



# Universidad **Mariana**

Diseño y simulación de un prototipo de robot móvil para sembrar y fumigar semilla de papa  
Diacol-Capiro (*solanum tuberosum l*) en el municipio del Contadero, Nariño

Juan Manuel Jojoa Chávez

Universidad Mariana  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Mecatrónica  
San Juan de Pasto

2023

Diseño y simulación de un prototipo de robot móvil para sembrar y fumigar semilla de papa  
Diacol-Capiro (*solanum tuberosum l*) en el municipio del Contadero, Nariño

Juan Manuel Jojoa Chávez.

Informe final presentado para optar el título de: Ingeniero Mecatrónico

Asesor

MSc. Edison Viveros Villada

Universidad Mariana  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Mecatrónica  
San Juan de Pasto  
2023

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer de manera especial a mi asesor MSc. Edison Viveros Villada por la ayuda brindada, quien, con su experiencia y conocimiento me guio a través del proceso de este proyecto para poder alcanzar los resultados que esperábamos.

A la Universidad Mariana por brindarme los recursos físicos, teóricos y éticos, recursos que fueron muy importantes y necesarios en mi proceso de formación sin los cuales no hubiese sido posible culminar con mi proceso de investigación.

A mis Padres quienes siempre han sido mi mayor motivación impulsándome siempre a cumplir mis metas. Gracias por las enseñanzas y valores que me han enseñado, por darme la oportunidad de tener la mejor educación, por enseñarme no rendirme nunca, siempre tener perseverancia y por ser el mejor ejemplo de vida.

A Dios por ser mi guía en el camino de este proceso y a lo largo del desarrollo de mi carrera, por la sabiduría para enfrentarme a los retos a los que me enfrente, por la salud, y por brindarme la fuerza cuando más lo necesite.

## **Dedicatoria**

A mi padre Manuel Jojoa, por estar siempre apoyándome y querer lo mejor para mí, me ha enseñado siempre ha perseverar por las metas que me propongo, y por estar siempre ahí sin importar cualquier cosa.

A mi madre Sandra Chávez por enseñarme siempre a enfrentar las cosas con madures y fuerza, por la motivación y enseñarme muchos valores para ser la persona que soy hoy en día.

A mi hermana Alejandra Jojoa, por ser mi apoyo durante toda mi carrera y mis etapas de mi estudio y por creer en mi para culminarla.

A mi novia Catalina Guerrero, porque es una persona muy importante en mi vida quien siempre me ha motivado, impulsado, aconsejado y ha sido mi compañera constante para cumplir con mis metas proyectos y sueños.

A mi familia y amigos que me apoyaron, gracias por todo su apoyo, amistad, consejos, y ayudas por que sin su apoyo no sería posible llegar a esta meta.

Juan Manuel Jojoa Chávez

## Contenido

Introducción .....	12
1. Resumen del proyecto .....	13
1.1 Descripción del problema.....	13
1.1.1 Formulación del problema .....	14
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos .....	15
1.3.1 Objetivo general .....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Marco referencial o fundamentos teóricos .....	16
1.4.1 Antecedentes .....	16
1.4.1.1 Nacionales. ....	16
1.4.2 Marco teórico .....	21
1.4.2.1 Cultivo de papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> ).....	21
1.4.2.2 La papa Diacol – Capiro.....	22
1.4.2.3 Necesidades de producción. ....	23
1.4.2.4 Fumigación cultivos de papa.....	24
1.4.2.5 Fumigación manual. ....	25
1.4.2.6 Fumigación automatizada. ....	25
1.4.2.7 Siembra de papa. ....	26
1.4.2.8 Siembra manual de papa. ....	27
1.4.2.9 Siembra mecanizada de papa. ....	27
1.4.2.10 Máquinas sembradoras.....	27
1.4.2.11 Mecanismos de máquinas sembradoras. ....	29
1.4.2.12 Motores estacionarios.....	30
1.4.2.13 Tolva de alimentación con canjilones. ....	31
1.4.3 Marco contextual.....	32
1.5 Metodología .....	34
1.5.1 Marco metodológico .....	34
2. Resultados .....	35

2.1 Ubicación del terreno .....	35
2.2 Proceso de siembra.....	35
2.3 Medidas del surco de siembra .....	37
2.4 Toma de medidas para la estructura del carro.....	38
2.5 Búsqueda de equipos y materiales comerciales .....	38
2.6 Diseño CAD estructural y de partes seleccionados.....	40
2.6.1 Diseño marco.....	40
2.6.2 Material(es) usados .....	40
2.6.3 Diseño tolva.....	43
2.6.4 Diseños canjilones y banda transportadora .....	43
2.6.5 Diseño tanque.....	44
2.6.6 Diseño ejes .....	45
2.6.7 Diseño piñones .....	45
2.6.8 Diseño cuchilla y discos cerradores .....	47
2.7 Comprobación del correcto ensamble de las piezas en CAD.....	48
2.7.1 Ensamble de carro .....	48
2.7.2 Ajustes al diseño y correcciones .....	48
2.8 Simulación de funcionamiento en el contexto de trabajo en CAD .....	53
2.9 Análisis en situaciones de trabajo inesperadas.....	57
2.10 Análisis de diseño del eje.....	60
3. Conclusiones .....	63
4. Recomendaciones.....	64
Referencias bibliográficas .....	65
Anexos.....	69

## **Índice de Tablas**

Tabla 1. Proyectos relacionados.....	20
Tabla 2. Clasificación de la semilla de papa diacol-capiro. ....	23
Tabla 3. Distancia recomendada para la siembra de la semilla de papa diacol-capiro. ....	23
Tabla 4. Propiedades del acero suave.....	40
Tabla 5. Materiales usados .....	40
Tabla 6. Relación de los mecanismos .....	46
Tabla 7. Propiedades del carro .....	54
Tabla 8. Datos de análisis de elementos finitos .....	54



## **Índice de Figuras**

Figura 1. Tendencia de búsqueda.....	17
Figura 2. Tendencia de búsqueda filtrada .....	18
Figura 3. Etapas de crecimiento de papa diacol-capiro.....	22
Figura 4. Fumigación manual de un cultivo de papa .....	25
Figura 5. Surco de siembra de papa .....	26
Figura 6. Sembradora de voleo esparciendo partículas de Barbary Plante .....	28
Figura 7. Sembradora de descarga libre .....	29
Figura 8. Identificación de las partes de una máquina sembradora .....	30
Figura 9. Motor estacionario para trabajo pesado. ....	31
Figura 10. Tolva de alimentación con banda transportadora. ....	32
Figura 11. Ubicación geográfica Contadero .....	33
Figura 12. Vista satelital del terreno de aplicación .....	35
Figura 13. Surco de siembra de papa .....	37
Figura 14. Diseño estructura base (chasis).....	42
Figura 15. Diseño piezas que componen la tolva de alimentación. ....	43
Figura 16. Diseño banda con canjilones para tolva.....	44
Figura 17. Diseño tanque contenedor de líquido con motobomba y líneas hidráulicas.....	44
Figura 18. Diseño ejes para las ruedas y la banda de canjilones.....	45
Figura 19. Diseño piñones.....	47
Figura 20. Diseño de la cuchilla y los discos cerradores .....	47
Figura 21. Ensamble piezas que componen al carro .....	48
Figura 22. Análisis de elementos finitos al chasis del primer diseño .....	49
Figura 23. Comparación del primer diseño y el diseño final del carro .....	49
Figura 24. Piezas impresas en 3D .....	50
Figura 25. Acople de piezas impresas en 3D .....	50
Figura 26. Foto maqueta a escala con terminaciones.....	51
Figura 27. Mediciones de la altura de la maqueta.....	51
Figura 28. Medición de la llanta de la maqueta .....	52
Figura 29. Medición del ancho de la maqueta .....	52

Figura 30. Vista superior de la maqueta.....	53
Figura 31. Mecanismo de dispensación de la semilla .....	53
Figura 32. Análisis de esfuerzos de Von Mises .....	55
Figura 33. Análisis de esfuerzos de desplazamiento por deformación .....	56
Figura 34. Análisis de factor de seguridad del chasis .....	56
Figura 35. Análisis de factor de seguridad con un lateral fijo.....	57
Figura 36. Análisis de factor de seguridad con la parte delantera fija .....	58
Figura 37. Análisis de factor de seguridad con la parte trasera fija .....	58
Figura 38. Análisis del diseño del timón.....	59
Figura 39. Análisis de presión inapropiada al timón.....	60
Figura 40. Análisis de desplazamiento del eje .....	61
Figura 41. Análisis de factores de seguridad del eje .....	61
Figura 42. Análisis de fuerza de rotación.....	62

## **Índice de Anexos**

Anexo A. Plano de chasis.....	69
Anexo B. Plano laminas tolva.....	70
Anexo C. Plano banda con canjilone .....	71
Anexo D. Plano de tanque.....	72
Anexo E. Planos de ejes .....	73
Anexo F. Plano de piñones.....	74
Anexo G. Planos de cuchillas y discos.....	75
Anexo H. Plano de llanta y cadenas .....	76
Anexo I. Plano del ducto de banda.....	77
Anexo J. Plano de ensamble de piezas .....	78
Anexo K. Plano de partes del chasis .....	79
Anexo L. Plano de partes del ensamble .....	80

## **Introducción**

La ingeniería ha evolucionado y se ha desarrollado como un arte práctico y como una profesión a lo largo de la historia. Se puede hablar de ingeniería desde el nacimiento de la civilización misma, y su progreso ha sido paralelo al progreso de la humanidad.

Este proceso de evolución se evidencia en la automatización de los procesos industriales a nivel mundial y nacional, pues son innumerables las ventajas que se tienen a nivel productivo. Teniendo en cuenta lo anterior, es el sector agrícola donde se encuentra el mayor auge en la implementación de sistemas automáticos de control en todos los procesos de producción y cosecha.

En el campo colombiano, el sector papi cultor juega un papel importante en la economía del país, y es por esto la relevancia de la tecnificación de este sector, como una estrategia de competitividad en la producción. En contraste, en el campo nariñense aún se evidencia un retraso en dicha tecnificación teniendo en cuenta el difícil acceso de su geografía. De esta manera, es importante adaptar esas nuevas tecnologías a las necesidades específicas del campo nariñense, pues gran parte de estos equipos agrícolas automatizados son importados (Rodríguez y Berenguel, 2004).

El objetivo de esta investigación describe el diseño de un prototipo de robot móvil para sembrar y fumigar la semilla de papa, con el cual se busca tecnificar el proceso de siembra y control fitosanitario, sustituyendo los procesos manuales que actualmente se utilizan en el campo nariñense.

## **1. Resumen del proyecto**

### **1.1 Descripción del problema**

En la agricultura colombiana la siembra de papa, presenta algunos problemas en el proceso de producción, como el mal manejo de la siembra y el poco cuidado del cultivo de papa, esto, afecta directamente a la calidad de la producción y la rentabilidad que tienen los agricultores. En el proceso de realizar el sembrado de las semilla, en muchas ocasiones se presenta malas prácticas, una de ellas es el incorrecto sembrado de la semilla, como también el escaso control fitosanitario del cultivo (Almeida et al., 2015).

El proceso de producción, en el municipio del Contadero, Nariño, se realiza con mano de obra campesina y los procesos de siembra se hacen manualmente sin ningún tipo de tecnificación. El desarrollo de la siembra tiene algunas variables, que se deben controlar, entre las principales se encuentran: profundidad, si se siembra a una profundidad muy baja causa un bajo rendimiento en el cultivo, por el contrario, si se siembra a poca profundidad, se presentan daños por la entrada de plagas, un ejemplo de estas plagas es la *Tesia Solanivora*. También, se tiene en cuenta la distancia entre semillas, si esta es demasiado corta se presenta una competencia entre plantas, y si es muy larga hay un desperdicio de terreno de cultivo. Otro aspecto importante, es la alineación en el surco, si se siembran las semillas desalineadas se dificultará el manejo de las plantas (Cortez y Hurtado, 2002).

Uno de los requerimientos para un cultivo sano es mantener la salud del suelo y utilizar una semilla sana. Así mismo, la sanidad del cultivo se mantiene también por medio de la fertilización y prevención de plagas y enfermedades, porque un cultivo sano, no es capaz de defenderse así mismo del ataque de plagas y enfermedades, para poder compensar cualquier daño y rendir una producción satisfactoria. Cuando se presenta una plaga o enfermedad, el objetivo principal es manejarla sin erradicarla, esto significa que se deben ejecutar un conjunto de prácticas y métodos de control que se apoyen unos a otros (Tarazona, 2011).

Con lo anterior, se puede evidenciar que los controles fitosanitarios de los cultivos se deben

hacer de forma específica en el control de plagas, el método de fumigación que se usa en los cultivos en el municipio del Contadero, cuenta con escasa tecnología y métodos manuales que además de ser imprecisos generan una pérdida al agricultor por desperdicios.

Por otra parte, muchos agricultores tienen un manejo erróneo de los protocolos de bioseguridad, cuando se realiza la actividad de fumigación, y con el paso del tiempo terminan presentando problemas de salud debido a que muchos de los fungicidas y plaguicidas que se utilizan son tóxicos para el ser humano, Según la Organización Mundial de la Salud, cada año se intoxican con fungicidas y plaguicidas entre quinientos mil y un millón de personas, de las cuales de cinco a veinte mil mueren (Ospina et al., 2009).

Adicional a esto, es importante tener en cuenta la ubicación geográfica del departamento de Nariño y las condiciones particulares de los terrenos donde se ejecuta la actividad de la siembra, pues son lugares de difícil acceso.

Con la automatización de la siembra se pretende mejorar el proceso productivo y acercarse cada vez más hacia la tecnificación del campo y la agricultura de precisión, beneficiando a los campesinos y a los consumidores por la capacidad de productividad y la calidad de este producto.

### ***1.1.1 Formulación del problema***

¿Cómo diseñar un prototipo de carro robot semiautomático sembrador y fumigador de semilla de papa en el municipio del Contadero, Nariño, que le permita al agricultor desarrollar las actividades de siembra y fumigación de manera automática, segura y con una mayor precisión?

## **1.2 Justificación**

El proyecto que se realizó con el objetivo optimizar los procesos de producción de papa y mejorar las condiciones de trabajo de los agricultores. El prototipo hará que las actividades de siembra que normalmente se hacían manualmente, se desarrollen automáticamente y que el proceso fitosanitario y el control de plagas del cultivo se haga de manera segura y con la mayor precisión posible,

evitando desperdicios y pérdidas monetarias para el agricultor.

Además, con este proyecto pretende optimizar los procesos productivos de la papa, ya que hoy en día la mayoría de los municipios productores en la región nariñense se realizan manualmente, también, se quiere aportar en el proceso de tecnificación y automatización los procesos productivos agrícolas.

Debido a esto, se pensó en el diseño de un carro robot que permita realizar de manera precisa la siembra de semillas tanto en distancia como en profundidad, y adicionalmente realice el proceso de fumigación de manera segura y controlada.

El sistema de siembra en primer lugar contara con una cuchilla que abrirá el surco en la profundidad adecuada, seguido de esto contará con un mecanismo de dispensación compuesto por una tolva y una banda transportadora con un cangilón alimentador para los tubérculos, donde se depositara la semilla y por últimos dos discos cerradores de surco para tapar la semilla con tierra a medida que avanza el robot móvil.

El mecanismo de fumigación contará con un tanque de almacenamiento, en el cual contendrá los fumigantes y productos químicos que se aplican a cada planta y semilla del terreno sembrado, este estará compuesto por una bomba de fumigación que impulsará el líquido y tendrá un sistema de aspersión que garantice el cubrimiento total del área de cada semilla y su planta sembrada.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Diseñar un prototipo de carro robot semiautomático sembrador y fumigador de semilla de papa que se implementará en el municipio del Contadero, Nariño.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Investigar métodos de siembra y fumigación del cultivo de papa que permitan determinar los procesos manuales del cultivador en el contexto de trabajo.
- Diseñar un prototipo de carro robot semiautomático que permita la siembra y fumigación de papa para cumplir con las condiciones del cultivo.
- Realizar la simulación y el análisis de elementos finitos del diseño, acople de partes y funcionamiento de mecanismos en el campo de aplicación en CAD (computer-aided design).

## **1.4 Marco referencial o fundamentos teóricos**

### **1.4.1 Antecedentes**

**1.4.1.1 Nacionales.** Se resalta un estudio denominado “Evaluación tecnológica explotativa y agrotécnica de la plantación mecanizada de la papa.” Donde el objetivo central del proyecto es el de evaluar los parámetros agrotécnicos y tecnológicos – explotativos de los utilizados en el proceso de la plantación de la papa, y así detallar el proceso técnico de la siembra de papa y parámetros de diseño.

Igualmente, se reconoce el estudio de investigación para el Diseño de robot sembrador de semillas de fresa, fue realizado para mejorar la calidad de vida de las personas que se dedican a esta actividad, obteniendo una mayor productividad en el proceso de siembra. Su aporte investigativo tuvo impacto en la tecnificación en la siembra de semillas, la agricultura de precisión y la tecnificación de campo y cosechas.

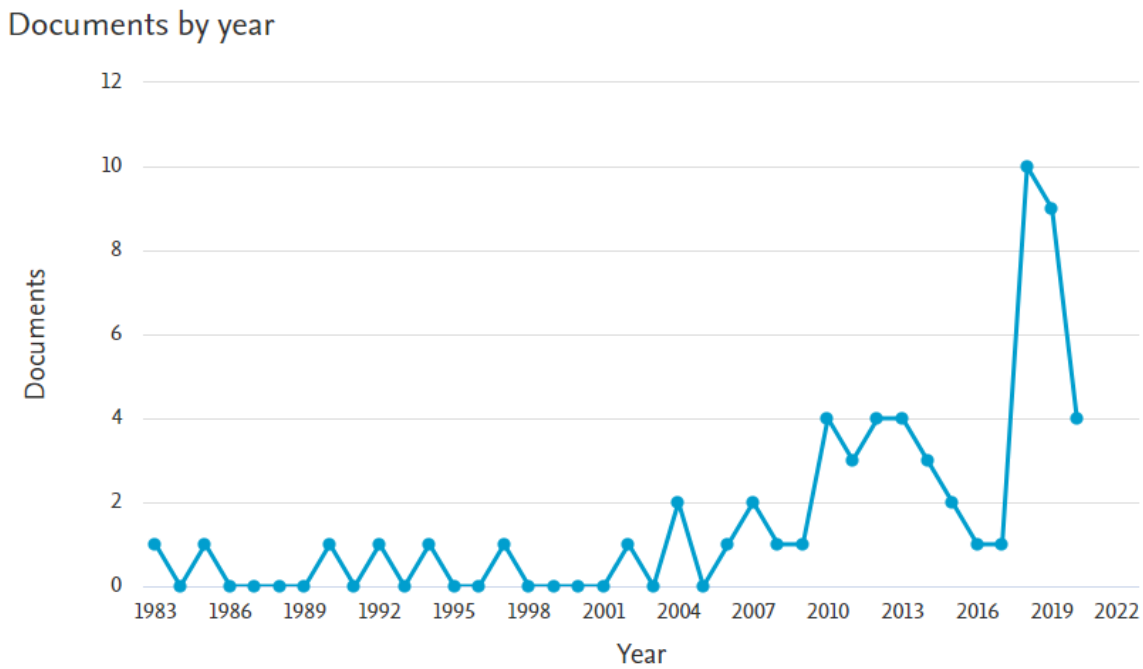
Finalmente es importante mencionar la investigación del Diseño de un sistema autónomo para fumigación aérea, su principal aporte es reconocer la fumigación autónoma y el aprovechamiento de los insumos de fumigación y evitar el desperdicio de fumigantes para reducir las pérdidas económicas para los agricultores además de los mecanismos de fumigación.



Para la consulta de antecedentes del proyecto, se usó la plataforma de investigación scopus donde se obtuvo información que sirve para tener conocimiento de patentes, artículos, proyectos e investigaciones existentes, que ayude para el desarrollo del proyecto, además, se usaron palabras claves para la búsqueda de documentos como las siguientes: sembradora automática, maquina fumigadora, siembra de papa, robots, agricultura de precisión. A continuación, se muestra la investigación que se realizó en la plataforma.

### Figura 1

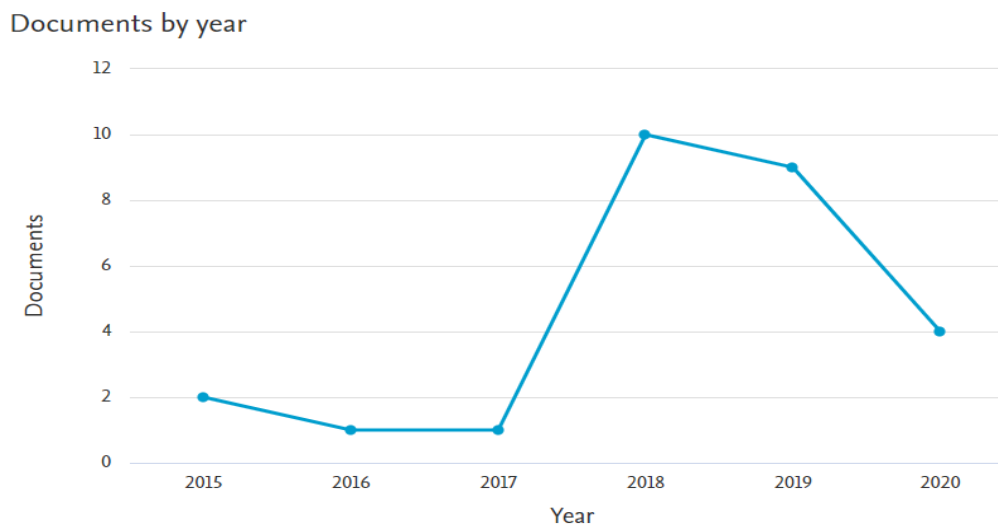
*Tendencia de búsqueda*



Nota: la figura muestra la tendencia de búsqueda según fecha de publicación y cantidad de artículos. Fuente (Scopus - Document Search, Signed In, 2021).

## Figura 2

### Tendencia de búsqueda filtrada



Nota: En total se encontraron 59 artículos, que posteriormente al filtrarlos por fecha de publicación se dio como resultado la siguiente grafica de tendencia la gráfica muestra la tendencia de búsqueda filtrada según fecha de publicación para que no sea superior a 5 años. Fuente (Scopus - Document Search | Signed In, 2021).

Después de la investigación de los documentos existentes se pudo obtener información como que la papa es un cultivo comercial muy importante en la economía de muchos países de todo el mundo, en algunos campos donde se siembra este producto agrícola, el cultivo se realiza con el uso total de los recursos, estos recursos en algunos lugares son muy limitados y debido a ello se hace necesario el aprovechamiento al máximo de cada terreno (Gupta et al., 2017) la diversidad de los terrenos y la topografía, más específicamente en el departamento de Nariño es de difícil accesibilidad para maquinaria agrícola la cual ya ha tenido un sinnúmero de estudios, diseños y construcciones de máquinas sembradoras para terrenos pequeños hasta de gran tamaño pero en su mayoría se diseñan para campos agrícolas de otros países (Porras y Gavilanes, 2017), cuya topografía es de menor complejidad como tractores o máquinas sembradoras de gran tamaño. En consecuencia de esto se hace necesario que para el desarrollo de esta actividad agrícola en nuestro departamento se usen recursos humanos y mano de obra campesina, esto conlleva a otro problema como es la falta de mano de obra y campesina y los altos costes para los pequeños productores de

la zona (Marchese, 2017), la papa requiere un procesos y unos parámetros de siembra que se deben tener claros cuando se cultiva ese tubérculo, como en todas las actividades agrícolas el proceso de la siembra es uno de los pasos más importantes para el éxito del cultivo esto se hace teniendo en cuenta el tiempo correcto en que se debe hacer, la profundidad y separación entre semillas todo esto con el fin de que las operaciones siguientes se hagan satisfactoriamente y no se desperdicie tiempo y recursos (Marchese, 2017), el uso de una sembradora de tamaño compacto para que pueda ser introducida en los campos del departamento de Nariño se hace necesario y con base en diseño de máquinas de mayor envergadura y sin dejar de lado la supervisión humana con sembradoras manuales semiautomáticas que cuentan con un motor que genere la fuerza suficiente para avanzar y ser controlada por el campesino. La sembradora basada en proyectos existentes que se componen de una estructura-bastidor que soporta todo el mecanismo, una tolva para contener las semillas, mecanismo de rueda giratoria para la recolección, un abre surcos en la parte delantera de la máquina, cubreras para cubrir y tapara las semillas sembradas y su respectivo mecanismo para transmitir la potencia (Sharma y Srivastava, 1984).

En cuanto al sistema de dosificación de semillas, existen varios tipos de sistemas de dosificación, el sistema de dosificación por canjilones o cucharas acopladas en una correa que giran y tiene forma de banda transportadora ubicada verticalmente tiene un nivel de efectividad aceptable, la correa con canjilones puede girar con una velocidad de 33,4 rpm arrastrando las semillas cargándolas y depositándolas en el campo. la probabilidad de que una cuchara-canjilón salga vacía es de 0,33% demostrando que es un sistema muy efectivo, otra característica de este sistema es que tiene unas medidas de arrastre de 25cms (Lü et al., 2016) un ejemplo de otro método que puede usar es por medio de aire comprimido con un sistema de boquillas de vacío que van acopladas a un cabezal giratorio que va reteniendo las semillas una a una y que tiene la capacidad de expulsarlas una a una en el momento de plantarlas y obtuvieron unos resultados de rendimiento en la selección de una sola semilla del 84% (McLeod et al., 1992).

Además de la investigación en la plataforma scopus y para el desarrollo del proyecto se tomó como base 5 proyectos relacionados con la siembra automática y procesos productivos. En la siguiente tabla podemos encontrar los proyectos y el aporte al proyecto.

**Tabla 1**

*Proyectos relacionados*

<b>Título del Proyecto</b>	<b>Autores, Año</b>	<b>Objetivo del Proyecto</b>	<b>Aporte – Análisis</b>
Evaluación tecnológica explotativa y agro técnica de la plantación mecanizada de la papa.	Tailisbet Abreu Téllez 29-Mar-2013	Evaluar los parámetros agro-técnicos y tecnológicos – explotativos de los utilizados en el proceso de la plantación de la papa	Detallar El proceso técnico de la siembra de papa y parámetros de diseño
Diseño, simulación, estudio de factibilidad de un robot sembrador de maíz por surcos	Christian Bolívar Castro Blacio Julio 2016	Diseño, simulación, estudio de factibilidad de un robot sembrador de maíz.	Posibles mecanismos de siembra y de recolección
Diseño de robot sembrador de semillas de fresa	Juan Carlos Flórez González Víctor Manuel Castellanos Pabón Agosto de 2019	El diseño para un robot sembrador de semillas de fresas se realiza para mejorar la calidad de vida de las personas que se dedican a esta actividad, obteniendo una mayor productividad en el proceso de siembra	La tecnificación en la siembra de semillas  La agricultura de precisión y la tecnificación de campo y cosechas
Diseño de un sistema autónomo para fumigación aérea	Daniel Albeiro Amortegui Díaz Julio Cesar Betancourt Ramírez Andrés Felipe	Diseñar un sistema autónomo para fumigación aérea	Fumigación autónoma y el aprovechamiento de los insumos de fumigación y evitar el desperdicio de fumigantes para

<b>Título del Proyecto</b>	<b>Autores, Año</b>	<b>Objetivo del Proyecto</b>	<b>Aporte – Análisis</b>
	Soler Guevara 2014		reducir las pérdidas económicas para los agricultores además de los mecanismos de fumigación.
Diseño y construcción de un sistema practico de guiado con Arduino, a escala para tractor agrícola de bajo costo	José Vicente López García Dioner Arredondo Romero 2015	Diseñar y construir un sistema práctico de guiado con Arduino, a escala para tractor agrícola, que por su simplicidad y bajo costo esté al alcance de pequeños y medianos agricultores.	Implementación de un sistema automático para guiar un vehículo en el campo de cultivo, de fácil accesibilidad económica y de fácil instalación para los pequeños agricultores

#### **1.4.2 Marco teórico**

**1.4.2.1 Cultivo de papa (*Solanum Tuberosum*).** Para tener una buena producción de papa esta debe tener unas condiciones específicas para ser cultivada y así tener buen rendimiento y buenos resultados, La papa se cultiva desde 2400 msnm hasta los 3700 msnm, en estas altitudes vamos a encontrar que los suelos son negros los cuales los conocemos como suelos andinos, su precipitación anualmente es de 500 a 1300 mm y encontramos una temperatura de 11° C a 12° C. Según el Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2008).

En el siglo XX según El Centro Internacional de la Papa (CIP), afirma que entre los alimentos más consumidos por el hombre es trigo, arroz, maíz y papa. Como vemos la papa es un alimento que tiene mucha demanda y oferta. Aun así, no se tiene conocimiento en que tiempo empezó la producción de la papa, como se cultivaban las plantas y cuál era su cuidado, además tampoco se tiene información como esta llevo hacer parte de los productos básicos del hombre. El Británico Alphonse De Candolle (1883- 1912) ordeno las plantas cultivadas en seis grupos los cuales no se

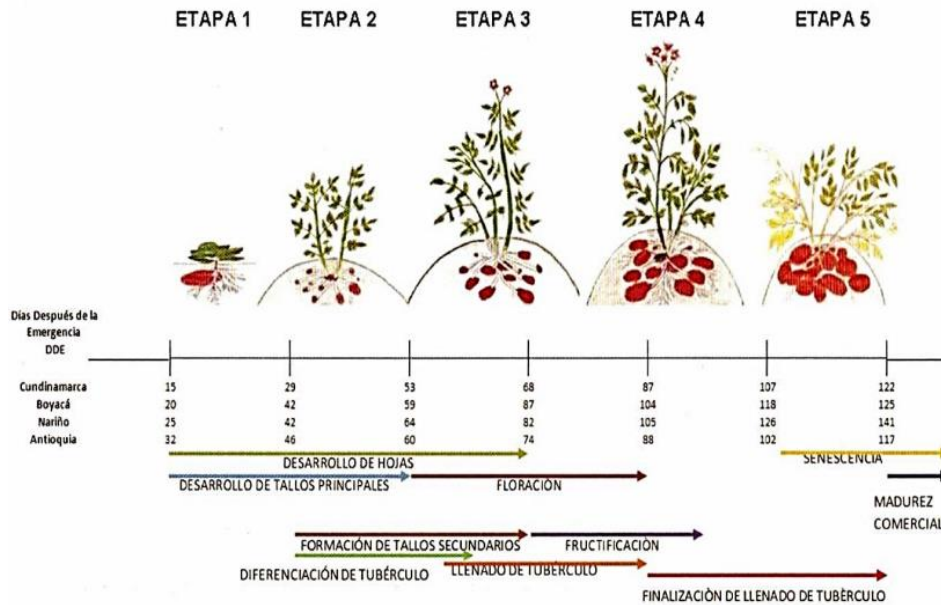
tenía certeza de su lugar de origen geográfico (Molinos, 2010).

Los tipos de papas son muchos debido a que el cultivo es muy extenso a nivel internacional, se puede decir que existen más de 5000 variedades, clases y tipos de papa, mostrando diferencias entre ellas como por ejemplo su tamaño, color, textura interna e incluso sabor (Leyva, 2019).

**1.4.2.2 La papa Diacol – Capiro.** Dentro de los miles variedades de papa que actualmente existe en el mundo hay una variedad propia de Colombia, que fue generada por el instituto colombiano agropecuario (ICA). Este tipo de tubérculo tiene un origen genético proveniente de cruzamientos con la papa Tuquerreña (CCC 61) x 1967 (C) (9) (CCC751). Y fue liberada en 1968, las características físicas que tienen los tubérculos son redondos y ligeramente aplanados. De piel roja con ojos superficiales. Y en su interior contiene una pulpa cremosa que la hace apta para el consumo en sopas, cortada en forma de hojuelas y de bastones como también cocida con cáscara (Jácome, 2015).

**Figura 3**

*Etapas de crecimiento de papa diacol-capiro*



Nota: la figura muestra el proceso de crecimiento del tipo de papa diacol-capiro en diferentes zonas.

Fuente: Porras y Herrera (2015).

**1.4.2.3 Necesidades de producción.** Para un correcto crecimiento de la semilla de papa se hace necesario una temperatura óptima para fotosíntesis que oscila entre 18 y 24 °C. las temperaturas bajas de 2 °C y de congelamiento, pueden llegar a generar daños en la planta. Por su parte Porras et al. (2015) indican que el rango de temperatura de desarrollo óptimo de la papa oscila entre 10 y 15 °C, con precipitación pluvial entre 500 y 2500 mm al año. El suelo debe tener unas condiciones óptimas para el cultivo de papa y debe contar con texturas arenosas, un ambiente con bastante flujo de aire, la tierra debe tener buena fertilidad, rica en materia orgánica y con un nivel de pH entre 5,0 y 6,2 (Porras y Herrera, 2015).

**Tabla 2**

*Clasificación de la semilla de papa diacol-capiro.*

Tamaño	Diámetro en mm
Muy grande	Mayor de 91
Grande o primera	Entre 71 y 90
Mediana o segunda	Entre 51 y 70
Pequeña o tercera	Entre 31 y 50
Muy pequeña	Entre 15 y 30

Nota: la figura muestra la clasificación que se le da a la semilla que va a ser sembrada según su tamaño. Fuente: Porras y Herrera (2015).

**Tabla 3**

*Distancia recomendada para la siembra de la semilla de papa diacol-capiro.*

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)	Sitios de siembra/ha	Peso promedio de semilla(gr)	Cantidad de semilla/ha(kg)
<b>0,9</b>	0.35	31,746	70	2222
			80	2540
			90	2857
<b>0,9</b>	0,4	27,778	70	1944
			80	2222

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)	Sitios de siembra/ha	Peso promedio de semilla(gr)	Cantidad de semilla/ha(kg)
			90	2500
<b>0,9</b>	0,45	24,691	70	1728
			80	1975
			90	2222
			70	2000
<b>1</b>	0,35	28,571	80	2286
			90	2571
			70	1750
<b>1</b>	0,4	25,000	80	2000
			90	2250
			70	1556
<b>1</b>	0,45	22,222	80	1778
			90	2000

Nota: los datos que se encuentran en la figura muestran la distancia a la que se debe sembrar la semilla de la papa diacol-capiro. Fuente: Porras y Herrera (2015).

**1.4.2.4 Fumigación cultivos de papa.** Para hacer un control fitosanitario de un cultivo, se hace necesario aplicar un proceso de fumigación el cual consiste en usar un gas o vapor de plaguicidas o fungicidas que se libera en el aire cerca al cultivo, las plantas o se inyecta en el suelo para controlar, matar o eliminar las plagas que puedan afectar un cultivo. La fumigación se usa en los campos de cultivo de plantas, alimentos, flores etc. Esta acción previene o protege a los cultivos de enfermedades o plagas, que consumen o destruyen las plantas, los frutos, las flores etc. por completo afectando económicamente al agricultor al provocar la pérdida de inversión en el campo (Decología, 2018).



#### **Figura 4**

##### *Fumigación manual de un cultivo de papa*



Nota: en la figura muestra como un grupo de campesinos fumigan un cultivo de papa manualmente.

Fuente: Montalvo (2012).

**1.4.2.5 Fumigación manual.** La fumigación de los cultivos de papa se hace manualmente haciendo uso de unos equipos de fumigación manuales, en estos equipos existe una variedad de fumigadores que se comercializan actualmente, uno de estos son las motobombas acopladas a un tanque contenedor que se cargan en la espalda de campesino este equipo tiene como principio de funcionamiento, un motor a gasolina que genera presión suficiente para impulsar el líquido fumigante y así poder fumigar el cultivo. existen otros equipos totalmente manuales que hacen necesario que el campesino o la persona que haga la labor de fumigar genere presión con una bomba mecánica y una palanca que debe ir accionando en movimientos oscilantes para tener presión constante conforme esparce el líquido por todo el cultivo.

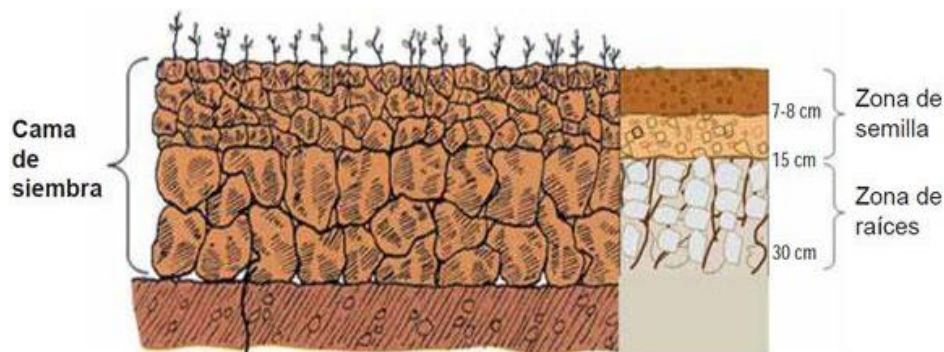
**1.4.2.6 Fumigación automatizada.** La fumigación automatizada por lo general funciona con una fumigadora acoplada a un tractor, la fumigadora se acopla en la parte trasera del tractor en su mecanismo de arrastre y es autopropulsada. Cuenta con un motor que genera presión a través de un mecanismo y se acopla a un sistema hidráulico y la presión generada por el motor que propulsa la fumigadora, se aplica el líquido atomizado hacia el cultivo bajo una mínima distancia entre la boquilla aspersor y el cultivo (menos de medio metro) asegurando así cobertura de la planta o semilla (Eduardoño, 2017).

**1.4.2.7 Siembra de papa.** En el proceso productivo de la papa, la primera etapa de todo el proceso, es la siembra de la misma, según (Pérez y Merino, 2017) se define la actividad de la siembra como la acción de arrojar y esparcir semillas en la tierra que está preparada para tal fin, o hacer algo que dará fruto después de un tiempo. En el proceso del cultivo de papa hay una parte muy importante y es la cosecha posteriormente a la siembra, esta cosecha será efectiva solo, si se cumplen con ciertas condiciones que se dan continuación: las semillas deben ser sanas, el clima debe ser apto para el cultivo, se hará un manejo fitosanitario correcto (Pérez y Merino, 2017).

En la acción de la siembra se puede establecer dos tipos de siembra según (Pérez y Merino, 2017). Uno de estos tipos de siembra es la siembra de campo abierto. Este es el tipo de siembra es el que se practica mayormente en el municipio del contadero, ya que debido a su topografía es la más apta. Para practicar este tipo de siembra el terreno del cultivo se prepara, abriendo la tierra y se deja así hasta su cosecha. Otro de los tipos de siembra, es la llamada siembra a manual o a mano, que resulta de la acción de ir lanzando manualmente semillas en el terreno. En el caso de la papa es importante que ese lanzamiento se realice de una forma homogénea y con una profundidad específica en el terreno del cultivo. Este tipo de siembra se puede aplicar en diferentes terrenos de cultivo, un ejemplo de lo anterior es la siembra que se lleva a cabo en terrenos planos, en camas anchas o en surcos para el caso de la siembra de papa como lo muestra la (Figura 5) (Pérez y Merino, 2017).

### **Figura 5**

*Surco de siembra de papa*



Nota: la figura muestra el surco que se hace los campos de cultivo para siembra de la semilla de papa (Bogotá, 2015).

**1.4.2.8 Siembra manual de papa.** El proceso de siembra manual es muy usado en los campos de cultivo de papa en Colombia, el proceso de la siembra empieza con el previo arado del campo y que deja como resultado los surcos en los cuales se va a sembrar después, el campesino cultivador, carga las semillas de la papa en un costal y amarra el costal en las espaldas, ya en el surco procede a avanzar y midiendo con las huellas de los pies y calcula aproximadamente dos huellas seguidas, procede a depositar una semilla, la distancia entre semillas está determinada por la distancia entre dos huellas aproximadamente una vez depositada la semilla desde ese punto se vuelve a medir dos huellas y así sucesivamente hasta terminar el largo del surco, siguiendo los pasos del campesino depositador de la semilla viene otro campesino, que con una pala tapa las semillas para que empiece el proceso de crecimiento de esta.

**1.4.2.9 Siembra mecanizada de papa.** La siembra mecanizada de la papa es un método muy utilizado últimamente, ya que las máquinas permiten un control total del proceso de la siembra al usar maquinaria de siembra que tiene la capacidad de graduar la cantidad de la semilla y depositarla en el campo de sembrado, de tal forma que garantice unas condiciones óptimas, para que las semillas obtengan los requerimientos biológicos de la misma, como lo son la profundidad, cantidad, humedad, distribución sobre el terreno, distancia entre semillas. para su posterior germinación, todo para lograr con éxito una buena implantación. Además de la siembra mecanizada estas máquinas pueden realizar otras actividades propias de la agricultura como lo es la aplicación de fertilizantes y plaguicidas (Sembradora, 2015).

**1.4.2.10 Máquinas sembradoras.** Según Espores (2012), en el año 1701 Jethro Tull probó un sistema para agilizar la siembra, el cual consistía en una azada arrastrada por un grupo de caballos amarrados, aprovechando la tracción animal para agilizar el proceso de siembra. El sistema tendría dos fases, remover la tierra y plantar la semilla. De esta forma dio origen a la primera sembradora, la cual pudo arar y sembrar campos de gran tamaño, con la ventaja que trabajaba con pocos hombres reduciendo los costos de producción, para el proceso que consistía en repartir las semillas con regularidad gracias a una barrera mecánica que las distribuía en hileras, y que reducía la de la limpieza posterior de malas hierbas.

### **Tipos de sembradoras:**

- *Sembradoras centrífugas:* encontramos dos tipos de estas sembradoras, las sembradoras centrífugas manuales y las sembradoras que se acoplan al tractor que también pueden ser abonadoras centrífugas. Con estas máquinas sembradoras podemos garantizar la distribución uniforme de las semillas sobre el campo donde se cultiva, la forma de dispensación distribuye en toda la anchura posible, en bandas, a ambos lados del tractor (respetando una pantalla central), a un solo lado del tractor o sólo en el ancho de las rodadas del tractor. (Figura 6).

### **Figura 6**

*Sembradora de voleo esparciendo partículas de Barbary Plante*



Nota: la figura muestra una máquina sembradora de voleo en funcionamiento, esparciendo semillas de un producto agrícola llamado barbary plante. Fuente: Dominicana (2012).

- *Sembradoras de descarga libre:* esta es una nueva categoría dentro de los tipos de sembradora. Que se encuentran entre las sembradoras a voleo y las sembradoras de chorrillo. La forma de operación de esta sembradora consiste en esparcir las semillas en líneas dejándolas caer sobre la tierra del campo. A pesar de su capacidad de distribuir las semillas homogéneamente, carece de un sistema o mecanismo que permita depositar a profundidad las semillas dentro del terreno. Adicionalmente para poder cubrir la semilla de tierra, este tipo de sembradoras poseen unos rodillos

en su parte posterior que entierran la semilla. A veces, pueden incorporar dos tolvas para cargar semillas de distintas especies. Esto es útil en ocasiones en las que se utilizan siembras que combinan, por ejemplo, una leguminosa y una gramínea (Ramos, 2019).

### **Figura 7**

#### *Sembradora de descarga libre*



Nota: la figura muestra a una máquina sembradora de descarga libre depositando semillas en un campo de cultivo. Fuente: Ramos (2019).

**1.4.2.11 Mecanismos de máquinas sembradoras.** Las máquinas sembradoras que existen actualmente son diseñadas para tener la capacidad de dosificar la semilla en una cantidad determinada y colocarla en el suelo del campo de cultivo de forma que se garantice en gran parte las condiciones que necesita las semillas para su crecimiento satisfactorio y que cumpla con los requerimientos biológicos de la misma (profundidad, humedad, contacto suelo semilla y distribución sobre el terreno), con el objetivo de obtener una buena implantación. Estas máquinas a su vez, realizan otras funciones como la aplicación de fertilizantes y plaguicidas (Sembradora, 2015).

## Figura 8

Identificación de las partes de una máquina sembradora



Nota: la figura muestra las partes que componen una máquina sembradora agrícola. Fuente: Sembradora (2015).

**1.4.2.12 Motores estacionarios.** Es un motor que en la mayoría de los casos se usa para impulsar maquinaria fija, como por ejemplo como fuente de energía para accionar una motobomba o una planta eléctrica. Tiene un diseño pequeño y compacto, con el objetivo de ser adaptativo en cuanto a su manipulación y su capacidad de ser ensamblado en una amplia variedad de máquinas; de acuerdo con el tamaño y la potencia, los cuales varían. Los motores estacionarios funcionan como un motor de combustión interna, como cualquier vehículo automotor, pero a menor escala haciendo uso como principal fuente de energía la gasolina y el oxígeno (Comforza, 2019).



## **Figura 9**

*Motor estacionario para trabajo pesado.*



Nota: la figura un motor estacionario de marca honda para trabajos pesados. Fuente: Comforza, (2019)

**1.4.2.13 Tolva de alimentación con canjilones.** Para el mecanismo de plantación de semillas de papa se necesita usar una tolva de alimentación la cual se define. Según Pérez y Merino (2017), como un dispositivo u objeto, que por lo general es de gran tamaño, y es muy utilizado para el procesamiento de materiales del sector industrial. Se emplea en la canalización y/o depósito de materiales. Para la fabricación de las tolvas las formas y estructuras pueden variar, todo esto depende del uso y finalidad al que esté destinado.

Generalmente las tolvas, en su proceso de fabricación parten de una forma de cono al revés, en la parte inferior del cono, su parte más estrecha, cuenta una apertura destinada para que salga material. De esta forma, tiene la capacidad de almacenar, moler, triturar, dosificar, disolver o incluso clasificar materiales, según el tipo de tolva. Como se mencionó anteriormente, dependiendo del uso para la cual se fabricó, variará su modelo, su forma y su tamaño. Las tolvas de flujo másico que tienen una forma cónica, biselada, son las más usadas. En cuanto al material con el que se fabrican, a menudo se utilizan piezas elaboradas con acero al carbono, acero inoxidable, aceros anti desgaste u otros materiales antiadherentes o anti abrasivos (Rodríguez, 2017).

**Figura 10**

*Tolva de alimentación con banda transportadora.*



Nota: la figura muestra una tolva de alimentación industrial acoplada a una banda transportadora.

Fuente: Dorner Mfg.Corp (2020).

**1.4.3 Marco contextual**

Reseña histórica: El municipio del Contadero fue fundado 01 de octubre de 1869, por Carlos Guerrero Chamorro, los primeros habitantes de estas tierras fueron los pastos, quienes ocupaban el territorio comprendido entre San Gabriel ubicado en Ecuador, en los abundantes caudales del río Bobo con el Guáitara, hasta su desembocadura con el río Patía, e incluso también comprendía la zona de Yacuanquer (Alcaldía Municipal de El Contadero Nariño, 2018).

Geografía: El municipio del Contadero cuenta con una extensión de 42,27 km cuadrados. Se encuentra a una altura de 2.475 metros sobre el nivel de mar. Y los límites donde limita su área son: en la zona Norte, limita con el municipio de Iles; en la zona Oriente, limita con los municipios de Iles y Funes, en la zona Sur, limita con Puerres e Ipiales; y en la zona Occidente, con el municipio de Gualmatan (Alcaldía Municipal de El Contadero Nariño, 2018).

Actividad económica: sus principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería. Dentro de su actividad agrícola se encuentran los cultivos de papa, maíz, arveja y frijol, y algunas frutas como mora y tomate de árbol. El subsector pecuario representa el segundo renglón de la



economía del municipio, como una actividad complementaria para la generación de las familias (Edith, 2015).

### **Figura 11**

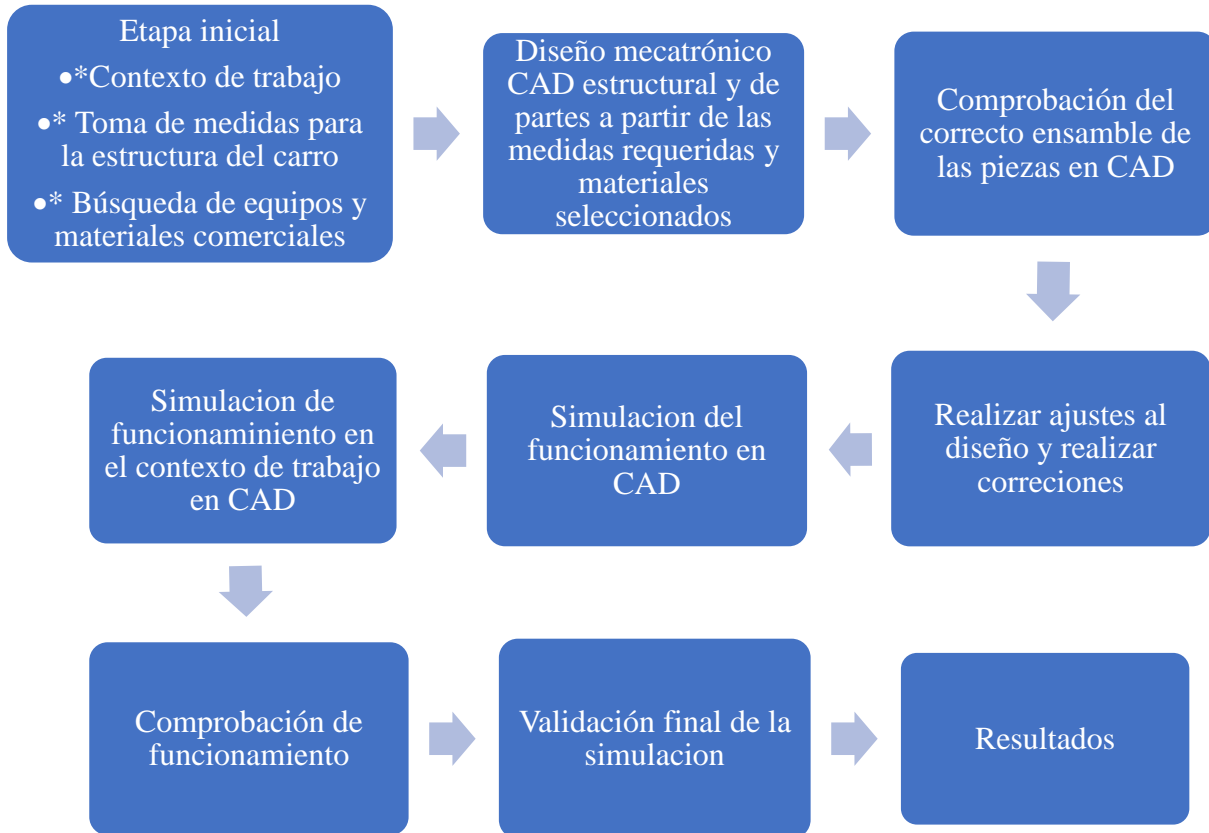
*Ubicación geográfica Contadero*



Nota: la figura muestra la ubicación geográfica del municipio del Contadero tanto como sus municipios aledaños. Fuente: (Código Postal de Contadero, Nariño - Municipios, 2020).

## 1.5 Metodología

### 1.5.1 Marco metodológico



## **2. Resultados**

### **2.1 Ubicación del terreno**

El terreno de aplicación del proyecto se encuentra ubicado a una distancia de 3.3km del casco urbano del municipio del contadero, en la vereda llamada “Loma de Yaes”.

El terreno de siembra cuenta con un área de siembra de 5.000 m<sup>2</sup>, con unas medidas del campo de 100mts de largo y 50mts de ancho, el terreno cuenta con una inclinación de 10° y tiene un tipo de tierra húmifera o tierra negra en la que se siembra la papa, tiene una altitud de 2.487 metros sobre el nivel de mar.

### **Figura 12**

*Vista satelital del terreno de aplicación*



Nota: la figura muestra la vista satelital del terreno de aplicación del proyecto y las medidas de respectivas de su área de siembra. Fuente: Google Maps (2021).

### **2.2 Proceso de siembra**

El proceso de siembra comienza con la previa preparación del terreno arado y posteriormente con la contratación del personal para sembrar el campo, en total se requiere de 8 personas en un horario de trabajo de 7am a 2pm para sembrar la totalidad del campo, que en este caso tiene un área de 5.000m<sup>2</sup> en donde se siembra la papa.

La semilla que se usa para la papa Diacol-Capiro tiene en promedio un peso por bulto de 45 kg, este bulto de semilla rinde aproximadamente para dos surcos, y en total se usan 30 bultos de semilla para sembrar todo el campo, cada persona que siembra la semilla aproximadamente gasta 48 minutos en sembrar un surco, y en toda la jornada de trabajo puede sembrar 7 ½ surcos.

Para calcular la velocidad aproximada de siembra se usarán las siguientes formulas:

$$H = \frac{M}{60}$$

Donde:

**H** es el tiempo expresado en horas

**M** es el tiempo expresado en minutos

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

**V** es velocidad

**D** es distancia

**T** es tiempo

Después de aplicar las fórmulas usando los datos obtenidos de la investigación como lo son 48 minutos en sembrar un surco de 100mts se obtuvo que un agricultor siembra a una velocidad de: 0,125 K/H cada surco y usando la siguiente formula podemos obtener el dato en metros sobre segundos:

$$V = \frac{Km}{h} \times \left( \frac{1000m}{1km} \right) \times \left( \frac{1h}{60min} \right)$$

Donde:

**V** es la velocidad expresada en metros /minutos

**Km** es la distancia en kilómetros

**h** es el tiempo expresado en horas

**min** es el tiempo expresado en minutos

**m** es la distancia expresada en metros

Obtenido después de aplicar la formula nos da un resultado de **2.08mts/min**

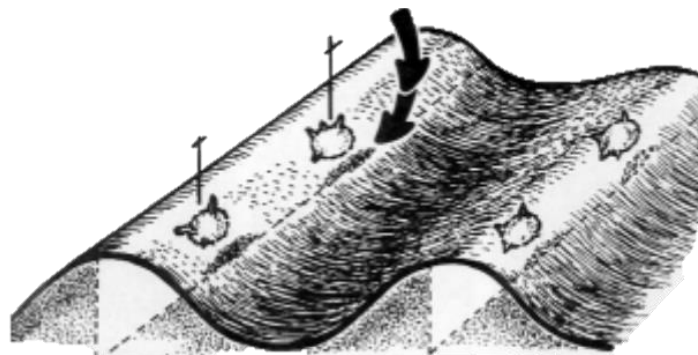
la persona empieza abriendo de 5cm a 10 cm en la tierra de la parte superior del surco y botando una semilla calculando aproximadamente 40cms de espacio entre semilla y semilla, posteriormente cuando acaba de esparcir la semilla en todo el surco, aplica un poco de fumigante en cada semilla y después la tapa con un poco de tierra

### **2.3 Medidas del surco de siembra**

El campo en el que se siembra la papa tiene un área de 5.000 m<sup>2</sup> en total, en esta área se forman aproximadamente 60 surcos de 80 cm de ancho, 25cm de alto y 100mts de largo para sembrar las semillas de papa estos surcos deben cumplir con unas medidas para que el crecimiento de esta sea bueno y la formación de las papas sea óptima para obtener una buena cosecha.

#### **Figura 13**

*Surco de siembra de papa*



Nota: la figura muestra un surco de tierra el cual tiene una semilla de papa sembrada en su interior.

Fuente: Cortez y Hurtado (2002).

## **2.4 Toma de medidas para la estructura del carro**

Para el diseño y construcción de la estructura del carro se debe tener en cuenta el campo de aplicación donde se implementará el proyecto que en este caso cuenta con unas medidas que se especificaran a continuación.

Ancho: para obtener las medidas a lo ancho del carro se toma las medidas del surco. El surco en su parte más ancha tiene 80 cm, por lo tanto, el espacio entre las ruedas a lo ancho del carro debe ser de más de 80 cm para que pueda avanzar por la parte más baja del surco sin que llegue a montarse sobre el surco o se llegue a obstruir su avance

Alto: en el proceso de la siembra un factor importante es la profundidad a la que se siembra la semilla, la semilla se debe sembrar a una profundidad de no más de 10 cm, entonces teniendo en cuenta que el surco mide 25 cm de alto y teniendo en cuenta que la profundidad a la que se puede sembrar la semilla es variable el carro debe superar como mínimo los 25 cm de alto, que sumando la cuchilla que abrirá la tierra supere la altura del surco.

Largo: el largo del carro se debe acoplar a la suma de las dimensiones de los mecanismos y equipos que debe llevar, el largo está determinado por las medidas de los equipos sin superarlos 2m de largo, debido a que, si es muy largo será más difícil de maniobrar y no se podrá conducir en espacios reducidos.

## **2.5 Búsqueda de equipos y materiales comerciales**

En la búsqueda de materiales se decidió investigar equipos que se encuentren fácilmente en el mercado y que sean de un costo relativamente bajo, además para la elección de estos materiales se hizo una estimación de medidas, peso, capacidad, y la comercialidad.

Para la parte estructural del carro en su marco se decidió usar ángulo metálico de diferentes medidas y espesores para conformar el chasis, en la parte del timón se usó tubo de ½ pulgada para la parte de la tolva se usará lámina metálica, y para la estructura del contenedor de fumigante se

usará tubo estructural cuadrado.

Para la parte del equipo que proporcionara la fuerza de empuje del carro, se eligió entre un motor eléctrico y un motor estacionario a gasolina eligiendo como mejor opción este último por ser la más apropiada ya que con el tamaño que tiene y con una mayor eficiencia, se adapta mejor a las condiciones del proyecto, debido a que por las características del prototipo se necesita que genere una fuerza de empuje constante y por tiempos prologados, además teniendo en cuenta que se pueden encontrar muy fácil en el mercado. El motor que se eligió es un motor de 163CC de 4 tiempos que genera una potencia de 6.5 hp a 3.600 rpm, este motor cuenta con la suficiente potencia para proporcionar la fuerza de empuje para mover todo el carro.

El mecanismo de dispensación de las semillas de papa contara con una tolva y un mecanismo de canjilones que se encargaran de depositar las papas en la tierra, se pensó en construirla tolva a la medida con una lámina de acero inoxidable de 3mm de espesor y los canjilones se construirán con una banda de lona de 4mm de espesor y cada canjilón será de un material plástico que ira atornillada a la banda que tendrá unas medidas de 6cm X 6cm.

Las ruedas del carro se eligieron con base en el tamaño del carro el terreno en el que se van a usar, las llantas que se eligieron se usan por lo general en máquinas de agrícolas, estas ruedas vienen en dos partes, una es el rin que se fabrica en acero y la otra parte es el neumático fabricado en caucho que se ensambla en el rin y se infla con aire, las llantas que se eligieron son unas llantas de 49 cm de diámetro y tiene una huella de 10cm de ancho

El contenedor del líquido fumigante, al no encontrar en el mercado un tanque que se adapte al tamaño del carro, se optó por diseñar uno que puede almacenar de 25 litros y que tiene unas medidas de 47cm de largo, 35cm de ancho y 30 cm de alto.

## 2.6 Diseño CAD estructural y de partes seleccionados

### 2.6.1 Diseño marco

Se diseñó el marco teniendo en cuenta las medidas requeridas en el campo de aplicación y el material que se encuentra disponible en el mercado. Para las medidas del marco se tomó como referencia la altura promedio del agricultor para que pueda manipular el carro, la altura de las ruedas a la base del carro se calculó con la altura del surco donde se siembra la semilla de papa. Y el material usado será acero suave. A continuación, sus principales propiedades.

**Tabla 4**

*Propiedades del acero suave*

<b>El porcentaje de carbono</b>	<b>0,25%,</b>
<b>Resistencia mecánica</b>	48-55 kg/mm <sup>2</sup>
<b>Dureza</b>	135-160HB

### 2.6.2 Material(es) usados

**Tabla 5**

*Materiales usados*

<b>Nombre</b>	<b>Genérico</b>	
<b>General</b>	Densidad	1 g/cm <sup>3</sup>
	Límite elástico	0 MPa
	Máxima resistencia a la tracción	0 MPa
<b>Stress</b>	Young's Modulus	0,0000001 GPa
	Ratio de Poisson	0 ul
	Módulo de cizallamiento	0,00000005 GPa
<b>Nombre(s) de la pieza)</b>	Esqueleto de referencia	
<b>Nombre</b>	Acero, Suave	

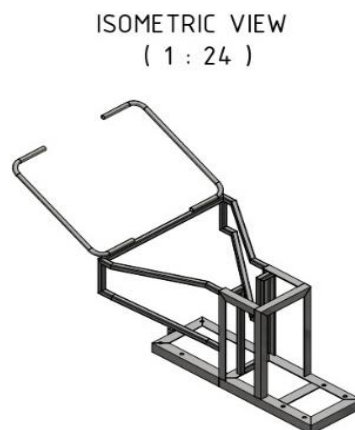


<b>General</b>	Densidad		7,85 g/cm <sup>3</sup>		
	Límite elástico		207 MPa		
	Máxima resistencia a la tracción		345 MPa		
<b>Estrés</b>	Módulo de Young		220 GPa		
	Ratio de Poisson		0,275 ul		
	Módulo de cizallamiento		86,2745 GPa		
<b>Nombre(s) de la pieza)</b>	AISC	(L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4)	-	9,537	
	AISC	L 2 x 2 x 3/16	-	21,654	
	AISC	L 2 x 2 x 3/16	-	21,654	
	ISO	10799-2	25x25x2	-	78,53
	AISC	L 2 x 2 x 1/8	-	15,748	
	AISC	L 2 x 2 x 1/8	-	11,811	
	ISO	10799-2	25x25x2	-	747,62
	AISC	(L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4)	-	19,685	
	AISC	L 2 x 2 x 3/16	-	11,811	
	ISO	4200	21.3x2	-	149,99
	ISO	4200	21.3x2	-	150,12
	ISO	4200	21.3x2	-	150,01
	ISO	4200	21.3x2	-	149,88
	ISO	4200	21.3x2	-	86,64
	ISO	4200	21.3x2	-	86,76
	ISO	4200	21.3x2	-	86,63
	ISO	4200	21.3x2	-	481,11
	ISO	4200	21.3x2	-	86,5
	ISO	4200	21.3x2	-	482,27
	ISO	10799-2	25x25x2	-	494
	AISC	L 2 x 2 x 3/16	-	11,675	
	ISO	10799-2	25x25x2	-	98,66
	ISO	10799-2	25x25x2	-	198,83
	AISC	(L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4)	-	19,685	
	AISC	L 2 x 2 x 1/8	-	15,748	

ISO	10799-2	25x25x2	-	78,48
ISO	10799-2	25x25x2	-	84,9
AISC	(L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4)		-	19,685
ISO	10799-2	25x25x2	-	419,01
ISO	10799-2	25x25x2	-	465,83
ISO	10799-2	25x25x2	-	98,66
ISO	10799-2	25x25x2	-	494
AISC	(L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4)		-	19,685
AISC	(L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4)		-	9,537
AISC	(L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4)		-	11,811
ISO	10799-2	25x25x2	-	87,11
ISO	10799-2	25x25x2	-	85,87
ISO	10799-2	25x25x2	-	419,05
ISO	10799-2	25x25x2	-	465,82
ISO	10799-2	25x25x2	-	86,23
ISO	10799-2	25x25x2	-	199,02
ISO	10799-2	25x25x2	-	89,18
ISO	10799-2	25x25x2	-	89,1
AISC L 2 x 2 x 3/16				- 11,811

**Figura 14**

*Diseño estructura base (chasis)*

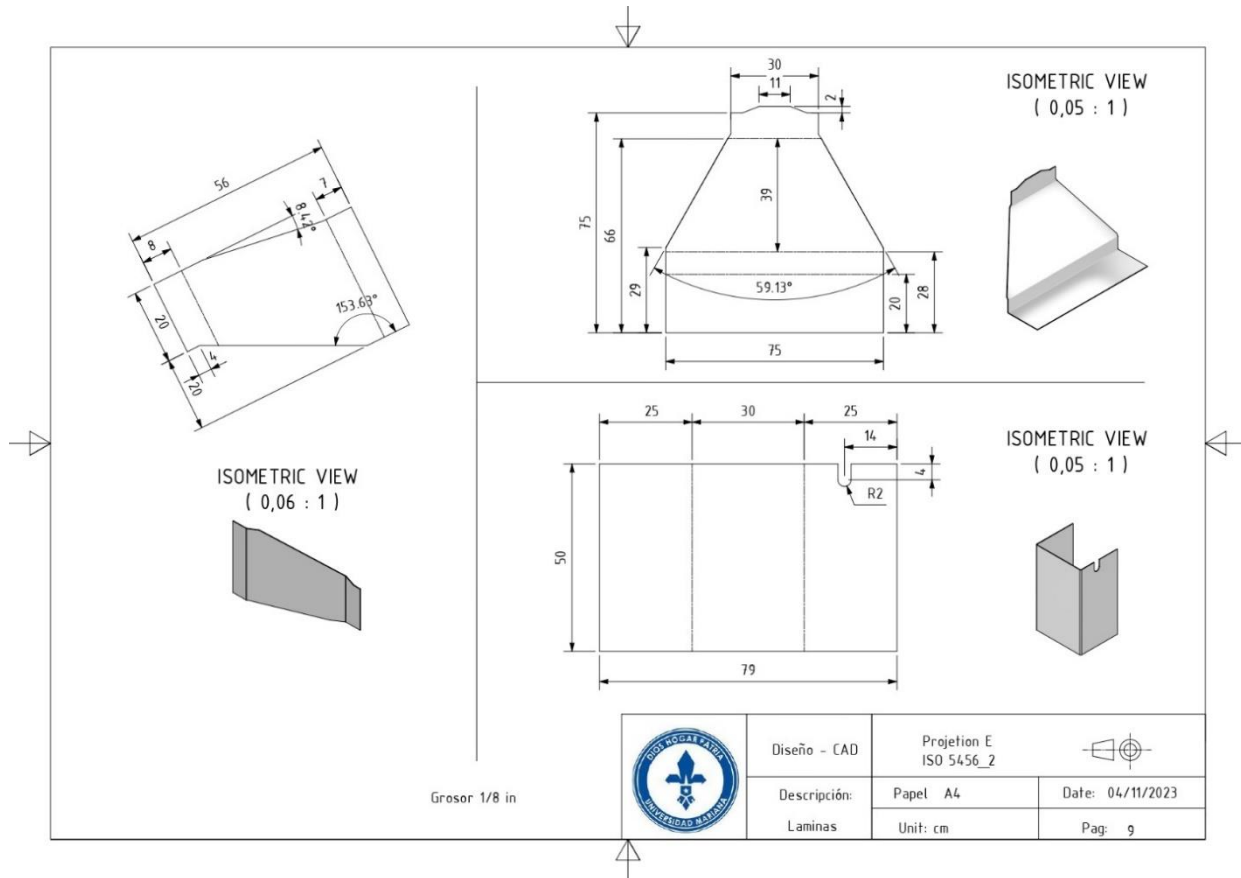


### 2.6.3 Diseño tolva

La tolva se diseñó en base a la medida aproximada de 1/2 bulto de semilla de papa teniendo en cuenta la medida en promedio del volumen de la semilla y su peso, para que se acople con la banda transportadora.

**Figura 15**

*Diseño piezas que componen la tolva de alimentación.*

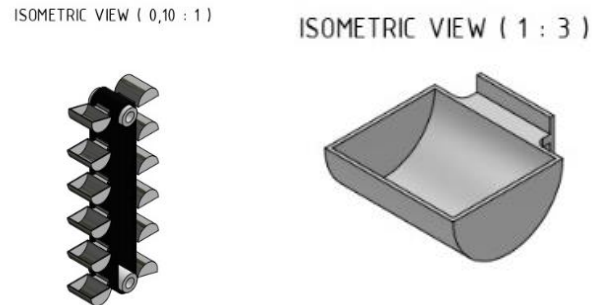


### 2.6.4 Diseños canchales y banda transportadora

Los canchales y la banda se diseñaron en base al tamaño aproximado de una semilla de papa y podrá ser desmontable y ajustable la distancia entre los canchales para calibrar el depósito de las semillas.

### Figura 16

*Diseño banda con canchales para tolva*

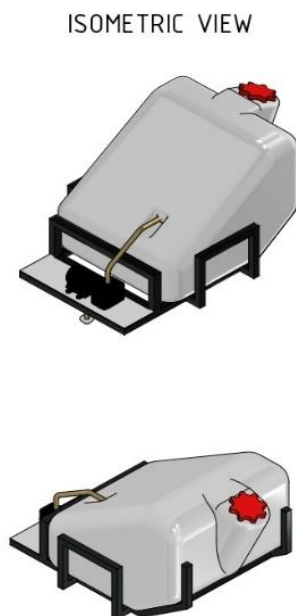


### 2.6.5 Diseño tanque

El tanque se diseñó en base al espacio que hay disponible en el chasis, para cumplir con las medidas totales requeridas, es un tanque con capacidad de 25 litros que se llenara con el líquido fumigante, además se lo acoplo a una base en la cual esta ensamblada la motobomba que impulsara el líquido con su respectivas líneas hidráulicas y boquilla de aspersión.

### Figura 17

*Diseño tanque contenedor de líquido con motobomba y líneas hidráulicas*

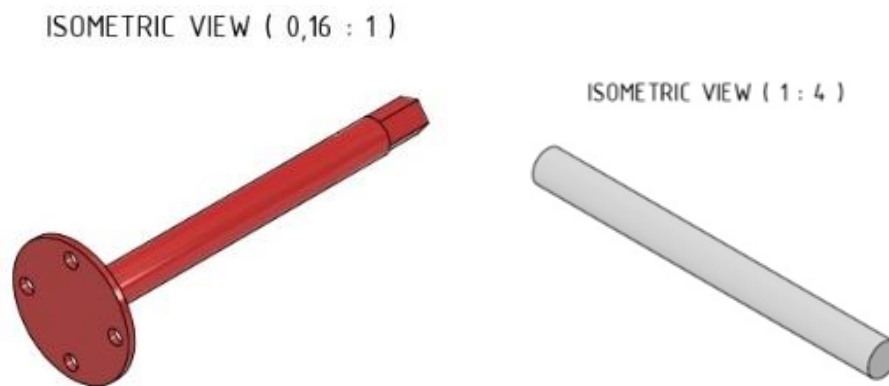


### 2.6.6 Diseño ejes

Los ejes se diseñaron para que se acoplen con las llantas y al diseño del marco junto con las ruedas delanteras y las ruedas trasera las cuáles llevaran la fuerza de tracción y la movilidad de la banda respectivamente, el eje de la banda se diseñó en base al tamaño del chasis y las chumaceras que soportaran la banda.

#### Figura 18

*Diseño ejes para las ruedas y la banda de canjilones*



### 2.6.7 Diseño piñones

Los piñones se diseñaron para transmitir el movimiento tanto del motor a las ruedas y de las ruedas a la banda de canjilones. Para la transmisión de movimiento del motor a las ruedas de tracción se usos una reducción, para bajar la velocidad de giro y aumentar el torque, la relación se expresa en la siguiente formula.

$$i = \frac{ze}{zs}$$

Donde:

ze es el número de dientes del piñón conductor

zs es el número de dientes del piñón conducido

En la tabla número 6 se presentan los datos obtenidos

**Tabla 6**

*Relación de los mecanismos*

<b>Mecanismo</b>	<b>Relación</b>
Motor--Rueda tracción	0,66
Rueda de tracción-- banda	1

Para la reducción de los piñones del motor se tienen en cuenta los datos anteriores obtenidos como lo es la velocidad de siembra. Primero se calculó las revoluciones por minuto de la rueda de tracción con la siguiente formula:

$$1rpm = 2 \times \pi \times R$$

Donde:

$\pi$  es 3,1416

**R** es el radio de la rueda en metros

Como resultado se obtuvo que 1rpm de la rueda equivale a 1,57metros/min

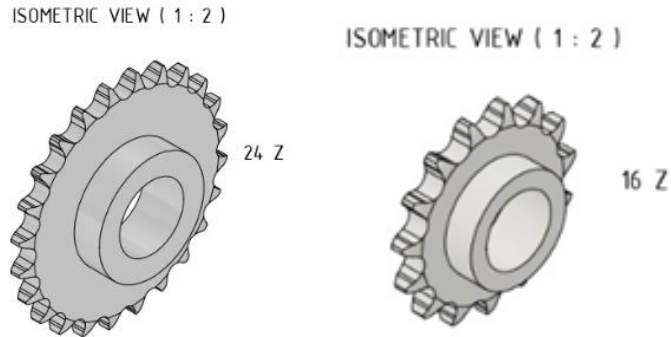
Posteriormente se calculó las revoluciones del motor con la siguiente formula:

$$0,125 \frac{km}{h} = \frac{4000}{60} = \frac{66,66}{1,57}$$

Como resultado de lo anterior se tiene que el motor debería girar a 42,45rpm por lo anterior se decidió usar un embrague centrifugo al cual se le adapta al motor para tener una velocidad variable desde 0 y hasta la velocidad requerida.

## Figura 19

### Diseño piñones

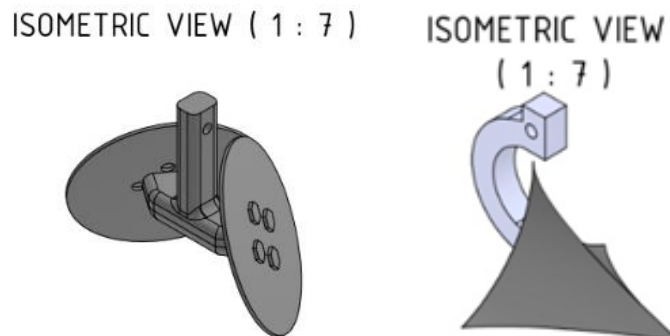


### 2.6.8 Diseño cuchilla y discos cerradores

La cuchilla encargada de abrir el surco para que posteriormente se deposite la semilla se diseñó en base a la altura del surco y la altura del chasis del carro, para que se pueda graduar en la profundidad. Los discos encargados de cerrar el surco y tapar la semilla de tierra se diseñaron en base a los discos que se encuentran comercialmente y que se puedan acoplar al marco del carro y también se puedan graduar en altura.

## Figura 20

### Diseño de la cuchilla y los discos cerradores



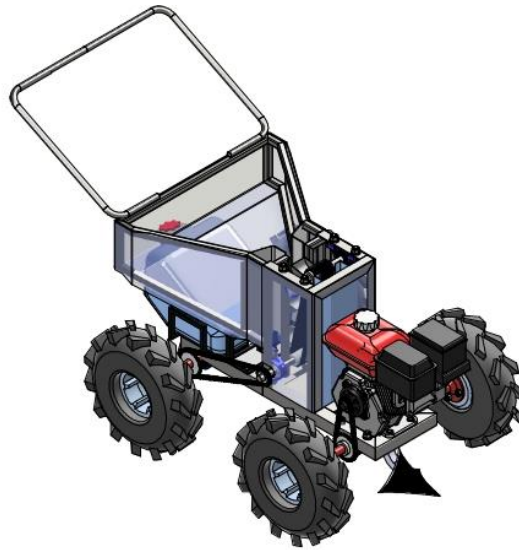
## **2.7 Comprobación del correcto ensamble de las piezas en CAD**

### **2.7.1 Ensamble de carro**

A continuación, se muestra el correcto ensamble de todas las partes que componen el carro, y las medidas generales. Las piezas se ensamblan con la ayuda del programa CAD con el cual podemos comprobar que todas las piezas embonen exactamente y que no haya errores de construcción.

#### **Figura 21**

*Ensamble piezas que componen al carro*



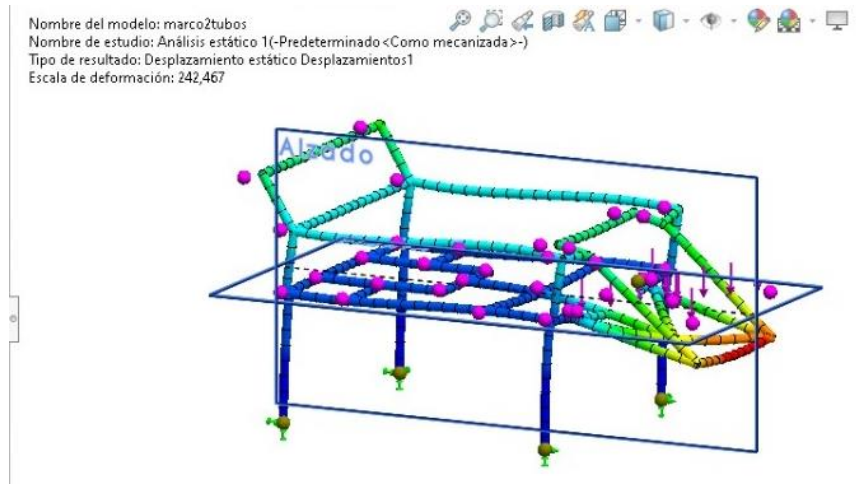
### **2.7.2 Ajustes al diseño y correcciones**

En primera instancia se hizo un diseño del carro el cual se corrigió y modifico por completo debido a que el primer diseño que se planteó tenía fallas y no era viable seguir con ese modelo del carro, el primer modelo se hizo en base a unos materiales y partes que no se acoplaron al contexto de trabajo y los requisitos del carro, un ejemplo de lo anterior fue que en primera instancia se diseñó el chasis del carro con perfil estructural cuadrado, al aplicarle un análisis de elementos finitos mostro que no era capaz de soportar la carga de los demás componentes del carro evidenciado una deformación en su estructura.



## Figura 22

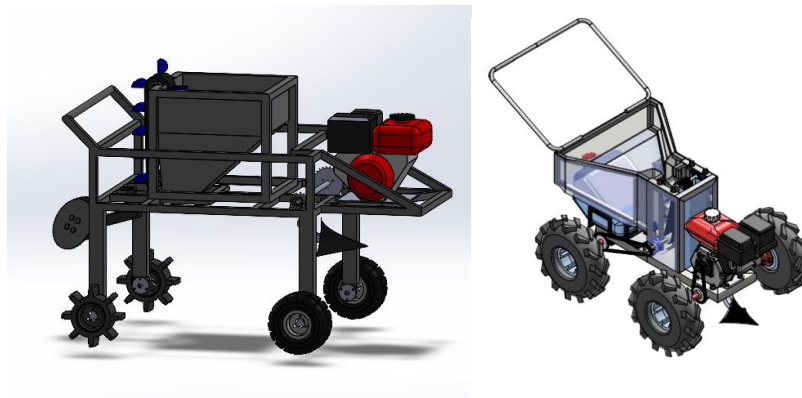
### Análisis de elementos finitos al chasis del primer diseño



Otro motivo por el cual se rediseño el carro es que los primeros materiales que se eligieron no cumplían con los requisitos un ejemplo de lo anterior es que se cambiaron las ruedas del carro por unas más robustas que se acoplan mejor a contexto de trabajo. A continuación, se muestran los cambios en el diseño.

## Figura 23

### Comparación del primer diseño y el diseño final del carro



Finalmente, se materializó una maqueta del diseño con tecnología de impresión en 3D, en una escala de 1:5, con el fin de validar el acople de las partes planteadas en la investigación, de esta

manera fue posible comprobar que el diseño es viable en su totalidad y puede proyectarse a una escala de tamaño real, ya que como resultado de la investigación se obtuvieron los planos de construcción.

**Figura 24**

*Piezas impresas en 3D*



**Figura 25**

*Acople de piezas impresas en 3D*



**Figura 26**

*Foto maqueta a escala con terminaciones*



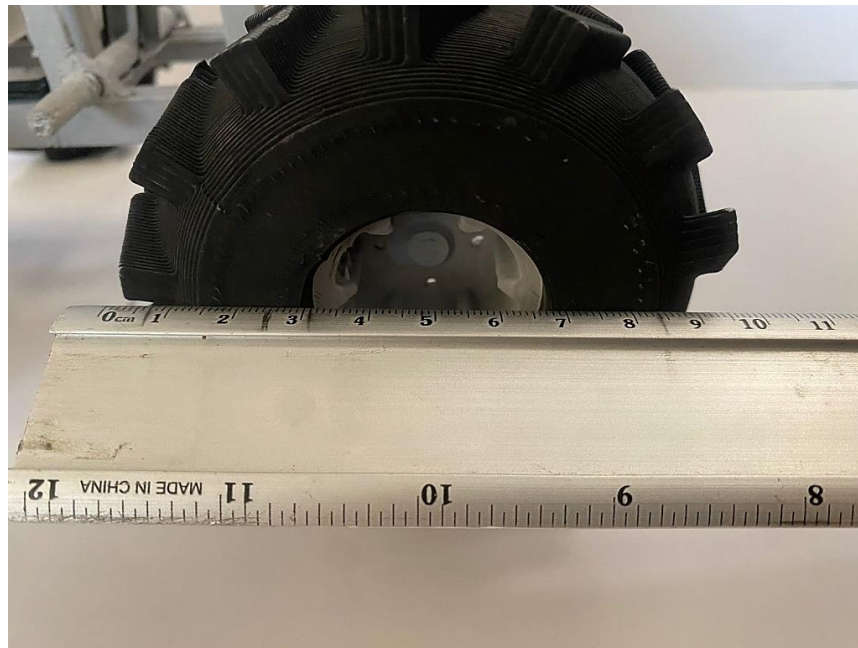
**Figura 27**

*Mediciones de la altura de la maqueta.*



**Figura 28**

*Medición de la llanta de la maqueta*



**Figura 29**

*Medición del ancho de la maqueta*





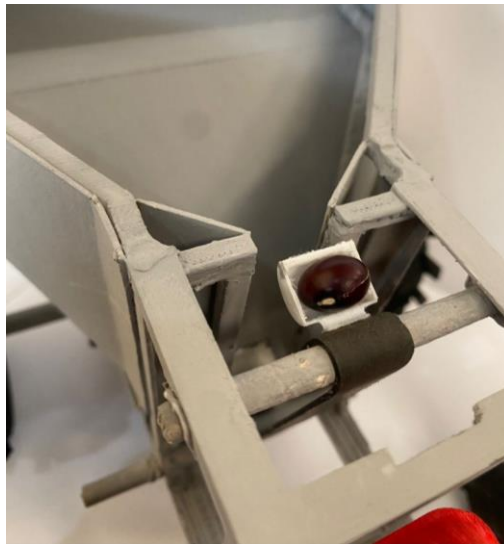
**Figura 30**

*Vista superior de la maqueta*



**Figura 31**

*Mecanismo de dispensación de la semilla*



## **2.8 Simulación de funcionamiento en el contexto de trabajo en CAD**

Se aplicó un análisis de elementos finitos al diseño del carro para comprobar su funcionamiento en un contexto de trabajo, en este análisis se tuvieron en cuenta las cargas que deberá soportar en un contexto de trabajo al cual se vería sometido, para este análisis se tuvo en cuenta los materiales a usar en este caso la estructura del carro ángulos metálicos de diferentes medias y espesores.

**Tabla 7**

Propiedades del carro

<b>Masa</b>	<b>26,6681 kg</b>
Área	2013240 mm <sup>2</sup>
Volumen	3397210 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-0,0282798 mm y=236,309 mm z=-286,344 mm

El chasis del carro después de agregarle las librerías de los materiales usados en CAD, nos arrojan datos sobre su peso y otros factores importantes como lo es su centro de gravedad área y volumen, el peso del chasis del carro nos dio un valor de 26kg que sumado con los demás elementos cumple con uno de los requisitos que no debe ser muy pesado, debe ser de menos de 200kg porque sería muy pesado para ser manipulado por el operario.

**Fuerza:** chasis con Tolva con carga de 25kg, motor y tanque fumigante.

**Tabla 8**

*Datos de análisis de elementos finitos*

<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Volumen	3397210 mm <sup>3</sup>	
Masa	26,6681 kg	
Estrés de Von Mises	0,000401843 MPa	41,9066 MPa
Desplazamiento	0 mm	2,00116 mm
Factor de seguridad	4,93955 ul	15 ul

Después de aplicarle el análisis de elementos finitos al diseño del chasis del carro, se obtuvo datos muy relevantes como lo fueron el análisis de estrés y de deformación, así como el factor de seguridad, obteniendo unos resultados muy favorables para aprobar el diseño y los materiales

seleccionados,

Los análisis de elementos finitos que se aplicaron al chasis del carro se realizaron con las cargas máximas aproximado del motor, la tolva y el tanque, adicionalmente se aplicó la fuerza de empuje.

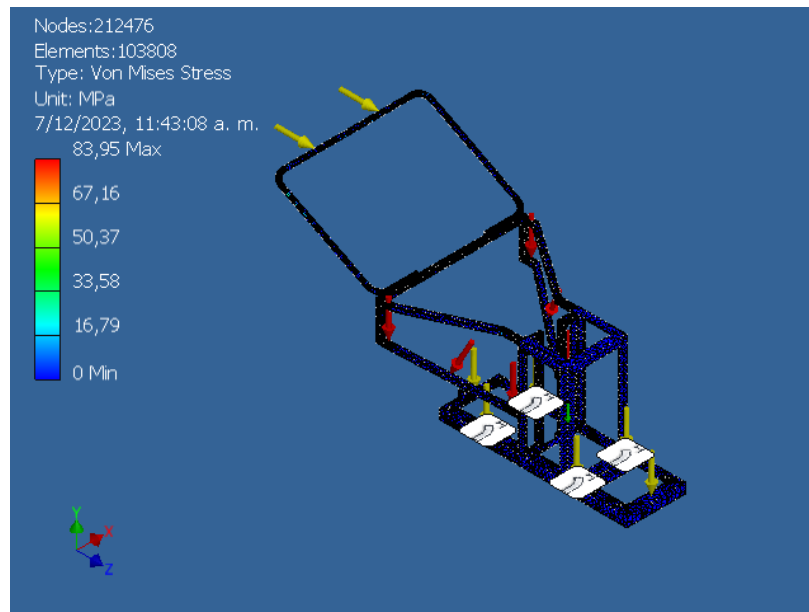
El análisis de Von Mesis arrojó un dato positivo, pues al hacer un análisis de elementos finitos y al aplicar todas las cargas se obtuvo como resultado una tensión de 83.9 mpa y al compararla con la tensión máxima admisible del material resultó un factor de seguridad de 6.45 ul (figura 32).

Al realizar el análisis de desplazamiento aplicándole las cargas máximas se obtuvo una deformación baja de 3 mm en el timón del carro. Lo anterior evidencia que el diseño planteado presenta una buena resistencia deformaciones (figura 33).

Por otra parte, el análisis de factor de seguridad arrojó un valor de 2.47 ul, lo que indica que puede soportar hasta el doble de la carga real a la que se podría ver sometido.

### Figura 32

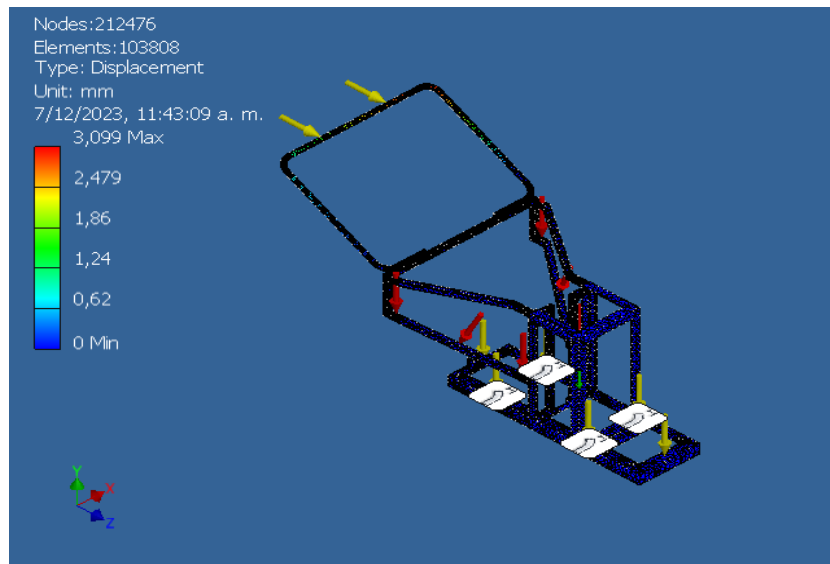
#### *Análisis de esfuerzos de Von Mises*



Nota: En la anterior grafica se muestra el análisis de Von Mises que se aplicó al chasis del carro

### Figura 33

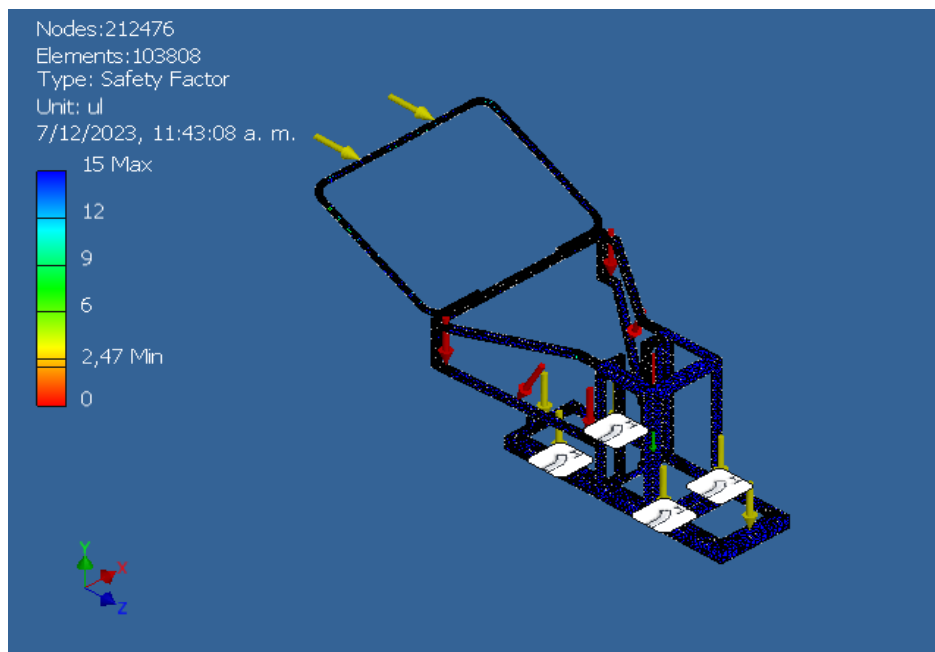
#### Análisis de esfuerzos de desplazamiento por deformación



Nota: en la figura se evidencia la deformación del chasis al aplicarle la carga máxima.

### Figura 34

#### Análisis de factor de seguridad del chasis



Nota: en la figura anterior muestra un factor de seguridad de 2,47 ul.



## 2.9 Análisis en situaciones de trabajo inesperadas

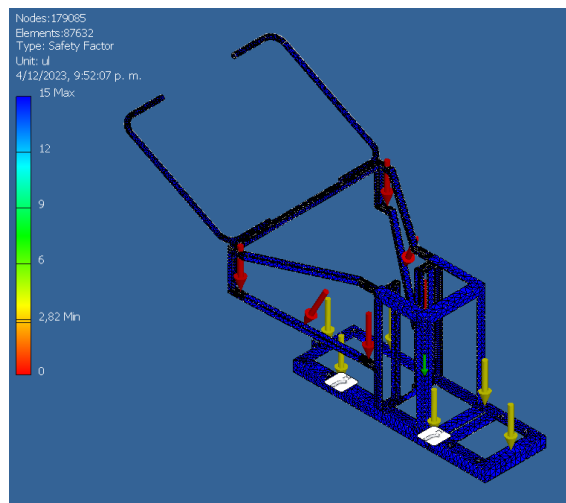
Teniendo en cuenta posibles situaciones que se pueden presentar en el contexto de trabajo se aplicaron análisis al chasis del carro, con el fin de evaluar la resistencia que presenta el diseño ante condiciones adversas. En primera instancia se realizó una simulación donde el terreno no es estable y presente un desnivel, en este caso el chasis recibiría el peso de una manera desproporcionada en un solo lado, el análisis del factor de seguridad arrojó un valor de 2.82 ul, lo cual indica que presenta estabilidad, y ante la situación mencionada anteriormente el chasis no tendría un volcamiento (figura 35).

En otro caso planteado se aplicó las fuerzas dejando la parte frontal fija simulando que el chasis reciba toda la carga en la parte posterior, ante esta situación se obtuvo un resultado de un factor de seguridad de 4.95 ul, el cual indica que presenta una mayor estabilidad en la parte trasera del carro (figura 36).

También, se realizó el análisis donde la parte trasera del chasis se encuentre fija y el peso se dirija en la parte delantera, se obtuvo que el factor de seguridad es menor a la situación anterior, por ende, la resistencia de la carga es mayor en la parte posterior (figura 37).

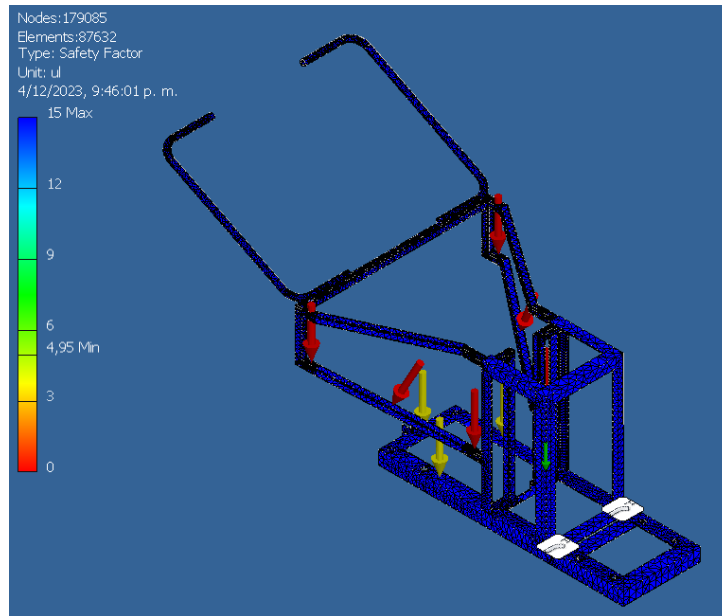
### Figura 35

*Análisis de factor de seguridad con un lateral fijo*



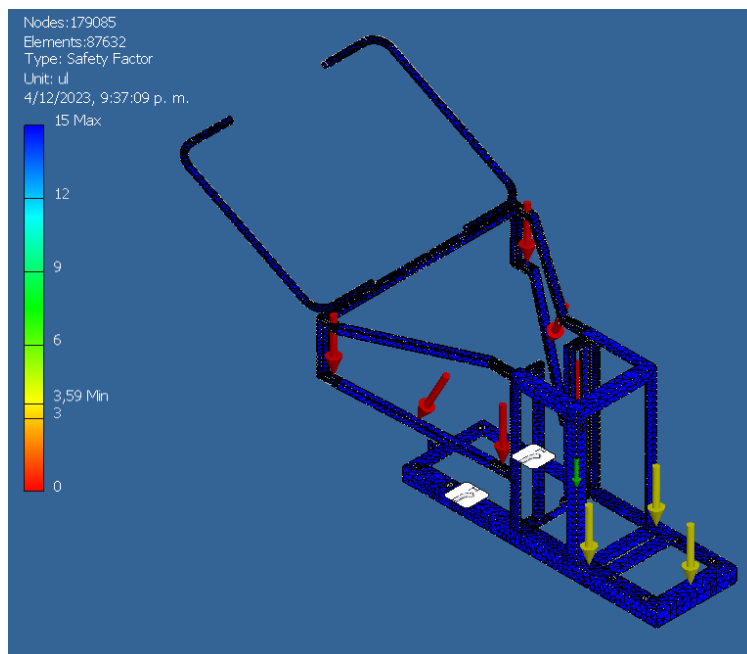
**Figura 36**

*Análisis de factor de seguridad con la parte delantera fija*



**Figura 37**

*Análisis de factor de seguridad con la parte trasera fija*

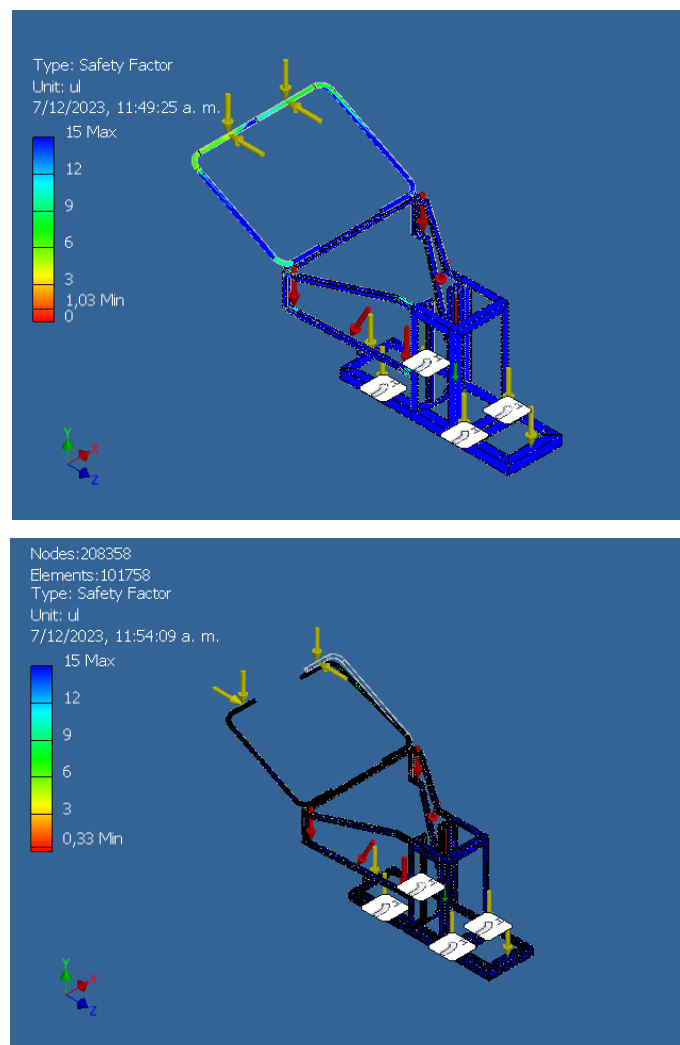


En el transcurso del análisis se consideró el caso en el cual se aplicaba fuerza al timón del carro, este caso arrojó un resultado de factor de seguridad inferior al mínimo permitido, razón por la cual se optó por modificar el diseño del timón. Posterior a la modificación realizada, se encontró que este cambio da un valor de 1.03 ul, superando el límite inferior permitido (figura 38).

A partir de las modificaciones mencionadas anteriormente, se plantearon situaciones inesperadas de trabajo con el timón, la primera de estas es cuando se ejerce una presión inapropiada, a partir del cambio el timón es posible soportar hasta 25 kg de presión (figura 39).

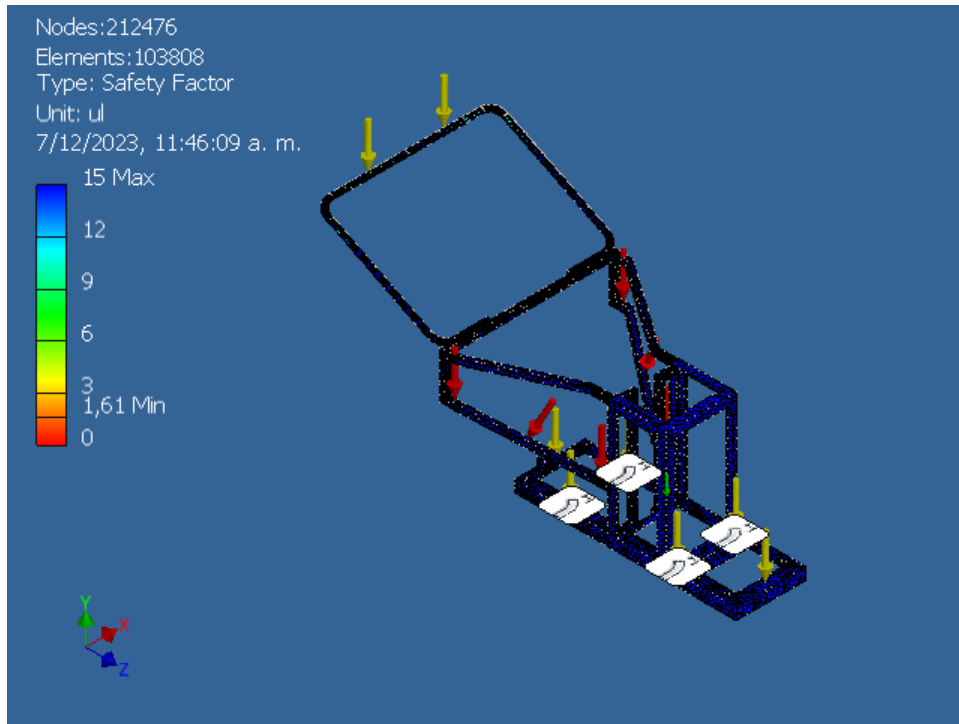
### **Figura 38**

*Análisis del diseño del timón*



### Figura 39

#### Análisis de presión inapropiada al timón



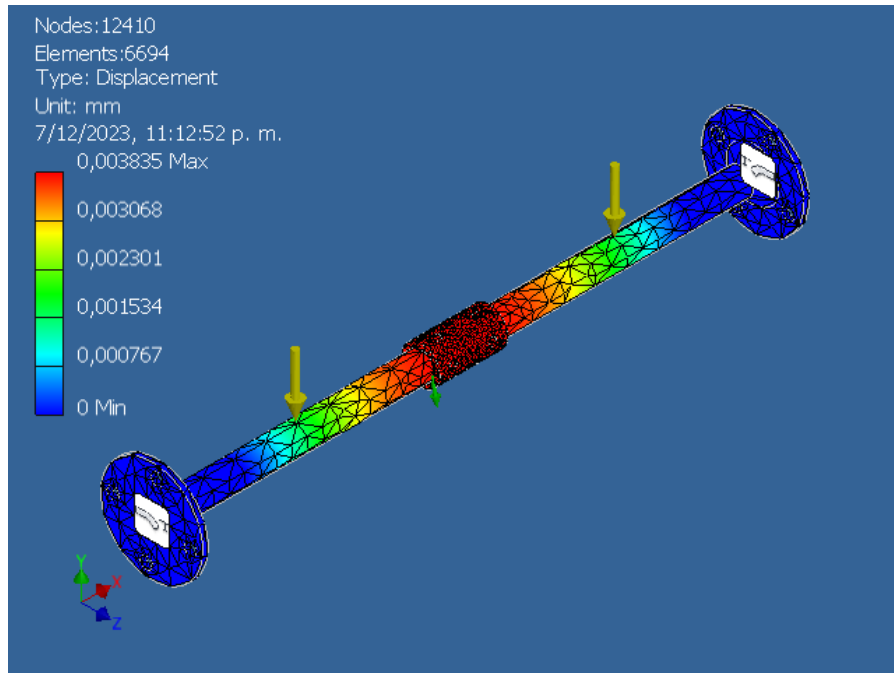
### 2.10 Análisis de diseño del eje

Con el fin de comprobar la resistencia del eje, se sometió el diseño a un análisis de cargas, este arrojó un factor de seguridad elevado, con un valor de 15 ul y una deformación de 0.0038 mm, lo cual indica que el diseño soportara sin ningún inconveniente el peso total del carro y su carga máxima (figuras 40 y 41).

Así mismo, se aplicó un análisis de rotación al eje simulando la fuerza aplicada por el motor en el momento en el que se aplica la fuerza rotacional, se evidenció un factor de seguridad alto y una deformación mínima de tan solo 0.27 mm, demostrando un soporte adecuado para la función que cumple (figura 42).

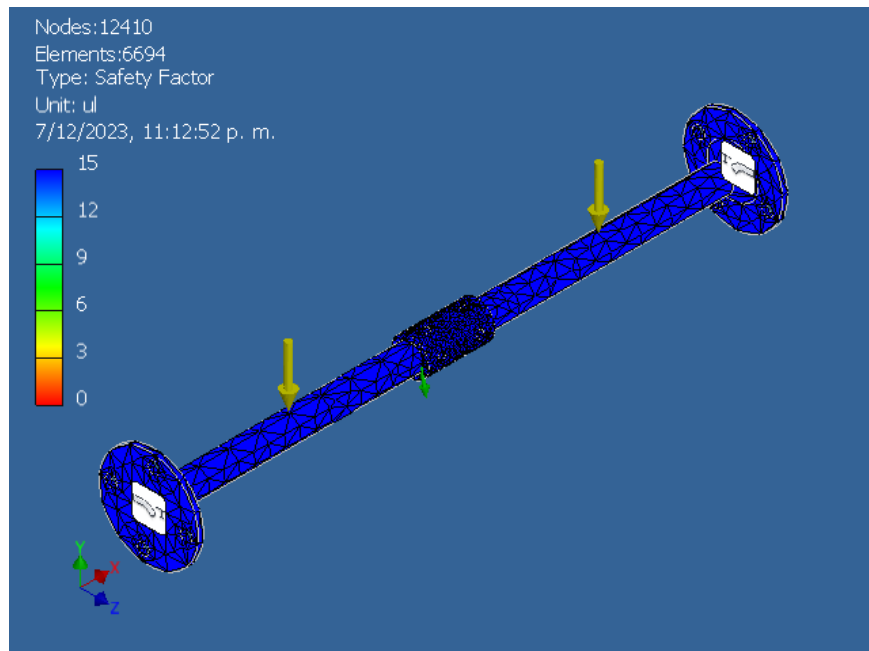
**Figura 40**

*Análisis de desplazamiento del eje*



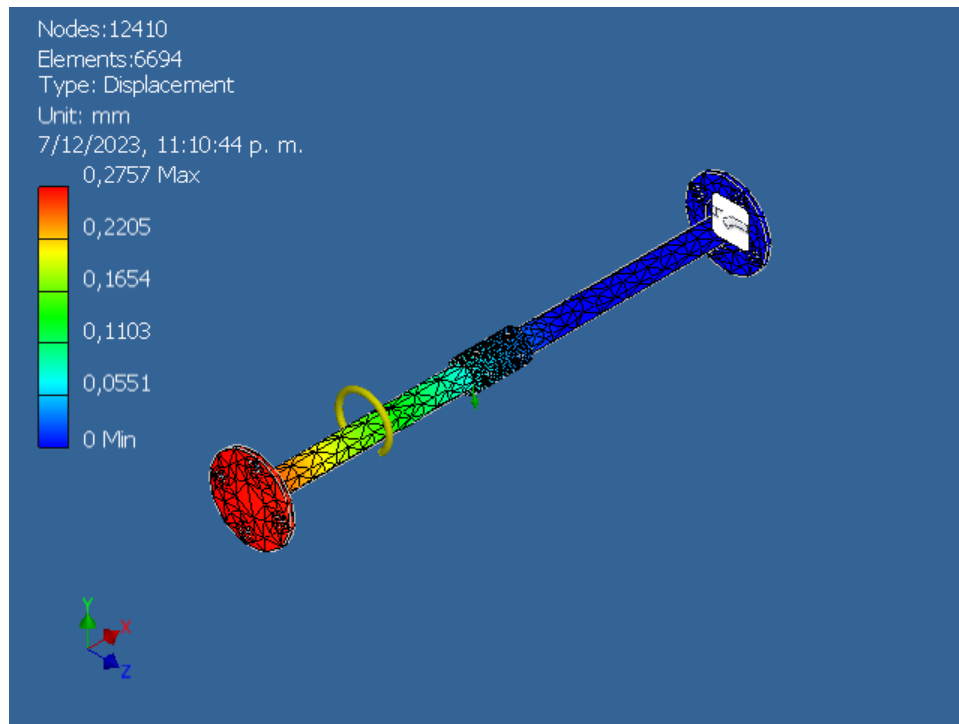
**Figura 41**

*Análisis de factores de seguridad del eje*



**Figura 42**

*Análisis de fuerza de rotación*



### **3. Conclusiones**

El proceso de cultivo de papa requiere de cuidar diferentes aspectos como la precisión en la siembra de la semilla y un correcto control fitosanitario, pues a partir del buen manejo de estos aspectos se obtiene una cosecha adecuada, sin embargo, este proceso requiere de tecnificación para mejorar la productividad del campo y de esta manera aportar en el desarrollo de la región y del país, aportando progreso a los agricultores que tienen acceso ilimitado a estas nuevas tecnologías.

Las herramientas digitales y programas de diseño en 3D son importantes y aportan información para el desarrollo de proyectos, nos dan una idea clara sobre lo que se quiera crear, estas herramientas nos facilitan el proceso de diseño, creación de prototipos y máquinas. El programa Autodesk Inventor fue importante en el diseño de este proyecto pues permitió modificar el prototipo, hasta alcanzar un diseño que cumple con los requerimientos necesarios para su funcionamiento, obteniendo así, una base sólida para la materialización futura de este proyecto.

A través de las distintas simulaciones realizadas en este proyecto, es posible concluir que el diseño del prototipo es factible, teniendo en cuenta los análisis de las partes que lo componen, el acople entre ellas y su funcionalidad en el campo de trabajo.

#### **4. Recomendaciones**

Con base en los resultados obtenidos y después del análisis del prototipo desde un programa de simulación, se plantea como recomendación principal continuar con la materialización de este proyecto, con el fin de evaluar las condiciones mecánicas proyectadas en esta investigación teniendo en cuenta variables que no se analizaron como el comportamiento real de los diferentes elementos que intervienen en el funcionamiento del carro, y de esta manera validar los resultados a través de análisis de funcionalidad en el campo de acción. Además, es importante integrar sistemas electrónicos para obtener datos estadísticos sobre dicho funcionamiento.



## Referencias bibliográficas

- Almeida, F. M., Gonçalves Pereira, G. J., Arzuaga Sánchez, J., Torres de la Noval, W., Cabrera Rodríguez, J. A. y Hernández Jiménez, A. (2015). *Principales Problemáticas Que Efectan El Desarrollo Del Cultivo De La Papa (Solanum Tuberosum L.) En Diferentes Municipios De La Provincia Huambo, Angola. Cultivos Tropicales*, 36(4), 100–107. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000400013](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000400013)
- Bogotá, C. (2015). *Manual papa* (pp. 1–54). <https://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&ctn=59>
- Municipios.com.co. (2020). Código postal de Contadero, Nariño. <http://www.municipios.com.co/codigopostal/narino/contadero>
- Cortez, M. y Hurtado, G. (2002). *Guía Técnica Cultivo De papa*
- Sembradora, U. (2015). *Placa alveolada Mecánicas De dedos Siembra de precisión: Neumática: Por depresión Por soplado Sistema de labranza Siembra convencional Siembra directa Chasis y mecanismos de enganche.* <http://www.mecymaq.criba.edu.ar/attachments/article/31/MAQUINAS DE SIEMBRA.pdf>
- Decología. (2018). *Qué Es La Fumigación, Tipos, Técnicas, Efectos Positivos Y Negativos.* [https://decologia.info/medio-ambiente/fumigacion/#que\\_significa\\_fumigar](https://decologia.info/medio-ambiente/fumigacion/#que_significa_fumigar)
- Dominicana, F. (2012). (57) *Aplicar Barbary Plante con Maquina al Voleo* [https://www.youtube.com/watch?v=YvTGCCFm-0g&ab\\_channel=FertiliaDominicana](https://www.youtube.com/watch?v=YvTGCCFm-0g&ab_channel=FertiliaDominicana)
- Dorner Mfg. Corp. (2020). *Transportadores con tolvas y canales - Dorner Conveyors.* <https://www.dornerconveyors.com/europe/es/soluciones/tolvas-canales>
- Edith, C. (2015). *Municipio de el contadero por Edith Coral Rosero.* [https://prezi.com/ydx7snec\\_r-](https://prezi.com/ydx7snec_r-)

f/municipio-de-el-contadero/

Eduardono. (2017). *Cómo realizar labores de fumigación según el tipo de cultivo*.  
<https://www.eduardono.com/agricola/blog/blog-detalles/como-realizar-labores-de-fumigacion-segun-el-tipo-de-cultivo>

Espores. (2012). *Espores - El Padre De La Primera Sembradora Mecánica*.  
<https://espores.org/es/agricultura/jethro-tull-i-la-primera-sembradora-mecanica.html>

Google Maps (2021). <https://www.google.com/maps/@0.916068,-77.5421069,165m/data=!3m1!1e3?hl=es>

Instituto Nacional Autonomo de investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2008). *Estación Experimental Santa Catalina*.  
<http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>

Jácome, S. (2015). *Comparación de las variedades Chola y Capiro (Solanum tuberosum L.) en la textura de una papa pre frita congelada. Tesis profesional en Ingeniería de Alimentos*.

Montalvo, D. (2012). *La helada se mitiga de 4 maneras | El Comercio*.  
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/helada-se-mitiga-de-maneras.html>

Lü, J., Yang, Y., Li, Z., Tian, Z., Shang, Q. y Wu, J. (2016). Design and experiment of cup-belt type potato seed-metering device. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 32(16), 17–25. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2016.16.003>

Leyva, L. F. (2019). *Patata (Papa) - Propiedades, Beneficios, Origen, Tipos, Características*.  
<https://www.tuberculos.org/papa-patata/>

Marchese, G. J. (2017). *Plantadora De Papas Dos Surcos Ingeniería Mecánica*.

[http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2825/PLANTADORA DE PAPAS DE DOS SURCOS\\_Marchese.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2825/PLANTADORA_DE_PAPAS_DE_DOS_SURCOS_Marchese.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

McLeod, C. D., Misener, G. C., Tai, G. C. C. y Caissie, R. (1992). A precision seeding device for true potato seed. *American Potato Journal*, 69(4), 255–264. <https://doi.org/10.1007/BF02853879>

Molinos Maren. (2010). *La Buena Vida Gourmet de Maren: Breve paseo por la historia de la papa*. <https://labuenavidagourmetdemaren.blogspot.com/2010/08/breve-paseo-por-la-historia-de-la-papa.html#more>

Comforza. (2019). Motores Estacionarios. [https://comforza.com.pa/motores-estacionarios/#Que\\_es\\_un\\_motor\\_estacionario](https://comforza.com.pa/motores-estacionarios/#Que_es_un_motor_estacionario)

Alcaldía Municipal de El Contadero Nariño. (2018). Nuestro municipio. <http://www.contadernarino.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Ospina, M. (2009). Intervención educativa sobre los conocimientos y prácticas referidas a los riesgos laborales en cultivadores de papa en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 11(2), 182–190. <https://doi.org/10.1590/s0124-00642009000200003>

Pérez, J. y Merino, M. (2017). *Definición de siembra - Qué es, significado y concepto*. Definición.De. <https://definicion.de/siembra/>

Porras Jiménez, G. F. y Gavilanes Toapanta, R. C. (2017). *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Mecánica Escuela De Ingeniería Automotriz Trabajo De Titulación Previa a la obtención del Título de: Ingeniero Automotriz*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6714>

Porras, P. y Herrera, C. (2015). Modelo productivo de la papa variedad Diacol Capiro para el departamento de Antioquia. In *Modelo productivo de la papa variedad Diacol Capiro para el*

departamento de Antioquia. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-210-0>

Ramos, E. de. (2019). ▷ *Tipos de Sembradoras Agrícolas: Guía Completa.*

[https://www.tractoresymaquinas.com/tipos-de-sembradoras-agricolas/#Tipos\\_de\\_sembradoras\\_y\\_sus\\_caracteristicas](https://www.tractoresymaquinas.com/tipos-de-sembradoras-agricolas/#Tipos_de_sembradoras_y_sus_caracteristicas)

Rodríguez, D. F. y Berenguel, M. (2004). *Control y robótica en agricultura - Francisco Rodríguez*

*Díaz, Manuel Berenguel Soria - Google Libros.*

[https://books.google.com.co/books?id=ccckBQAAQBAJ&pg=PA205&dq=procesos+de+humidificacion+en+la+agricultura&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjiyoDdpd\\_rAhUvqlkKHd0cAmgQ6wEwAHoECAQQAQ#v=onepage&q=procesos+de+humidificacion+en+la+agricultura&f=false](https://books.google.com.co/books?id=ccckBQAAQBAJ&pg=PA205&dq=procesos+de+humidificacion+en+la+agricultura&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjiyoDdpd_rAhUvqlkKHd0cAmgQ6wEwAHoECAQQAQ#v=onepage&q=procesos+de+humidificacion+en+la+agricultura&f=false)

Rodríguez Nuñez, A. (2017, October 10). *¿Qué son las tolvas en el sector industrial y para qué*

*sirven?* <https://maquinariaeindustria.es/que-son-las-tolvas-industriales/>

Saúl, T. A. (2010). *Perspectivas de la Ingeniería Mecatrónica. Scopus - Document search | Signed*

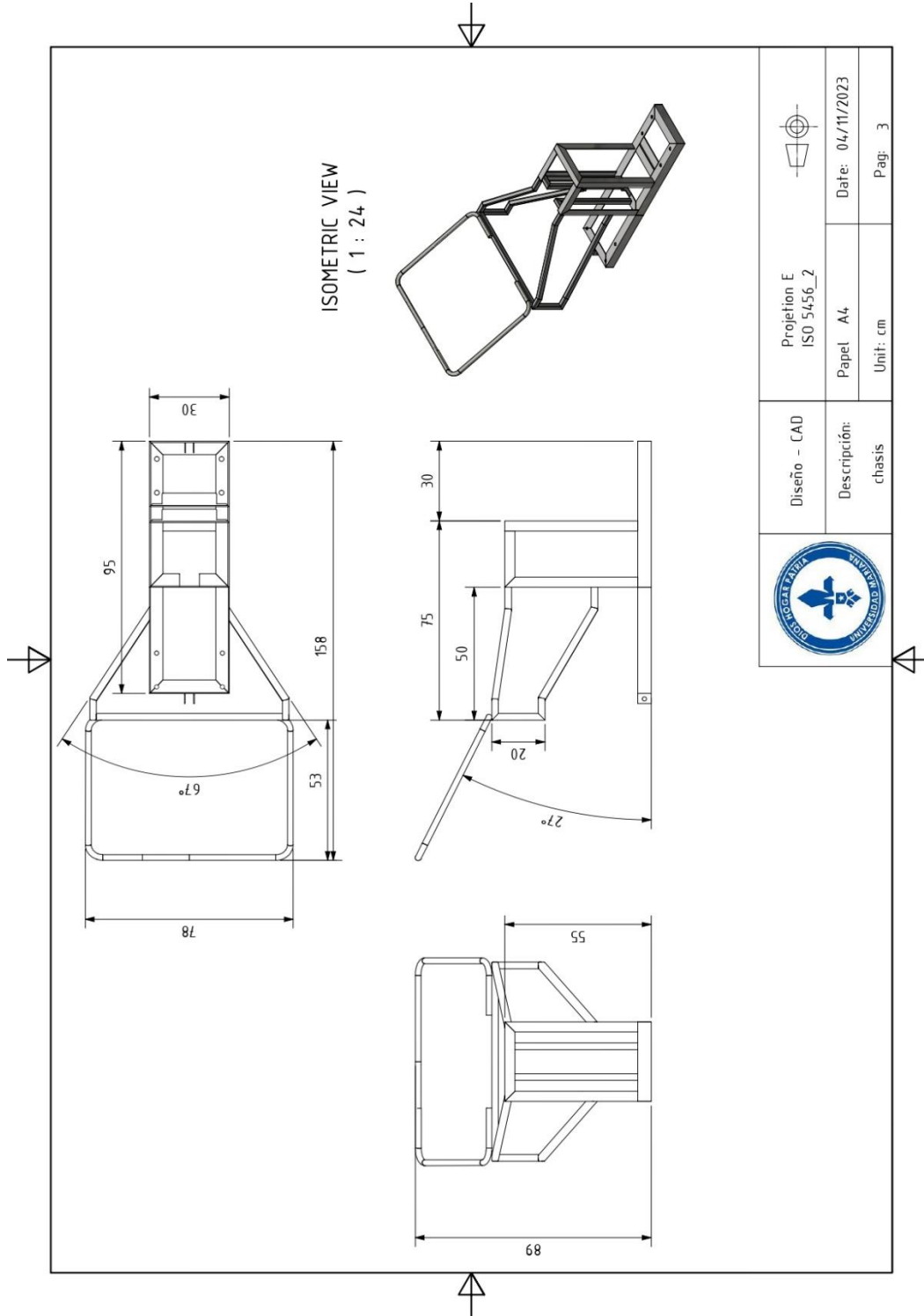
*in.* (2021). <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>

Tarazona, G. (2011). Manejo fitosanitario del cultivo de la caña panelera. Medidas para la

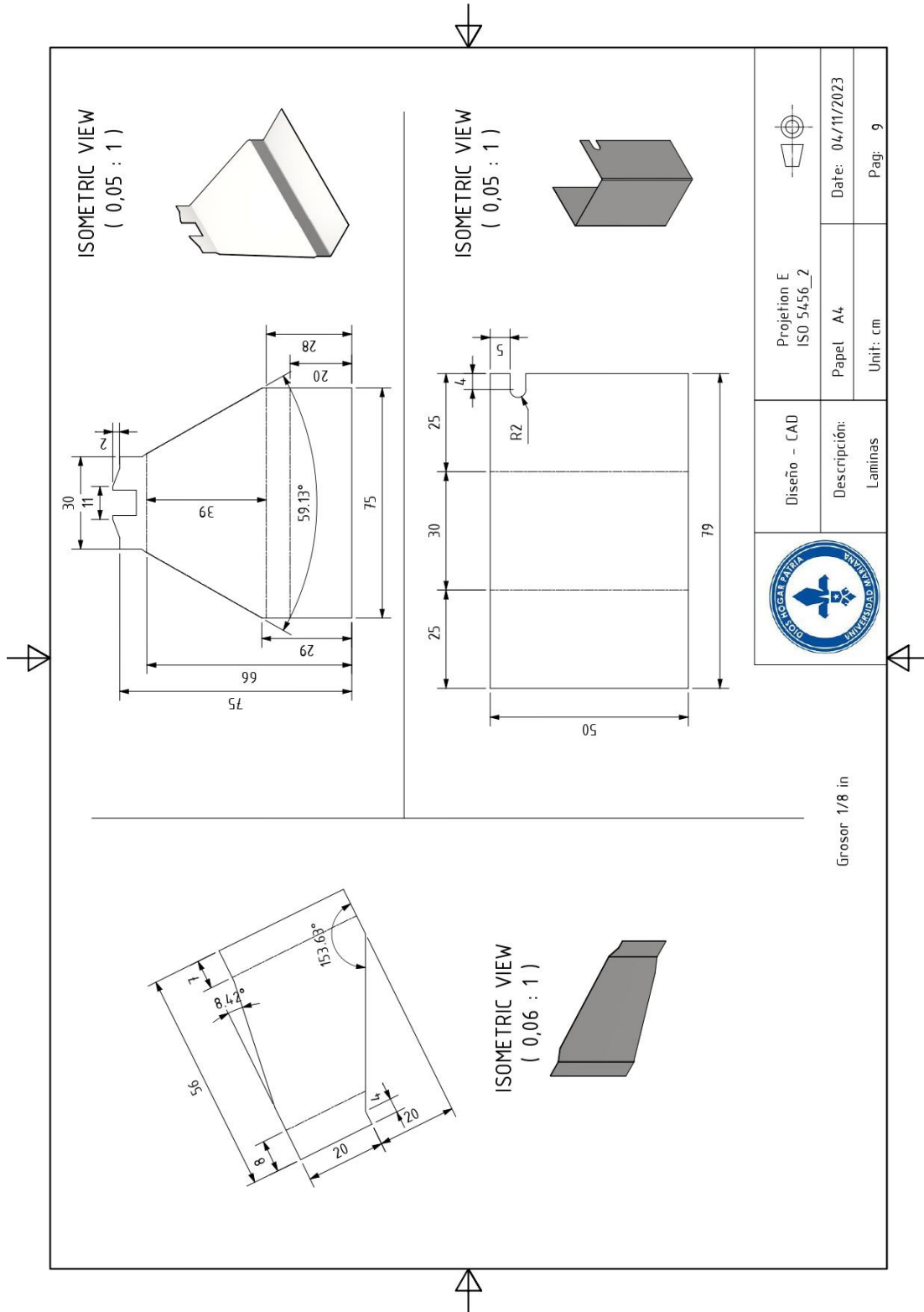
temporada invernal. *ICA, Línea Agrícola*, 51. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

**Anexos**

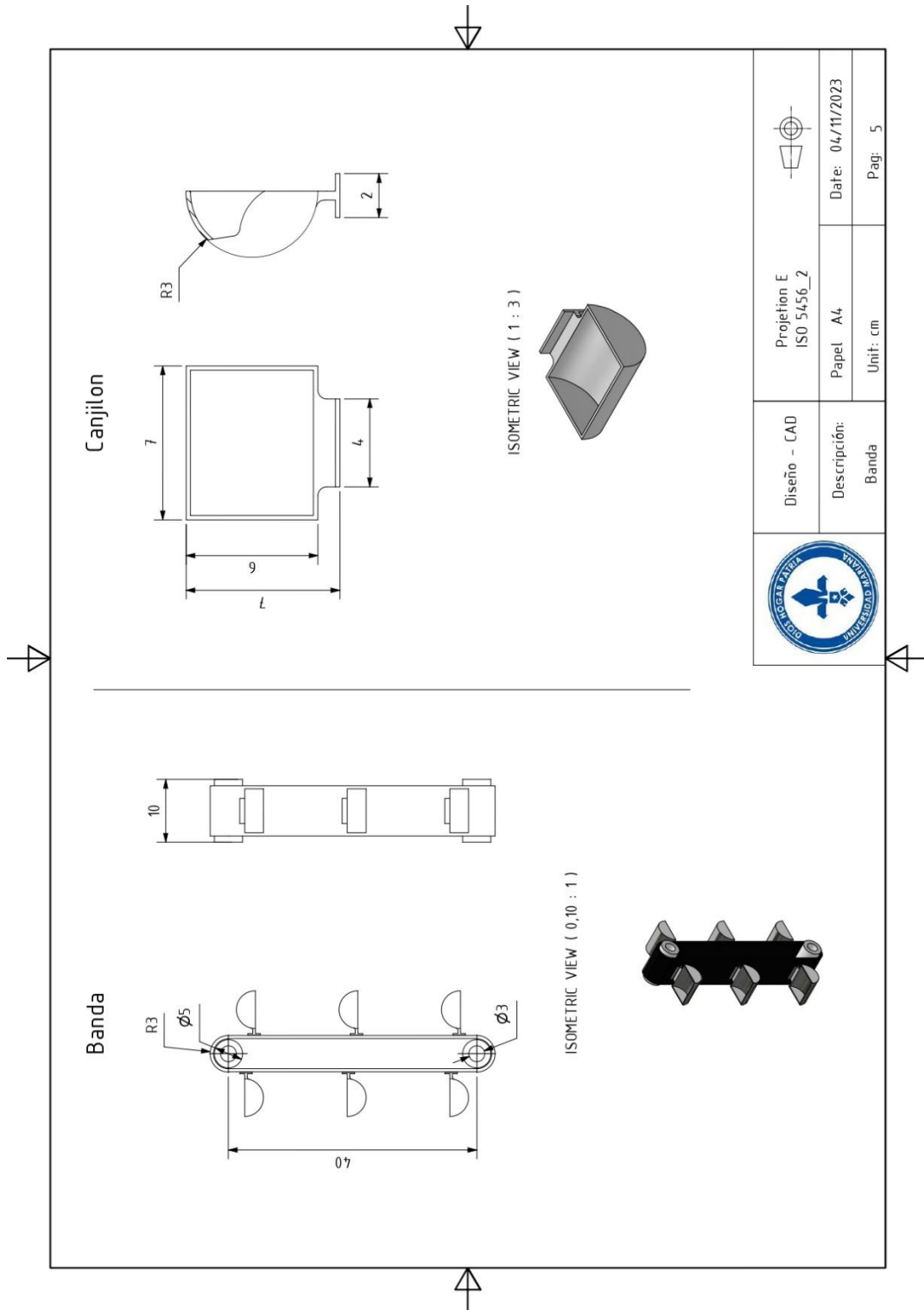
**Anexo A. Plano de chasis**



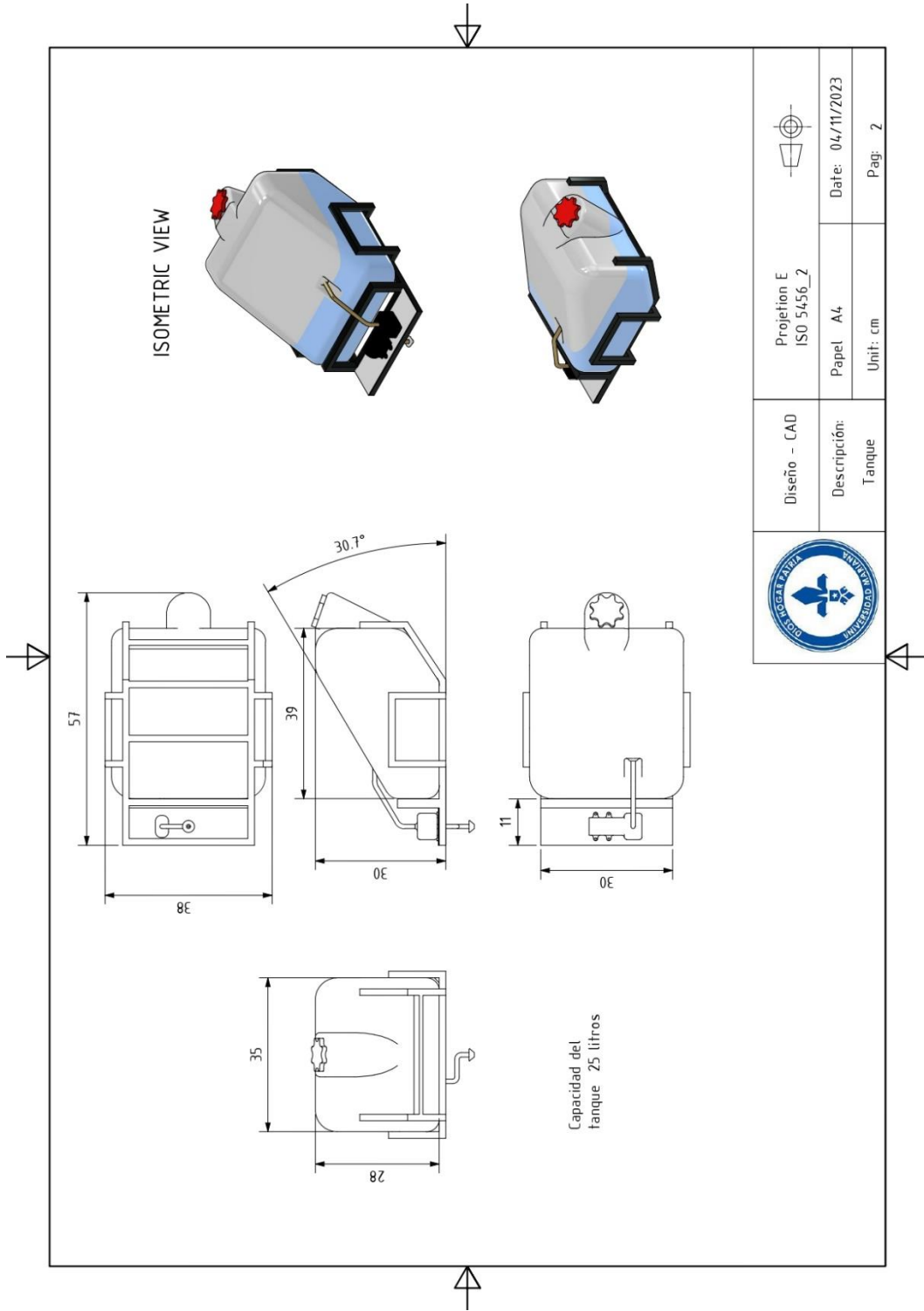
**Anexo B. Plano laminas tolva**



**Anexo C. Plano banda con canjilone**

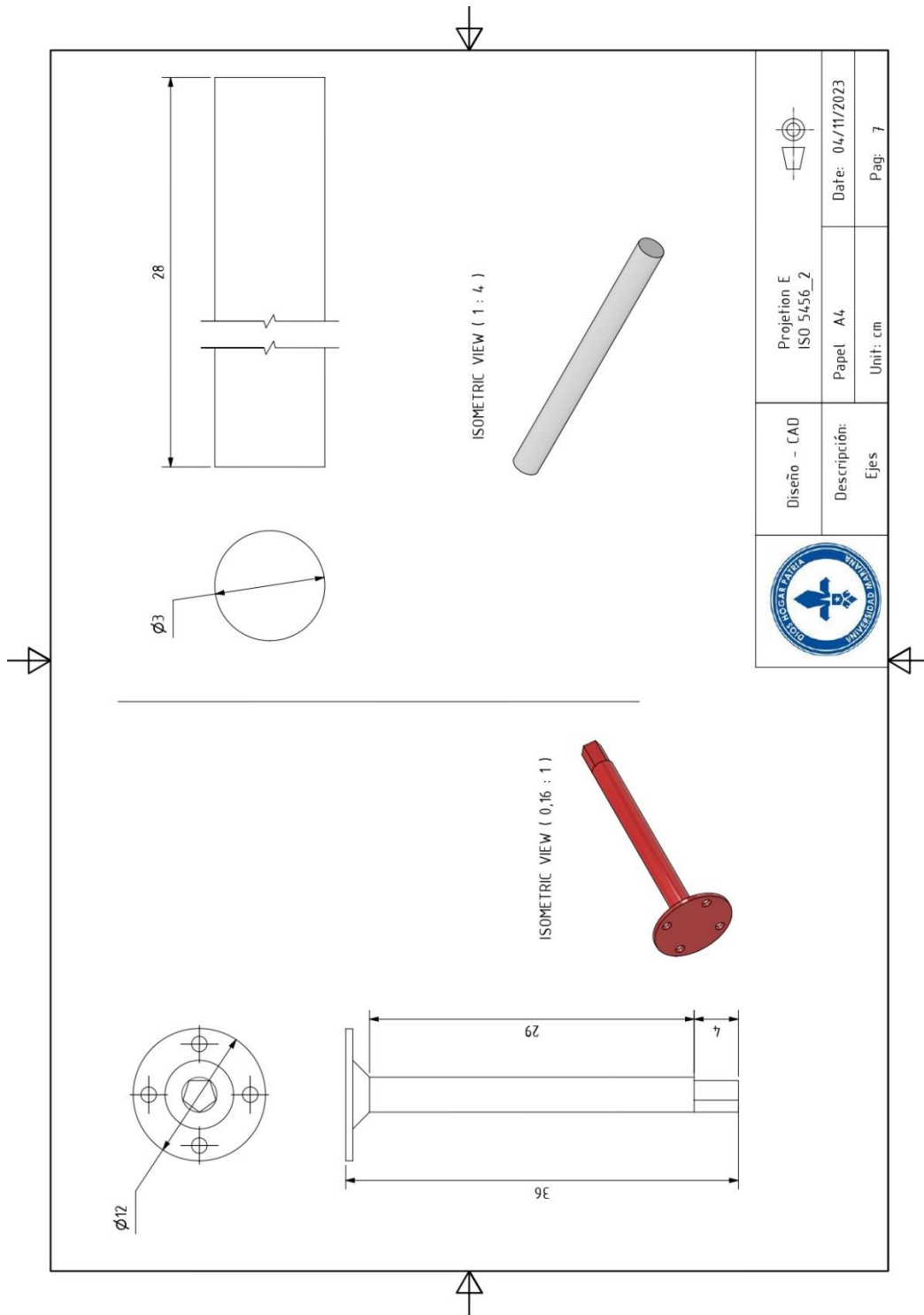


Anexo D. Plano de tanque

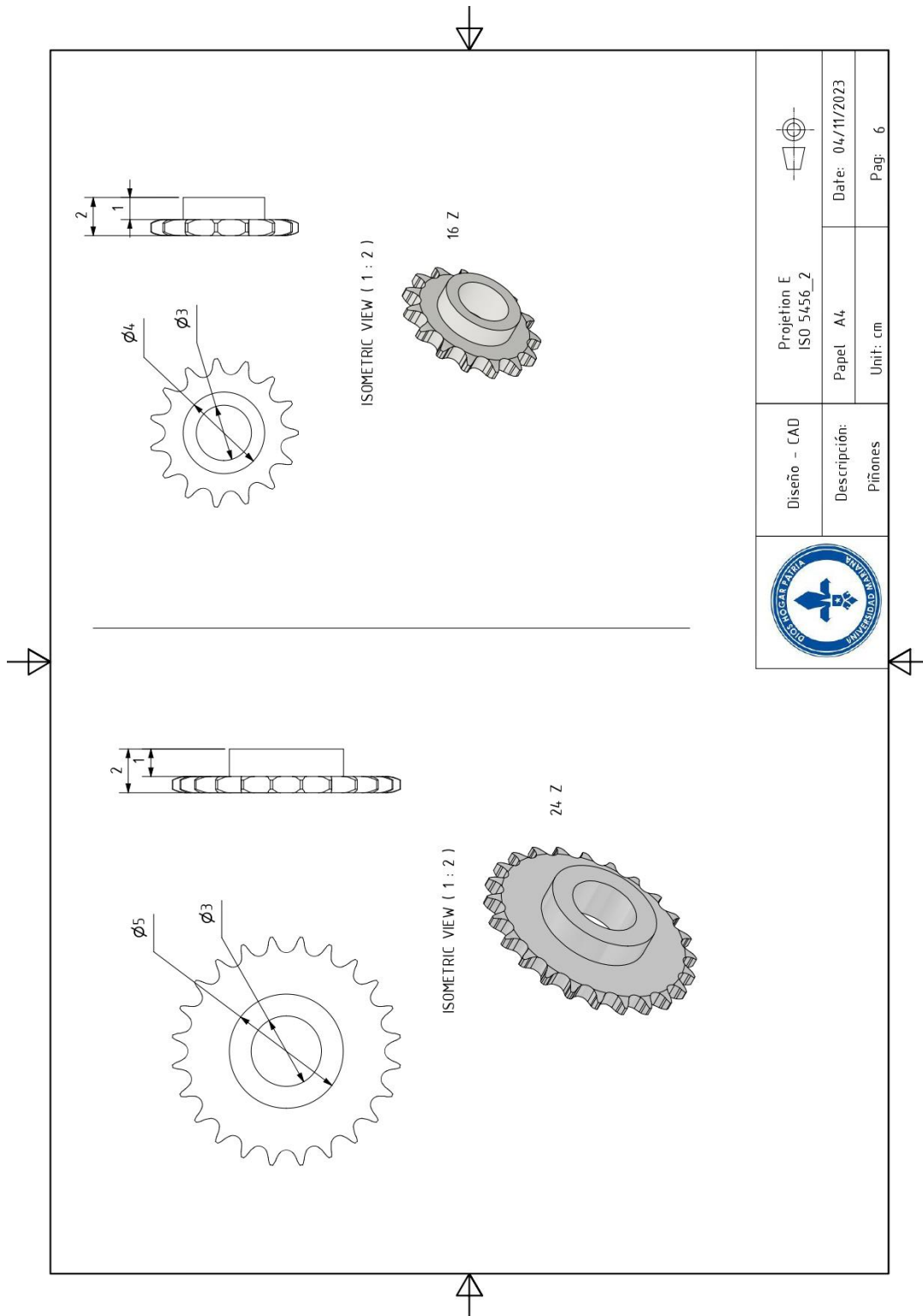






Anexo E. Planos de ejes

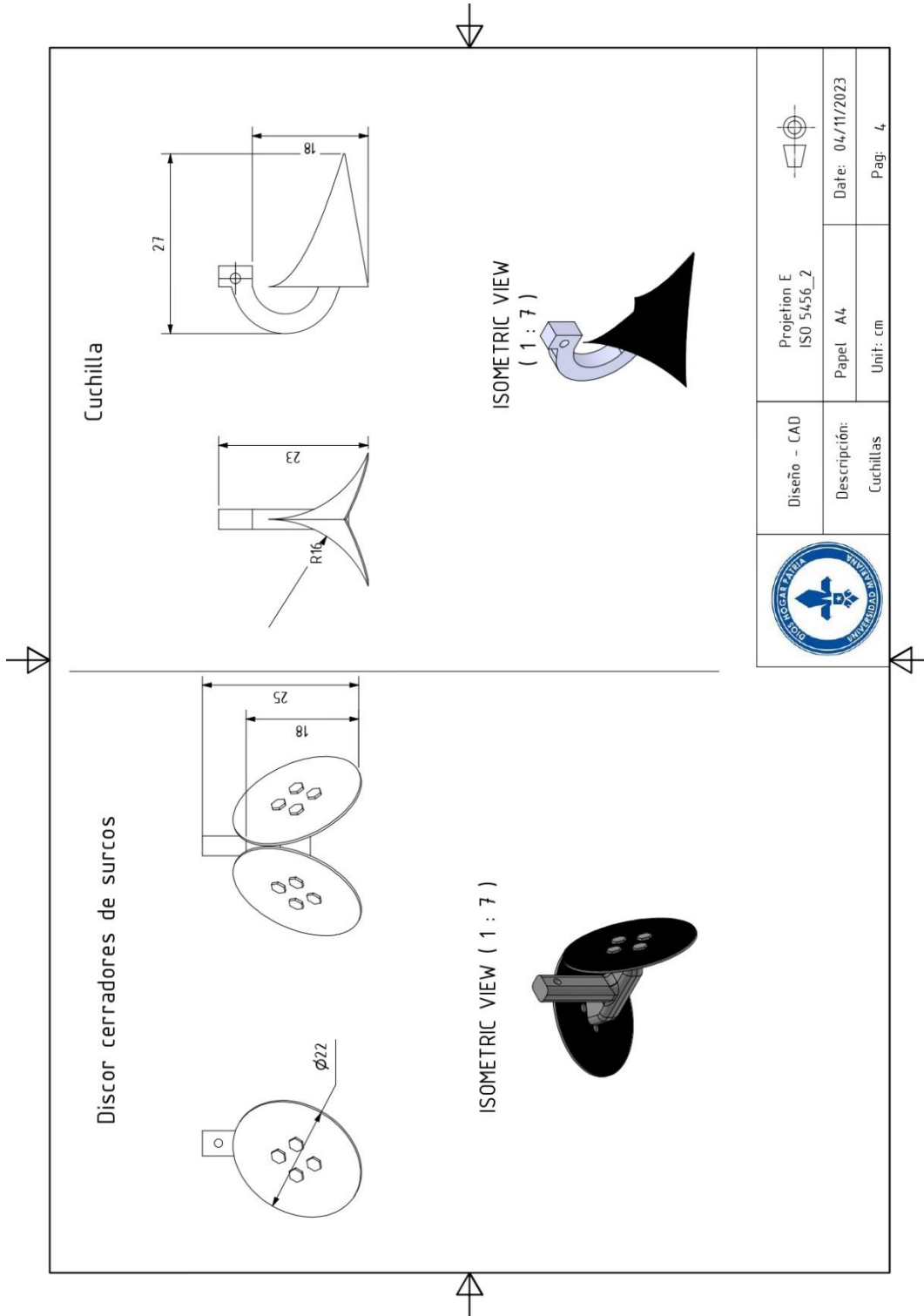


**Anexo F. Plano de piñones**

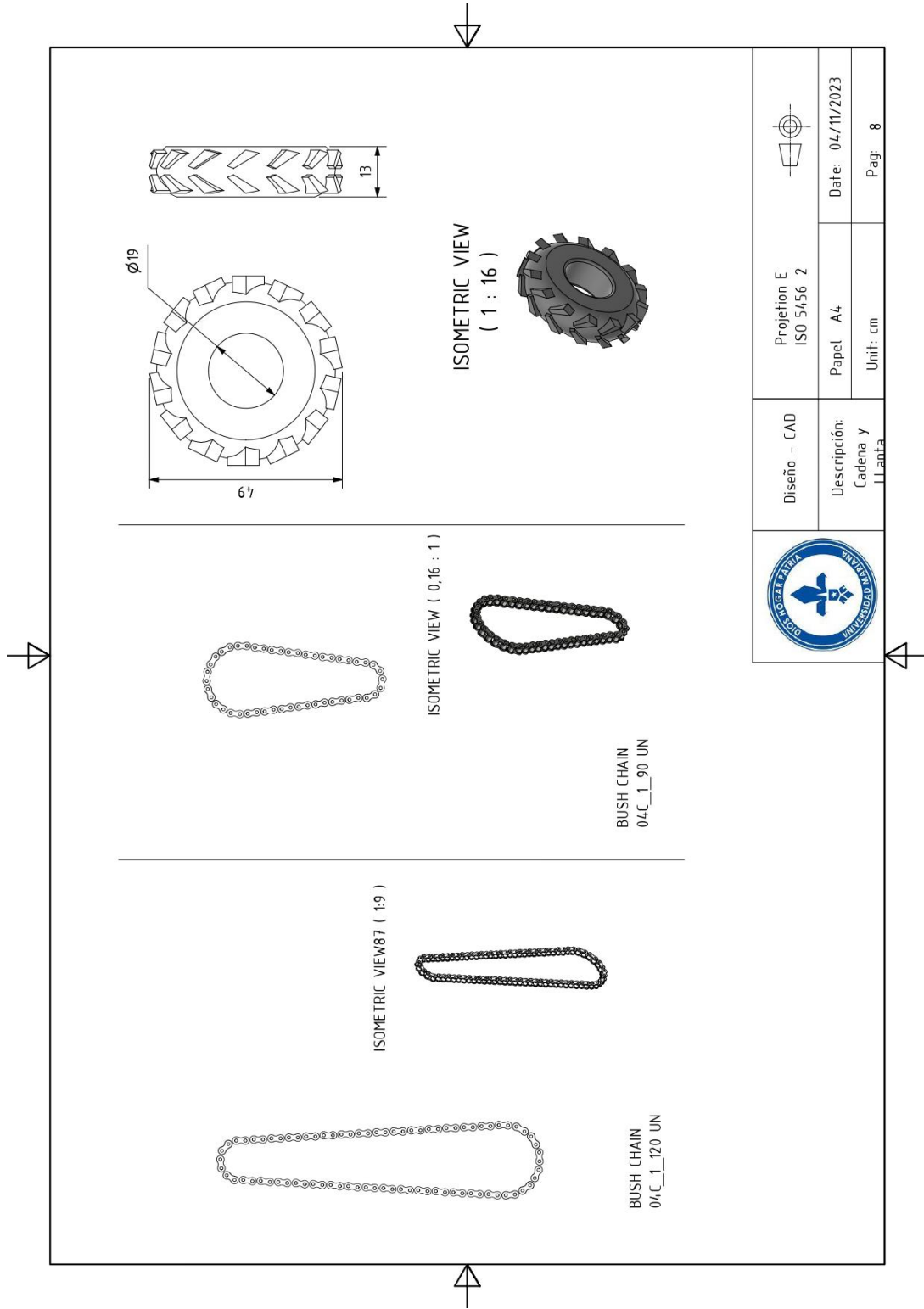


	Diseño - CAD	Proyección E ISO 5456_2	
	Descripción: Piñones	Papel: A4 Unif.: cm	

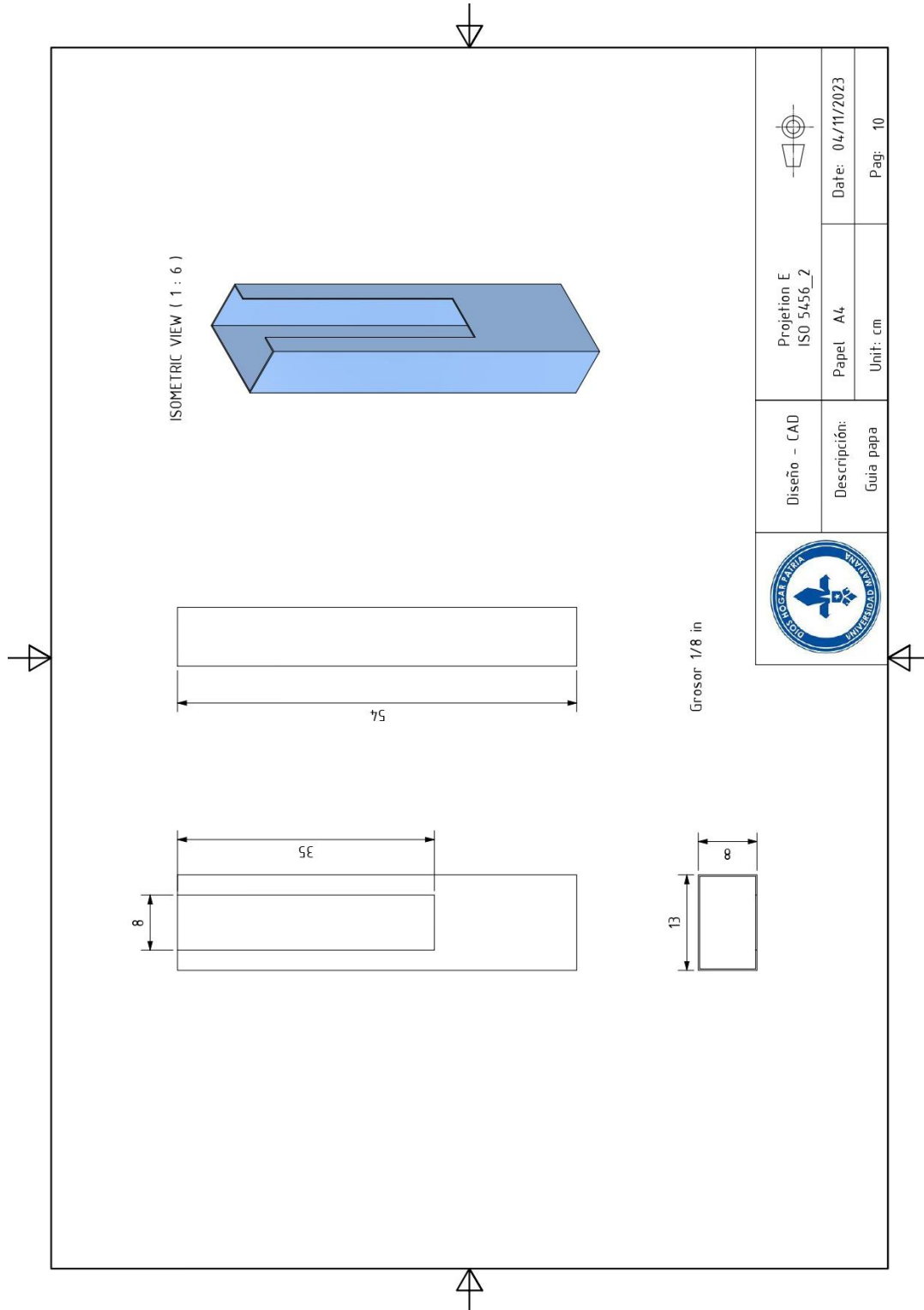
Anexo G. Planos de cuchillas y discos



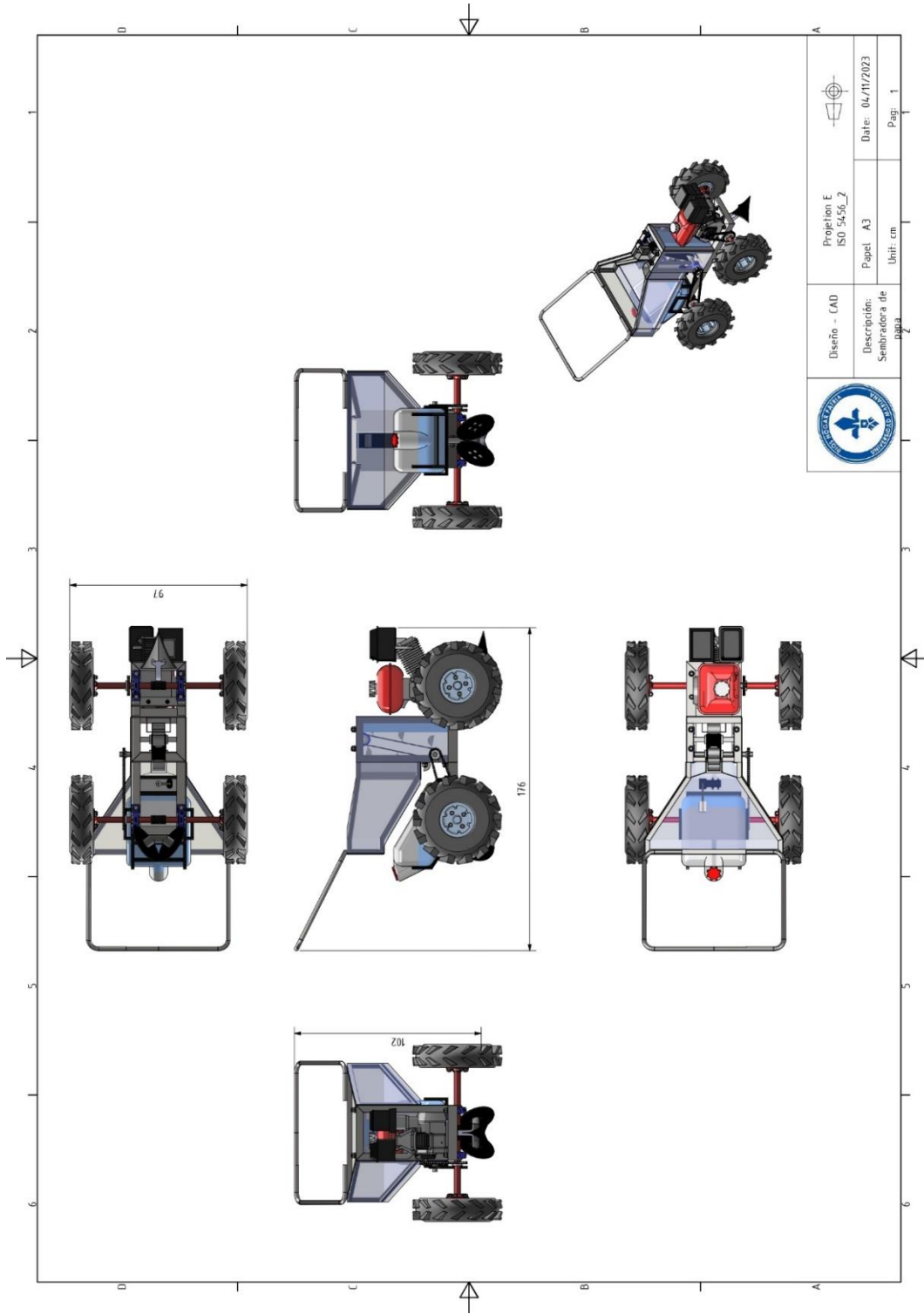
**Anexo H. Plano de llanta y cadenas**



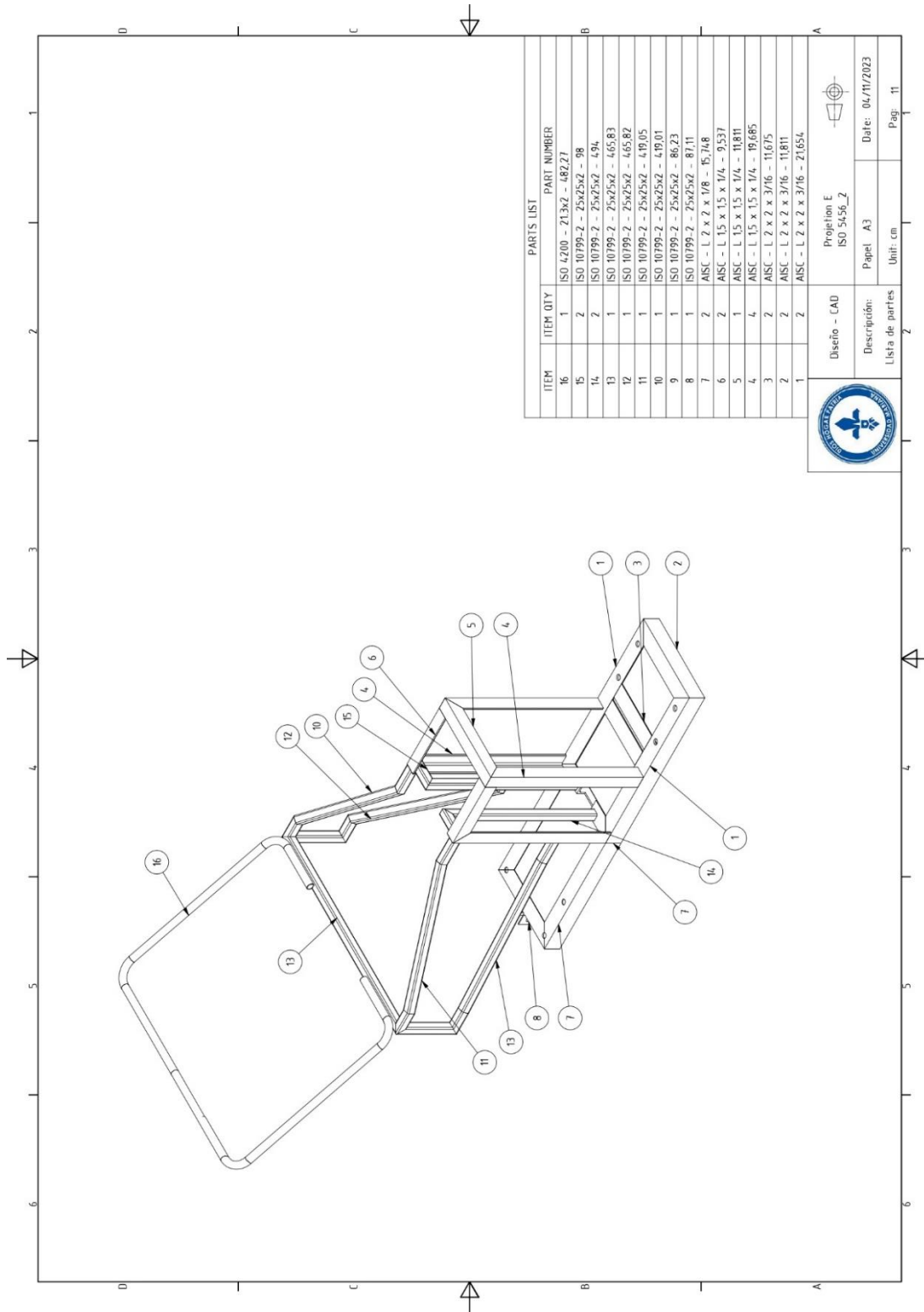
**Anexo I. Plano del ducto de banda**



Anexo J. Plano de ensamble de piezas



Anexo K. Plano de partes del chasis



Diseño - CAD  
 Proyección E  
 ISO 5456\_2

Descripción:  
 Lista de partes

Papel: A3  
 Unit: cm

Date: 04/11/2023  
 Page: 11

Anexo L. Plano de partes del ensamble

