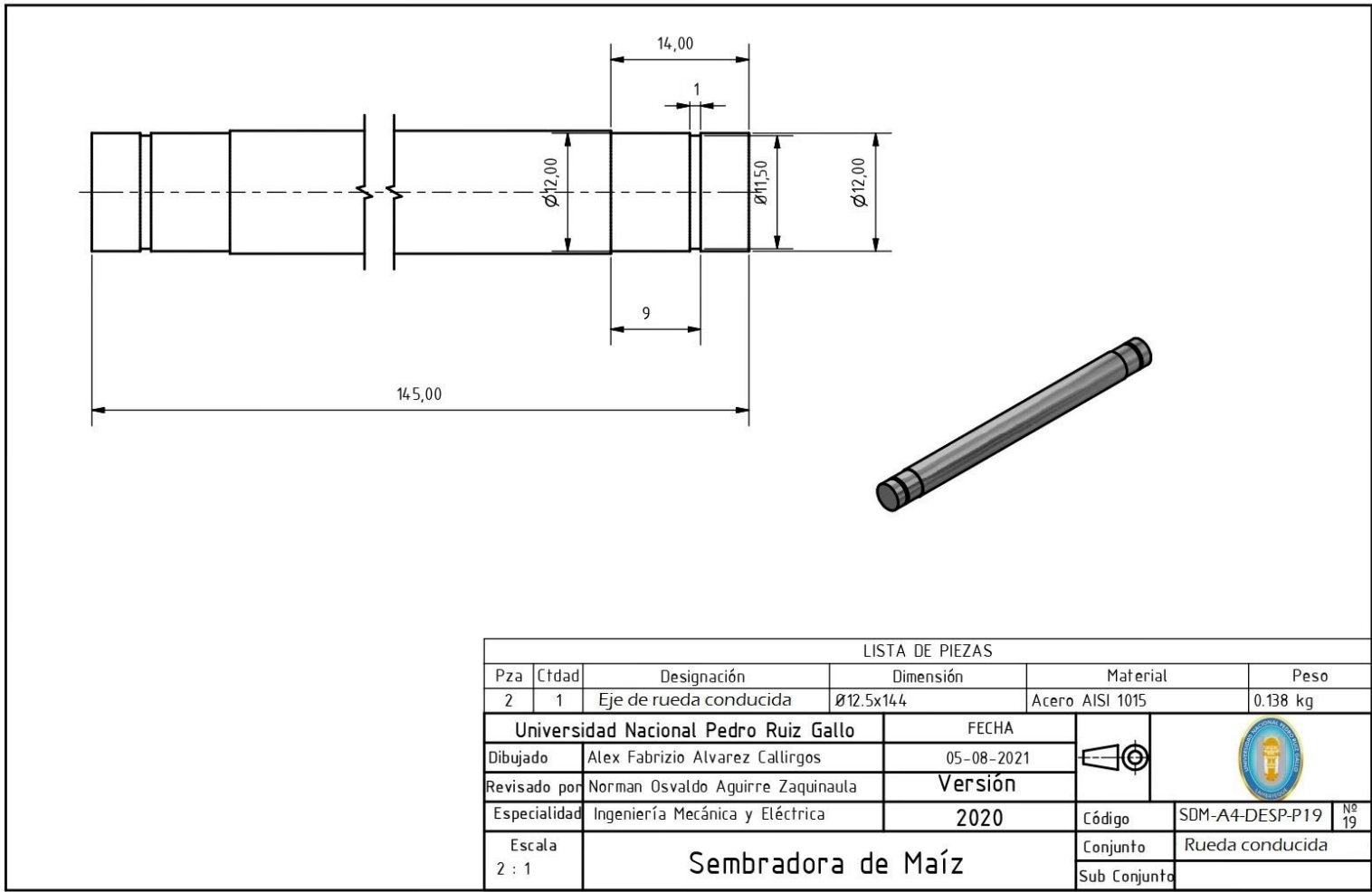




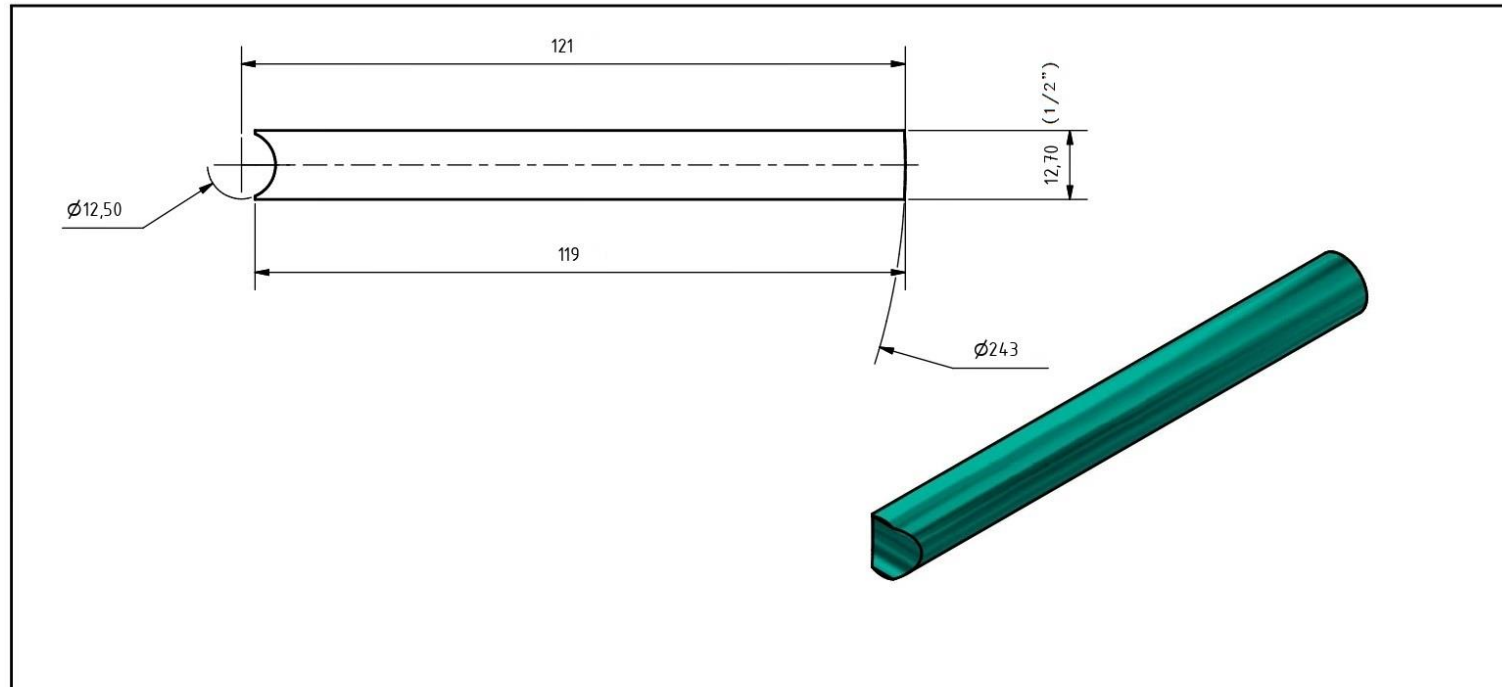
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
4	1	Dosificador 5 cv	Ø80x70	Acero ASTM A36	14.86 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P16	Nº 16
1 : 1				Conjunto	Principal	
				Sub Conjunto		





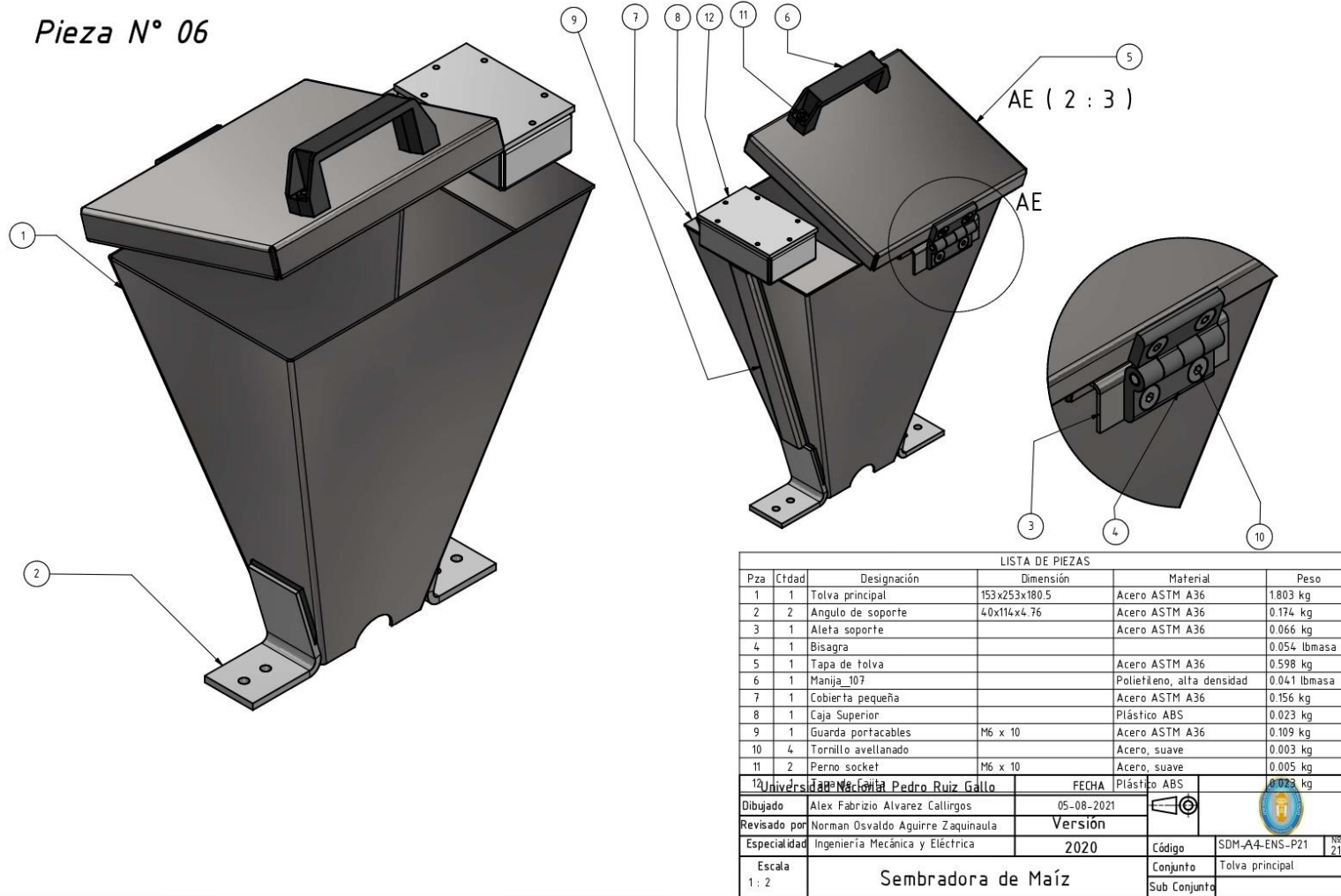


LISTA DE PIEZAS							
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso		
2	1	Eje de rueda conducida	$\varnothing 12,5 \times 14,4$	Acero AISI 1015	0.138 kg		
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA				
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021				
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión				
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020				
Escala 2 : 1		Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P19	
					Conjunto	Rueda conducida	Nº 19
					Sub Conjunto		

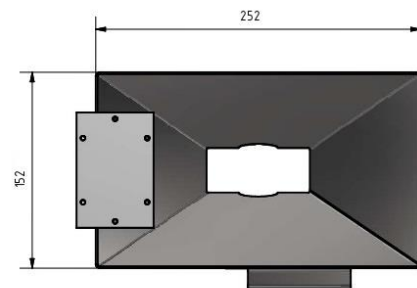
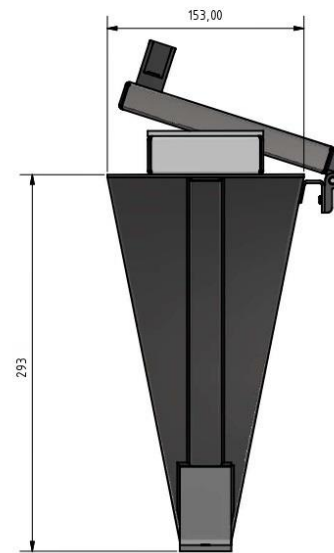
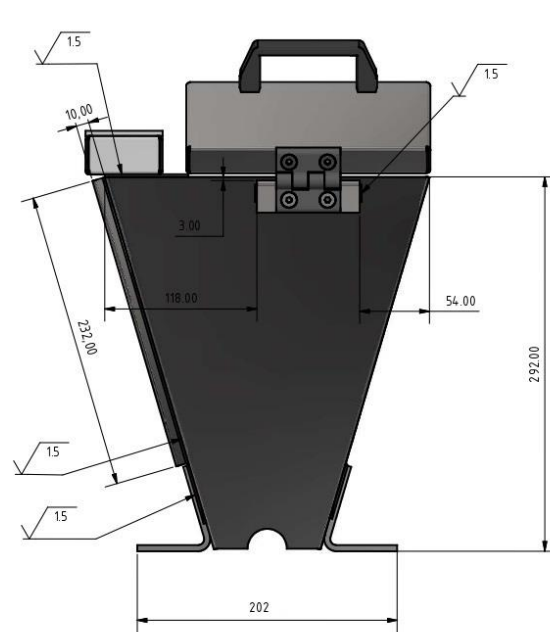


LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
3	6	Rayo de aro- conducido	$\varnothing 12.7 \times 120$	Acero ASTM A36	0.116 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P20	
1 : 1				Conjunto	Rueda conducida	Nº 20
				Sub Conjunto		

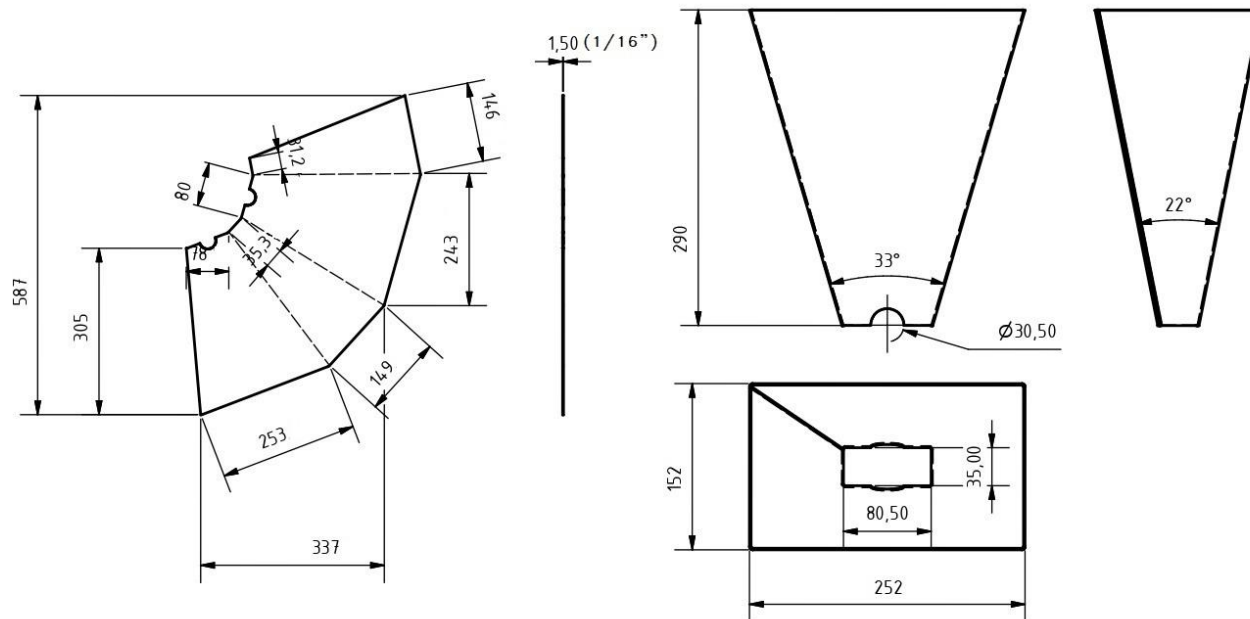
Pieza N° 06



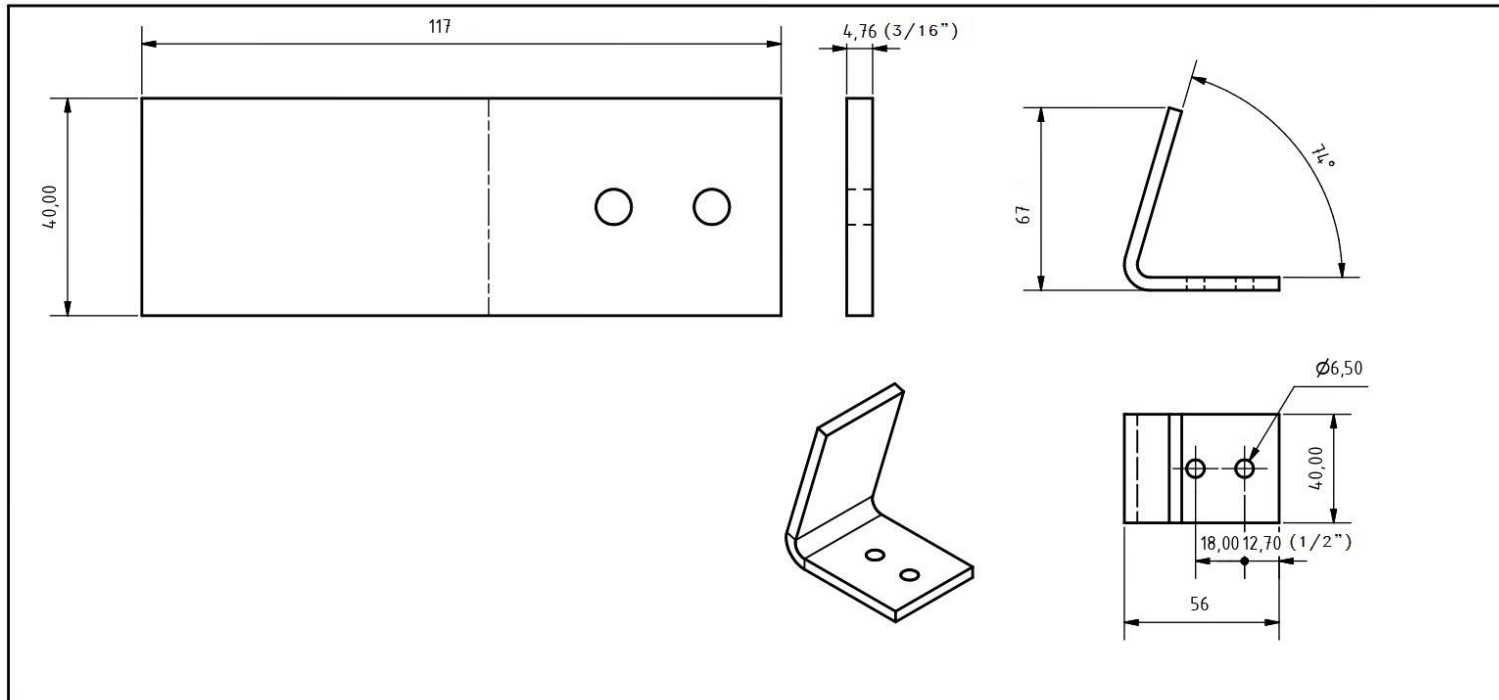
LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Tolva principal	153x253x180.5	Acero ASTM A36	1.803 kg
2	2	Angulo de soporte	40x114x4.76	Acero ASTM A36	0.174 kg
3	1	Aleta soporte		Acero ASTM A36	0.066 kg
4	1	Bisagra			0.054 lbmasa
5	1	Tapa de tolva		Acero ASTM A36	0.598 kg
6	1	Manija_107		Poliétileno, alta densidad	0.041 lbmasa
7	1	Cobierta pequeña		Acero ASTM A36	0.156 kg
8	1	Caja Superior		Plástico ABS	0.023 kg
9	1	Guarda portacables	M6 x 10	Acero ASTM A36	0.109 kg
10	4	Tornillo avellanado		Acero, suave	0.003 kg
11	2	Perno socket	M6 x 10	Acero, suave	0.005 kg
12	1	Arandela		Plástico ABS	0.023 kg
Dibujado		Alex Fabrizio Alvarez Cállings	05-08-2021		
Revisado por		Norman Osvaldo Aguirre Zaguinola	Versión		
Especialidad		Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020	Código	SDM-A4-ENS-P21 ^{Nº 21}
Escala		Sembradora de Maíz		Conjunto	Tolva principal
1: 2				Sub Conjunto	



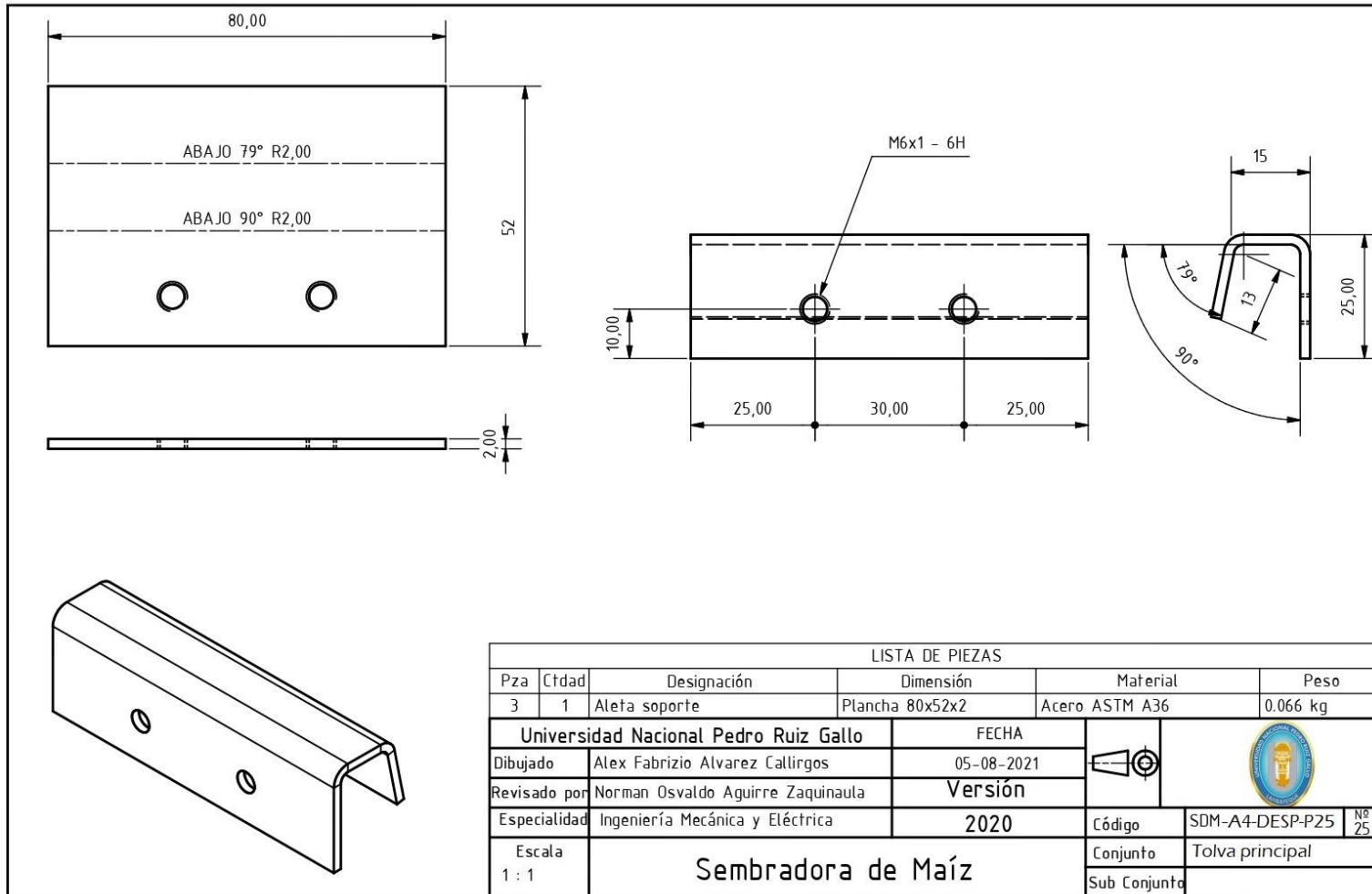
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA		
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Cálligos	05-08-2021		
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula	Versión		
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020	Código	SDM-ENS-P22 Nº 22
Escala	Sembradora de Maíz		Conjunto	Tolva principal
1:3			Sub Conjunto	



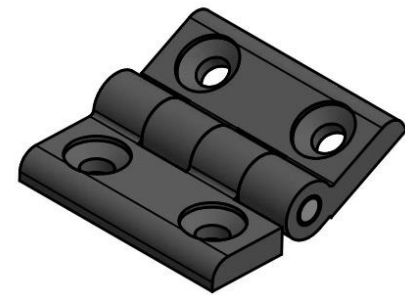
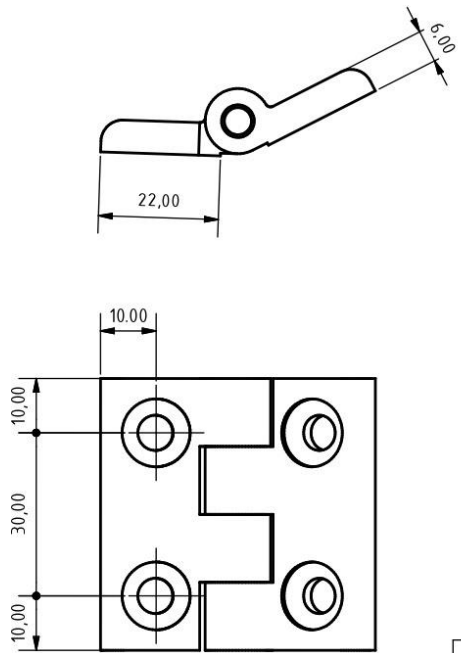
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
1	1	Tolva principal detalles	153x253x180	Acero ASTM A36	1.803 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P23	Nº 23
1 : 10				Conjunto	Tolva principal	
				Sub Conjunto		



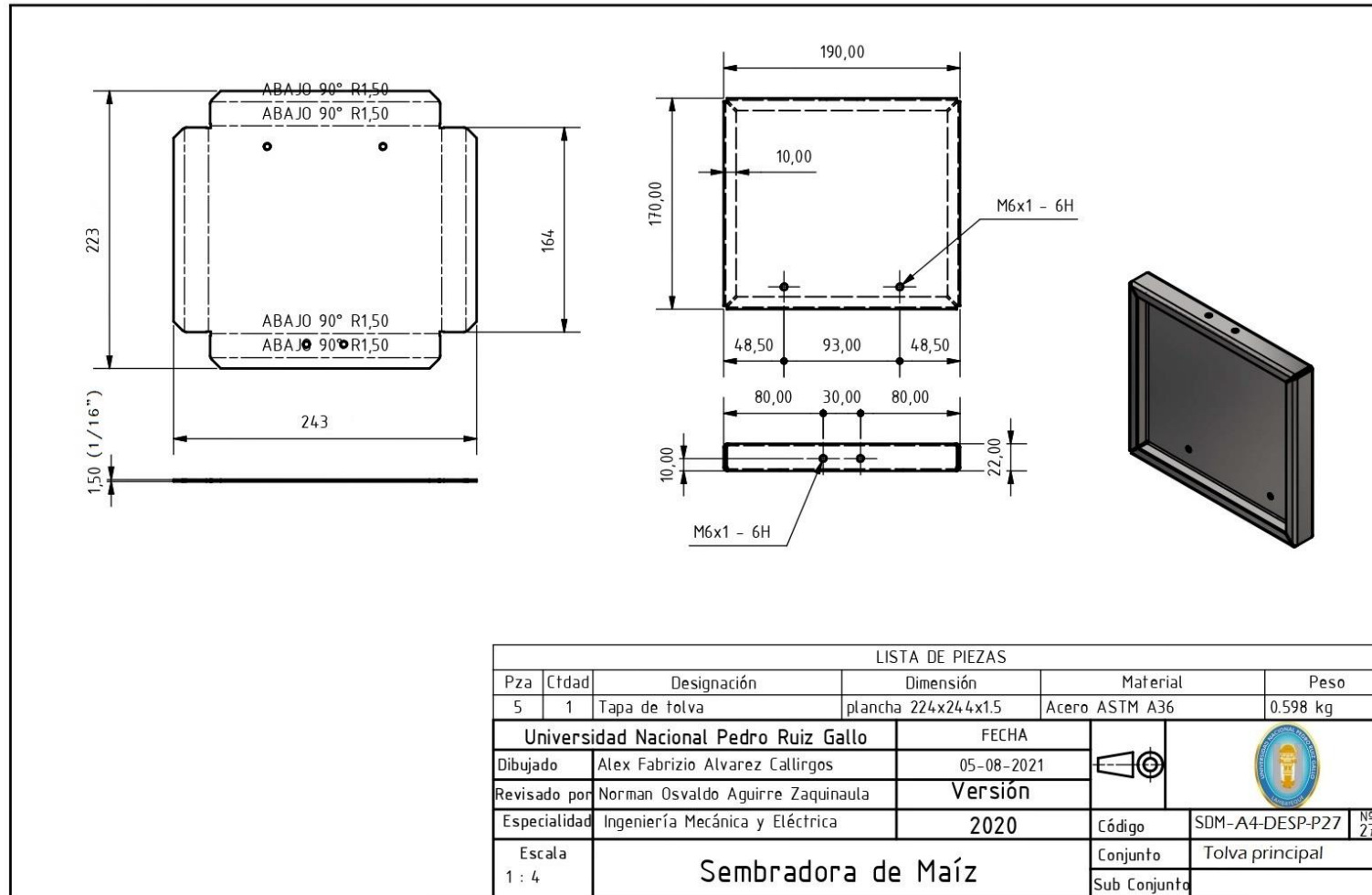
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
2	2	Angulo de soporte	118x40x4.76	Acero ASTM A36	0.174 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Callirgos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P24	
1 : 1				Conjunto	Tolva principal	
				Sub Conjunto		

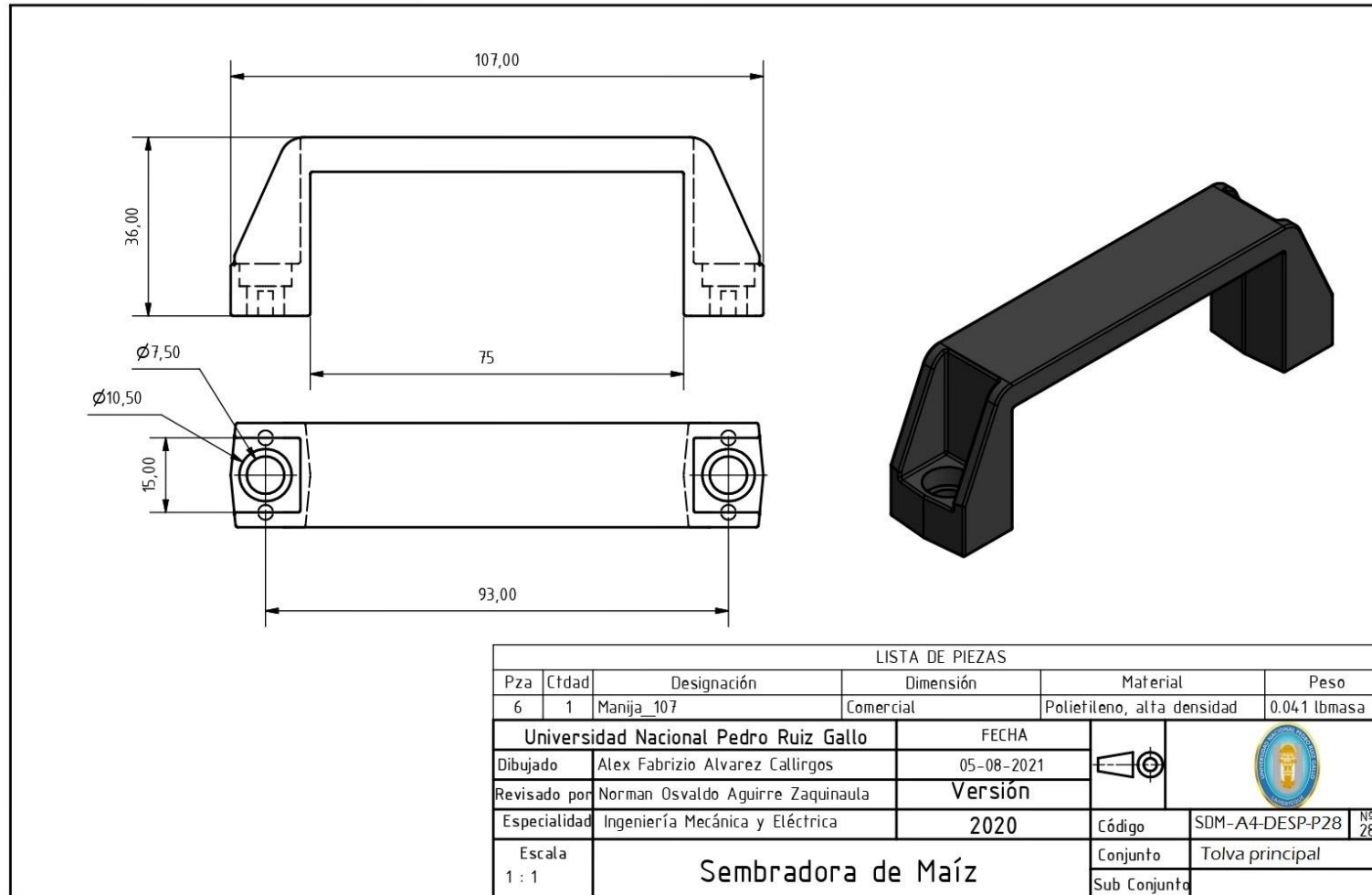


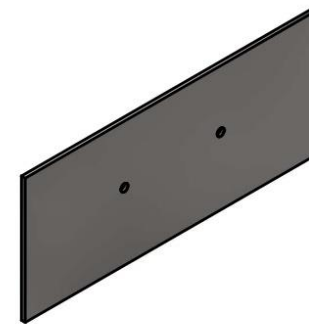
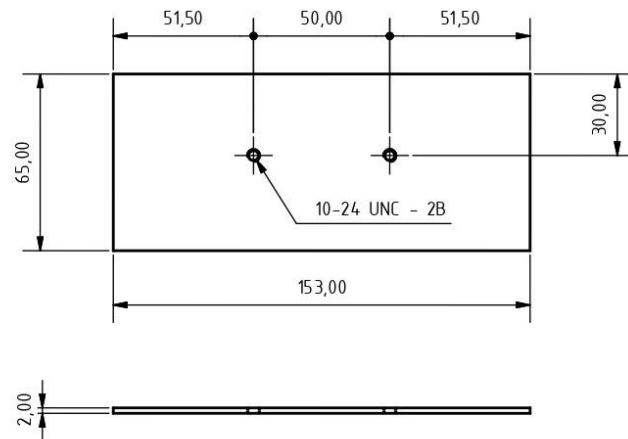
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
3	1	Aleta soporte	Plancha 80x52x2	Acero ASTM A36	0.066 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	1 : 1			Código	SDM-A4-DESP-P25	Nº 25
Sembradora de Maíz				Conjunto	Tolva principal	
				Sub Conjunto		



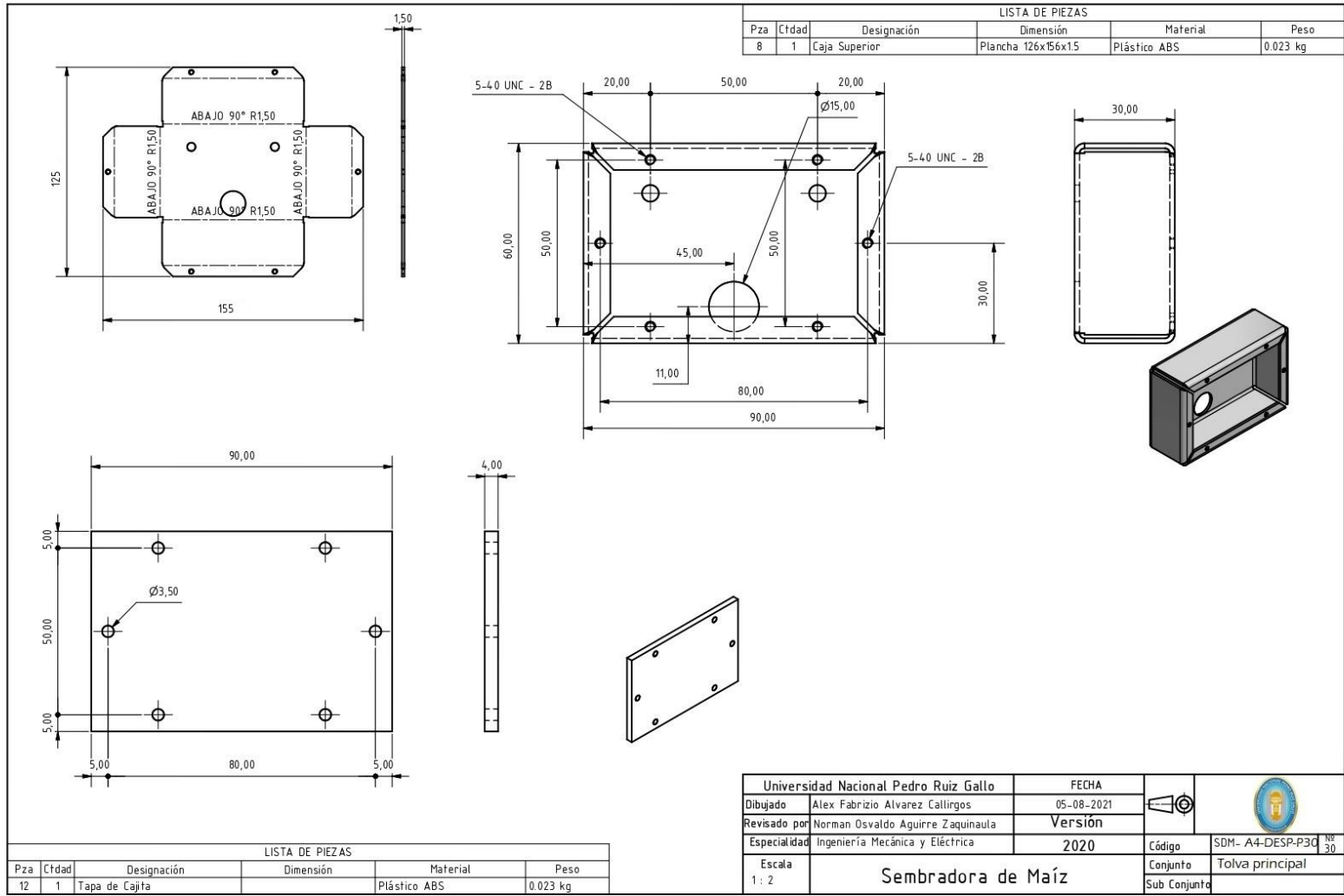
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
4	1	Bisagra	Comercial 428652_01	normalizado	0.025 lbmasa	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código	SDM-A4-DESP-P26 ^{Nº} 26
Escala	Sembradora de Maíz			Conjunto	Tolva principal	
1 : 1				Sub Conjunto		

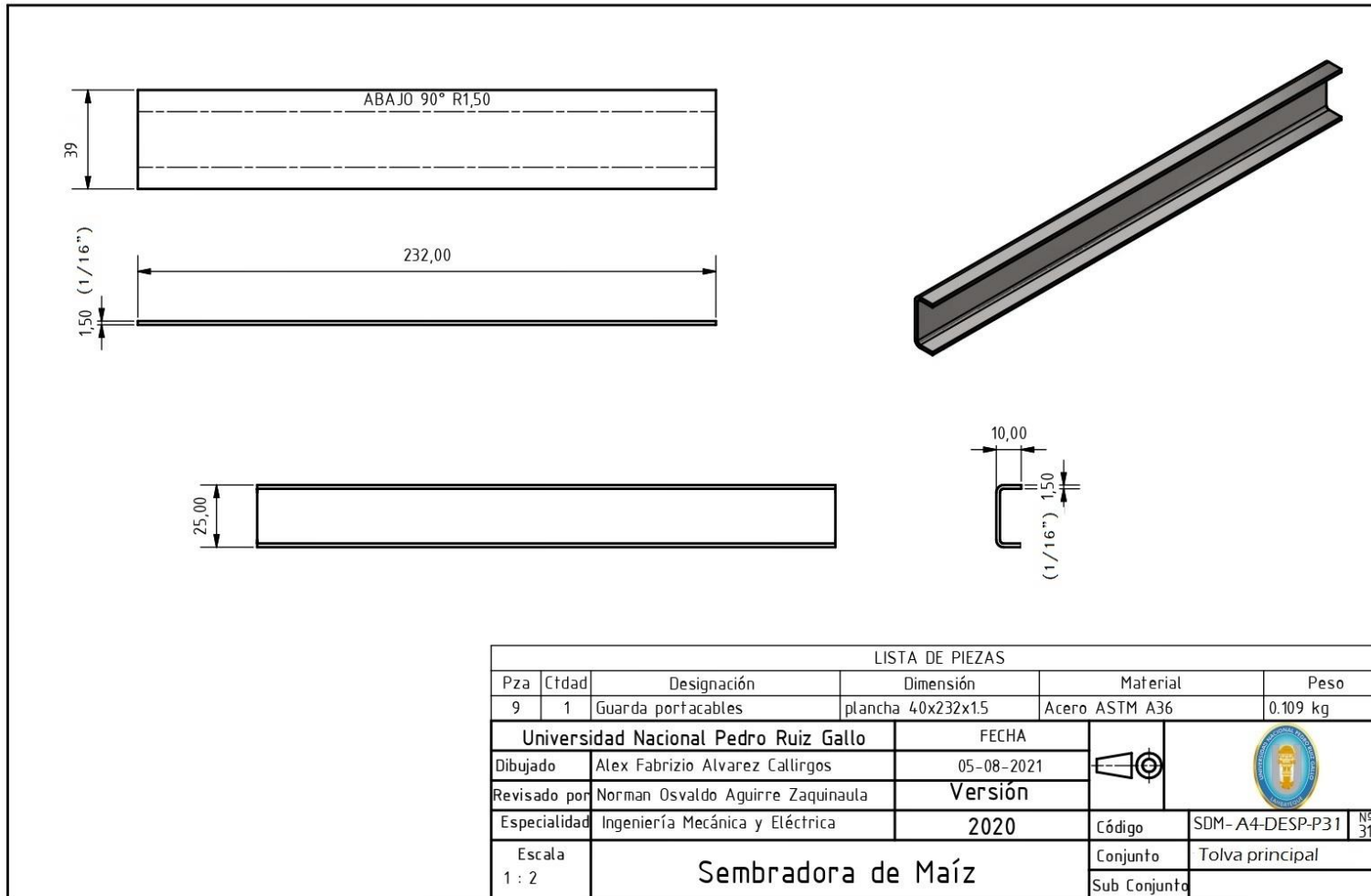




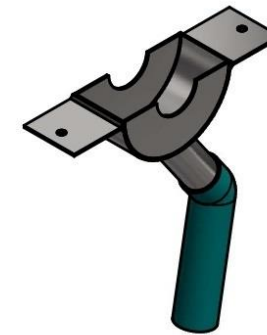
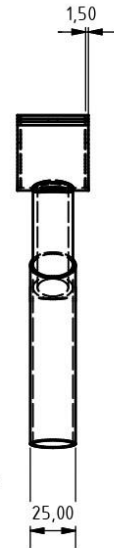
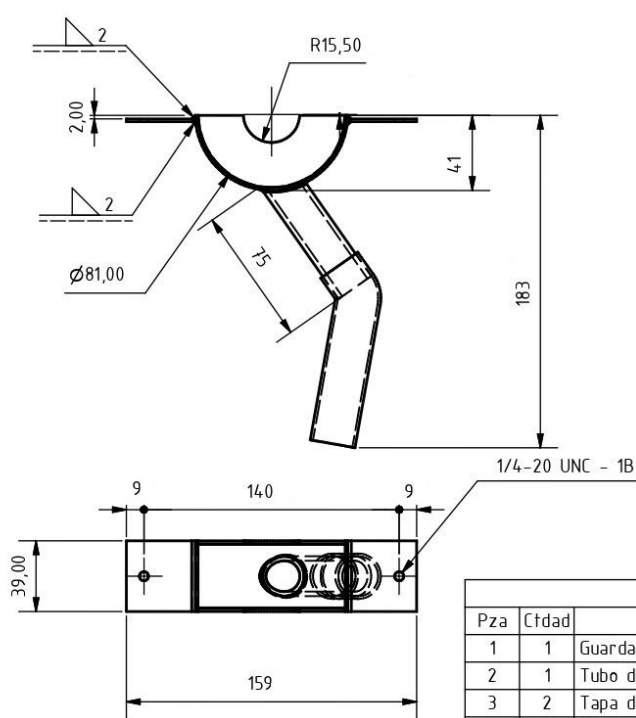


LISTA DE PIEZAS							
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso		
7	1	Cobierta pequeña	Plancha 153x65x1,5	Acero ASTM A36	0,156 kg		
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA				
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021				
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión				
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020				
Escala 1 : 2		Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P29	
					Conjunto	Tolva principal	
					Sub Conjunto		





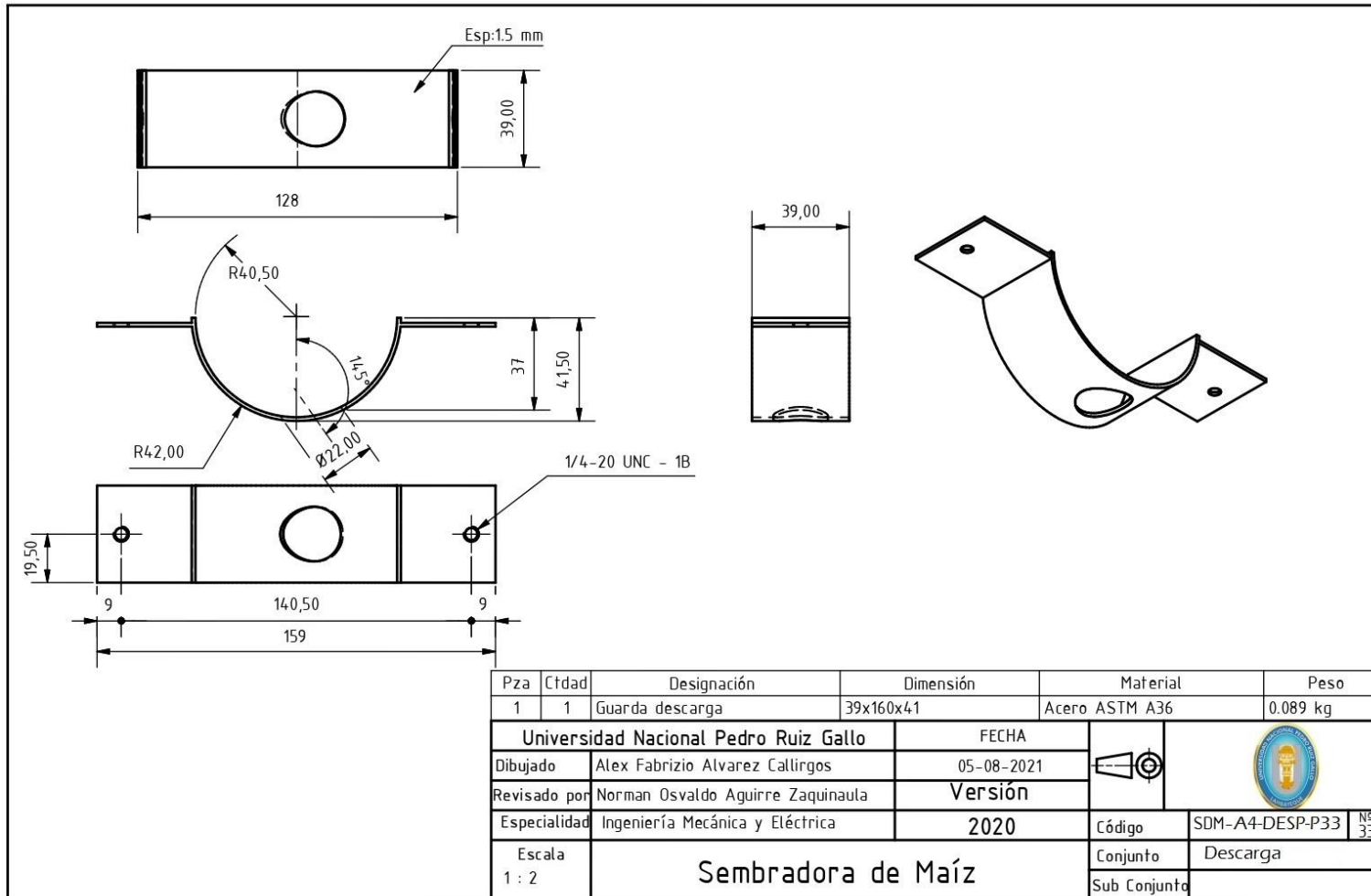
pieza N° 07

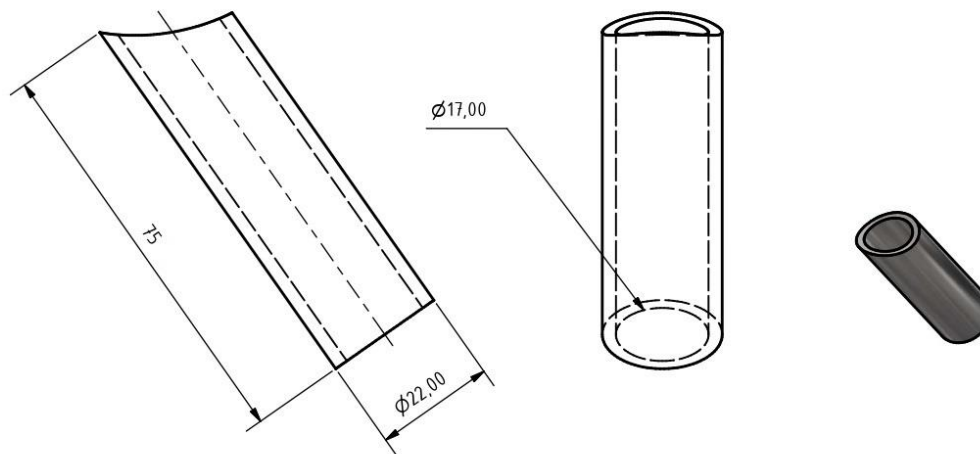


LISTA DE PIEZAS

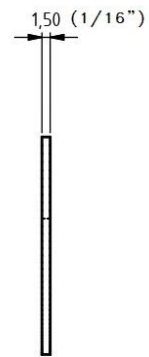
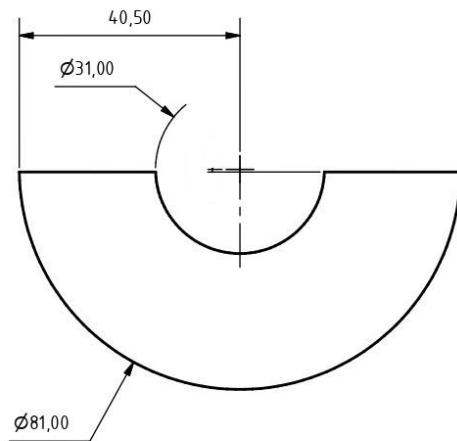
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Guarda descarga	41 x 39	Acero ASTM A36	0.089 kg
2	1	Tubo descarga	Ø22x75	Acero ASTM A36	0.083 kg
3	2	Tapa de guarda	81x41,5x1,5	Acero ASTM A36	0.026 kg
4	1	Ducto de salida	Ø26x110	PLASTICO PVC	0.016 kg

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo		FECHA					
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos	05-08-2021					
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula	Versión					
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	2020					
Escala	1 : 3	Sembradora de Maíz		Código	SDM-A4-ENS-P32	Nº	32
				Conjunto	Descarga		
				Sub Conjunto			

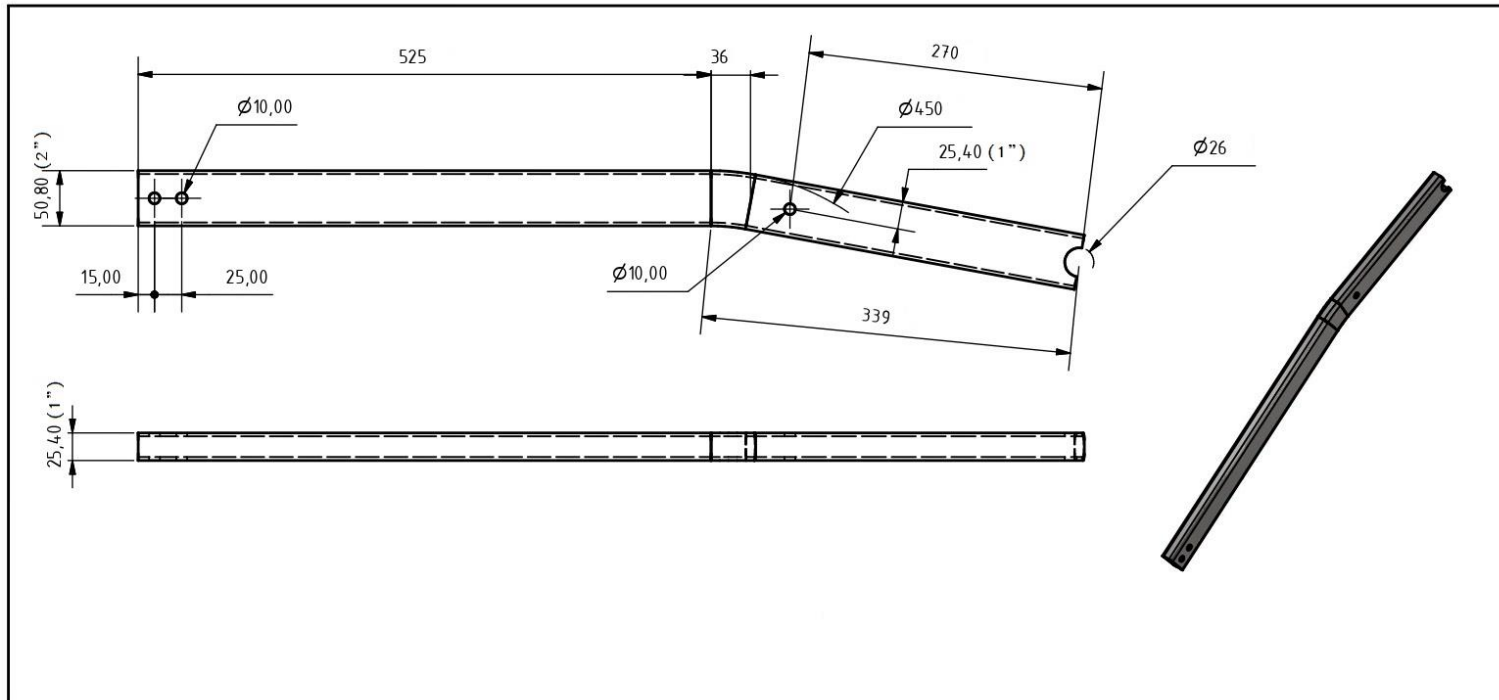




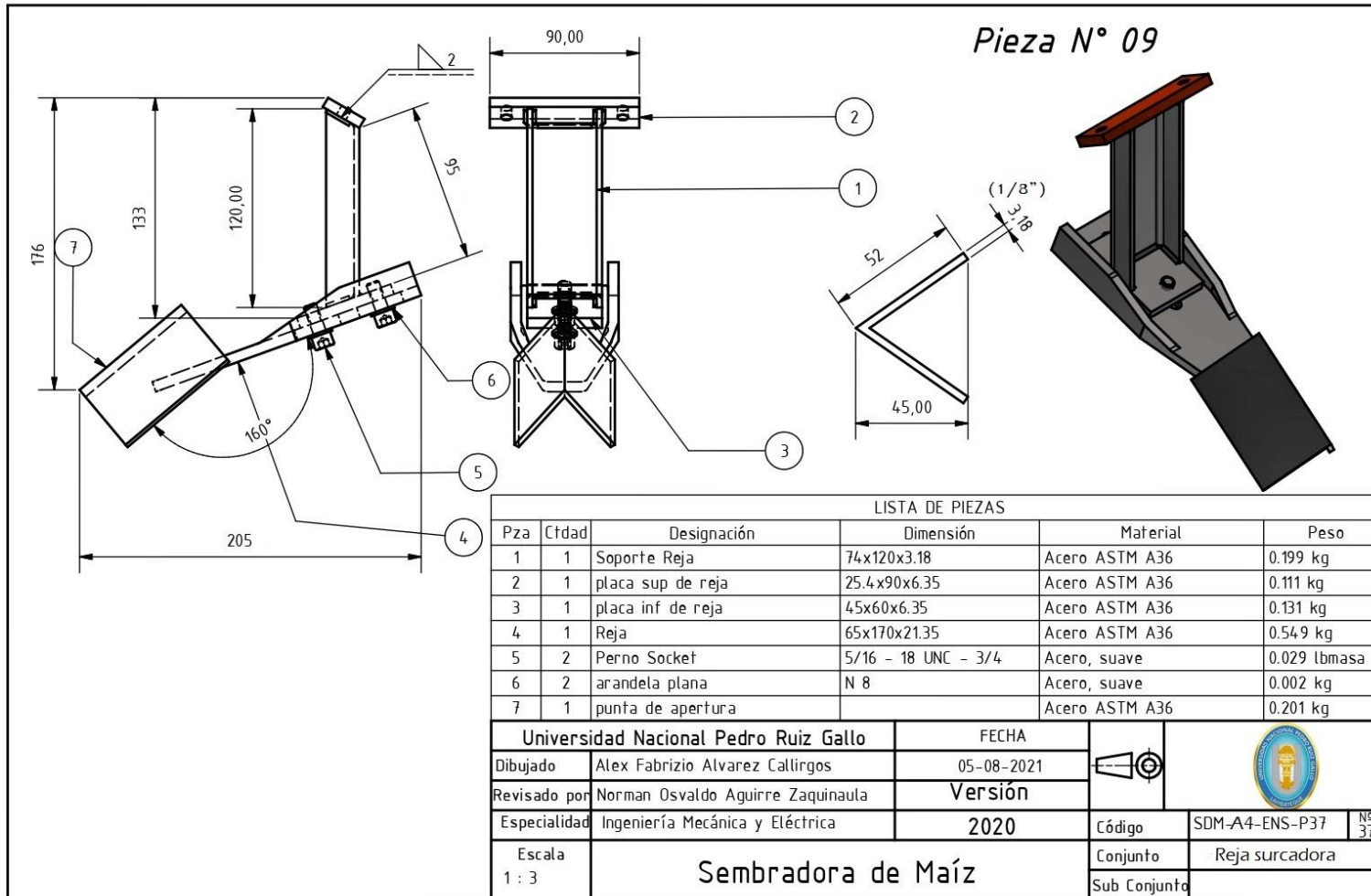
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
2	1	Tubo descarga	Ø22x75	Acero ASTM A36	0.083 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P34	
1 : 1				Conjunto	Descarga	
				Sub Conjunto		

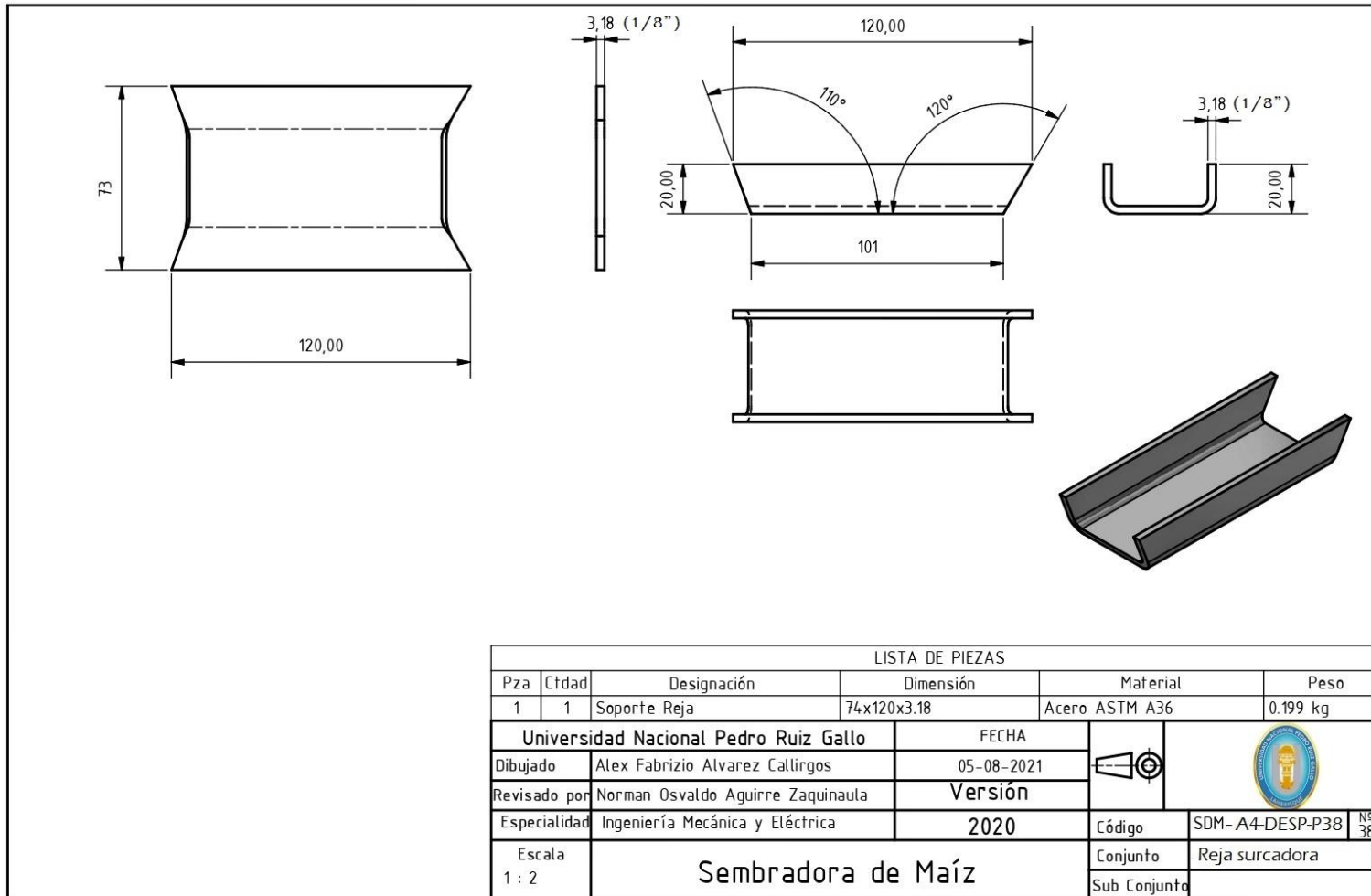


LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
3	2	Tapa de guarda	81x40.5x1.5	Acero ASTM A36	0.026 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P35	
1 : 1				Conjunto	Descarga	
				Sub Conjunto		

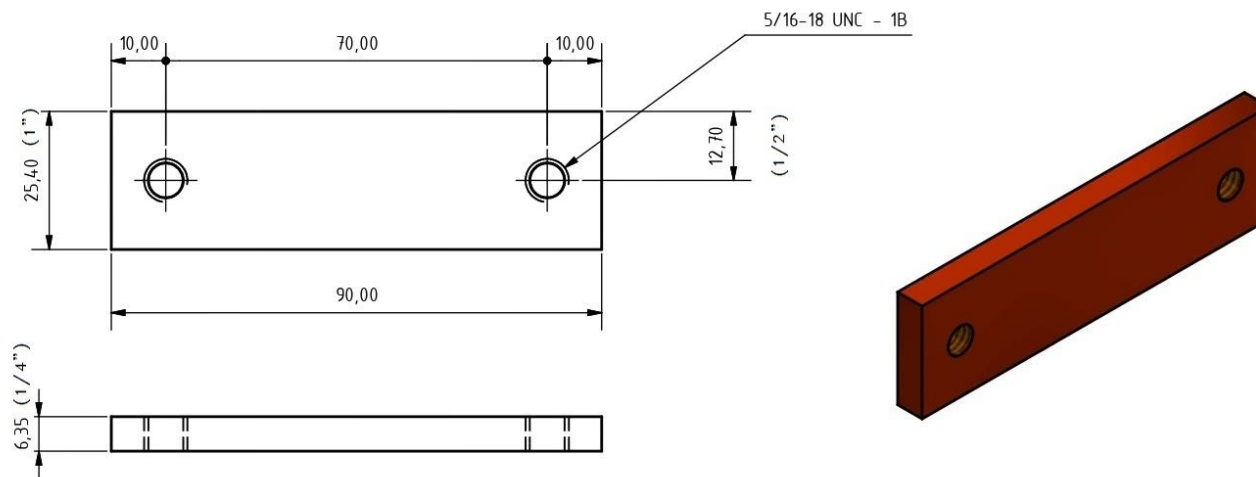


LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
8	2	sistema de empuje	2"x 1"x 1/8"long 865	Acero ASTM A36	2.833 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código	
Escala		Sembradora de Maíz			SDM-A4-DESP-P36	Nº 36
1 : 5					Conjunto	Empuje
					Sub Conjunto	

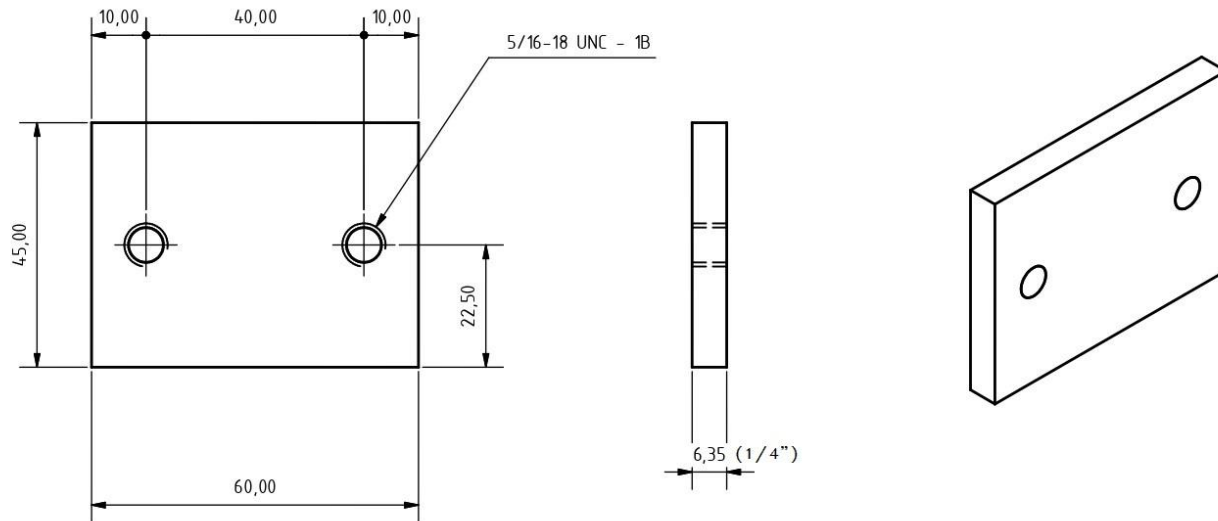




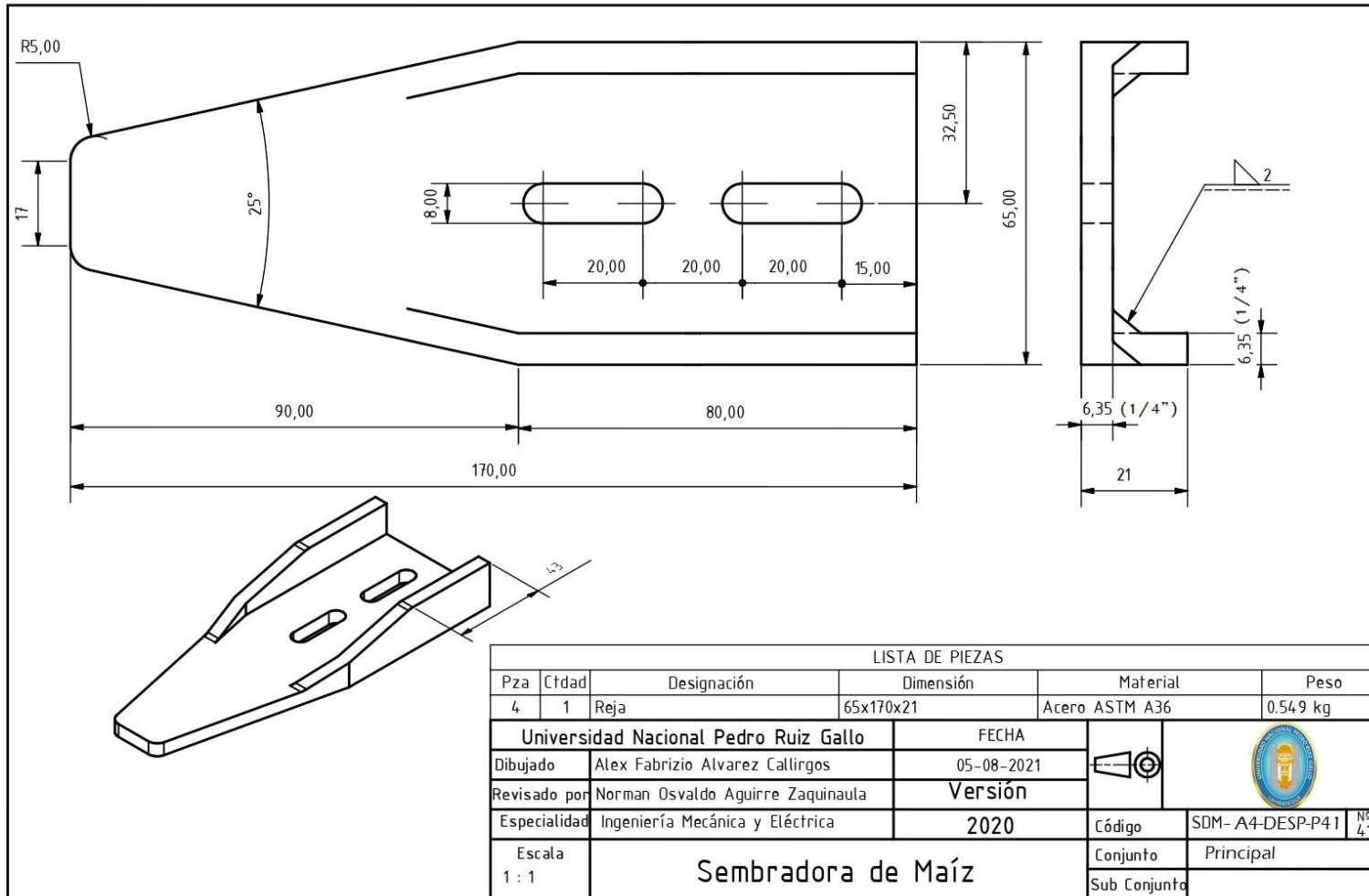
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
1	1	Soporte Reja	74x120x3.18	Acero ASTM A36	0.199 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código	SDM-A4-DESP-P38 ^{Nº} 38
Escala	Sembradora de Maíz			Conjunto	Reja surcadora	
1 : 2				Sub Conjunto		

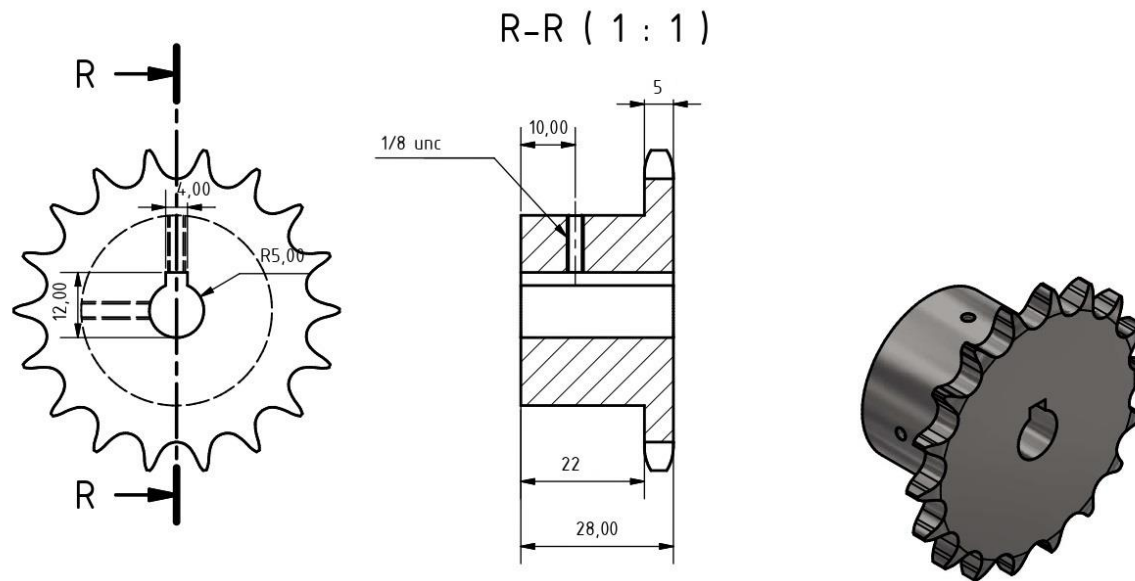


LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
2	1	placa sup de reja	25.4x90x6.35	Acero ASTM A36	0.111 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P39	
1 : 1				Conjunto	Reja surcadora	
				Sub Conjunto		

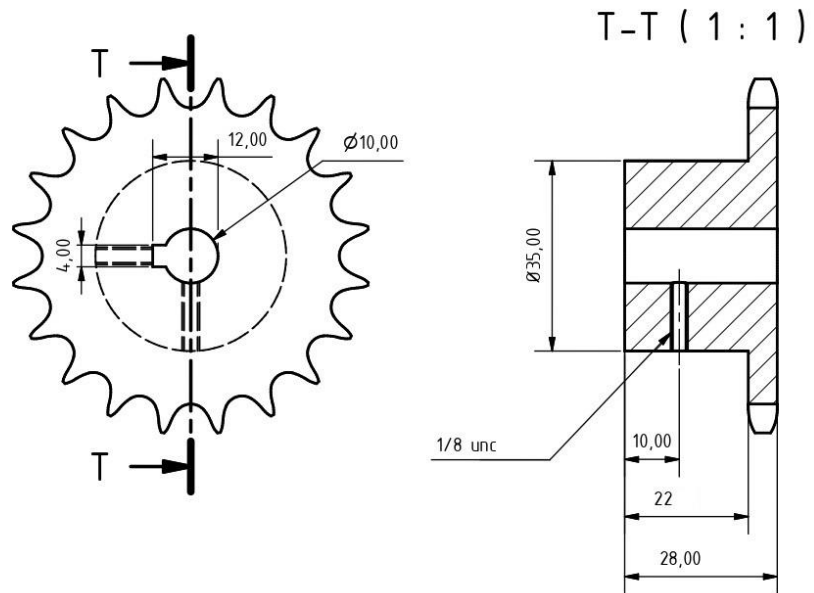


LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
3	1	placa inf de reja	45x60x6.35	Acero ASTM A36	0.131 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020			
Escala	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P40	
1 : 1				Conjunto	Reja surcadora	
				Sub Conjunto		

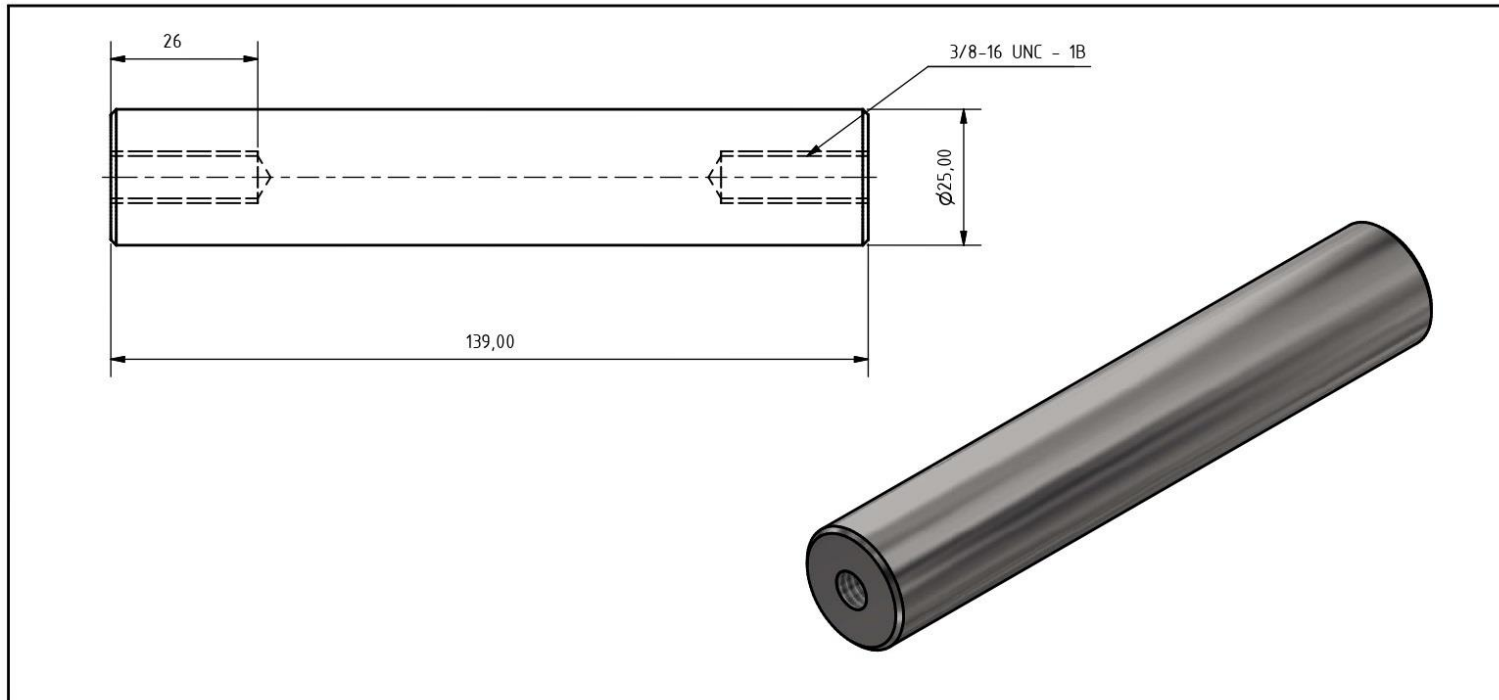




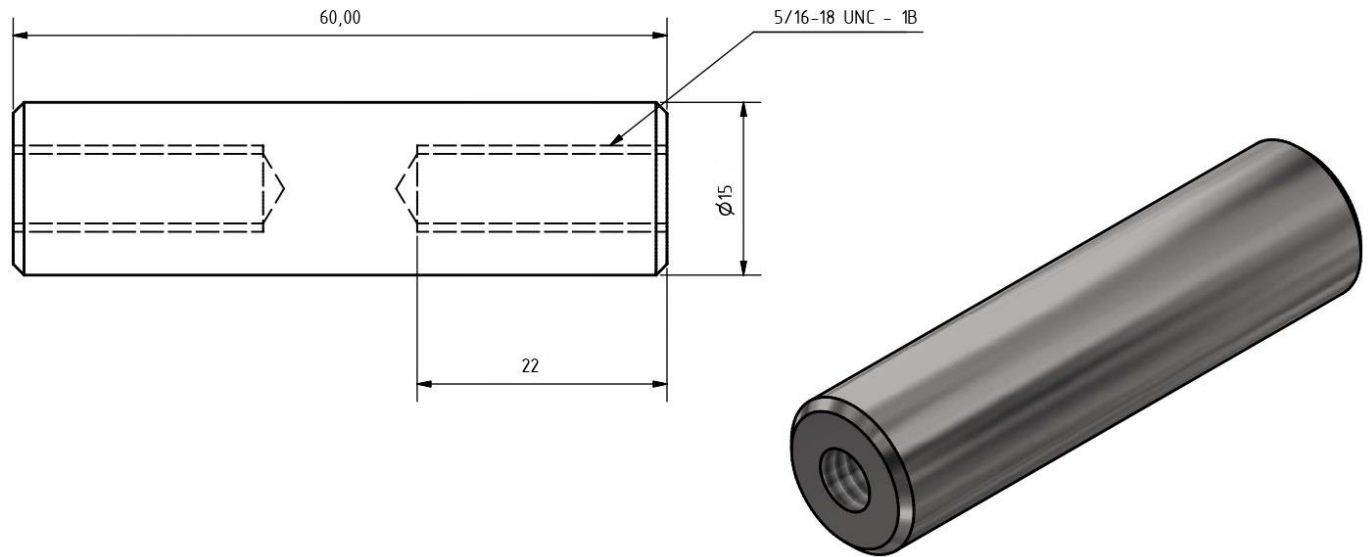
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
10	1	Sprocket Z18	ASA35	Acero, carbono	0.240 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA		 	No 42
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código	SDM-A4-DESP-P42
Escala	Sembradora de Maíz				Conjunto	Principal
1 : 1					Sub Conjunto	



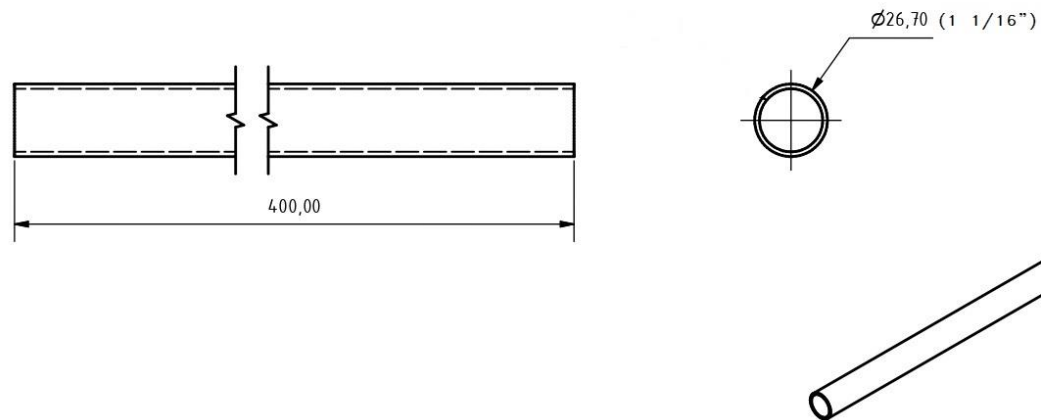
LISTA DE PIEZAS						
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso	
1	1	Sprocket Z20	ASA35	Acero, carbono	0.262 kg	
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA			
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021			
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión			
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código	SDM-A4-DESP-P43 N° 43
Escala	1 : 1			Sembradora de Maíz		Conjunto Principal
						Sub Conjunto



LISTA DE PIEZAS							
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso		
13	2	Distanciador manija	Ø25x139	Acero ASTM A36	0.514 kg		
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA				
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021				
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión				
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código		
Escala	Sembradora de Maíz			SDM-A4-DESP-P44			
1 : 1				Conjunto		Empuje	
				Sub Conjunto			



LISTA DE PIEZAS							
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso		
14	2	soporte de cadena	Ø15 x 60	Acero ASTM A36	0.081 kg		
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA				
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021				
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión				
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		Código		
Escala	Sembradora de Maíz			SDM-A4-DESP-P45			
2 : 1				Conjunto		Principal	
				Sub Conjunto			



LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
23	1	Tubo de manubrio	3/4"Nom Ø26.7x4.00	Acero ASTM A36	0.431 kg
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			FECHA		
Dibujado	Alex Fabrizio Alvarez Calligos		05-08-2021		
Revisado por	Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula		Versión		
Especialidad	Ingeniería Mecánica y Eléctrica		2020		
Escala 1 : 2	Sembradora de Maíz			Código	SDM-A4-DESP-P46
				Conjunto	Empuje
				Sub Conjunto	

6.2. Estimación de costos

En este apartado se aproximará el precio de fabricación del prototipo de sembradora de maíz. Para calcular el costo que involucra construir dicha herramienta, se va a tener presente lo siguiente:

- Precio de materiales
- Precio de fabricación de elementos
- Precio de ensamble

Precio de materiales

Tabla 17. Precio de materiales y componentes seleccionados

Item	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Rodamiento rígido de bolas SKF	Acero suave	6	61801	18.00	108.00
2	Perno hexagonal	Acero al carbono	4	3/8 UNC – 16 mm	1.50	6.00
3	Perno hexagonal	Acero al carbono	4	3/8" x 2 UNC	1.20	4.80
4	Perno socket	Acero al carbono	12	5/16" - 18 UNC - 1/2"	1.00	12.00
5	Perno socket	Acero al carbono	2	5/16" - 18 UNC - 3/4"	1.20	2.40
6	Perno socket	Acero al carbono	4	1/4" - 20 UNC - 3/8"	1.00	4.00
7	Perno socket	Acero al carbono	2	M6 x 10	1.00	2.00
8	Seeger tipo J	Acero suave	6	28 x 1,2	0.4	2.40
9	Arandela plana	Acero al carbono	4	N6	0.20	0.80
10	Arandela plana	Acero al carbono	14	N8	0.20	2.80
11	Arandela plana	Acero al carbono	8	N10	0.40	3.20
12	Cadena de rodillos	Acero ASTM A-36	1	ANSI 35 - 80 pasos	25.00	25.00
13	Cadena galvanizada	Acero galvanizado	1	10 mm x 1 m	16.90	16.90
14	Sprocket Z18	Acero al carbono	1	ANSI 35	22.00	22.00
15	Sprocket Z20	Acero al carbono	1	ANSI 35	24.00	24.00
16	Bisagra	Aluminio	1	428652	7.00	7.00
17	Manija	Polietileno	1	Comercial	8.00	8.00
18	Tornillo avellanado	Acero suave	4	-	0.20	0.80
TOTAL						252.10

(Elaboración propia)

Precio de fabricación de elementos

Tabla 18. *Precio de fabricación de elementos*

Item	Descripción	Material	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Rodillo acanalado 5 ranuras	Acero ASTM A-36	1	100	100
2	Rueda motriz	Acero ASTM A-36	1	80	80
3	Rueda conducida	Acero ASTM A-36	1	80	80
4	Árbol de transmisión	Acero AISI 1015	1	80	80
5	Tolva	Acero ASTM A-36	1	40	40
6	Chasis	Acero ASTM A-36	1	50	50
7	Bocinas	Acero ASTM A-36	6	30	180
8	Reja surcadora	Acero ASTM A-36	1	50	50
9	Sistema de empuje	Acero ASTM A-36	1	50	50
10	Descarga	Acero ASTM A-36	1	20	20
11	Soportes de cadena tapadora	Acero ASTM A-36	2	5	10
12	Alarma	-	1	52.80	52.80
Total					792.80

(Elaboración propia)

En consecuencia, el precio de manufactura del prototipo se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 19. *Precio de manufactura*

PRECIO DE MANUFACTURA (S/.)	
Precio de materiales	252.10
Precio de fabricación de elementos	792.80
Precio de ensamble	200.00
Costo total (S/.)	1244.90

(Elaboración propia)

CONCLUSIONES

1. La norma de diseño alemana VDI 2221 permitió obtener un prototipo de sembradora que satisface la función principal de sembrar de 1 hectárea de terreno y manejada por un solo operador en un total de 6 horas, igualmente permite conseguir una distancia y dosificación uniforme, aspectos que permitirán obtener un óptimo rendimiento de cosechas. Por lo que se concluye que es recomendable para un pequeño productor de maíz tal como el agricultor pucaleño.
2. El dosificador diseñado solo se utiliza para semillas de maíz. Para dosificar otras semillas, es necesario modificar el volumen y número de ranuras y para variar las distancias de siembra se deben implementar variadores mecánicos de velocidad.
3. Se calcularon y se seleccionaron elementos y componentes de la máquina tales como el rodillo dosificador, el árbol de transmisión, la tolva, la alarma y selección de cadena y rodamientos. Asimismo, es posible la fabricación y reproducción del prototipo en un taller mecánico de producción.
4. El Autodesk Inventor facilitó el modelamiento del prototipo y optimizó el diseño. De igual manera, haciendo uso de los programas Arduino IDE y Proteus se logró la programación (software) y el desarrollo del hardware de la placa electrónica que controla la alarma de la sembradora.
5. El costo de fabricación estimado es de S/. 1244.90, que corresponde mayormente al acero comercial ASTM A-36. Si la fabricación se hiciera

en masa, los costos se reducirían y resultaría aún más atractivo para los pequeños agricultores.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario desarrollar la máquina para corroborar rendimientos reales. Después de producir y probar experimentalmente el prototipo, corregir los posibles defectos para comenzar así su fabricación en masa.
2. Es posible cambiar materiales para optimizar el prototipo.
3. Comercializar el producto una vez desarrollado e impulsar la agricultura del maíz.
4. Desarrollar las demás soluciones de la presente tesis y de ser posible, añadir funciones al modelo de sembradora para obtener máquinas con mayor capacidad de producción, así se podrá comercializar entre los medianos y grandes productores de maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnes, D., Tourn, M., & Soza, E. (2010). Variabilidad en la distribución de semillas de maíz: Una revisión. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, 101-121.
- Alfaro, C. (2012). *Texto: "Metodología de Investigación Científica aplicado a la Ingeniería"*. Callao.
- Alva Davila, F. (2002). *Diseño de elementos de máquinas II*. Lima.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2008). *Informe Económico y Social: Región Lambayeque*. Lima.
- Basil, I. (2011). Siembra. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*.
- Basurto, A., Camarena, F., Gómez, R., Grobman, A., Roca, W., Salas, A., & Sevilla, R. (2005). *Magnitud e impacto potencial de la liberación de organismos genéticamente modificados y sus productos comerciales*. Lima: Consejo Nacional del Ambiente CONAM.
- Benites, J. (2017). Alternativas de mecanización para la agricultura familiar. *LEISA revista de agroecología*, 33(3), 5-9. Obtenido de LEISA revista de agroecología: <http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-33-numero-3/3064-alternativas-de-mecanizacion-para-la-agricultura-familiar>
- Bertini líder en siembra directa*. (s.f.). Obtenido de <http://www.bertini.com.ar/es/sistema-chevron/>
- Boletín Agrario*. (s.f.). Obtenido de <https://boletinagrario.com/f797,sembradoras-voleo.html>
- Cabrera, G. (2017). Diseño y construcción de máquina sembradora para la producción de maíz en terrenos pedregosos en la Irrigación Majes. Universidad Católica de Santa María.
- Chávez, M. (2006). *Diseño de un sistema inteligente de dosificación neumático de semilla*. Universidad Autónoma Agraria.
- Cortéz, E., Álvarez, F., & González, H. (2009). La mecanización agrícola: gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *Revista CES*, 4(2), 151-160.
- Cross, N. (2002). *Métodos de Diseño Estrategias para el Diseño de Productos*. México: Limusa.
- Distrito de Pucalá*. (31 de Marzo de 2021). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Distrito_de_Pucal%C3%A1&oldid=134412118
- Espinoza, C. (2010). *Metodología de la Investigación Tecnológica: Pensando en Sistemas*. Huancayo.
- Gerencia Regional de Agricultura. (2019). *Informe de maíz amarillo duro (Periodo 2014 - 2018)*. Chiclayo.

- Gobierno Regional de Lambayeque. (2018). *Plan Estratégico Regional del Sector Agrario de Lambayeque 2009 - 2015*. Chiclayo.
- Hidalgo, E. (2013). *Manejo Técnico del Cultivo del Maíz Amarillo Duro en la Región San Martín*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Homer, L., & Sanchez, C. (2015). Evaluación de una Sembradora de Maíz para tracción animal o humana. *Revista de la Facultad de Ciencias Agronómicas Agro Sur*, 43(3), 41-50.
- Huamanchumo de la Cuba, C. (2013). *La cadena de valor de maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas*. Lima: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. Lima.
- InfoAgro. (s.f.). Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- Izard, M. (2009). *Estudio de la profundidad de siembra en siembra directa de maíz mediante la sensorización de un brazo de una sembradora mecánica monograno*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos Universidad Politécnica de Madrid.
- Jara, W., Hidalgo, E., & Echeverría, R. (2003). *El Maíz Duro en la Región San Martín*. Tarapoto: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Mamani, M. (2015). *Efecto del contenido de humedad sobre el coeficiente de fricción estático y ángulo de reposo de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) cultivada en Puno*.
- Manual de semillas. (2020). Obtenido de http://manuals.deere.com/omview/OMA85436_63/OUO6074_0000C53_63_30APR04_1.html
- Marín García, J. M. (2008). *Apuntes de Diseño de Máquinas*. Alicante: Club Universitario.
- Márquez, L. (1999). Siembra de los cereales. *Agrotécnica*, 27-34.
- Más que máquinas agrícolas. (14 de Enero de 2013). Obtenido de <http://www.masquemaquina.com/2013/01/sembradoras-monograno.html>
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Pearson Educación.
- Nash, W. (1995). *Resistencia de materiales*. México: McGraw-Hill.
- Ortiz Cañavate, J. (1989). *Técnica de la mecanización agrícola*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Ospina, H., & Sanchez, C. (2017). *Diseño de un prototipo de sembradora mecánica de semillas de maíz y frijol para la Granja de la Universidad*

Francisco de Paula Santander Ocaña. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Pellini, C. (5 de Agosto de 2019). *Historia de la sembradora inventor de la primera y su evolución*. Obtenido de Historia y biografías:
<https://historiaybiografias.com/historia-de-la-sembradora/>

Polanco, M. (2007). *Maquinaria y mecanización agrícola*. UNAD.

Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: Edicions UPC.

Ruiz, M. (1971). *Sembradoras de precisión*. Madrid.

Salvá, L. (2015). Diseño mecánico de una máquina sembradora de semillas de quinua con una capacidad de siembra de 01 hectárea por hora y traccionada por un tractor agrícola de 55HP. Pontificia Universidad Católica del Perú.

UPM. (2006). *Sembradoras. Principios y características*.

Wikipedia. (s.f.). *Distrito de Pucalá*. Obtenido de Wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Pucal%C3%A1

Zaidin, C. (2007). *25 años de historia de una sembradora*. Obtenido de
http://www.horticom.com/revistasonline/revistas/extra07/96_99.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Plántulas de maíz en chacras del distrito de Pucalá	148
Anexo 2. Comercialización de panca en Pucalá.....	149
Anexo 3. Catálogo de platinas de acero A-36	150
Anexo 4. Características rodamiento rígido de bolas 61801.....	151
Anexo 5. Coeficiente de fricción estático de diferentes granos y semillas	153
Anexo 6. Catálogo de cadenas de rodillos	154
Anexo 7. Características de cadena de acero galvanizado 10 mm.....	155
Anexo 8. Aceros recomendados para ejes y árboles de transmisión	156
Anexo 9. Dimensiones de roscas de tornillos tamaños fraccionarios UNC y UNF	156
Anexo 10. Cotización piezo buzzer activo 12 mm	157
Anexo 11. Cotización Sensor Ultrasónico HC – SR04.....	157
Anexo 12. Cotización Microcontrolador ATMEGA 328P	158
Anexo 13. Bisagra 428652	159

Anexo 1. Plántulas de maíz en chacras del distrito de Pucalá⁶⁹



⁶⁹ Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Comercialización de panca en Pucalá⁷⁰



⁷⁰ Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Catálogo de platinas de acero A-36 ⁷¹

Platinas

CALIDAD: ASTM A36

DENOMINACIÓN:
PLAT A36.

DESCRIPCIÓN:
Producto de acero que ha sido laminado en caliente en sus cuatro superficies, con una sección transversal rectangular. Tiene las superficies lisas.

USOS:
En la fabricación de estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, piezas forjadas y otros.

NORMAS TÉCNICAS:
• Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M y NTP 350.400
• Tolerancias Dimensionales: ASTM A6/A6M y NTP 241.105

PRESENTACIÓN:
Se comercializa en barras de 6 metros de longitud. Se suministra en paquetes de 1 t.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en kg/m:
SISTEMA INGLÉS:

DIMENSIONES NOMINALES (pulg.)	PESO NOMINAL	
	kg/m	kg/6m
1/8" x 1/2"	0.32	1.92
1/8" x 3/4"	0.48	2.88
1/8" x 1"	0.64	3.84
1/8" x 1 1/4"	0.80	4.80
1/8" x 1 1/2"	0.95	5.70
1/8" x 2"	1.27	7.62
3/16" x 1/2"	0.48	2.88
3/16" x 5/8"	0.61	3.66
3/16" x 3/4"	0.74	4.44
3/16" x 1"	0.98	5.88
3/16" x 1 1/4"	1.18	7.08
3/16" x 1 1/2"	1.42	8.53
3/16" x 2"	1.90	11.40
3/16" x 2 1/2"	2.37	14.22
3/16" x 3"	2.85	17.10
1/4" x 5/8"	0.80	4.80
1/4" x 3/4"	0.95	5.70
1/4" x 1"	1.28	7.68
1/4" x 1 1/4"	1.58	9.48
1/4" x 1 1/2"	1.90	11.40
1/4" x 2"	2.53	15.18
1/4" x 2 1/2"	3.16	18.96
1/4" x 3"	3.80	22.80

DIMENSIONES NOMINALES (pulg.)	PESO NOMINAL	
	kg/m	kg/6m
1/4" x 4"	5.06	30.36
3/8" x 1"	1.92	11.52
3/8" x 1 1/4"	2.38	14.28
3/8" x 1 1/2"	2.85	17.10
3/8" x 2"	3.80	22.80
3/8" x 2 1/2"	4.74	28.44
3/8" x 3"	5.70	34.20
3/8" x 4"	7.60	45.60
1/2" x 1 1/2"	3.79	22.74
1/2" x 2"	5.06	30.36
1/2" x 2 1/2"	6.33	37.98
1/2" x 3"	7.60	45.60
1/2" x 4"	10.13	60.78
5/8" x 4"	12.66	75.96
3/4" x 4"	15.19	91.14
1" x 4"	20.26	121.56
3/8" x 5"	9.49	56.95
3/8" x 6"	11.39	68.34
1/2" x 5"	12.66	75.97
1/2" x 6"	15.19	91.16
5/8" x 5"	15.83	94.96
5/8" x 6"	18.99	113.95
3/4" x 5"	18.99	113.95
3/4" x 6"	22.79	136.74
1" x 5"	25.32	151.94
1" x 6"	30.39	182.32

SISTEMA MÉTRICO:

DIMENSIONES NOMINALES (mm)	PESO NOMINAL	
	kg/m	kg/6m
12 x 200	18.84	113.04

PROPIEDADES MECÁNICAS:

- Límite de Fluencia = 250 Mpa (2,530 kg/cm²) mínimo.
- Resistencia a la Tracción = 450 - 550 Mpa (4,080-5,620 kg/cm²).
- Alargamiento en 200 mm:
 - 1/8" y 3/16" = 15.0 % mínimo.
 - 1/4" = 17.5 % mínimo.
 - 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1" = 20.0 % mínimo.
- Doblado a 180° = Bueno.
- Soldabilidad = Buena.


QCQA01-F104/04/SEP 20


Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.



⁷¹ https://www.acerosarequipa.com/sites/default/files/fichas/2020-11/7.%20AF_HOJA%20TECNICA-PLATINAS.pdf?fv=F0e4aiNT

Anexo 4. Características rodamiento rígido de bolas 61801⁷²

Generado desde [sitio] el [fecha]



61801

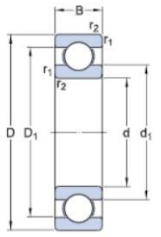
Producto popular

Rodamientos rígidos de bolas

Datos de los rodamientos
Tolerancias,
Normal (métrica), P6, P5, Normal (en pulgadas),
Juego radial interno,
Pares de rodamientos apareados,
Acero inoxidable d < 10 mm, Otros rodamientos

Interfaces del rodamiento
Tolerancias de los asientos para condiciones estándares,
Tolerancias y ajustes resultantes

Especificación técnica



DIMENSIONES

d	12 mm
D	21 mm
B	5 mm
d ₁	≈ 14.8 mm
D ₁	≈ 18.3 mm
r _{1,2}	min. 0.3 mm

DIMENSIONES DE LOS RESALTES

d _a	min. 14 mm
D _a	max. 19 mm
r _a	max. 0.3 mm

Página [página] de 4

⁷² <https://www.skf.com/pe/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-61801>

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	1.74 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	0.915 kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.039 kN
Velocidad de referencia		70000 r/min
Velocidad límite		43000 r/min
Factor de cálculo	k_f	0.015
Factor de cálculo	f_0	13.4

MASA


Rodamiento de masa		0.0063 kg
--------------------	--	-----------

Anexo 5. Coeficiente de fricción estático de diferentes granos y semillas


Producto	Contenido de Humedad (% bh)	Coeficiente de fricción estático		
		Acero	Concreto	Madera
Trigo	11,2		0,52	0,31
	13,0		0,52	0,31
	15,0		0,55	0,47
	15,7	0,44	0,68	0,48
Arroz	12,0	0,40	0,45	0,40
Paddy	16,0	0,50	0,60	0,45
Café triturado	12,0	0,17		0,31
	12,8	0,11		0,12
Cacao	18,0	0,16		0,20
	24,6	0,20		0,27
Ajonjolí	6,1		0,51	0,47
	10,5		0,52	0,45
Cebada	7,9			0,40
	10,7	0,27	0,56	0,40
	12,3	0,28	0,55	
	14,3	0,30	0,57	
Maíz	16,2	0,37	0,62	0,40
	9,9	0,24	0,59	0,31
	12,2	0,25	0,60	0,33
	13,9	0,35	0,64	0,37
Maíz ICA 508	12,6	0,22	0,36	0,32
	16,2	0,30	0,42	0,36
	22,8	0,32	0,51	0,39
	27,5	0,34	0,60	0,44
Pasto Brachiaria brizantha	14,0	0,48	0,39	0,24
	20,0	0,24	0,47	0,38
	11,0	0,19	0,49	0,35
Sorgo	20,0	0,27	0,52	0,42
	11,5	0,16	0,31	
Sorgo Sorghica	14,3	0,23	0,33	
	11,4	0,14	0,31	
	13,9	0,14	0,31	
	17,6	0,23	0,33	
Soya	20,6	0,33	0,41	
	7,1	0,21	0,39	0,29

Fuente: (Mamani, 2015)


Anexo 6. Catálogo de cadenas de rodillos⁷³




CADENAS DE RODILLOS NORMA ASA




CANDADOS



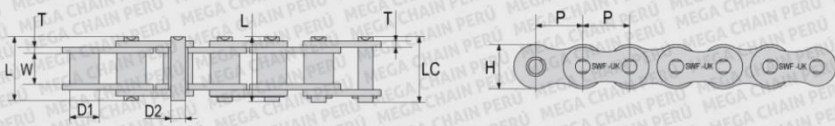
MEDIO PASADO



CADENAS REMACHADA




CADENAS CON PASADOR




CADENA N°	Paso		Interior	Rodillo	Placa		P _{in}			*Carga Admisible	Carga a la Rotura	Peso Aprox.
	P	W	D1	Altura	Espesor	Diámetro	Long.	Long. Máx.	LC	kg/m	kg/m	kg/m
	pulgadas	mm	mm	H (mm)	T (mm)	D (mm)	L (mm)	LC (mm)				
25-1	1/4"	6.35	3.18	3.30	6.00	0.80	2.31	7.90	8.40	357	510	0.15
35-1	3/8"	9.53	4.77	5.08	9.00	1.30	3.58	12.40	13.17	806	1152	0.33
41-1	1/2"	12.70	6.25	7.77	9.91	1.30	3.58	13.75	15.00	680	1285	0.41
40-1	1/2"	12.70	7.85	7.95	12.00	1.50	3.96	16.60	17.80	1438	1897	0.62
50-1	5/8"	15.88	9.40	10.16	15.09	2.03	5.08	20.70	22.20	2264	3192	1.02
60-1	3/4"	19.05	12.57	11.91	18.00	2.42	5.94	25.90	27.70	3243	4405	1.50
80-1	1"	25.40	15.75	15.88	24.00	3.25	7.92	32.70	35.00	5782	7576	2.60
100-1	1 1/4"	31.75	18.90	19.05	30.00	4.00	9.53	40.40	44.70	9024	10972	3.91
120-1	1 1/2"	38.10	25.22	22.23	35.70	4.80	11.10	50.30	54.30	12950	16631	5.62
140-1	1 3/4"	44.45	25.22	25.40	41.00	5.60	12.70	54.40	59.00	17580	22688	7.50
160-1	2"	50.80	31.55	28.58	47.80	6.40	14.27	64.80	69.60	23127	27216	10.10
180-1	2 1/4"	57.15	35.48	35.71	53.60	7.20	17.46	72.80	78.60	28572	36821	13.45
200-1	2 1/2"	63.50	37.85	39.68	60.00	8.00	19.85	80.30	87.20	36077	47800	16.15
240-1	3"	76.20	47.35	47.63	72.39	9.50	23.81	95.50	103.00	52035	68483	23.20
25-2	1/4"	6.35	3.18	3.30	6.00	0.80	2.31	14.50	15.00	714	1020	0.27
35-2	3/8"	9.53	4.77	5.08	9.00	1.30	3.58	22.50	23.30	1611	2274	0.69
40-2	1/2"	12.70	7.85	7.95	12.00	1.50	3.96	31.00	32.20	2876	3793	1.27
50-2	5/8"	15.88	9.40	10.16	15.09	2.03	5.08	38.90	40.40	4527	6383	2.07
60-2	3/4"	19.05	12.57	11.91	18.00	2.42	5.94	48.80	50.50	6485	8810	3.04
80-2	1"	25.40	15.75	15.88	24.00	3.25	7.92	62.70	64.30	11563	15153	5.27
100-2	1 1/4"	31.75	18.90	19.05	30.00	4.00	9.53	76.40	80.50	18049	21944	7.85
120-2	1 1/2"	38.10	25.22	22.23	35.70	4.80	11.10	95.80	99.70	25900	33263	11.70
140-2	1 3/4"	44.45	25.22	25.40	41.00	5.60	12.70	103.30	107.90	35159	45377	14.83
160-2	2"	50.80	31.55	28.58	47.80	6.40	14.27	123.30	128.10	46254	54432	20.04
180-2	2 1/4"	57.15	35.48	35.71	53.60	7.20	17.46	138.60	144.40	57154	73643	26.52
200-2	2 1/2"	63.50	37.85	39.68	60.00	8.00	19.85	151.90	158.80	72154	95199	32.63
240-2	3"	76.20	47.35	47.63	72.39	9.50	23.81	183.40	190.80	104071	136966	48.10

* La carga de trabajo ideal es el 20% de la capacidad de carga admisible.





⁷³ <https://www.megachainperu.com/img/catalogos/cadenas-asa.pdf>

Anexo 7. Características de cadena de acero galvanizado 10 mm⁷⁴



Catálogo Cables de acero


Cadena de acero galvanizado 10 mm (3/38") x metro
SM 15447


FICHA TÉCNICA


<p>Características Cadena soldada electrónicamente de acero con bajo contenido de carbono, acabado zincado, resistente a la corrosión.</p>	<p>Garantía Por defecto de fabricación</p>
<p>Observaciones Cuenta con eslabones cortos que lo hacen flexible y especialmente adecuado para aplicaciones agrícolas, barrandillas, cadenas de puertas, equipos de juego, etc.</p>	<p>Recomendaciones De Uso Realizar el corte con herramientas adecuadas, como sizaya.</p>
<p>Altura Del Producto 24 m</p>	<p>Modelo 10 mm</p>
<p>Tipo de Producto Cadena</p>	<p>Sub Tipo de Producto Acero</p>
<p>Material Acero Galvanizado</p>	<p>Color Plata</p>
<p>Número de piezas 1</p>	<p>Marca SM</p>
<p>Advertencia de uso No lo utilice para levantamientos elevados y no exceder la capacidad de carga. Manipular con equipos de protección personal (guantes) para evitar daños físicos.</p>	

Despacho a Domicilio



Financiamiento





⁷⁴ <https://www.promart.pe/cadena-de-acero-galvanizado-10-mm--3-38---x-metro/p>

Anexo 8. Aceros recomendados para ejes y árboles de transmisión

UNE	AISI	DIN	EN 10088	Estado	HB	HRC	Sy (Mpa)	Sut (Mpa)
F 1110	1015	Ck 15	1.1141	Normalizado	110 170		215 225	380 500
				Cementado	250 430	25 45	550 720	700 1000
F 1140	1045	Ck 45	1.1101	Normalizado	175 255		280 300	550 750
				Temple+rev	450 610	43 60	1050 1400	1250 1800
F 1250	4135	35CrMo4	1.7220	Normalizado	225		755	1020
				Temple+rev	230 600	46 57	1200 1500	1400 1700
F 1270		32NiCrMo4	1.6743	Normalizado	380		1150	1300
				Temple+rev	450 550	43 55	1300 1500	1450 1650

Fuente: (Marín García, 2008)

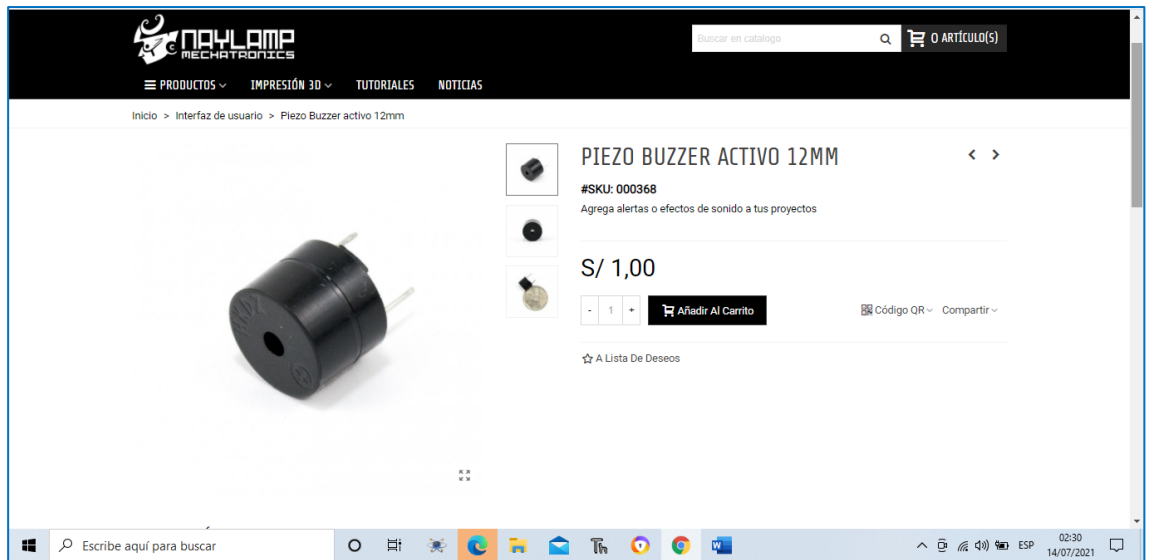
Anexo 9. Dimensiones de roscas de tornillos tamaños fraccionarios

UNC y UNF

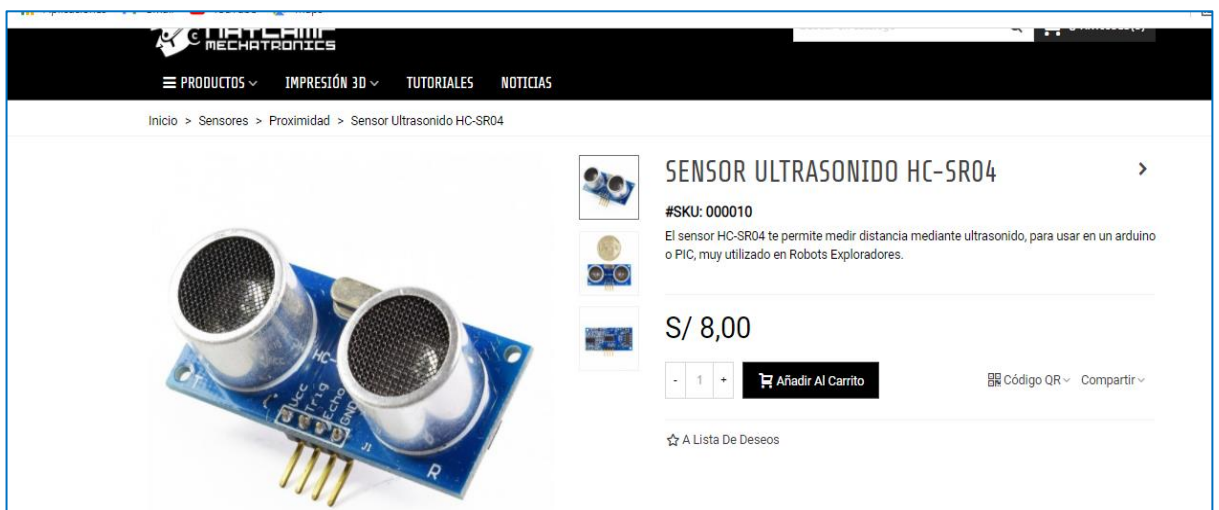
Tamaño	Diámetro mayor básico, D (pulg)	Roscas gruesas: UNC		Roscas finas: UNF	
		Roscas por pulgada, n	Área en esfuerzo de tensión (pulg ²)	Roscas por pulgada, n	Área en esfuerzo de tensión (pulg ²)
1/4	0.2500	20	0.0318	28	0.0364
5/16	0.3125	18	0.0524	24	0.0580
3/8	0.3750	16	0.0775	24	0.0878
7/16	0.4375	14	0.1063	20	0.1187
1/2	0.5000	13	0.1419	20	0.1599
9/16	0.5625	12	0.182	18	0.203
5/8	0.6250	11	0.226	18	0.256
3/4	0.7500	10	0.334	16	0.373
7/8	0.8750	9	0.462	14	0.509
1	1.000	8	0.606	12	0.663
1 ¹ / ₈	1.125	7	0.763	12	0.856
1 ¹ / ₄	1.250	7	0.969	12	1.073
1 ³ / ₈	1.375	6	1.155	12	1.315
1 ¹ / ₂	1.500	6	1.405	12	1.581
1 ³ / ₄	1.750	5	1.90		
2	2.000	4 ¹ / ₂	2.50		

Fuente: (Alva Davila, 2002)

Anexo 10. Cotización piezo buzzer activo 12 mm⁷⁵



Anexo 11. Cotización Sensor Ultrasónico HC – SR04⁷⁶



⁷⁵ <https://naylampmechatronics.com/interfaz-de-usuario/368-piezo-buzzer-activo-12mm.html>

⁷⁶ <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

Anexo 12. Cotización Microcontrolador ATMEGA 328P⁷⁷



NAYLAMP
MECHATRONICS

Buscar en catálogo

PRODUCTOS ▾ IMPRESIÓN 3D ▾ TUTORIALES NOTICIAS

Inicio > Microcontroladores > ATmega328P DIP



ATMEGA328P DIP < >

#SKU: 000111

Microcontrolador Atmel AVR de 8-bit utilizado en las tarjetas Arduino Uno, reemplaza tu microcontrolador dañado o crea una tarjeta Arduino personalizada con este versátil controlador.

S/ 10,00

- 1 +

☆ A Lista De Deseos

⁷⁷ <https://naylampmechatronics.com/microcontroladores/111-atmega328p-dip.html>

CMM-AL



Bisagras

Aluminio

MATERIAL

Aluminio anodizado, color natural, acabado mate.

PERNO DE ROTACIÓN

Acero inoxidable AISI 304.

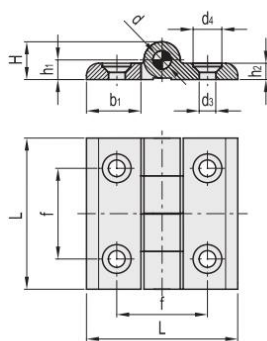
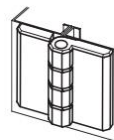
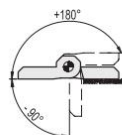
EJECUCIÓN ESTÁNDAR

Agujeros pasantes para tornillos de cabeza avellanada plana.

ÁNGULO DE ROTACIÓN (VALOR APROXIMADO)

Máx. 270° (entre -90° y 180°; 0° = condición en la cual dos superficies interconectadas se encuentran en el mismo plano).

Evitar sobrepasar el ángulo límite de rotación (véase dibujo) para no comprometer las prestaciones mecánicas de la bisagra.



Código	Descripción	L	d3	d4	f	H	h1	h2	b1	d	⚖️
428649	CMM-AL-40-SH-5	40	5.5	10.5	25	10.5	5.5	5	17	4	25
428651	CMM-AL-50-SH-5	50	5.5	10.5	30	12.5	6.5	6	22	6	50
428652	CMM-AL-50-SH-6	50	6.5	12.5	30	12.5	6.5	6	22	6	47
428655	CMM-AL-60-SH-8	60	8.5	16.5	36	16.5	8.5	8	25	8	94

Modelos ELESA y GANTER propiedad reservada según la ley. Mencionar siempre la fuente cuando se reproduzcan nuestros dibujos.



8/2018

1389



Bisagras y conexiones 12