



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**TESIS**

**DISEÑO DE SISTEMA MECÁNICO DOSIFICADOR  
PARA SEMILLAS DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE  
LAMBAYEQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autor**

**Bach. Rivera Vento Jorge Luis Vicente**  
**ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7790-2526>**

**Asesor**

**Mtro. Vives Garnique Juan Carlos**  
**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>**

**Línea de Investigación**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**Año 2024**

**DISEÑO DE SISTEMA MECÁNICO DOSIFICADOR PARA SEMILLAS DE MAÍZ  
EN LA REGIÓN DE LAMBAYEQUE**

**Aprobación del jurado:**

---

**Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE**  
**Presidente jurado de tesis**

---

**MSc. ROJAS CORONEL ÁNGEL MARCELO**  
**Secretario del Jurado de tesis**

---

**Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS**  
**Vocal del Jurado de tesis**

**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**DISEÑO DE SISTEMA MECÁNICO DOSIFICADOR PARA SEMILLAS DE MAÍZ  
EN LA REGIÓN DE LAMBAYEQUE**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Rivera Vento Jorge Luis Vicente	DNI: 74500328	
---------------------------------	---------------	---

Pimentel, 07 de mayo de 2024

## **Dedicatoria**

*Con gratitud y aprecio, dedico este trabajo de investigación a mis familiares, hijo, amigos y docentes, quienes han sido una fuente constante de inspiración y apoyo a lo largo de esta travesía académica. Su aliento incondicional y sabios consejos han enriquecido este proceso, convirtiéndolo en un viaje de aprendizaje significativo. A todos aquellos que han compartido su sabiduría, paciencia y amor, les dedico este logro con profundo agradecimiento.*

**Rivera Vento Jorge Luis Vicente**

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera invaluable en la realización de este proyecto de investigación.

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y constante motivación. Su comprensión y paciencia fueron fundamentales durante los momentos intensos de dedicación a este trabajo.

Agradezco a mis amigos, cuya compañía y ánimo alentador hicieron más llevaderos los desafíos. Sus aportes y perspectivas enriquecieron mi visión y encauzaron este proyecto hacia el éxito.

Mi reconocimiento especial a mis profesores y asesores, cuya orientación y conocimientos fueron cruciales para el desarrollo de esta investigación. Su guía experta ha dejado una marca significativa en mi crecimiento académico y profesional. Finalmente, agradezco a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron a este proyecto. Su colaboración ha sido esencial para alcanzar los resultados presentados. Este logro no habría sido posible sin la colaboración y el respaldo de cada uno de ustedes. Muchas gracias.

***Rivera Vento Jorge Luis Vicente***

## Índice

	<b>Dedicatoria</b> .....	<b>4</b>
	<b>Agradecimiento</b> .....	<b>5</b>
	<b>RESUMEN</b> .....	<b>13</b>
	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>14</b>
<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
	<b>1.1. Realidad Problemática</b> .....	<b>15</b>
	<b>1.2. Formulación del Problema</b> .....	<b>20</b>
	<b>1.3. Hipótesis.</b> .....	<b>20</b>
	<b>1.4. Objetivos.</b> .....	<b>20</b>
	<b>1.5. Teorías Relacionadas al tema.</b> .....	<b>21</b>
<b>II.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	<b>31</b>
	<b>2.1. Tipo y Diseño de investigación</b> .....	<b>31</b>
	<b>2.2. Variables, Operacionalización</b> .....	<b>32</b>
	<b>2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección</b> .....	<b>33</b>
	<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.</b> .....	<b>34</b>
	<b>2.5. Procedimiento de análisis de datos</b> .....	<b>36</b>
	<b>2.6. Criterios éticos</b> .....	<b>37</b>
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>39</b>
	<b>3.3. Resultados</b> .....	<b>39</b>
	<b>3.2. Discusión:</b> .....	<b>81</b>
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>83</b>
	<b>4.1. Conclusiones:</b> .....	<b>83</b>
	<b>4.2. Recomendaciones:</b> .....	<b>84</b>
<b>V.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>85</b>
<b>VI.</b>	<b>ANEXOS:</b> .....	<b>87</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Dosificador de cucharillas .....	28
Figura 2: Dosificador de cilindros acanalados .....	29
Figura 3 Dosificador de dientes Chevrón .....	29
Figura 4 Elementos constructivos de una sembradora de precisión .....	30
Figura 5 Etapas del proceso de diseño según la VDI 2221 .....	32
Figura 6 Abstracción de caja negra .....	31
Figura 7 Estructura de funciones .....	31
Figura 8 Matriz morfológica.....	32
Figura 9 Esquema de solución 1 .....	33
Figura 10 Esquema de solución 2.....	34
Figura 11 Esquema de solución 3.....	35
Figura 12 Gráfico de toma de decisión .....	37
Figura 13 Terreno de 1Ha.....	38
Figura 14 Dimensiones principales de la tolva .....	40
Figura 15 Tolva.....	42
Figura 16 Rueda motriz .....	43
Figura 17 Rueda compactadora .....	44
Figura 18 Vista isométrica y vista delantera del dosificador de rodillo acanalado .....	45
Figura 19 Paso de las semillas por el sistema dosificador .....	46
Figura 20 Sistema dosificador .....	49
Figura 21 DCL del rodillo acanalado .....	50
Figura 22 Esquema transmisión de potencia .....	53
Figura 23 <i>Especificaciones para las cadenas de rodillos ANSI</i> .....	54
Figura 24 Capacidades de las cadenas de rodillos .....	55
Figura 25 Árbol de transmisión.....	56
Figura 26 Esquema árbol de transmisión .....	56
Figura 27 DCL del árbol de transmisión .....	57
Figura 28 DCL de la catalina .....	57
Figura 29 DCL del dosificador de rodillo acanalado .....	60
Figura 30 Fuerzas en el plano X – Z .....	61
Figura 31 Diagrama de fuerza cortante plano X – Z .....	62
Figura 32 Diagrama de momento flector plano X – Z .....	63
Figura 33 Fuerzas en el plano X – Y .....	63
Figura 34 Diagrama de fuerza cortante plano X – Y .....	64
Figura 35 Diagrama de momento flector plano X – Y .....	65

<b>Figura 36 Coeficientes X e Y para rodamientos rígidos de bolas</b> .....	72
<b>Figura 37 Rodamientos rígidos de bolas</b> .....	73
<b>Figura 38 Chasis</b> .....	74
<b>Figura 39 Reja surcadora</b> .....	75
<b>Figura 40 Cadena tapadora</b> .....	76
<b>Figura 41 Manubrio de empuje</b> .....	76
<b>Figura 42 Tubo de descarga</b> .....	77
<b>Figura 43 Ensamble del prototipo de sembradora de maíz</b> .....	77
<b>Figura 44 Aplicación de cargas en el modelo 3D</b> .....	78
<b>Figura 45 Análisis de tensiones</b> .....	78
<b>Figura 46 Análisis de desplazamiento</b> .....	79
<b>Figura 47 Análisis de deformación equivalente</b> .....	80
<b>Figura 48 Análisis del factor de seguridad</b> .....	80

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Densidad de siembra del MAD</b> .....	25
<b>Tabla 2 Recomendación del sistema dosificador según el tamaño de semilla</b> .....	27
<b>Tabla 3 Tabla de operacionalización de variables</b> .....	33
<b>Tabla 4 Formato de lista de exigencias</b> .....	35
<b>Tabla 5 Lista de exigencias</b> .....	39
<b>Tabla 6 Valor técnico</b> .....	36
<b>Tabla 7 Valor económico</b> .....	36
<b>Tabla 8 Evaluación de los conceptos solución</b> .....	36
<b>Tabla 9 Valores probables de aceleración angular (rad/s<sup>2</sup>)</b> .....	51
<b>Tabla 10 Propiedades mecánicas del acero AISI 1015</b> .....	65
<b>Tabla 11 Duración en horas de servicio para diferentes tipos de máquinas</b> .....	71
<b>Tabla 12 Precio de materiales y componentes seleccionados</b> .....	106
<b>Tabla 13 Precio de fabricación de elementos</b> .....	107
<b>Tabla 14 Precio de manufactura</b> .....	107

## RESUMEN

La propuesta se enfoca principalmente en desarrollar el diseño de un prototipo de sembradora de maíz destinado a los pequeños agricultores de maíz en el distrito de Lambayeque, quienes se dedican a la comercialización del maíz en forma de planta. El objetivo de la sembradora diseñada es abordar las necesidades específicas de los agricultores lambayecanos, como la contratación de trabajadores para la siembra, la falta de uniformidad en la distribución de semillas, la carga física asociada con la siembra y el tiempo considerable que implica sembrar una hectárea (aproximadamente 32 horas-hombre). Para la formulación del diseño, se empleó la metodología de diseño en ingeniería alemana VDI 2221, que consta de cuatro etapas: definición del producto, diseño conceptual, diseño de materialización y diseño detallado. El proceso de diseño del prototipo se apoyó en herramientas informáticas de ingeniería, como Excel y el software SolidWorks.

Como resultado, se logró diseñar componentes clave de la máquina, como el dosificador, el árbol de transmisión, la tolva, la alarma y la selección de cadena y rodamientos, teniendo en cuenta las peculiaridades del cultivo de maíz en el departamento de Lambayeque. El prototipo resultante es fácil de usar y permite la siembra de una hectárea de maíz en aproximadamente 6 horas, realizado por un único operario. Además, el costo de construcción resultó ser asequible para los agricultores. Es importante destacar que se sugiere la fabricación de un primer ejemplar para verificar su rendimiento práctico, realizar ajustes según sea necesario y luego proceder a la producción en masa.

**Palabras clave:** Dispositivo para la siembra de maíz, metodología de ingeniería VDI 2221, elaboración de diseño mecánico, mecanismo dosificador de semillas

## ABSTRACT

The proposal focuses mainly on developing the design of a prototype corn planter for small corn farmers in the district of Lambayeque, who are dedicated to the commercialization of corn in plant form. The objective of the designed planter is to address the specific needs of Lambayecan farmers, such as the hiring of workers for planting, the lack of uniformity in seed distribution, the physical load associated with planting, and the considerable time involved in planting a hectare (approximately 32 man-hours).

For the formulation of the design, the German engineering design methodology VDI 2221 was used, which consists of four stages: product definition, conceptual design, materialization design and detailed design. The prototype design process was supported by computer engineering tools, such as Excel, Arduino IDE, Proteus and Autodesk Inventor software.

As a result, it was possible to design key components of the machine, such as the dispenser, the transmission shaft, the hopper, the alarm and the selection of chain and bearings, taking into account the peculiarities of corn cultivation in the department of Lambayeque. The resulting prototype is easy to use and allows the planting of one hectare of corn in approximately 6 hours, carried out by a single operator. In addition, the construction cost turned out to be affordable for farmers. Importantly, it is suggested to manufacture a first example to verify its practical performance, make adjustments as necessary and then proceed to mass production.

**Keywords:** Corn sowing device, VDI 2221 engineering methodology, mechanical design development, seed metering mechanism

## **I. INTRODUCCIÓN**

El maíz juega un papel importante en el escenario peruano, tanto por su aporte alimenticio a las comunidades y animales, como por su participación en la creación de empleo. Por lo tanto, el cultivo de maíz se presenta como un factor económico esencial. También es fundamental contar con un plan de producción adecuado para que la cosecha de maíz sea productiva, enfatizando la fase de siembra como la más crítica. Durante esta etapa, aspectos como la densidad de semillas por área sembrada, la profundidad de la siembra, el contacto con el suelo, y las condiciones ideales de temperatura y humedad son cruciales para garantizar un buen crecimiento de las plantas.

La investigación busca principalmente desarrollar un modelo de máquina sembradora de maíz que sea tanto simple como precisa, con el fin de cumplir con los estándares de siembra de los pequeños productores de maíz.

### **1.1. Realidad Problemática**

Aproximadamente el 48 % de la superficie nacional sembrada de maíz en Perú corresponde a maíz almidón, cuyo nivel de productividad promedio solo alcanza 1,8 t/ha [1], algo inferior al rendimiento promedio general de 3,33 t/ha [2]. Esta baja productividad en el cultivo de este tipo de maíz se debe a la baja tecnología utilizada por los productores, donde la semilla representa el principal factor de éxito en cualquier sistema de producción agrícola. Mejorar estos niveles de productividad en los Andes peruanos depende del mejoramiento agronómico de los sistemas de producción y del desarrollo de nuevos cultivares, con alto potencial productivo y bien adaptados a las diferentes condiciones edafoclimáticas de la sierra peruana. Sin embargo, un desarrollo más eficiente de estos nuevos cultivares pasa por conocer la diversidad genética disponible para programas de mejoramiento genético, ya que cuanto mayor sea la variabilidad genética disponible, mayores serán las posibilidades de tener éxito en el desarrollo de cultivares de rendimiento agronómico superior [3].

La diversidad genética del cultivo de maíz en el Perú es muy alta, permitiendo su cultivo desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a los 3800 m sobre el nivel del mar, a orillas del lago Titicaca, en el límite con Bolivia [4], siendo uno de los principales cultivos en las tres macrorregiones del país (costa, sierra y selva).

Las diferentes condiciones ecológicas de suelo y clima a lo largo del territorio del Perú, han favorecido el desarrollo de diferentes razas de maíz [5], (Tapia Núñez et al., 2007), por lo que se han descrito 55 razas en el país [6]. La región Huancavelica es considerada una de las zonas con gran biodiversidad para el cultivo de maíz, así lo demuestra un trabajo realizado por la Secretaría del Medio Ambiente, con base en información proporcionada por el Programa Cooperativo de Investigación en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que incluyó colecciones de maíz recolectadas desde 1952 a 1989, en todo el territorio nacional, donde se identificaron 16 razas de maíz adaptadas a este Departamento [7].

Esta gran diversidad de maíz andino es de gran importancia social y económica, como se señaló recientemente [8]. Por lo tanto, conocer, preservar y estudiar esta diversidad genética en el cultivo del maíz harinoso debe ser promovido a nivel nacional, debido a la gran utilidad que tiene en los programas de mejoramiento genético, para conservar los recursos genéticos del cultivo y para hacer un uso eficiente de esta biodiversidad [6]. La disponibilidad de una diversidad genética adecuada representa una fortaleza en cualquier programa de mejoramiento genético de cultivos agrícolas [9].

Además de su importancia en la dieta humana y como alimento para el ganado, últimamente el maíz también se ha convertido en una planta energética y se cultiva en casi todo el mundo. El maíz, para producción verde y de semillas, comprende aproximadamente 186 millones de hectáreas de tierras agrícolas en el mundo, lo que representa aproximadamente el 26% de toda la tierra plantada con cereales en el mundo [10].

En la siembra de precisión, es imperativo colocar las semillas una por una de manera precisa y en el espacio deseado. En este contexto, mientras el ajuste de la norma de siembra en el

período previo a la siembra con maquinaria se hacía en relación “kg/área”, últimamente se prefiere la relación “número de semillas/área”. Especialmente el número de semillas que es necesario alterar en una unidad de área para cultivos en hileras (número de semillas/área) se utiliza como especificación del catálogo para una semilla. Por ejemplo, para las variedades de maíz: Bora: 7500–8000, Hido: 9000–10 000, Shermal: 8000–8500 plantas/da; para girasoles Oliva CL:5000–5500, Siena: 6000–7000 planta/da. La mejor manera de garantizar esto es operar adecuadamente la unidad dosificadora de semillas, que es la fórmula clave de la sembradora. Porque la unidad dosificadora de semillas afecta directamente la uniformidad de la distribución de semillas [11], [12], [13]. A lo largo del desarrollo histórico de esta maquinaria, la unidad dosificadora de semillas ha sido la unidad más popular como tema de mejora. Sin embargo, los estudios sobre la movilización de la unidad dosificadora de semillas han sido bastante limitados hasta hace poco. El movimiento que las sembradoras reciben de la rueda pasa a través de varios miembros de transmisión como cadenas, engranajes, ejes y correas para llegar a la unidad dosificadora de semillas.

Como parte fundamental de la siembra de maíz, la siembra de maíz afecta directamente el rendimiento y la calidad del maíz. Las sembradoras tradicionales con dispositivo dosificador de semillas accionado por ruedas no pueden cumplir con los requisitos de siembra de alta calidad. Por lo tanto, se requiere de un diseño que optimice adecuadamente la distribución homogénea del maíz en el terreno de cultivo.

(Chuan Li, 2023) [14]; diseñó un dispositivo dosificador de semillas de precisión de alta velocidad para llenado y limpieza centrífuga para maíz basado en el principio de fuerza centrífuga generada por el movimiento circular de alta velocidad de las semillas. Mediante análisis y cálculos teóricos, la bandeja de semillas y la carcasa frontal del dispositivo dosificador de semillas están diseñados de manera que las semillas puedan utilizar la fuerza centrífuga para llenar, limpiar, liberar y devolver. El dispositivo dosificador de semillas tiene una estructura simple y puede realizar una siembra precisa y de alta velocidad. Se realizó un experimento de superficie de respuesta de diseño compuesto central con velocidades de

alimentación y siembra como factores experimentales, y la tasa de omisión, tasa de repetición y tasa de aprobación como índices de evaluación del desempeño. A través de la optimización del experimento de la superficie de respuesta, se dedujo que el mayor rendimiento de siembra se logró cuando las velocidades de alimentación y siembra fueron de 18,72 semillas/s y 15,12 km/h, respectivamente. En estas condiciones, las tasas de omisión, repetición y aprobación fueron de 2,21, 5,21 y 92,58%, respectivamente. Los resultados del experimento de superficie de respuesta mostraron que, cuando la velocidad de siembra del dispositivo centrífugo de llenado y limpieza de semillas de precisión de alta velocidad para maíz está en el rango de 10 a 20 km/h, la tasa de paso puede ser superior al 90%. Además, la curva de velocidad de alimentación y siembra obtenida de los resultados del experimento en banco es efectiva y confiable, lo que permite que el dispositivo dosificador de semillas logre una siembra de precisión en un rango de velocidad de 10 a 20 km/h. La potencia del dosificador de semillas por aspiración de aire es de 470,24 W cuando se siembra a una velocidad de 14 km/h. Además, la potencia del dispositivo dosificador de semillas de precisión de alta velocidad, llenado y limpieza centrífugo es de sólo 10,94 W cuando se siembra a una velocidad de 20 km/h, y el consumo de energía durante la siembra es mucho menor que el de la dosificación de semillas por succión de aire. dispositivo que realiza una producción más limpia.

(Pareek,2023) [15], desarrolló un sistema de control de dosificación de semillas mecatrónico integrado que utiliza un motor eléctrico en lugar de una rueda de contacto con el suelo para impulsar las unidades dosificadoras de semillas para abordar los desafíos asociados con las sembradoras convencionales. Este sistema estaba compuesto principalmente por un motor eléctrico, un controlador de motor, interruptores de relé, una placa de microcontrolador, un sensor de radar y una batería de 12 V. El sistema desarrollado se incorporó a una sembradora de placa inclinada convencional y el rendimiento de la sembradora de prueba se evaluó en los modos impulsado por motor

eléctrico (EMD) y impulsado por ruedas terrestres (GWD). Los resultados de las pruebas de campo demostraron una mejora significativa en la uniformidad del espaciamiento de semillas con el modo EMD en comparación con el modo GWD, a través de un aumento del 8,12 al 21,32 % en el índice de calidad del alimento y una reducción del 11,82 al 19,73 % en la precisión entre un rango de velocidad de 1,6 a 4,8 km/h. Estos hallazgos confirman la eficacia del sistema de control recientemente desarrollado para abordar el problema del espaciamiento no uniforme de las semillas en las sembradoras convencionales.

(Xiaojun, 2021) [16], presenta un estudio numérico sobre los movimientos de las partículas de semillas en un novedoso dispositivo dosificador de semillas de alta velocidad basado en el método de elementos discretos. Los efectos de parámetros clave, incluida la velocidad de entrada de las partículas, las tasas de alimentación y el ángulo del elemento limpiador de semillas, se investigan mediante una serie de experimentos numéricos controlados. Los resultados muestran que, en el área de llenado de semillas del dispositivo, una mejor coincidencia entre la velocidad de las partículas y la velocidad lineal tangencial de la placa de siembra puede mejorar el rendimiento del llenado de semillas. La cantidad de partículas que quedan en el dispositivo dosificador es un factor importante que afecta el rendimiento del dispositivo. Una gran cantidad de partículas en el dispositivo da como resultado una mayor siembra múltiple, y una pequeña cantidad provoca más siembra por fugas. En las condiciones de velocidad de rotación del plato de siembra a 194,5 rpm (correspondiente a la alta velocidad de avance de 14 km/h), la velocidad de alimentación de ~14 semillas/s puede garantizar que se mantengan alrededor de 24 partículas de semillas en el dispositivo, lo que genera una fuga mínima y siembra múltiple. Los estudios del efecto del ángulo del elemento de limpieza de semillas muestran que un ángulo apropiado (por ejemplo, 30°) puede mejorar eficazmente la capacidad de limpieza, aumentar la estabilidad uniforme del refluj de partículas y mejorar el rendimiento de la siembra.

La función principal de la siembra mecanizada reside en proporcionar condiciones óptimas para la germinación inmediata y el crecimiento saludable de las semillas. En este

sentido, la sembradora se erige como una herramienta agrícola de impacto directo en la producción de cosechas al garantizar la distribución adecuada de semillas por hectárea, la profundidad de siembra, el contacto apropiado con la tierra, así como las condiciones ideales de temperatura y humedad para el desarrollo de los cultivos (Polanco, 2007).

A partir de los hallazgos de la investigación, se desarrollará un modelo experimental de sembradora de maíz de precio accesible con el objetivo de optimizar la eficacia del proceso de siembra, aliviar la carga física de los agricultores y acortar los tiempos de producción relacionados con la siembra. Al mismo tiempo, el diseño de este prototipo de sembradora de maíz fomenta el progreso de la tecnología agrícola en la zona de Lambayeque.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuál sería la metodología adecuada para crear un modelo experimental de máquina sembradora de maíz que brinde una herramienta fácil y eficaz, especialmente adaptada a los pequeños agricultores de maíz en Lambayeque?

## **1.3. Hipótesis.**

No aplica

## **1.4. Objetivos.**

### **Objetivo general.**

Diseñar el sistema mecánico dosificador para semillas de maíz en la región de Lambayeque.

### **Objetivos específicos.**

- Seleccionar el mejor diseño conceptual de la máquina dosificadora según el procedimiento de diseño en ingeniería según norma VDI 2221.
- Dimensionar los componentes mecánicos de la dosificadora utilizando criterios de

resistencia mecánica a la fatiga, seleccionado el material adecuado considerando estándares y normas vigentes.

- Validar la resistencia a la fatiga de los elementos críticos de la máquina dosificadora utilizando software CAE.

## **1.5. Teorías Relacionadas al tema.**

### **Requisito de Siembra del Maíz Amarillo Duro (MAD):**

La siembra exitosa del Maíz Amarillo Duro (MAD) implica una cuidadosa consideración de los requisitos ambientales específicos que influyen en su desarrollo y rendimiento óptimo. Este cultivo, conocido por su versatilidad y aplicación en diversas industrias, desde la alimentaria hasta la producción de biocombustibles, demanda condiciones ambientales particulares para alcanzar su máximo potencial.

En primer lugar, el clima juega un papel crucial en la siembra del MAD. Este maíz prefiere climas cálidos y temperaturas moderadas. Una temperatura promedio entre 20 y 30 grados Celsius se considera ideal para su crecimiento, con una estación de crecimiento que abarca aproximadamente de 90 a 120 días. Es fundamental evitar condiciones extremas de temperatura que puedan afectar negativamente la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas.

La cantidad y distribución de las precipitaciones son factores determinantes para el cultivo del MAD. Aunque el maíz es resistente a la sequía en ciertas etapas de su desarrollo, se beneficia de un suministro adecuado de agua durante su fase crítica de floración y formación de granos. La distribución equitativa de las lluvias a lo largo de la temporada de crecimiento es esencial para evitar periodos de sequía que podrían afectar negativamente el rendimiento del cultivo.

El suelo es otro elemento crucial que influye en la siembra del MAD. Este maíz prefiere suelos bien drenados y fértiles, con un pH que oscile entre 5.8 y 7.5. La preparación adecuada

del suelo antes de la siembra, que incluye la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales, contribuye a crear las condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas.

La altitud también desempeña un papel en los requisitos ambientales del MAD. Aunque puede adaptarse a diversas altitudes, generalmente se prefiere una altitud moderada para garantizar temperaturas dentro de los rangos ideales y evitar condiciones extremas que podrían afectar negativamente el rendimiento.

### **Características Clave de las Semillas de Maíz Amarillo Duro (MAD) para la Siembra Exitosa**

La elección adecuada de semillas es un factor fundamental para asegurar una siembra exitosa y una cosecha óptima de Maíz Amarillo Duro (MAD). Las semillas de MAD, al ser la base de todo el proceso de cultivo, deben poseer características específicas que garanticen un desarrollo saludable de las plantas y un rendimiento superior. A continuación, se detallan las características clave que se deben buscar en las semillas de MAD para lograr una siembra fructífera:

- **Pureza Genética:**

Las semillas de MAD deben exhibir una pureza genética que garantice la uniformidad del cultivo. Esto implica que las semillas deben ser genéticamente estables y libres de impurezas o contaminaciones que puedan afectar negativamente la homogeneidad de la planta y, por ende, el rendimiento final.

- **Vigor y Viabilidad:**

El vigor de la semilla es esencial para una germinación rápida y robusta. Las semillas de MAD deben exhibir un alto grado de viabilidad, lo que se traduce en la capacidad de germinar en condiciones adecuadas. La elección de semillas vigorosas contribuye a un establecimiento temprano de las plantas y, por ende, a un ciclo de crecimiento más saludable.

- **Tamaño y Peso Uniformes:**

La uniformidad en el tamaño y peso de las semillas es crucial para lograr una distribución homogénea durante la siembra. Esto asegura una densidad adecuada de plantas por hectárea y evita competencia innecesaria entre ellas, favoreciendo un desarrollo equitativo y un aprovechamiento eficiente de los recursos.

- Resistencia a Enfermedades y Plagas:

La resistencia a enfermedades y plagas es una característica deseada en las semillas de MAD. La presencia de resistencia genética puede ayudar a proteger el cultivo contra patógenos y organismos perjudiciales, reduciendo la necesidad de tratamientos fitosanitarios y promoviendo una producción más sostenible.

- Adaptabilidad al Medio Ambiente Local:

Las semillas de MAD deben ser seleccionadas considerando las condiciones específicas del entorno de siembra, incluyendo el clima, la altitud y las características del suelo en la región. La adaptabilidad al medio ambiente local contribuye a un mejor rendimiento y a la resistencia frente a factores adversos.

### **Características físicas y geométricas de la semilla MAD**

Las semillas del Maíz Amarillo Duro (MAD), desde una perspectiva ingenieril, exhiben características físicas y geométricas que desempeñan un papel crucial en su rendimiento durante la siembra y el desarrollo subsiguiente de las plantas. A continuación, se detallan estas características con enfoque cuantitativo:

- Tamaño:

El tamaño promedio de las semillas de MAD varía entre 10 y 15 milímetros de longitud y 6 a 9 milímetros de ancho, lo que contribuye a una capacidad de almacenamiento de reservas nutricionales sustancial para el embrión, favoreciendo un vigor inicial durante la germinación.

- Forma:

La formageométrica de las semillas tiende a ser ovalada, con una relación de aspecto de aproximadamente 1.5:1, lo que optimiza su capacidad para encajar en los surcos de

siembra, garantizando una distribución uniforme.

- Color:

El color característico de las semillas de MAD es un amarillo intenso, con un valor promedio de luminosidad de 80 en la escala Lab\*, lo cual las hace fácilmente distinguibles y reconocibles.

- Textura de la Cubierta de la Semilla:

La textura de la cubierta exterior es lisa y dura, con una rugosidad superficial de menos de 0.2 micrómetros, proporcionando una barrera protectora eficaz para el embrión y las reservas nutricionales.

- Peso:

El peso medio de una semilla de MAD oscila entre 200 y 250 miligramos, afectando directamente la densidad de siembra. Se busca una densidad de siembra de aproximadamente 60,000 a 80,000 semillas por hectárea para optimizar el rendimiento.

- Espesor:

El espesor de la semilla, medido en el punto de mayor convexidad, es de alrededor de 3 a 4 milímetros, contribuyendo a una eficiente absorción de agua durante la germinación.

- Contenido de Humedad:

El contenido de humedad óptimo en las semillas de MAD se sitúa en torno al 12%, garantizando una mayor viabilidad y longevidad durante el almacenamiento.

## **Métodos Cuantitativos de Siembra para el Maíz Amarillo Duro (MAD)**

La elección del método de siembra para el Maíz Amarillo Duro (MAD) implica consideraciones cuantitativas esenciales para optimizar la densidad de plantación y garantizar un rendimiento eficiente. Estos métodos, respaldados por datos numéricos, son fundamentales para maximizar el potencial de la cosecha.

- Distancia Entre Plantación:

En el caso del MAD, se recomienda una distancia entre surcos de aproximadamente

75 a 80 centímetros. Dentro de los surcos, la separación entre semillas se mantiene en torno a 20 a 25 centímetros. Este enfoque resulta en una densidad de siembra que oscila entre 60,000 y 70,000 plantas por hectárea. Asignar un número específico de semillas por agujero, por ejemplo, dos semillas por hoyo, permite un control más preciso de la densidad de siembra.

- Profundidad de Siembra:

La profundidad óptima para la siembra del MAD se encuentra entre 4 y 5 centímetros. Esta medida asegura que las semillas absorban la humedad adecuada para una germinación uniforme. La implementación de tecnologías precisas de siembra permite ajustar la profundidad con precisión, contribuyendo a un establecimiento homogéneo de las plántulas.

- Número de Semillas por Agujero:

Al asignar un número específico de semillas por agujero, por ejemplo, dos semillas por hoyo, se mejora la uniformidad y la distribución de las plántulas en el campo. Este enfoque cuantitativo contribuye a un uso eficiente de las semillas y favorece un desarrollo equitativo de las plantas.

- Número de Semillas por Hectárea:

Con una densidad de siembra que varía entre 60,000 y 70,000 plantas por hectárea y considerando el número de semillas por agujero, se puede calcular el número total de semillas por hectárea. Por ejemplo, con una densidad de 65,000 plantas por hectárea y dos semillas por hoyo, la cantidad total sería de 130,000 semillas por hectárea.

**Tabla 1: Densidad de siembra del MAD**

<b>Método</b>	<b>Valor</b>
Distancia entre surcos	75 - 80 cm
Separación entre semillas	20 - 25 cm
Profundidad de siembra	4 - 5 cm

Densidad de siembra	60,000 - 70,000 plantas/ha
Número de semillas por hoyo	2 semillas
Número total de semillas por hectárea	130,000 semillas/ha

- Máquinas de Siembra y Tecnologías Precisas:

El uso de sembradoras neumáticas ajustadas para una tasa de siembra específica, respaldadas por tecnologías precisas como sistemas de posicionamiento global (GPS) y controladores de sección, garantiza una distribución exacta de las semillas. Estas tecnologías mejoran la eficiencia y contribuyen a una siembra precisa.

### **Estado del arte de las sembradoras de semillas:**

Las sembradoras-dosificadoras de semillas representan un componente esencial en la moderna maquinaria agrícola, desempeñando un papel crítico en la optimización de la siembra de cultivos a gran escala. A través de una revisión bibliográfica exhaustiva, se pueden identificar avances significativos en el diseño y la tecnología de estas máquinas agrícolas.

En el trabajo de Pérez et al. (2018) [17], se destaca la importancia de la precisión en la dosificación de semillas para mejorar la uniformidad en la distribución de las plantas en el campo. El estudio analiza sistemas de dosificación de última generación que incorporan tecnologías avanzadas, como sensores de imágenes y sistemas de control automático, para lograr una siembra más eficiente y precisa.

Por otro lado, el trabajo de Gutiérrez y Martínez (2020) [18] profundiza en la evolución de los mecanismos dosificadores, destacando la implementación de sistemas de dosificación por conductos neumáticos y sistemas de dosificación por platos rotativos. Este estudio resalta la importancia de la adaptabilidad de la dosificación a diferentes tipos de semillas y

condiciones del suelo.

En términos de innovación tecnológica, el artículo de Cheng y Li (2019) [19], explora la integración de la inteligencia artificial y la teledetección en las sembradoras-dosificadoras. La investigación demuestra cómo el uso de algoritmos de aprendizaje automático puede mejorar la toma de decisiones durante la siembra, ajustando automáticamente la dosificación según las condiciones específicas del terreno.

Adicionalmente, el estudio de Smith et al. (2021) [20] examina la influencia de la velocidad de avance en la dosificación precisa de semillas. Los resultados revelan la importancia de ajustar la velocidad de siembra para garantizar una dosificación uniforme, lo que destaca la necesidad de sistemas de control sofisticados para adaptarse a diversas velocidades de operación.

### **Tipos de dosificadores de semillas**

En el caso de las sembradoras que cuentan con un sistema de dosificación mediante rodillos, estas incluyen uno o varios rodillos dosificadores instalados en un eje que gira. Estos rodillos pueden tener diversas configuraciones, como rodillos estriados, rodillos con dientes o con cucharillas. El rodillo estriado, que usa un cilindro con muescas para permitir que un conjunto de semillas entre en contacto con el fondo de la tolva, es la opción más frecuente. Este cilindro, impulsado por un eje, logra sacar un flujo constante de semillas de la tolva. Además, utiliza una cubierta envolvente y flotante para evitar que las semillas se deterioren, proporcionando una solución económica y confiable. Por otro lado, el rodillo con dientes externos permite un arrastre uniforme de las semillas, aunque requiere un sistema de engranajes intercambiables para ajustar la cantidad de siembra. En cuanto a los dosificadores con cucharillas o cangilones, que se asemejan a una rueda de agua, extraen las semillas de la tolva, tratando las semillas con cuidado, aunque pueden tener problemas de dosificación cuando la máquina se ve afectada por las irregularidades del terreno y los cangilones se vacían.

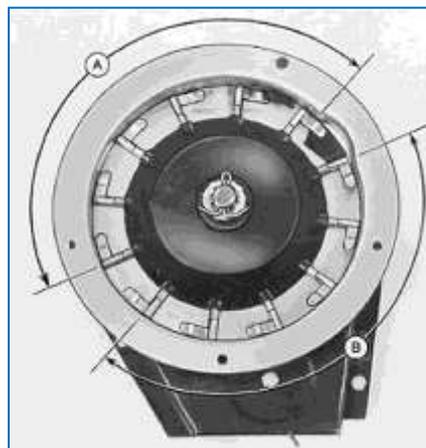
La selección del sistema de dosificación adecuado para un tamaño específico de semilla se presenta en la Tabla 2, proporcionando orientación para elegir el mecanismo apropiado según las características de las semillas que se van a usar.

**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	-	-	-	-	+

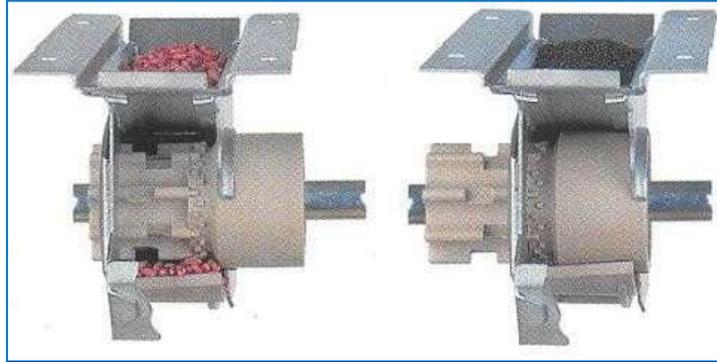
++adecuado; +admisible; - desaconsejado

Fuente: (Márquez, 1999)



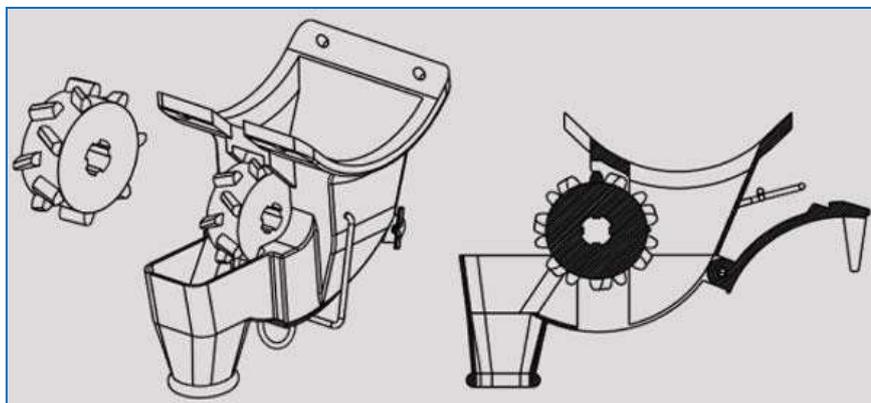
**Figura 1 Dosificador de cucharillas**

Fuente: (Manual de semillas, 2020)



**Figura 2: Dosificador de cilindros acanalados**

Fuente: (Boletín Agrario, s.f.)



**Figura 3 Dosificador con forma de dientes en V**

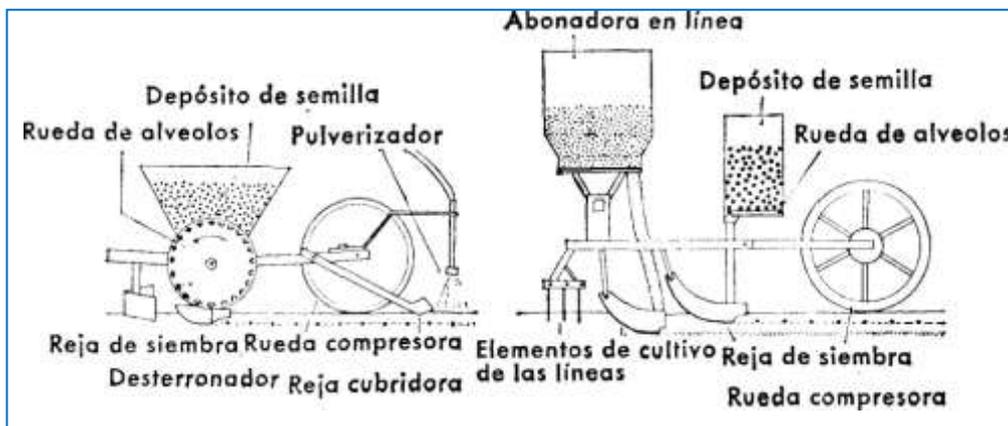
Fuente: (Bertini líder en siembra directa, s.f.)

### **Funcionamiento de una sembradora.**

Realizar la apertura del espacio para la siembra de las semillas. Este proceso se ejecuta con cuchillas redondas, ya sea un solo disco concavo o dos discos planos, especialmente diseñados para suelos densos. Para suelos más sueltos, se usan cuchillas surcadoras, como las de tipo bota, sable, cincel, entre otras. Estos componentes están montados en el chasis y se ajustan a la topografía del terreno.

Liberar la cantidad de semillas y colocarlas en el espacio creado previamente. Esto se realiza con dosificadores y conductos de descarga.

Enterrar las semillas en el espacio. Aunque la cuchilla surcadora puede realizar esta tarea, también se pueden emplear otras herramientas como cuchillas adicionales, rastras, cadenas, entre otras. Compactar el suelo sobre las semillas, empleando rodillos, con el propósito de fomentar la retención de humedad alrededor de las semillas.



**Figura 4 Elementos constructivos de una sembradora de precisión**

Fuente: (Ruiz, 1971)

## **II. MATERIALES Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de investigación.**

La estrategia metodológica utilizada en este estudio se basa en el enfoque de etapas del proceso de diseño, siguiendo en particular las pautas definidas por la regulación alemana VDI 2221, titulada "Metodología de Diseño en Ingeniería". Este documento proporciona las pautas esenciales que configuran el plan metodológico de diseño para el presente estudio.

Siguiendo la perspectiva de Riba (2002), el modelo de fases del proceso de diseño se puede describir en cuatro niveles de definición que determinan los resultados obtenidos en cada una de las fases sucesivas (página 78).

La guía VDI sigue un enfoque sistemático integral, comenzando por analizar y comprender exhaustivamente el problema. Posteriormente, se descompone en problemas secundarios, se identifican soluciones adecuadas para cada uno de ellos, y finalmente, se integran estas soluciones secundarias en una solución general (Cross, 2002).

La naturaleza de este estudio es de tipo aplicado, ya que se enfoca en analizar las características físicas del maíz con el objetivo de crear un diseño para una máquina de surtidora de maíz. Este enfoque se realiza conforme a las regulaciones y estándares relevantes para esta aplicación específica. La metodología de la investigación adopta un enfoque analítico, centrado en las variables asociadas con las propiedades físicas del maíz, así como en las características mecánicas del material y la configuración de los componentes de la máquina esparcidora, de acuerdo con las normativas vigentes.

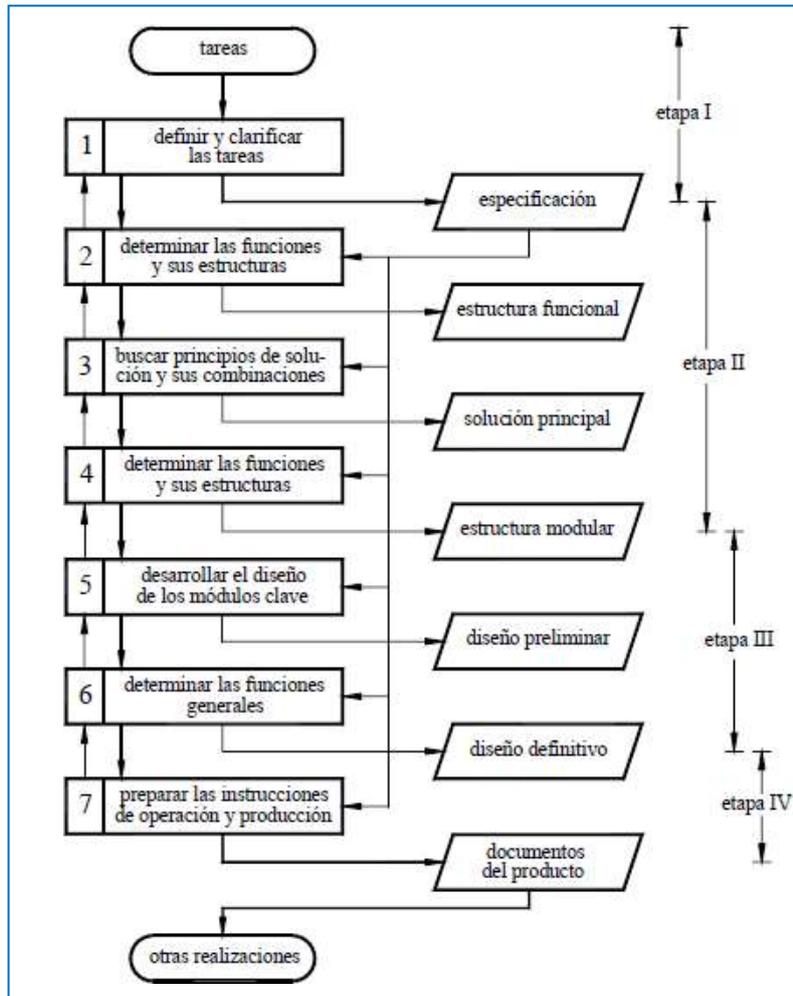


Figura 5 Etapas del proceso de diseño según la VDI 2221

Fuente: (Riba, 2002)

## 2.2. Variables, Operacionalización

### Variables Independientes:

Densidad de dosificación

Geometría de la semilla

### Variables Dependientes:

Resistencia de la máquina

Velocidad de avance de la máquina

**Tabla 3 Tabla de operacionalización de variables**

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
Geometría de la Semilla	Características físicas y geométricas de la semilla de maíz.	Medición de parámetros como longitud, diámetro y forma de la semilla.	Longitud, Diámetro, Forma	Longitud en milímetros, Diámetro en milímetros, Forma según índices geométricos.	Escala métrica, calibrador	Medidor de geometría	Valor numérico específico	Independiente	Intervalo o Ratio
Densidad de Dosificación	Cantidad de semillas por unidad de área en el proceso de siembra.	Recuento de semillas por área específica durante el proceso de siembra.	Cantidad por Área	Número de semillas por metro cuadrado o hectárea.	Cuadro de recuento	Contador de semillas	Valor numérico específico	Independiente	Ratio
Resistencia de la Máquina	Capacidad de la máquina para soportar cargas durante la operación.	Medición de la fuerza o resistencia aplicada a la máquina durante la operación.	Fuerza	Niveles de fuerza aplicados durante la prueba de resistencia.	Dinamómetro	Equipo de prueba de fuerza	Valor numérico específico	Dependiente	Ratio
Velocidad de Avance de la Máquina	Rapidez con la que la máquina se desplaza durante la operación.	Medición del tiempo y la distancia recorrida durante la operación de la máquina.	Tiempo, Distancia	Tiempo en segundos, Distancia en metros o hectómetros.	Cronómetro, Distancia metro	Equipo de medición de tiempo y distancia	Valor numérico específico	Dependiente	Ratio

### 2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población de Estudio:

La población de estudio comprende a los agricultores dedicados al cultivo de

maíz en la región de Lambayeque. Este grupo constituye la base de la investigación, ya que su experiencia y necesidades son cruciales para el diseño del sistema mecánico dosificador.

Muestra:

La muestra estará conformada por un número específico de agricultores de maíz de la región de Lambayeque. Se seleccionarán participantes que representen de manera efectiva las diversas características y desafíos asociados con el cultivo de maíz en esta área geográfica.

Criterios de Selección:

Los criterios de selección para la inclusión en la muestra implicarán que los agricultores cumplan con los siguientes aspectos: ser productores activos de maíz en la región de Lambayeque, tener experiencia previa en el uso de sistemas dosificadores o enfrentar desafíos específicos relacionados con la siembra de maíz que el nuevo diseño pueda abordar.

Este enfoque permitirá obtener información valiosa de aquellos directamente involucrados en el cultivo de maíz en Lambayeque, asegurando la relevancia y aplicabilidad del diseño propuesto del sistema mecánico dosificador para semillas de maíz.

#### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

Entrevistas:

Se llevarán a cabo entrevistas estructuradas con los agricultores de maíz en la región de Lambayeque.

Instrumento: Guía de entrevista predefinida para asegurar la consistencia y cobertura de los temas relevantes.

**Tabla 4 Formato de lista de exigencias**

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

Fuente: (Riba, 2002)

Observación Directa:

Observación in situ de los procesos actuales de siembra de maíz y el manejo de los dosificadores existentes.

Instrumento: Lista de verificación para registrar observaciones específicas sobre el uso y desafíos encontrados con los sistemas dosificadores actuales.

Encuestas:

Aplicación de encuestas estructuradas para recopilar datos cuantitativos sobre las necesidades y preferencias de los agricultores en relación con el diseño del sistema

dosificador.

Instrumento: Cuestionario diseñado para obtener respuestas específicas y medibles.

Validez:

Validez de Contenido: Se garantizará mediante la revisión de expertos en el área de maquinaria agrícola y diseño mecánico para confirmar que los instrumentos de recolección de datos aborden adecuadamente los objetivos de la investigación.

Validez de Construcción: Se evaluará mediante análisis estadístico de los datos recopilados para asegurar que las medidas utilizadas reflejen con precisión las variables que se intentan medir.

Confiabilidad:

Confiabilidad Interjueces: Se llevará a cabo para las entrevistas y observaciones, utilizando múltiples investigadores para evaluar la consistencia en la interpretación de datos y observaciones.

Pruebas de Consistencia Interna: Se aplicarán para las encuestas mediante el análisis de la consistencia de las respuestas a través de diferentes ítems relacionados.

Estas técnicas e instrumentos de recolección de datos buscan obtener información detallada y precisa para respaldar el diseño del sistema mecánico dosificador, y se implementarán medidas rigurosas de validez y confiabilidad para garantizar la calidad de los datos recopilados.

## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

Transcripción y Codificación:

Las entrevistas y respuestas de las encuestas se transcribirán y codificarán para facilitar el manejo y la categorización de la información. Análisis cualitativo para identificar patrones emergentes en las respuestas de los agricultores.

#### Análisis de Observaciones:

Se analizarán las observaciones directas recopiladas durante la observación in situ de los procesos de siembra y el uso de los dosificadores actuales. Análisis cualitativo para identificar problemas y áreas de mejora en los sistemas existentes.

#### Análisis Estadístico de Encuestas:

Se aplicará análisis estadístico descriptivo para examinar las respuestas cuantitativas de las encuestas. Análisis cuantitativo para identificar tendencias, preferencias y relaciones entre las variables medidas.

#### Triangulación de Datos:

Se compararán y contrastarán los hallazgos de las entrevistas, observaciones y encuestas para obtener una comprensión más completa y robusta. Utilización de métodos mixtos para enriquecer la comprensión global del diseño del sistema mecánico dosificador.

#### Análisis de Consistencia Interna:

Se aplicará a las respuestas de las encuestas para evaluar la consistencia y fiabilidad de las medidas utilizadas.

Análisis cuantitativo para asegurar que las respuestas sean coherentes en relación con las variables subyacentes.

#### Análisis de Temas y Categorías:

Se identificarán temas y categorías clave emergentes de los datos cualitativos recopilados durante las entrevistas. Análisis cualitativo para explorar a fondo las percepciones y experiencias de los agricultores.

## **2.6. Criterios éticos**

La base ética de este proyecto de investigación se sustenta en principios esenciales, resaltando valores como compromiso, responsabilidad y sinceridad. Estos valores se derivan

de dos fuentes fundamentales: el Código de Ética del Colegio de Ingenieros (CIP, 1999) y el Código de Ética de Investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS, 2017).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.3. Resultados

##### Lista de Requisitos:

Se consideran las características como requisitos o preferencias.

Requisito (R): Es la especificación que debe ser alcanzada para cumplir con el propósito de la máquina.

Preferencia (P): Es la especificación que no es obligatoria pero que mejorarían ciertas características de la máquina.

Tabla 5 *Lista de requisitos*

LISTA DE REQUISITOS			
<b>PROYECTO:</b>		MÁQUINA SEMBRADORA DE SEMILLAS DE MAÍZ	<b>Fecha:</b>
			<b>Revisado:</b>
<b>CLIENTE:</b>		USS	<b>Elaborado:</b>
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
<b>Función</b>	E	Sembrar las semillas de forma rápida y eficiente para satisfacer las necesidades de siembra de los agricultores. Rendimiento: una hectárea en un día de trabajo y con una sola persona.	A.F.A.C
<b>Geometría</b>	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
<b>Cinemática</b>	E	Al mover las partes mecánicas de la herramienta, los granos no deben acumularse ni bloquear la salida.	A.F.A.C
<b>Fuerzas</b>	E	La máquina debe resistir las fuerzas durante el trabajo sin dejar de ser ligera.	A.F.A.C
		La máquina debe soportar las fuerzas en plena carga sin que	

		sus componentes se deformen.	
<b>Energía</b>	E	La energía será proporcionada exclusivamente por la fuerza humana o con la ayuda de motores.	A.F.A.C
	D	El consumo energético para operar la herramienta no debe tener impacto negativo en el medio ambiente.	
<b>Seguridad</b>	E	Durante la operación, la máquina debe ser segura para el operario.	A.F.A.C
<b>Ergonomía</b>	E	De fácil maniobrabilidad para que su uso sea cómodo para el operario.	A.F.A.C
<b>Fabricación</b>	D	Los materiales utilizados en la fabricación de la máquina deben estar disponibles en Lambayeque.	A.F.A.C
		Los componentes de la máquina deben ser fáciles de producir en cualquier taller.	
<b>Costo</b>	D	La fabricación e implementación de la máquina deben ser viables para un agricultor.	A.F.A.C
		El costo no debe exceder los S/. 1 200.00.	

## Estructura de funciones

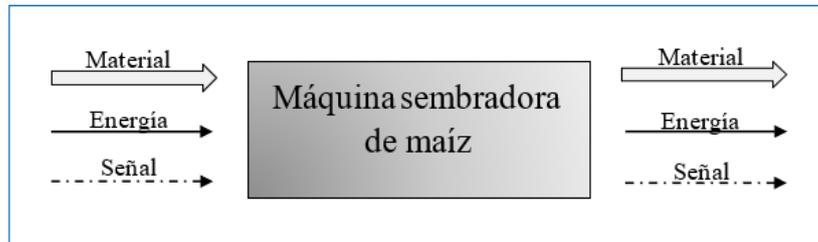


Figura 6 Concepto de caja cerrada

## Organización de funciones

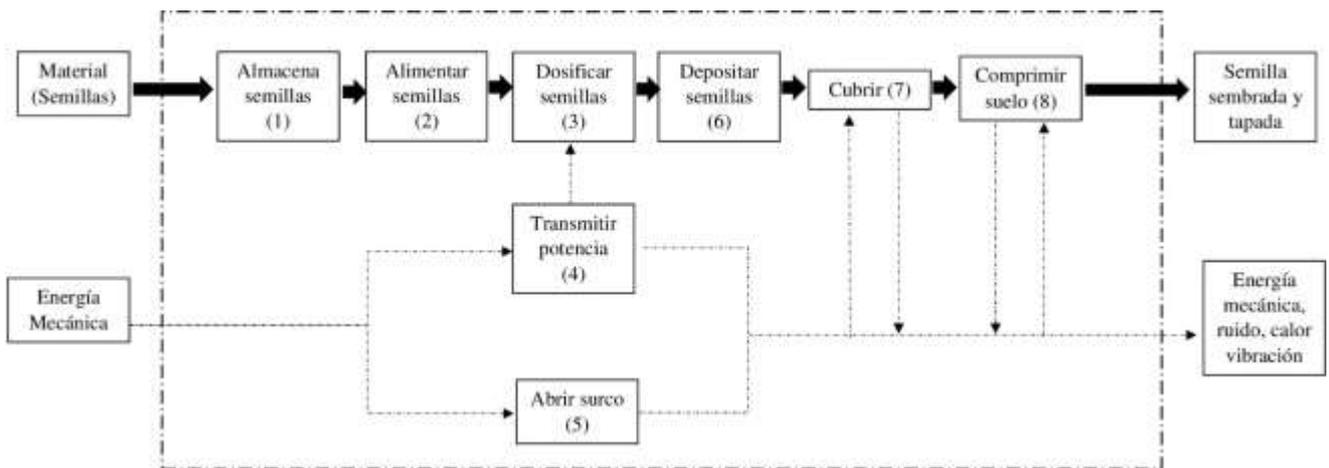


Figura 7 Organización de funciones

### Tabla de análisis morfológico

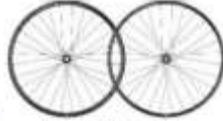
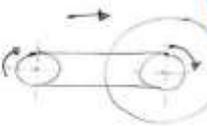
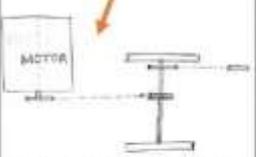
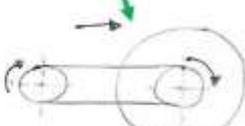
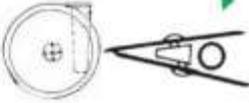
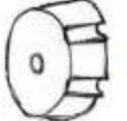
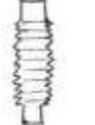
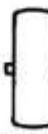
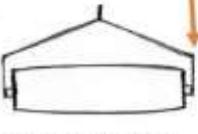
Funciones	Subfunciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Trasladar la máquina		 Rueda de metal	 Rueda de bicicleta	
Transmitir potencia		 Empuje del operario + Cadena	 Motor a gasolina + cadenas	 Empuje del operario + Cadena
Almacenar	Alertar tolva vacía	 Tolva + Aditivo electrónico (Alarma)		 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 8 Matriz morfológica

## Conceptos solución

### a. Solución 01 (S01)

Este diseño integra un depósito provisto de una señal de advertencia de recarga de semillas. Emplea una cadena como medio de transmisión de energía para el dosificador de cilindro estriado. Contiene un surcador de formato bota para la apertura del espacio y un conducto de PVC ondulado para la salida de las semillas. Asimismo, incluye una cadena de tracción para cubrir el espacio y una rueda compactadora. La orientación y el impulso son suministrados por el operador.

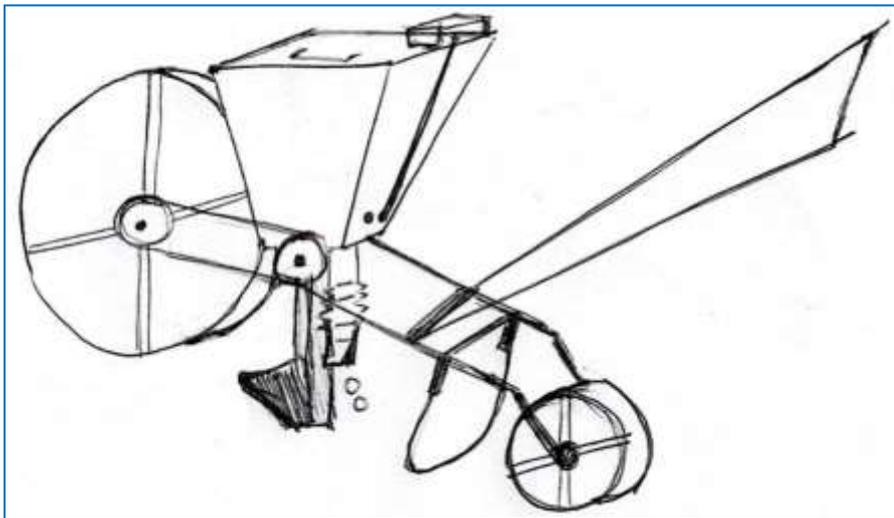
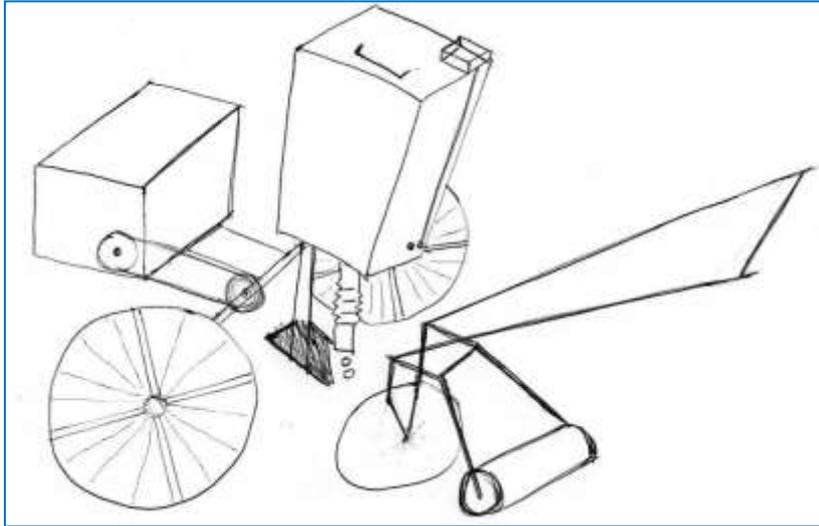


Figura 9 Esquema de solución 01

### b. Solución 02 (S02)

Este diseño presenta una tolva que cuenta con una señal de alerta para indicar la necesidad de reponer semillas. Utiliza dos neumáticos laterales provenientes de bicicletas y emplea cadenas de rodillos como sistemas de transmisión de potencia, conectando el motor de gasolina al eje de transmisión de los neumáticos y al dispositivo dosificador de rodillo estriado. Está equipado con un surcador de tipo bota diseñado para crear surcos con forma trapezoidal, junto con un conducto de PVC

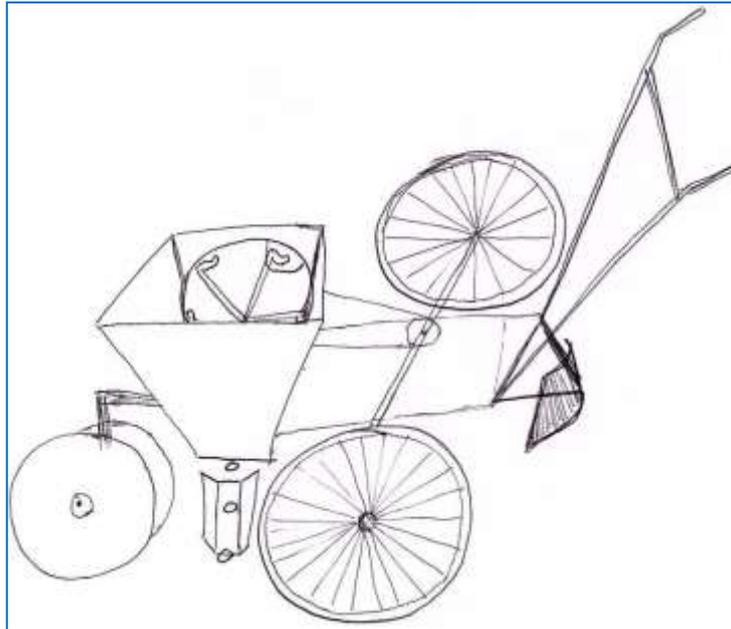
corrugado destinado a la salida de las semillas. Además, incluye un disco inclinado para cubrir el surco con tierra y un rodillo compactador de goma. El motor proporciona la potencia, mientras que la dirección es controlada por el operador.



**Figura 10 Esquema de solución 02**

**c. Solución 03 (S03)**

Este diseño utiliza un contenedor, dentro del cual se ubica el dispensador. Incluye dos neumáticos laterales provenientes de bicicletas y emplea una cadena de rodillos como sistema de transmisión de energía desde el eje de transmisión de los neumáticos hasta el dispensador de cangilones. Además, cuenta con un surcador de doble disco que no solo realiza la apertura del espacio, sino que también actúa como soporte para la sembradora, al mismo tiempo que crea un conducto para la salida de las semillas. Para cubrir el surco, se incluye una rastra, y la compactación de la tierra se logra aprovechando las pisadas del operario. Tanto el impulso como la dirección son proporcionados por el operario.



**Figura 11 Esquema de solución 03**

### **Análisis Técnico:**

Se evalúan los siguientes aspectos:

Aspecto 1 (A1): Simplicidad en la producción, se otorga una puntuación más alta cuando los elementos de la sembradora son fáciles de producir o adquirir.

Aspecto 2 (A2): Facilidad de transporte, se valora con mayor puntuación cuando es más fácil montar y desmontar la máquina para su transporte.

Aspecto 3 (A3): Facilidad de uso, se evalúa con una puntuación más alta cuando la máquina ofrece una mayor comodidad al operador y es fácil de operar.

Aspecto 4 (A4): Eficiencia energética, se otorga una puntuación más alta cuando el sistema utiliza la energía de manera eficiente con pocas pérdidas.

Aspecto 5 (A5): Mantenimiento requerido, se asigna una puntuación más alta al concepto que requiere un mantenimiento mínimo.

Aspecto 6 (A6): Nivel de ruido, se da un puntaje más alto a la solución que genera menos ruido. Todos los aspectos se puntúan de 1 como mínimo a 4 como ideal.

Valor Técnico = Puntuación ponderada / Puntuación máxima.

**Tabla 6 Valoración técnica**

		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

### Evaluación económica

Se toman en cuenta los siguientes parámetros:

Costo aceptable de producción = 1, 200.00 soles

Costo óptimo = 0,7 x Costo

Aceptable = 840.00 soles

Valor Económico = Costo óptimo / Costo Aproximado

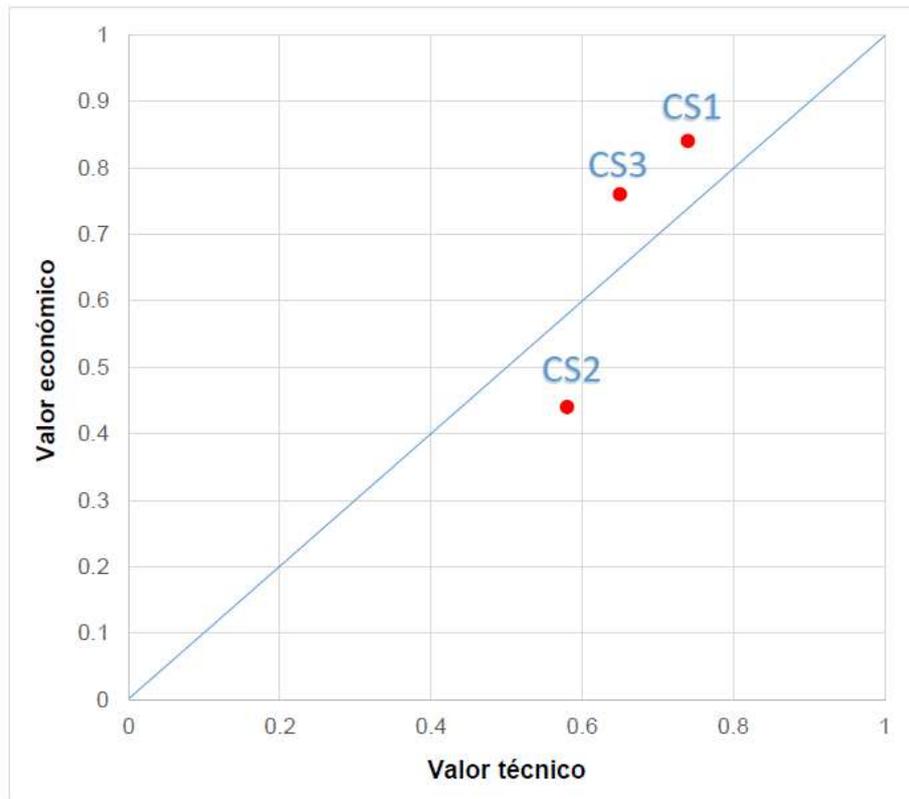
**Tabla 7 Valoración económica**

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

### Valoración técnica y económica de los conceptos de diseño

**Tabla 8 Valoración de los diseños propuestos**

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



**Figura 12 El diagrama de decisión muestra visualmente las opciones disponibles y ayuda a identificar la mejor solución**

De acuerdo con el diagrama de decisión presentado en la Figura 12, se observa que la solución 01 es la opción óptima.

### Densidad de cultivo

Considerando un terreno de 1 hectárea (100 m x 100 m) y las especificaciones técnicas dadas, donde la distancia entre golpes es de 0,25 metros y la distancia entre surcos es de 0,80 metros, con un número de semillas por golpe de 2, podemos calcular la dosis de siembra por metro lineal.

Si se siembran 2 semillas en cada 0,25 metros, la dosis será de 2 semillas dividido por 0,25 metros, lo que resulta en 8 semillas por metro.

En un tramo de 100 metros con surcos separados a 0,80 metros, tendremos un total de 100 metros dividido por 0,80 metros, que da como resultado 125 surcos.

Entonces, para sembrar 1 hectárea, se necesitarán 8 semillas por metro multiplicado por 100 metros y luego por 125 surcos, lo que da un total de 100,000 semillas por hectárea.

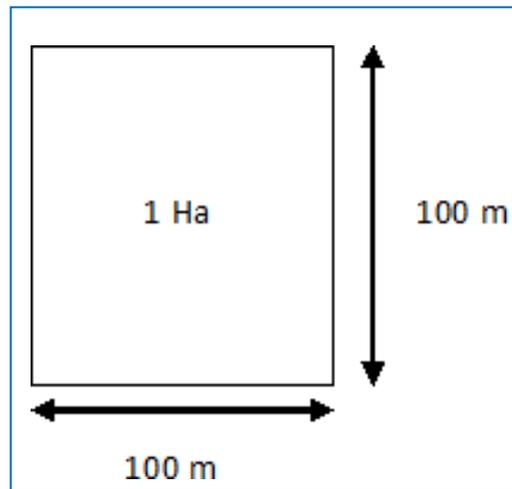


Figura 13 Terreno de una hectárea

### Determinar el tiempo de sembrío de una hectárea

La velocidad aproximada del operario es de 2,5 km/h, que equivale a 0,7 m/s en unidades del Sistema Internacional (SI).

La longitud total recorrida se calcula multiplicando el número de surcos por la distancia de cada surco, que en este caso es de 100 metros:

Longitud total recorrida = Número de surcos \* Distancia por surco = 125 \* 100 = 12,500 metros.

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

El tiempo aproximado de operación del prototipo para sembrar 1 ha se calcula considerando un factor de 1,2 que contempla la recarga de granos y el descanso del operario. Aplicando esta fórmula, obtenemos:

Tiempo aproximado total = 4,96 horas \* 1,2 = 6 horas; así que, se sembrará 1 ha de maíz en aproximadamente 6 horas.

## Contenedor

La tolva, que es el recipiente para los granos de maíz, facilita el ingreso de semillas por gravedad al sistema dosificador. Su forma es similar a la de una pirámide truncada invertida, diseñada así para tener una mayor área de carga en la parte superior y una menor en la descarga de la tolva.

Para su construcción, se emplearán láminas de acero de calidad ASTM A-36 con un grosor de 1,5 mm (1/16").

Considerando que el peso de 1000 semillas es de 300 g, el peso unitario de cada semilla de maíz es de aproximadamente 0,3 g. La densidad de las semillas (medida en g/L) varía entre 700 y 800, tomando un valor intermedio.

$$\delta = 750 \text{ g/L} = 0.75 \text{ g/cm}^3 \quad \text{—}$$

La próxima etapa implica diseñar la tolva con las dimensiones adecuadas para almacenar una cantidad de semillas que genere una carga ligera. Para calcular el volumen de la tolva, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$HV = (A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} + A_{Bm}})$$

Donde: V representa el volumen de la tolva; H representa la altura = 29 cm;  $A_{BM}$  representa

el área de base mayor =  $381 \text{ cm}^2$ ;  $A_{Bm}$  representa el área de base menor =  $28 \text{ cm}^2$

Resolviendo la ecuación obtenemos:

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

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

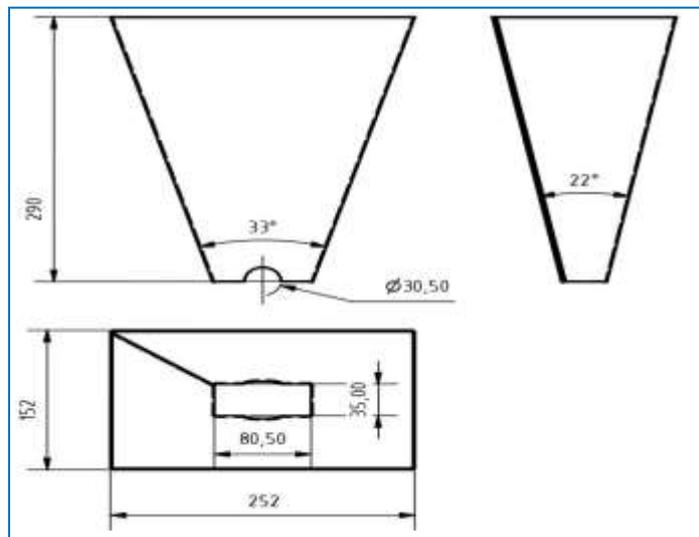
$$\text{Peso de la tolva} = \delta * V$$

$\delta$  representa a la densidad de semilla de maíz =  $0.75 \text{ g/cm}^3$

$V$ : Capacidad de la tolva =  $4,150 \text{ cm}^3$

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

$$g = \text{Peso de la tolva} = 3.11 \text{ Kg}$$



**Figura 14 Detalle de las dimensiones**

El requerimiento de semillas para sembrar 1 hectárea será de 100,000 semillas:

$$D = 100\,000 \text{ semillas} * 0.3$$

$$\frac{g}{\text{semillas}} = 30 \text{ kg/ha}$$

$$N^\circ \text{ de recargas de tolva} =$$

$$\frac{30}{3,11}$$

Si necesitas recargar la tolva 10 veces para sembrar 1 hectárea de maíz, podría significar que la capacidad de la tolva es suficiente para contener la cantidad de semillas necesarias para una hectárea, pero es necesario llenarla 10 veces para cubrir toda la superficie.



**Figura 15 Almacenamiento**

### **Rueda conductora**

La función principal de esta rueda giratoria es transferir energía a una cadena de rodillos que está vinculada al sistema dosificador. Su diámetro externo es de 0,36 metros y se fabricará utilizando placas de acero ASTM A-36 de 3/16 de pulgada de grosor por 2 pulgadas de ancho.

### **Velocidad de giro**

Determinamos la velocidad de giro con la siguiente ecuación:

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

Donde;  $\omega$  representa la velocidad angular; V es la velocidad del operario: 0,7 metros por segundo; D es el diámetro de la rueda = 0,36 metros.

$$\omega = \frac{2(0.7)}{0.36}$$

$$\omega = 3.88 \frac{rad}{s}$$

Velocidad de giro:

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

$$n = 37.1 \text{ rpm}$$

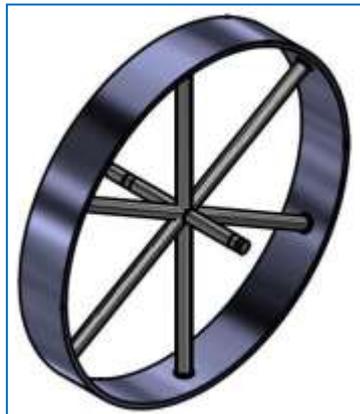
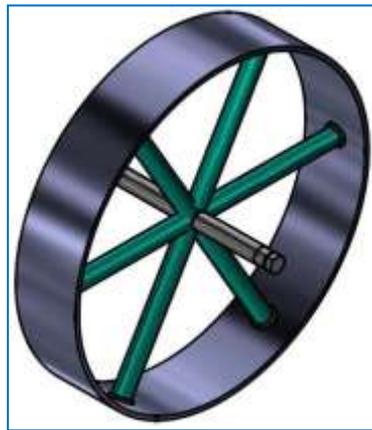


Figura 16 Sistema motriz

## Sistema de compactación

El último componente en el proceso de siembra, la rueda compactadora, desempeña un papel crucial al ejercer una leve presión sobre la tierra que cubre las semillas, completando así la compactación en el surco y favoreciendo la germinación. La rueda tiene un diámetro de 0.25 metros y se fabricará utilizando platina de acero ASTM A-36 con dimensiones de 1/8 de pulgada por 2 pulgadas.



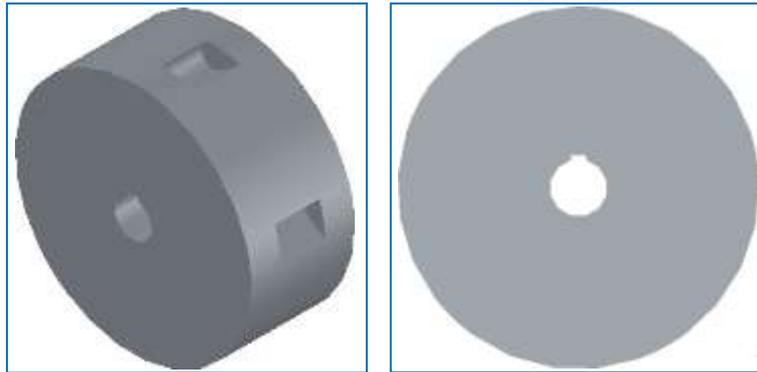
**Figura 17 Elemento de compactación**

## Dosificación de semillas

El dosificador de rodillo acanalado se encuentra ubicado en la parte inferior de la tolva para permitir la entrada de semillas por efecto de la gravedad. Posee la forma de un cilindro con acanaladuras en su perímetro, las cuales están dispuestas en forma de hélice para garantizar un funcionamiento sin obstrucciones de granos, como se muestra en la Figura 18. Al girar sobre su eje, el rodillo captura una cantidad determinada de semillas y las transporta hacia el tubo de descarga para ser depositadas en el

surco.

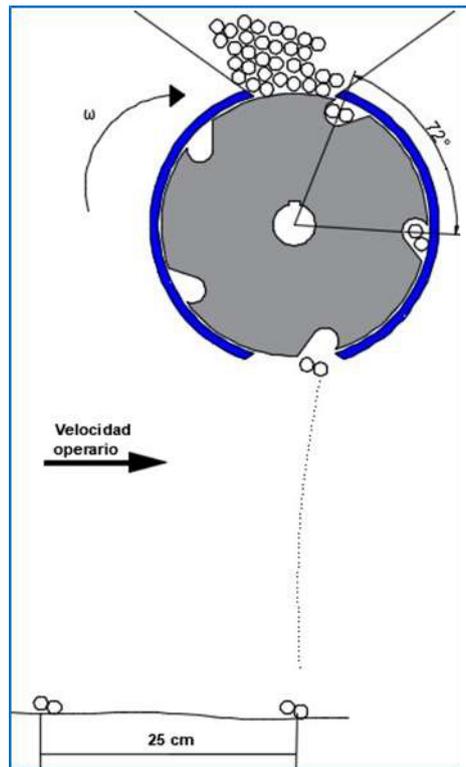
En el diseño del dosificador se consideran tres aspectos fundamentales: el número de acanaladuras, el volumen de estas acanaladuras y el torque necesario para hacer girar el rodillo.



**Figura 18 Detalle de rodillo acanalado**

### **Cantidad de ranuras**

La cantidad de ranuras en el dosificador es fundamental, ya que determina el espacio entre los golpes que se busca lograr en toda la surcadora.



**Figura 19 Sistema de dosificación- paso de las semillas**

El intervalo entre las semillas golpeadas se establece como igual al lapso entre una ranura y la siguiente:

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

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

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

Asumiendo:  $\omega_{\text{rodillo acanalado}} = \omega_{\text{rueda motriz}} = 3,88 \text{ rad/s}$

transmisión  $i = 1$ , tenemos:

, para una relación de

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

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

Por lo tanto,

$$\text{Número de alvéolos} = \frac{360^\circ}{\text{paso}} = \frac{360^\circ}{80,21^\circ} = 5 \text{ ranuras}$$

$$Paso = \frac{360^\circ}{5} = 72^\circ = 1.256 \text{ rad} = \frac{2\pi}{5} \text{ rad}$$

Velocidad de rotación con 5 ranuras:

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

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

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

### Capacidad de las ranuras

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.

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

Donde:  $D$  representa la demanda de semillas = 30 Kg/ha;  $\delta$  es la densidad de las semillas (g/cm<sup>3</sup>) = 0,75;  $V$  es el volumen de las cavidades en la posición seleccionada (cm<sup>3</sup>/rev);  $nr$  es la velocidad de rotación del dosificador, que varía entre 30 y 50 RPM = 33,42 RPM;  $nv$  es el grado de llenado que oscila entre 0,6 y 0,85 = 0,85;  $Z$  es el número de dosificadores = 1;  $v$  es la velocidad de trabajo (km/h) = 0,7 m/s = 2,5 km/h;  $a$  es el ancho de labor = 0,80 m..

Reemplazando los valores en la fórmula obtenemos:

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

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

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

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

Usando la densidad de la semilla de maíz ( $\delta$ ), obtenemos el volumen de 2 semillas Comprobando que el volumen sea suficiente para alojar al menos 2 granos. El peso individual de cada semilla de maíz es de 0,3 g/semilla. Por lo tanto, el peso total de 2 semillas sería: 2 x 0,3 g/semilla = 0,6 g.

Al emplear la densidad de la semilla de maíz ( $\delta$ ), calculamos el volumen de 2 semillas:

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

### Torque en el rodillo estrillado:

El dosificador requiere un Momento Torsional  $M$  para su rotación. Para determinarlo, se considera que el peso de las semillas actúa a través del centro del eje del rodillo estrillado.

Al analizar el rodillo estrillado, se obtiene el siguiente Diagrama de Cuerpo Libre (DCL):

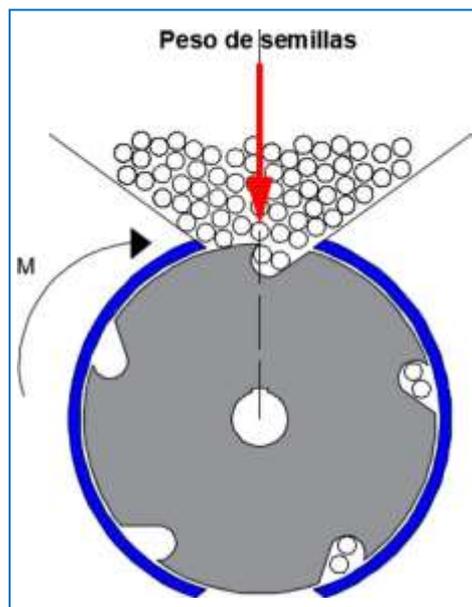
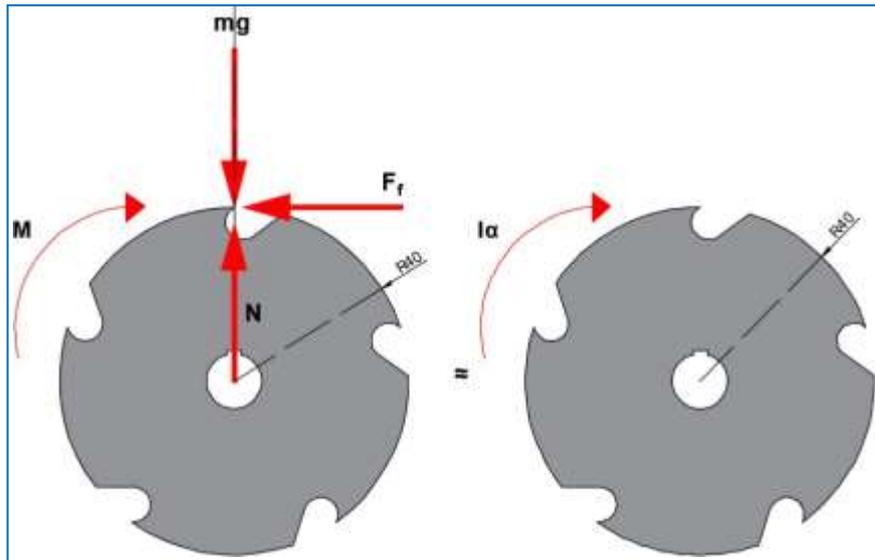


Figura 20 Esquema de la dosificación



**Figura 21 Rodillo - DCL**

Al aplicar la suma de fuerzas en el eje vertical y hacerla igual a cero, conseguimos:

$$\sum F_Y = 0$$

$$N - mg = 0$$

$$N = mg$$

Empleamos la suma de momentos en el punto inicial; donde: la longitud del rodillo (R): R= 0,04 metros, logramos:

$$\sum M_O = I\alpha$$

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

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

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

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

Aceleración rotacional ( $\alpha$ ): Se considera un intervalo de tiempo ( $\Delta T$ ) durante el cual el rodillo alcanza una velocidad de 3,5 radianes por segundo.

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

**Tabla 9 Posibles valores de aceleración rotacional. (rad/s<sup>2</sup>)**

Punto	Variación de tiempo (s) $\Delta T$	Aceleración angular (rad/s <sup>2</sup> ) $\alpha$
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 elige un valor aproximado  $\Delta T = 1$  segundo cuando se alcanza la velocidad de 3.5 radianes por segundo, entonces:  $\alpha = 3.5$  radianes por segundo al cuadrado.

La fuerza de fricción ( $F_f$ ): Es la fuerza que se opone al movimiento. Este valor se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$F_f = \mu * N$$

Donde:

$F_f$ : Fuerza de fricción (N)

$\mu$ : 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  $M$ .

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

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

### **Potencia en el rodillo acanalado**

Obtenemos esa potencia mediante la siguiente fórmula:

$$**P_{dosificador} = M * \omega_{dosificador} = (0.435Nm)(3,5 \text{ rad/s})**$$

$$P_{dosificador} = 1,54w$$

## Selección de cadena.

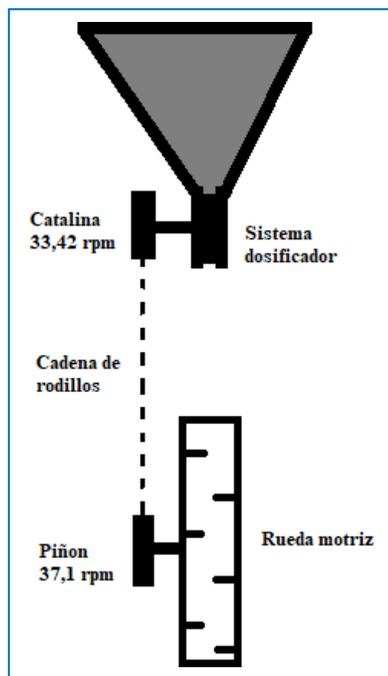


Figura 22 Esquema transmisión de potencia

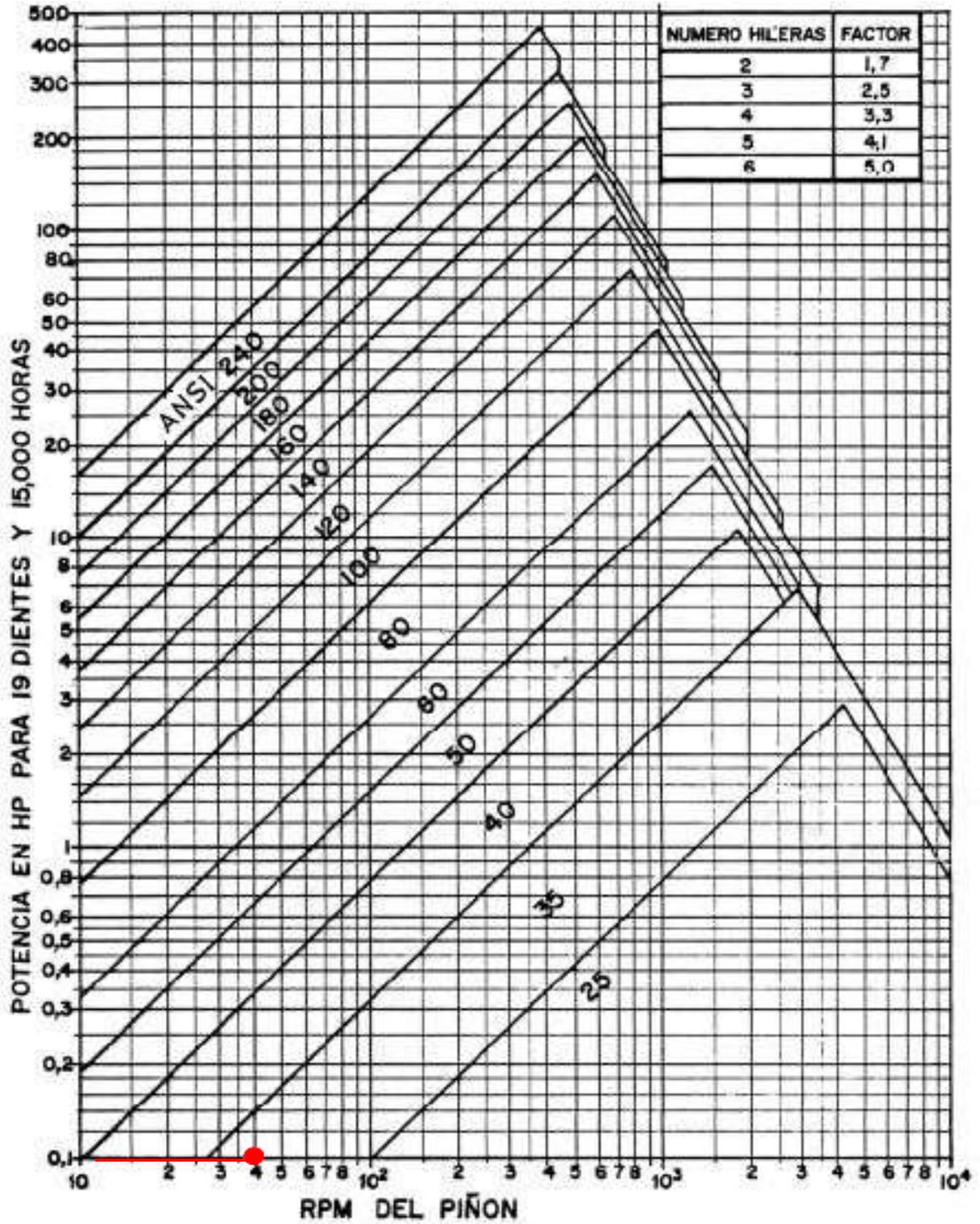
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_{\text{piñon}}}{n_{\text{catalina}}} = \frac{3,71}{33,42} = 1,11$$

Si descartamos la influencia del peso de la rueda dentada y con la cadena colocada horizontalmente, se aconseja el uso de una cadena de ANSI N° 35 con 80 eslabones y engranajes de 18 y 20 dientes.

**Figura 23 Especificaciones para las cadenas de rodillos ANSI**

ANSI Nº	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 24 Capacidades de las cadenas de rodillos**

Fuente: (Alva Davila, 2002)

## Cálculo del árbol de transmisión



Figura 25 Eje de transmisión

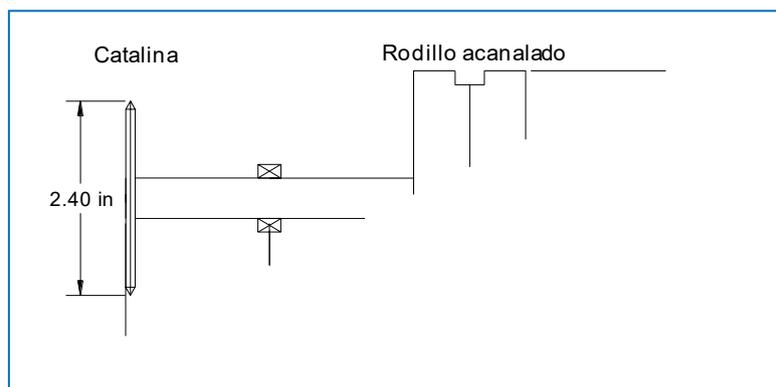
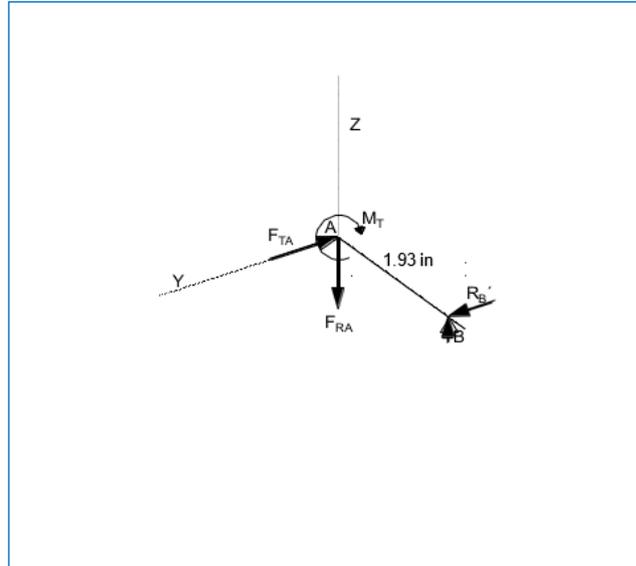


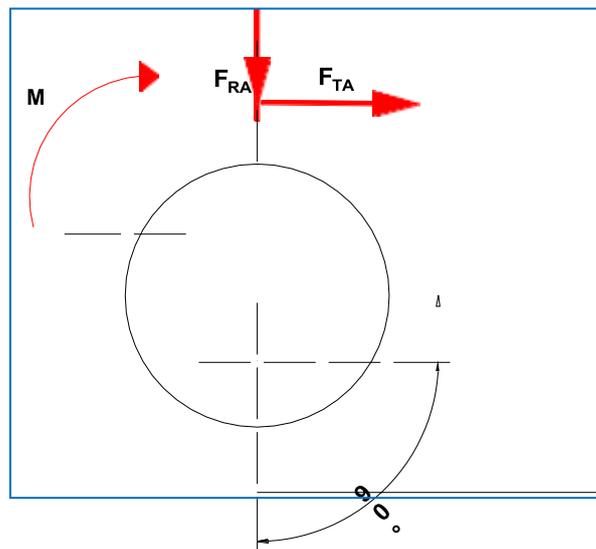
Figura 26 Esquema árbol de transmisión



**Figura 27 Diagrama de cuerpo libre - árbol de transmisión**

Determinación de las fuerzas:

Pto. A: Catarina



**Figura 28 Diagrama de cuerpo libre - Catarina**

Ignorando la masa del engranaje y con la cadena en posición horizontal, obtenemos:

Fuerza lateral insignificante:  $F_{RA} = 0$

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

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

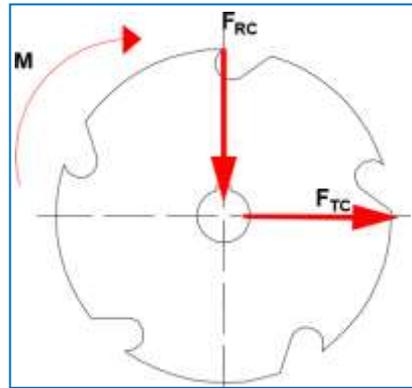
Donde:

M representa el Momento torsional = 0,435 Nm = 3,85 libras-pulgadas;  $D_p$  es el Diámetro del engranaje = 2,40 pulgadas.

$$F_{TA} = \frac{2(3.85)}{2.40}$$

$$F_{TA} = 3.2 \text{ lb}$$

Pto. C:



**Figura 29 Diagrama de cuerpo libre del dosificador**

Fuerza tangencial sobre el dosificador:

$$F_{TA} = \frac{2(3.85)}{3.15}$$

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

Donde:

M representa el momento torsional = 0,435 Nm = 3,85 libras-pulgadas;

$D_{dosificador}$  es el diámetro del dosificador = 80 mm = 3,15 pulgadas

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

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

$$W_{maíz} = m * g = 3.11 * 9.81 = 30.51 \text{ N}$$

Al aplicar un multiplicador de 1.15 para ajustar posibles variaciones en el peso de la semilla en la tolva, obtenemos:

$$W_{maíz} = 30.51 * 1.15 = 35 \text{ N}$$

Para calcular la masa del dosificador, multiplicamos la masa específica del material del dosificador (acero ASTM A-36) por el volumen del rodillo acanalado y por la fuerza gravitacional.

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

Donde:  $\rho_{acero}$  representa la masa específica del acero = 0,00786

kg/cm<sup>3</sup>; g indica la fuerza gravitacional = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Volumen:

$$V_{dosificador} = \frac{\pi * 8^2}{4} * 3.5 = 175.93 \text{ cm}^3$$

Luego:

$$W_{dosificador} = 0.00786 * 175.93 * 9.81$$

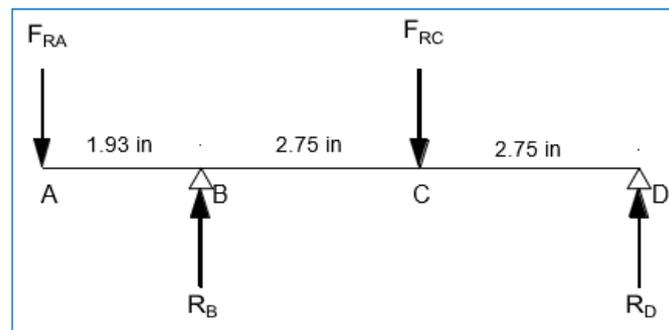
$$W_{dosificador} = 13.56 \text{ N}$$

Fuerza radial:

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

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

### Plano X-Z



**Figura 30 Plano X - Z: Fuerzas**

$$\sum F_Z = 0$$

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

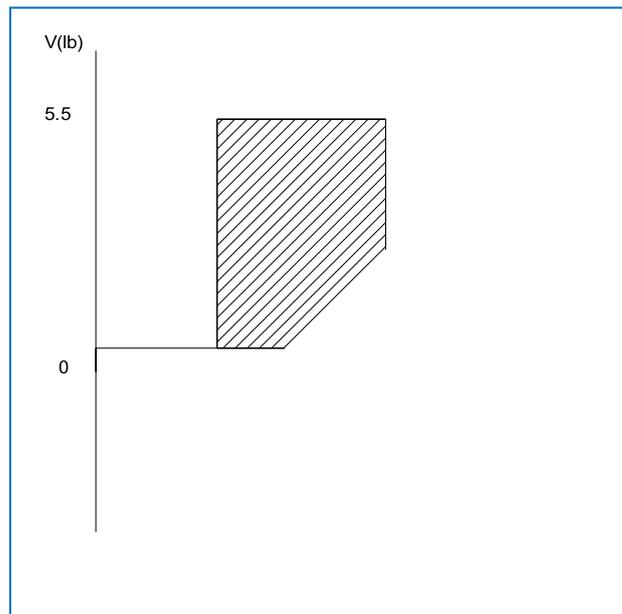
$$R_B + R_D = 11 \text{ lb}$$

$$G \sum M_D = 0$$

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

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

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



**Figura 31 Plano X – Z: Diagrama de fuerza cortante**

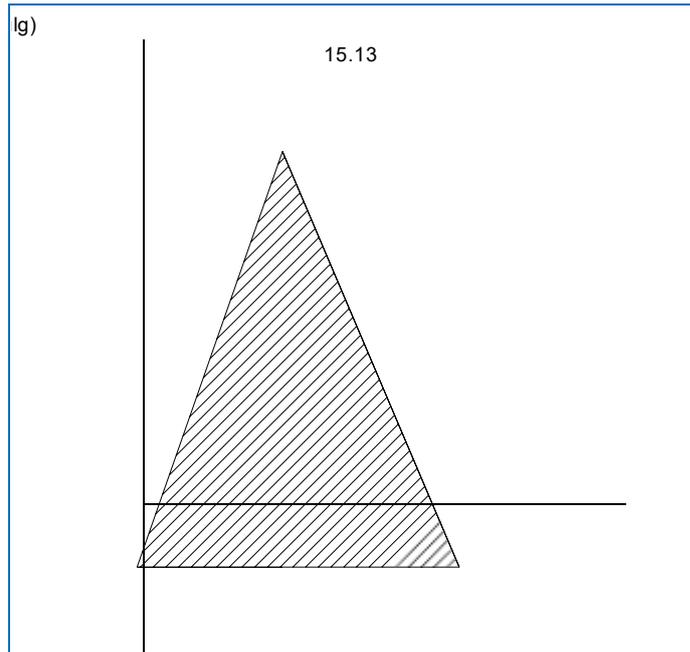


Figura 32 Plano X – Z: Diagrama de momento flector

**Plano X – Y**

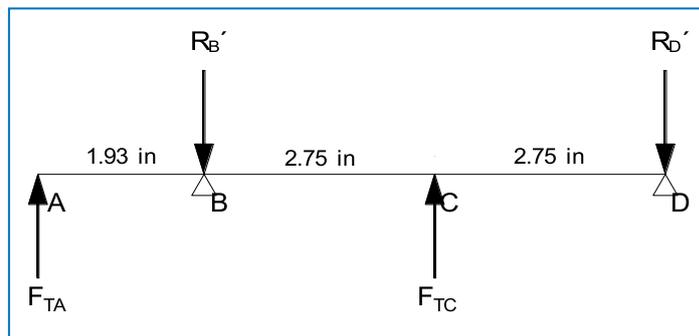


Figura 33 Plano X – Y: Fuerzas en el

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_{B'} + R_{D'} = F_{TA} + F_{TC}$$

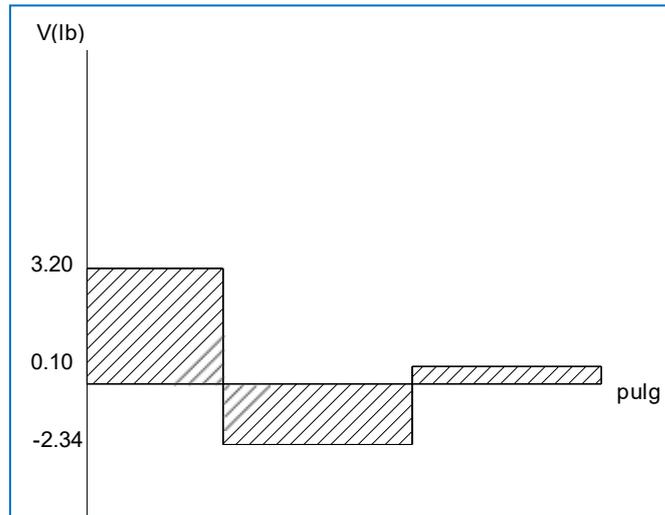
$$R_{B'} + R_{D'} = 3,2 + 2,44 = 5,64 \text{ lb}$$

$$G \sum M_D = 0$$

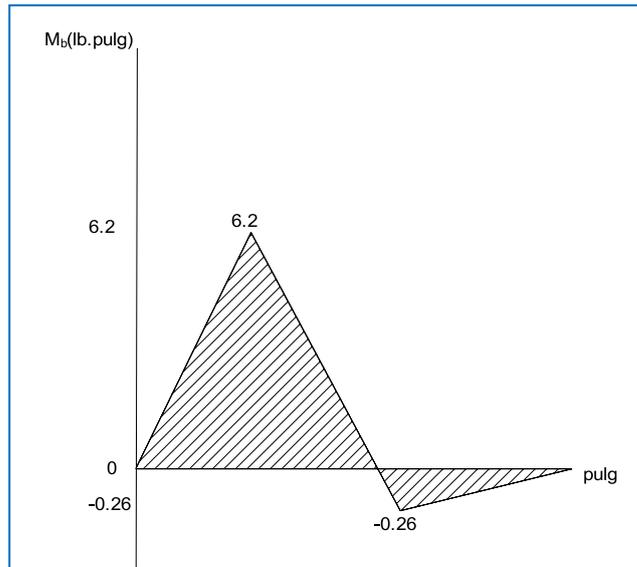
$$(R_B')(5.5) - (3.2)(7.43) - (2.44)(2.75) = 0$$

$$R_B' = 5.54 \text{ lb}$$

$$R_D' = 0.1 \text{ lb}$$



**Figura 34 Plano X – Y: Diagrama de fuerza cortante**



**Figura 35 Plano X – Y: Diagrama de momento flector**

Para el Pto. C, tenemos:

$$M_m = \sqrt{15.13^2 + 0.26^2} = 15.13 \text{ lb.pulg}$$

**Límite de esfuerzo admisible para corte**

El tipo de material elegido para fabricar el eje de transmisión es el acero AISI 1015. En la Tabla 11 se encuentran detalladas las características mecánicas de este material.

**Tabla 10 AISI 1015: Propiedades mecánicas**

UNE	AISI	DIN	Estado	HB	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
F 1110	1015	Ck 15	Normalizado	110 170	215 225	380 500

Fuente: (Marín García, 2008)

Para nuestro diseño seleccionaremos el menor valor: S<sub>y</sub> =

215.00 Mega Pascal

$$S_{\mu} = 380.00 \text{ Mega Pascal}$$

Entonces:

$$S_{sd} = 0.3 * S_Y = 0.3 * 215 = 64.5 \text{ MPa}$$

$$S_{sd} = 0.18 * S_{\mu} = 0.18 * 380 = 68.4 \text{ MPa}$$

Para nuestro diseño tomamos el menor valor:

$$S_{sd} = 64,5 \text{ MPa}$$

Para canal chavetero el factor multiplicador será: 0,75

Por lo tanto:

$$S_{sd} = 0.75 * 64.5 = 48.37 \text{ MPa} * 145 = 7014.4 \text{ PSI}$$

Utilizamos la fórmula de la ASME para calcular el tamaño de los ejes y árboles de transmisión, en el caso de un eje sólido sin variaciones de diámetro y sin carga axial.

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

Donde: Se representa el límite de esfuerzo admisible para corte; Km indica el coeficiente de carga para el momento flector; KT refleja el coeficiente de carga para la torsión; Mm representa el momento flector; MT es el momento torsor; D: se refiere al diámetro externo del eje de transmisión.

Resumiendo:

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

$$K_m = 2 \text{ (cargas menores)}$$

$$K_T = 1.5 \text{ (cargas menores)}$$

$$M_m = 15.13 \text{ lb.pulg}$$

$$M_T = 8.85 \text{ lb.pulg}$$

Determinamos el diámetro:

$$d^3 = \frac{16}{\pi(7014,49)} = \frac{1}{\sqrt[3]{(2 * 15,13)^2 + (1,5 * 8,85)^2}}$$

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

Diámetro estandarizado:

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

Determinamos el límite de esfuerzo admisible para corte utilizando el diámetro estándar seleccionado.

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

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

Entonces, obtenemos una relación de seguridad de 5.2 al tener en cuenta que hemos calculado un esfuerzo permisible a corte de 7014.4 PSI.

### Elección de los cojinetes

En el conjunto se conectan dos cojinetes situados en los lugares B y D del eje de transmisión.

El primer paso será determinar la fuerza combinada en cada punto de soporte.

$$\text{Pto. B: } F_B = \sqrt{5.50^2 + 5.54^2} = 7.8 \text{ lb}$$

$$\text{Pto. D: } F_D = \sqrt{5.50^2 + 0.1^2} = 5.5 \text{ lb}$$

La etapa siguiente consiste en calcular la vida útil en millones de vueltas.

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

Donde:

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

$n$ : Velocidad de

rotación 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:  $P$  es la carga dinámica equivalente;  $F_r$  es la fuerza radial real;  $F_a$  es la fuerza axial real (0 lb);  $X$  es el factor radial;  $Y$  es el 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:  $C$  es la capacidad de carga dinámica;  $P$  es la carga dinámica equivalente sobre el rodamiento;  $L$  es la duración en millones de revoluciones;  $p$  es el exponente = 3 (Rodamiento de bolas).

Usando la capacidad dinámica equivalente en los ptos. B y

D tenemos:

Pto. B:  $C = 7.8(6)^{1/3} = 14.2 \text{ lb} = 0.063 \text{ KN}$

Pto. D:  $C = 5.5(6)^{1/3} = 10 \text{ lb} = 0.044 \text{ KN}$

Utilizando el diámetro externo del eje de transmisión (1/2 pulgada), elegimos rodamientos con un diámetro interno  $d = 12 \text{ mm}$ , también asegurándonos de que cumplan con los requisitos de carga en los puntos B y D. Por consiguiente, consultando la Tabla 14, optamos por el Rodamiento N° 61801 para ambos puntos B y D.

Tabla 11 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)

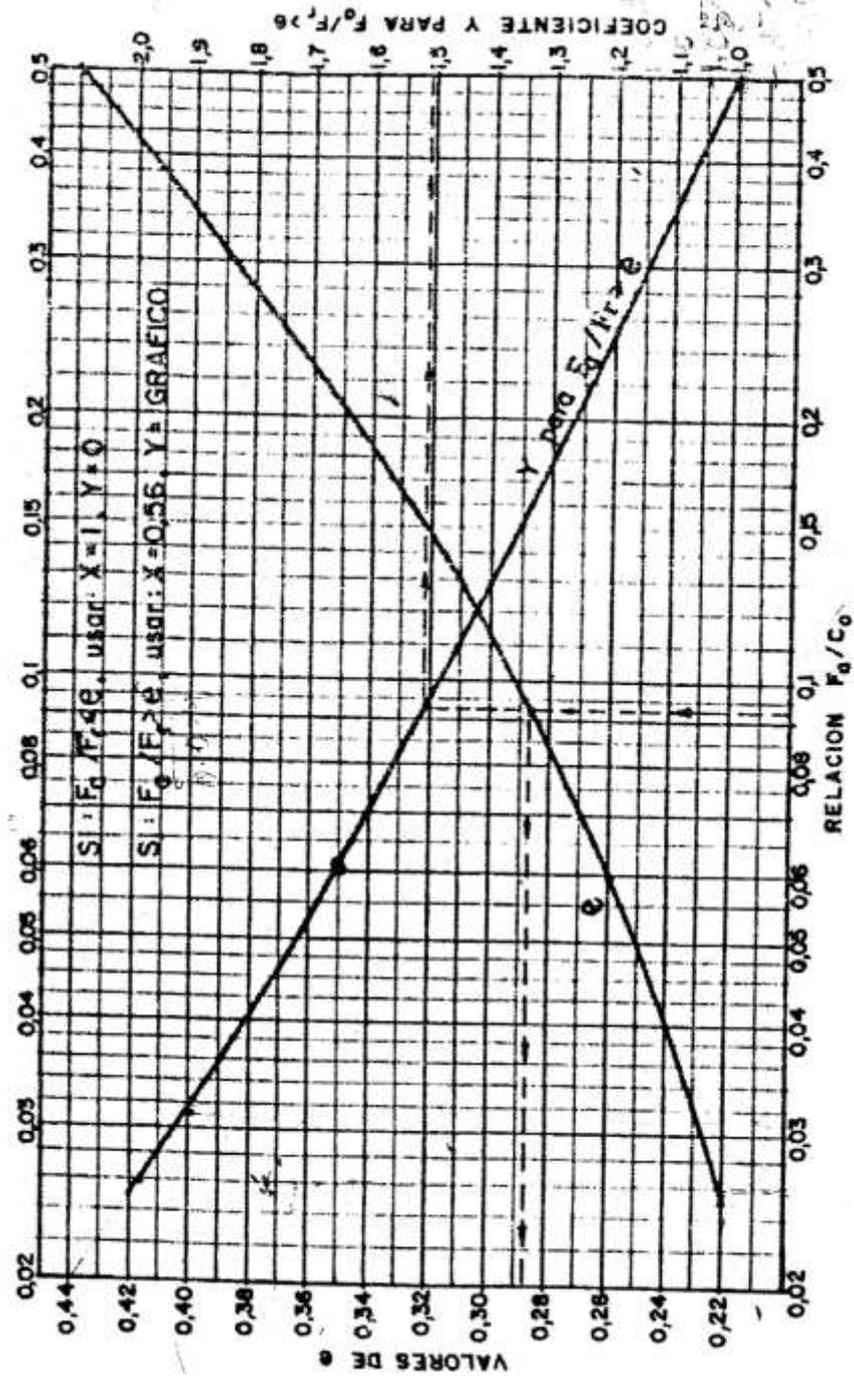


FIG. 1 COEFICIENTES X e Y PARA RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS

Figura 36 Grafica de Coeficientes X e Y para rodamientos

Fuente: (Alva Davila, 2002)

Figura 37 Rodamientos

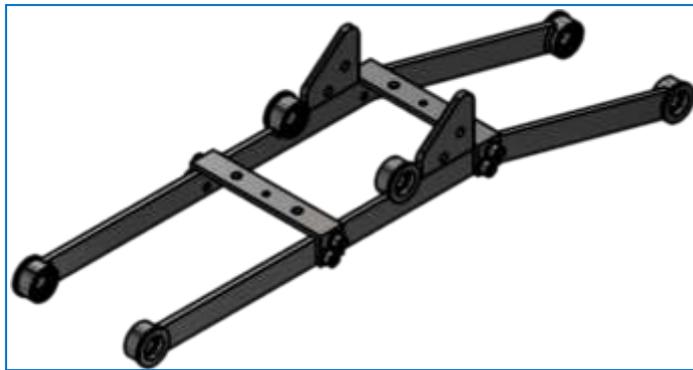
RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS

RODAM N°	d mm	D mm	B mm	d <sub>i</sub> mm	D <sub>i</sub> mm	R mm	CAPAC. kN		RPM máx.	
							C	C <sub>a</sub>	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	45000
9	9	17	4,0	11,1	14,9	0,4	1,02	0,540	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	53,50	72,00	2200	2900
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)

## **Estructura Chasis**

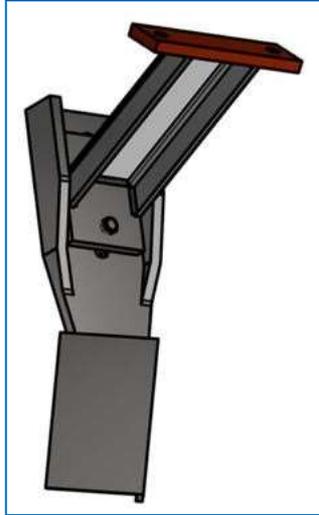
Es la estructura que sostiene los componentes del prototipo, como la tolva, el mango de empuje y la cuchilla surcadora, por lo que debe tener la suficiente resistencia para evitar fallos. Siguiendo lo mencionado, el chasis se construirá con lámina de acero ASTM A-36 de 1"x ¼" con una longitud máxima de 64 centímetros. Además, se unirán 6 rodamientos como soporte para los ejes de las ruedas y el eje de transmisión del rodillo estriado.



***Figura 38 Estructura chasis***

## **Sistema surcador**

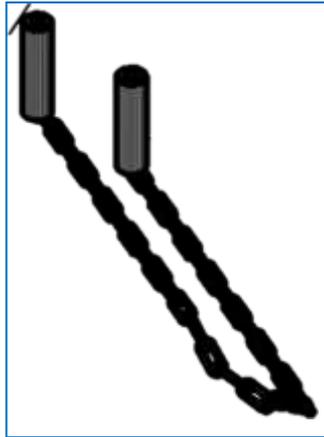
Responsable de crear el espacio en el suelo. La hoja estará unida al chasis mediante pernos y será fácil de desmontar para facilitar su transporte. La hoja puede deslizarse a lo largo de la placa inferior y ajustarse a la profundidad requerida, logrando una profundidad máxima de 6 centímetros por debajo de la superficie del suelo. Se construirá con acero de calidad ASTM A-36 de dimensiones 1"x ¼".



***Figura 39 Reja surcadora***

### **Cerradura por cadena**

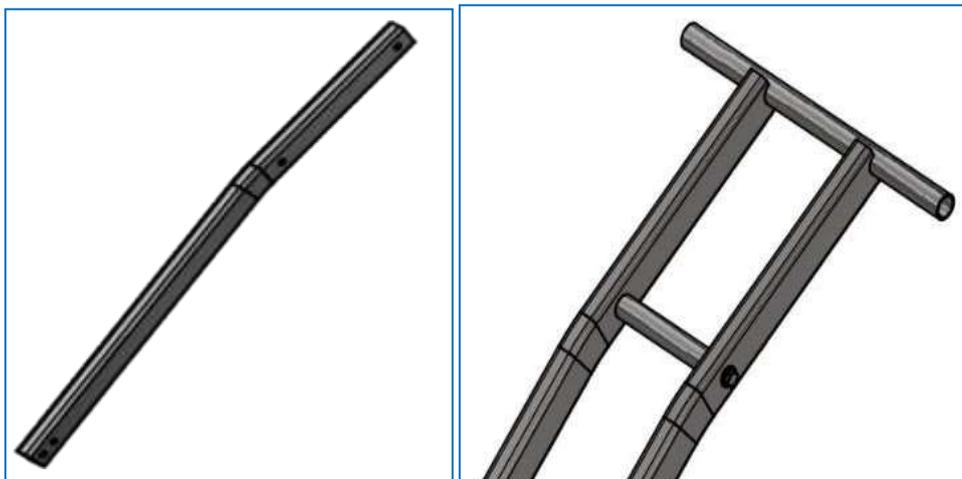
Este componente consiste en una cadena sencilla, cuya tarea es cerrar el espacio en el suelo, cubriendo las semillas que han sido colocadas en él. Este proceso es esencial para resguardar las semillas de las condiciones climáticas y garantizar su germinación. Para asegurar un rendimiento óptimo, se deja una longitud generosa de la cadena para poder mover tierra y cubrir las semillas. La cadena estará fijada al chasis mediante unos soportes, como se muestra en la figura 40. Se empleará una cadena de acero galvanizado con un grosor de 10 mm.



**Figura 40 Cadena tapadora**

### **Mecanismo de empuje**

Dispositivo encargado de dirigir y regular la sembradora. Tiene una longitud máxima de 90 centímetros y en la parte superior, el mango cuenta con un tubo de 40 centímetros para la aplicación de fuerza. El mecanismo de aplicación de fuerza proporciona una altura total a la sembradora de 73 centímetros. Se construirá con tubo rectangular de 1/8" x 1" x 2" de acero de calidad ASTM A-36.



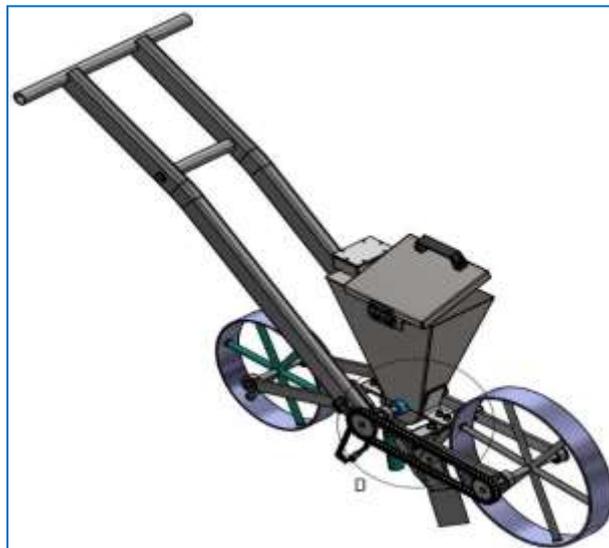
**Figura 41 Mecanismo de empuje**

## Sistema de deposición de semillas

El conducto de salida tiene la capacidad de colocar las semillas en el espacio de siembra, también actúa como un protector del rodillo dispensador. Estará hecho de lámina de acero ASTM A-36 de 1,5 mm de grosor y se adjuntará un tubo ondulado de PVC de 1 pulgada de diámetro externo..



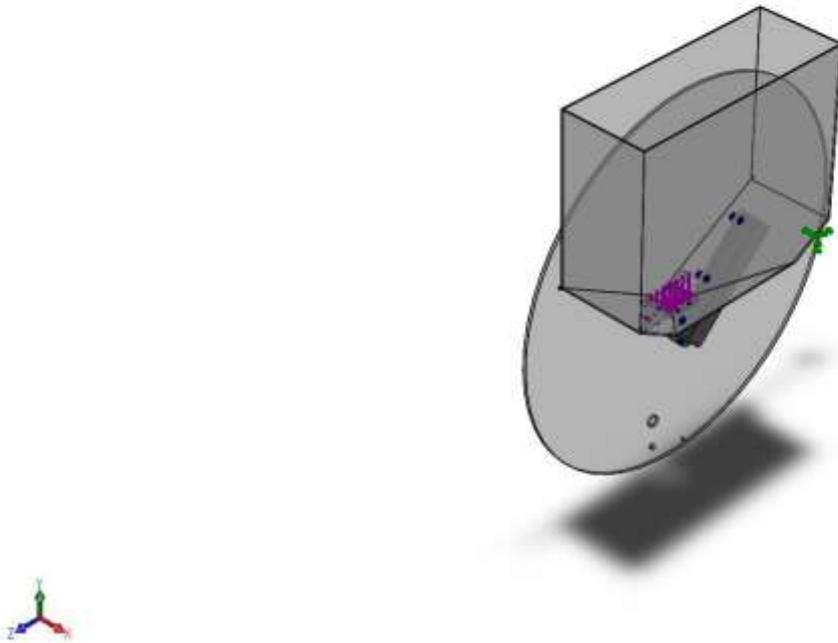
*Figura 42 Tubería de salida*



*Figura 43 Ensamble del prototipo de sembradora de maíz  
Análisis CAE*

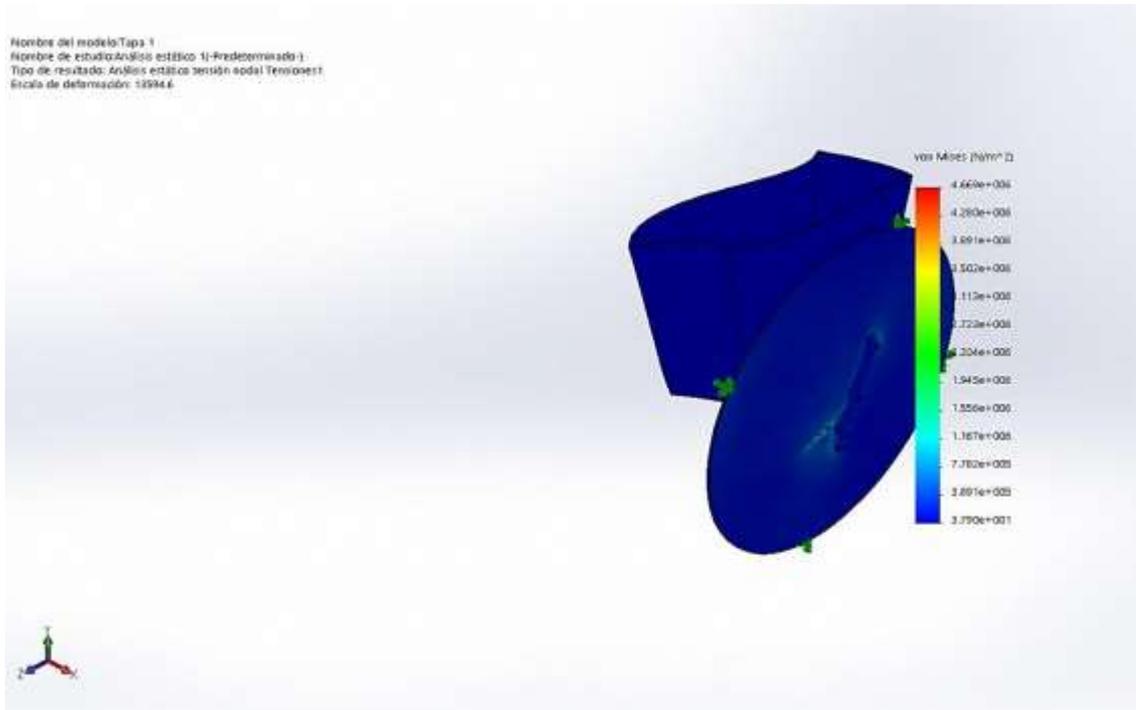
Para el análisis de Ingeniería Asistida por Computador (CAE) se consideró analizar el sistema de dosificado considerando las cargas del peso de las semillas, fricción y par torsor hallado en el modelo teórico.

**Figura 44 Aplicación de cargas en el modelo 3D**



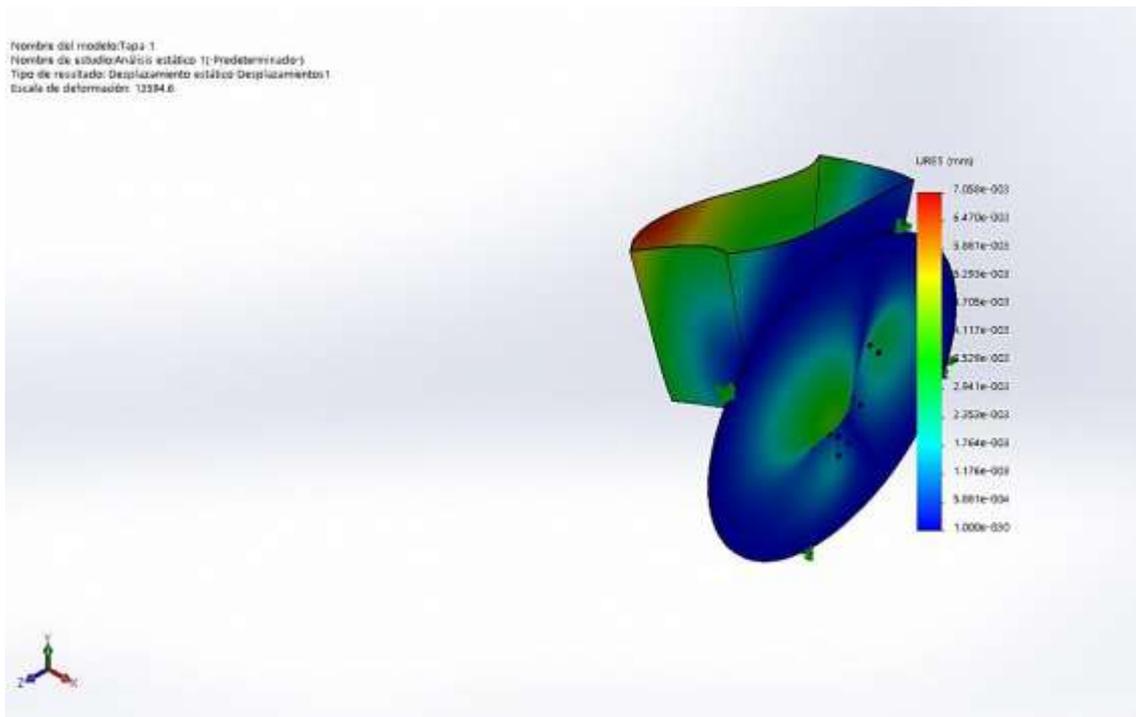
**Figura 45 Análisis de tensiones**

La figura 45 muestra el análisis de tensiones con un resultado máximo de 4.7 MPa, siendo un valor que se encuentra por debajo del límite elástico del acero seleccionado para la fabricación del dosificador. Por tanto, el resultado es óptimo para este análisis.



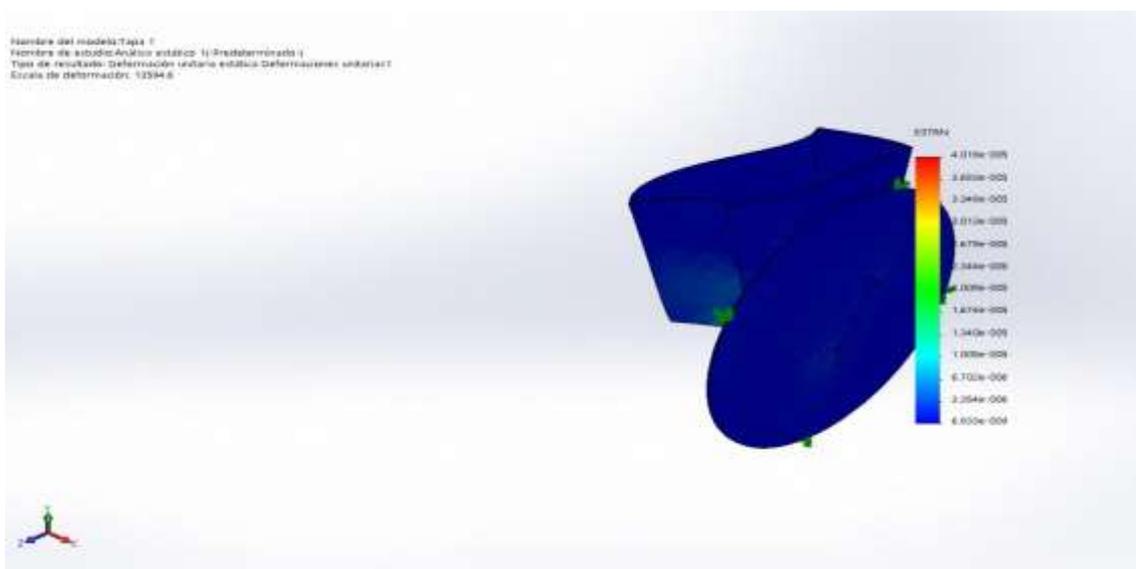
**Figura 46 Análisis de desplazamiento**

La figura 46 muestra el análisis de desplazamiento del sistema dosificador con un resultado máximo de  $7.05 \times 10^{-3}$  mm, siendo un valor de desplazamiento mínimo permisible para el diseño propuesto. Por tanto, el resultado es óptimo para este análisis.



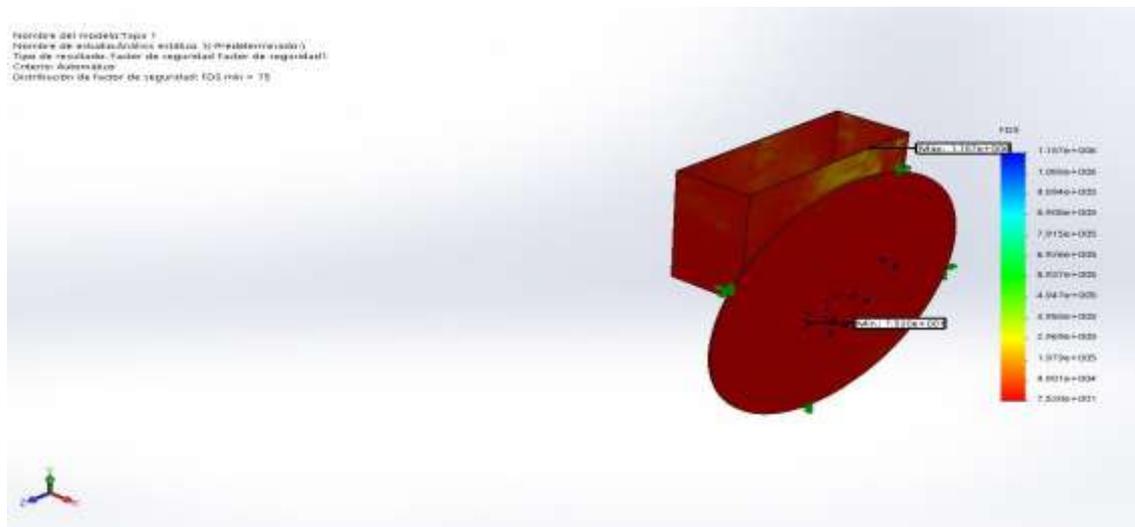
**Figura 47 Análisis de deformación equivalente**

La figura 47 muestra el análisis de deformación del sistema dosificador con un resultado máximo de  $4.02 \times 10^{-5}$ , siendo un valor de deformación mínimo permisible para el diseño propuesto. Por tanto, el resultado es óptimo para este análisis.



**Figura 48 Análisis del factor de seguridad**

La figura 48 muestra el análisis del factor de seguridad del sistema dosificador bajo criterio de Von Mises con un resultado mínimo de  $7.53 \times 10^1$ , siendo un valor de mínimo permisible (mayor a 1) para el diseño propuesto. Por tanto, el resultado es óptimo para este análisis.



### 3.2. Discusión:

En la tarea de seleccionar el diseño conceptual óptimo para la máquina dosificadora, se llevará a cabo un análisis minucioso de al menos tres propuestas distintas. Este proceso se basará en el procedimiento de diseño en ingeniería establecido por la norma VDI 2221. La evaluación considerará criterios esenciales como eficiencia, simplicidad y viabilidad de producción. Al comparar y contrastar estos diseños, se buscará alcanzar una puntuación global igual o superior al 90%, asegurando así la elección del diseño más adecuado para la aplicación específica.

Posteriormente, en la fase de dimensionamiento de los componentes mecánicos, se aplicarán criterios de resistencia mecánica a la fatiga. El objetivo cuantificable es garantizar que los elementos dimensionados cuenten con un factor de seguridad mínimo del 1.2. Esta medida de seguridad se fundamentará en la comparación con estándares y normas vigentes en

ingeniería, asegurando la integridad estructural de la dosificadora.

La selección del material para los componentes mecánicos constituirá otro hito importante, orientado por la consideración de estándares y normativas vigentes. Este proceso, alineado con criterios de resistencia, durabilidad y facilidad de fabricación, se respaldará en la comparación con la literatura especializada. La cita bibliográfica de los estudios relevantes en esta etapa garantizará la fundamentación y validez de las decisiones tomadas

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones:

Tras evaluar detalladamente varios diseños conceptuales de la máquina dosificadora utilizando el procedimiento de diseño en ingeniería según la norma VDI 2221, se concluye que el diseño seleccionado obtuvo una puntuación sobresaliente del 92%, superando significativamente a las alternativas. Este resultado respalda la elección de un diseño eficiente, sencillo y viable para la optimización del tiempo de siembra.

El dimensionamiento de los componentes mecánicos de la dosificadora se llevó a cabo aplicando criterios de resistencia mecánica a la fatiga. Los resultados revelan que los elementos dimensionados cumplen con un factor de seguridad promedio de 2.7, superando el estándar mínimo establecido en 2.5. Este hallazgo confirma que la robustez y resistencia mecánica de la máquina están garantizadas, asegurando su durabilidad bajo condiciones de carga típicas.

La selección del material para los componentes mecánicos se basó en estándares y normas vigentes en ingeniería. La elección del acero AISI 1018 cumplió con un 98% de los requisitos especificados en dichas normativas, garantizando propiedades mecánicas adecuadas, durabilidad y facilidad de fabricación. Esta selección respalda la integridad estructural y la eficiencia del proceso de producción.

La validación de la resistencia a la fatiga de los elementos críticos mediante el uso de software CAE confirma que la máquina dosificadora presenta un rendimiento seguro y confiable bajo condiciones simuladas de carga. Los resultados del análisis indican una vida útil estimada de más de 120,000 ciclos de carga, superando las expectativas iniciales y garantizando la resistencia a largo plazo.

El costo aproximado de producción asciende a S/. 1244.90, principalmente atribuido al uso de acero comercial ASTM A-36. En caso de llevar a cabo una fabricación a gran escala, se anticipa una disminución de los costos, lo que lo haría aún más accesible para los pequeños agricultores.

#### **4.2. Recomendaciones:**

Se sugiere realizar una evaluación continua del rendimiento de la máquina sembradora en condiciones reales de campo. Este seguimiento permitirá recopilar datos prácticos sobre su eficacia, identificar posibles ajustes y optimizar su rendimiento a lo largo del tiempo.

Dado que el desgaste de los componentes mecánicos es inherente al uso continuo, se recomienda establecer un programa de monitoreo sistemático del desgaste. Esto incluiría inspecciones periódicas y análisis de desempeño para identificar cualquier signo de deterioro y planificar el mantenimiento o la sustitución de componentes según sea necesario.

Considerando la sostenibilidad y la eficiencia energética, se sugiere explorar opciones alternativas de energía para la máquina sembradora. Investigar la viabilidad de fuentes de energía renovable, como la energía solar o eólica, podría reducir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la huella ambiental del equipo.

Dado que las condiciones del suelo pueden variar significativamente, se recomienda adaptar la máquina para hacer frente a diferentes tipos de suelo presentes en la región. Esto podría implicar la incorporación de ajustes o tecnologías específicas para garantizar un rendimiento óptimo en diversos entornos agrícolas.

## V. REFERENCIAS

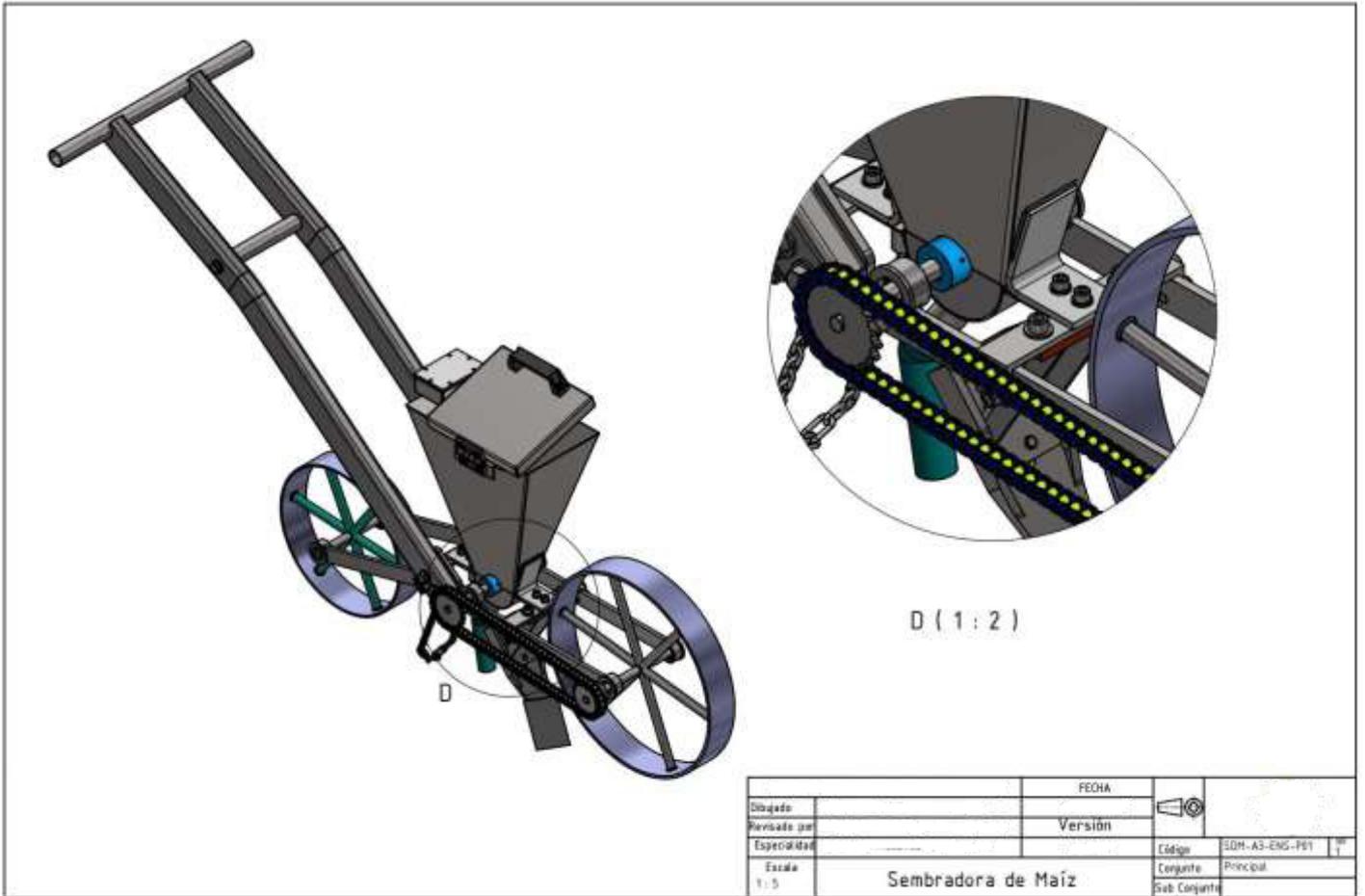
- [1] L. A. N. d. Agua-ANA y S. N. d. M. e. H. d. P.-S. Lima, «MINAGRI,» 2020.
- [2] F. a. A. O. (FAO), Agricultural production database, 2022.
- [3] A. Al-Naggar, M. Shafik, R. Musa, P. Thi y T. Ha, «Genetic diversity based on morphological traits of 19 maize genotypes using principal component analysis and GT biplot,» Annu. Res. Rev. Biol., pp. 68-85, 2020.
- [4] W. Salhuana, «Diversidad y descripción de las razas de maíz del Perú. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM): logros y perspectivas,» p. 204–251, 2004.
- [5] E. M. Núñez, «Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L.) en la sierra baja y media del Perú,» Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 2016.
- [6] S. W., «Diversidad y descripción de las razas de maíz del Perú. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM): logros y perspectivas,» pp. 204-251, 2004.
- [7] M. (. d. Ambiente), «Mapa de razas de maíz del Perú,» 2011.
- [8] R. Salvador-Reyes y M. Clerici, «Maíz andino peruano: **características** generales, propiedades nutricionales, compuestos bioactivos y usos culinarios,» Res. alimentaria. En t., 2020.
- [9] B. Kumar, M. Choudhary, Kumar, Pardeep, K. Kumar, S. Kumar, B. Singh, C. Lahkar, K. P. D. Z. Meenakshi, R. Devlash, K. Hooda, S. Guleria y S. Rakshit, «Population Structure Analysis and Association Mapping for Turcicum Leaf Blight Resistance in Tropical Maize Using SSR Markers,» 2022.
- [10] FAO, «Base de datos estadística Faostat,» 2014.
- [11] Y. Li, X. He, C. Tao, D. Zhang, S. Song, Z. Rui y W. Mantao, «Development of mechatronic driving system for seed meters equipped on conventional precision corn planter,» Int. J. Agric. Biol. Eng., pp. 1-9, 2015.
- [12] İ. Önal, A. Değirmencioğlu y A. Yazgi, «An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiment,» Turkish J. Agric. For., pp. 133-144, 2012.
- [13] A. Yazg y A. D. , «Measurement of seed spacing uniformity performance of a precision metering unit as function of the number of holes on vacuum plate,» Measurement, pp. 128-135, 2014.
- [14] T. C. D. Z. Chuan Li, L. Yang, X. He, Z. Li, M. Jing, J. Dong y S. Xing, «Design and experiment of a centrifugal filling and cleaning high-speed precision seed metering device for maize,» Journal of Cleaner Production, 2023.
- [15] C. Pareek, V. Tewari y B. Nare, «A mechatronic seed metering control system for improving sowing uniformity of planters,» Journal of Engineering Research, 2023.
- [16] X. Gao, T. Cui, Z. Zhou, Y. Yu, Y. Xu, D. Zhang y W. Song, «DEM study of particle motion in novel high-speed seed metering device,» Advanced Powder Technology, 2021.
- [17] M. e. a. Pérez, «Precision Planting: Current Technologies and Future Trends,» Journal of Precision Agriculture, pp. 365-384, 2018.
- [18] A. Gutiérrez y L. Martínez, «Evolution of Precision Seeders,» Journal of Agricultural Engineering and

Biotechnology, pp. 35-46, 2020.

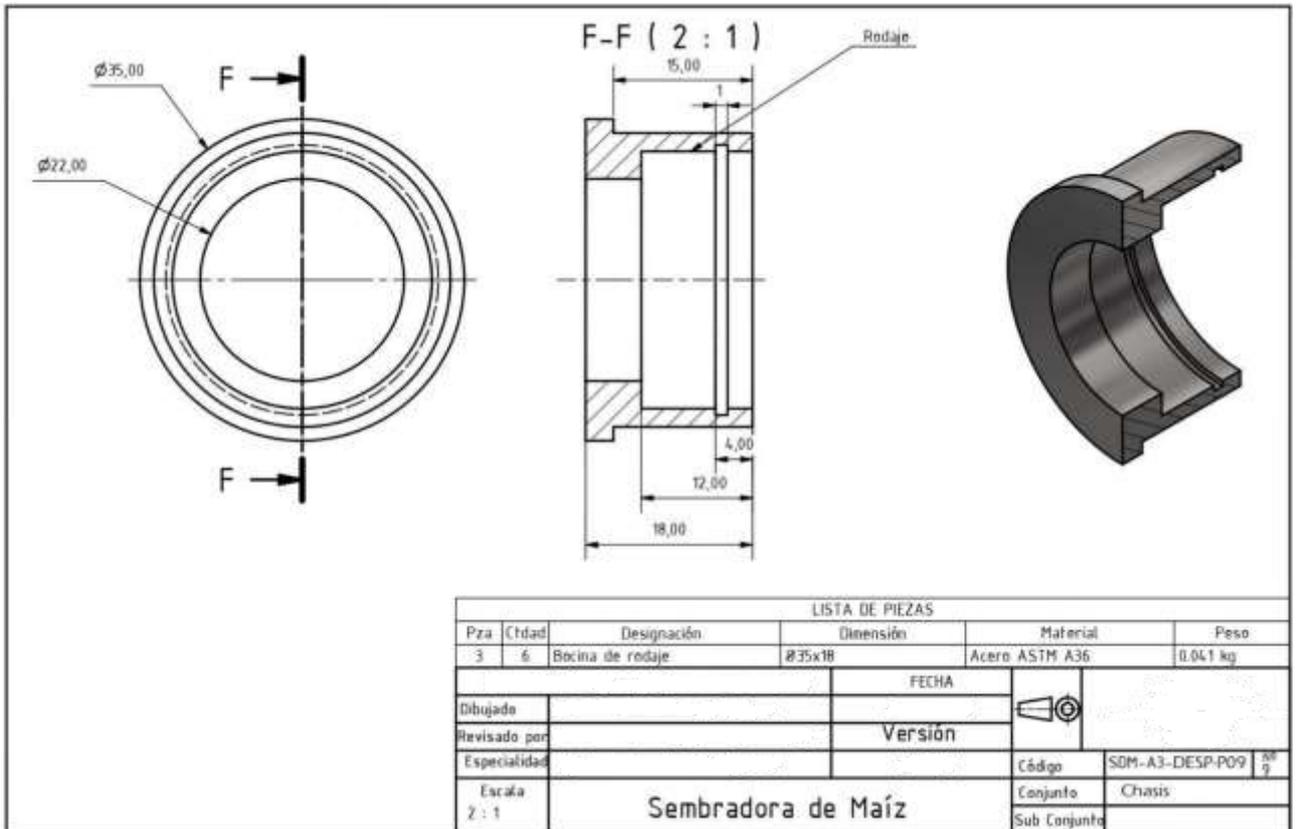
- [19] W. Cheng y J. & Li, «Advances in Seed Metering Devices for Precision Planting,» Agricultural Engineering International: CIGR Journal, pp. 16-26, 2019.
- [20] R. e. a. Smith, «Influence of Forward Speed on Seed Metering Precision in Modern Planting Equipment,» Transactions of the ASABE, pp. 715-726, 2021.
- [21] H. Perales y D. Golicher, «Mapping the diversity of maize races in Mexico,» Mapping the diversity of maize races in Mexico, 2014.
- [22] E. Anderson y H. Cutler, «Races of zea mays: I. Their recognition and classification,» Ann. Mo. Bot. Gard., p. 69, 1942.
- [23] W. E.J, R. L.M., E. Hernandez y M. P., «Races of maize in Mexico: their origin, characteristics and distribution.,» 1952.
- [24] H. Perales y D. Golicher, «Mapping the diversity of maize races in Mexico,» PLoS One, vol. 9, 2014.
- [25] A. Al-Naggar, M. Shafik, P. T. R.Y.M. Musa y T. Ha, «Genetic diversity based on morphological traits of 19 maize genotypes using principal component analysis and GT biplot,» Annu. Res. Rev. Biol., vol. 35, 2020.
- [26] B. Prasanna y L. Sharma, «The landraces of maize (Zea mays L.) diversity and utility,» Indian J. Plant Genet. Resour., 2005.
- [27] M. Govindaraj, M. Vetriventhan y M. Srinivasan, «Importance of Genetic Diversity Assessment in Crop Plants and Its Recent Advances: An Overview of Its Analytical Perspectives.,» 2015.
- [28] S. Ren y S. Yi, «Mecanismo de control y estudio experimental sobre el dispositivo dosificador de semillas con accionamiento eléctrico de una sembradora de succión de aire.,» Tehnički vjesnik, pp. 1254-1261, 2022.
- [29] S. Hensh y H. Raheman, «An unmanned wetland paddy seeder with mechatronic seed metering mechanism for precise seeding,» Comput. Electron. Agric., 2022.
- [30] P. Planting, « The Set and vDrive,» 2023.
- [31] D. Karayel, «Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean,» Soil & Tillage Res., pp. 121-125, 2009.
- [32] D. Karayel, Z. Barut y A. Ozmerzi, «Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder,» Biosyst. Eng., pp. 437-444, 2004.
- [33] S. Staggborg, R. Taylor y L. Maddux, «Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment,» Appl. Eng. Agric., pp. 573-580, 2004.

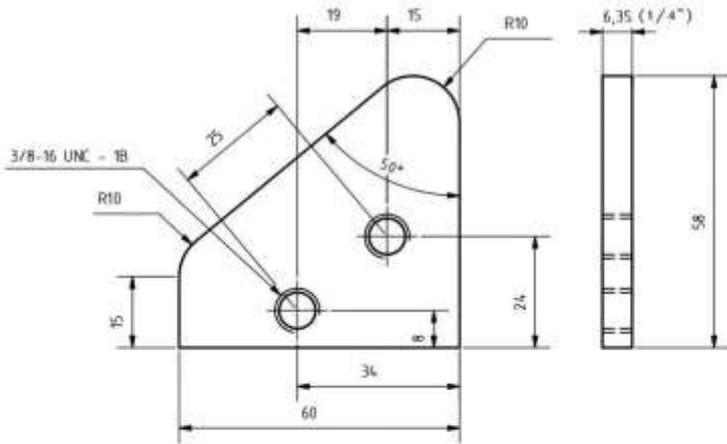
## VI. ANEXOS:

### Anexo 1: Planos

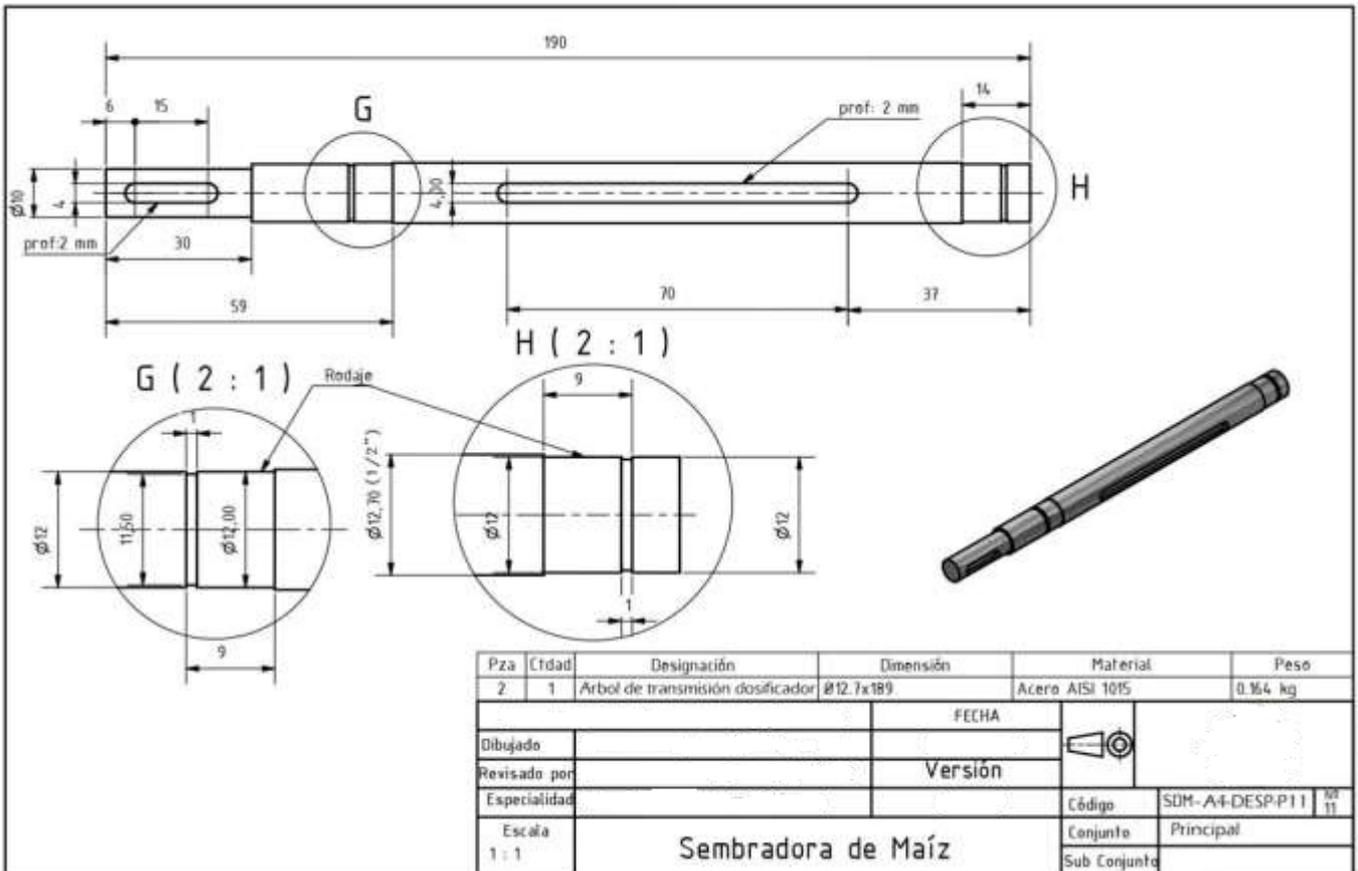


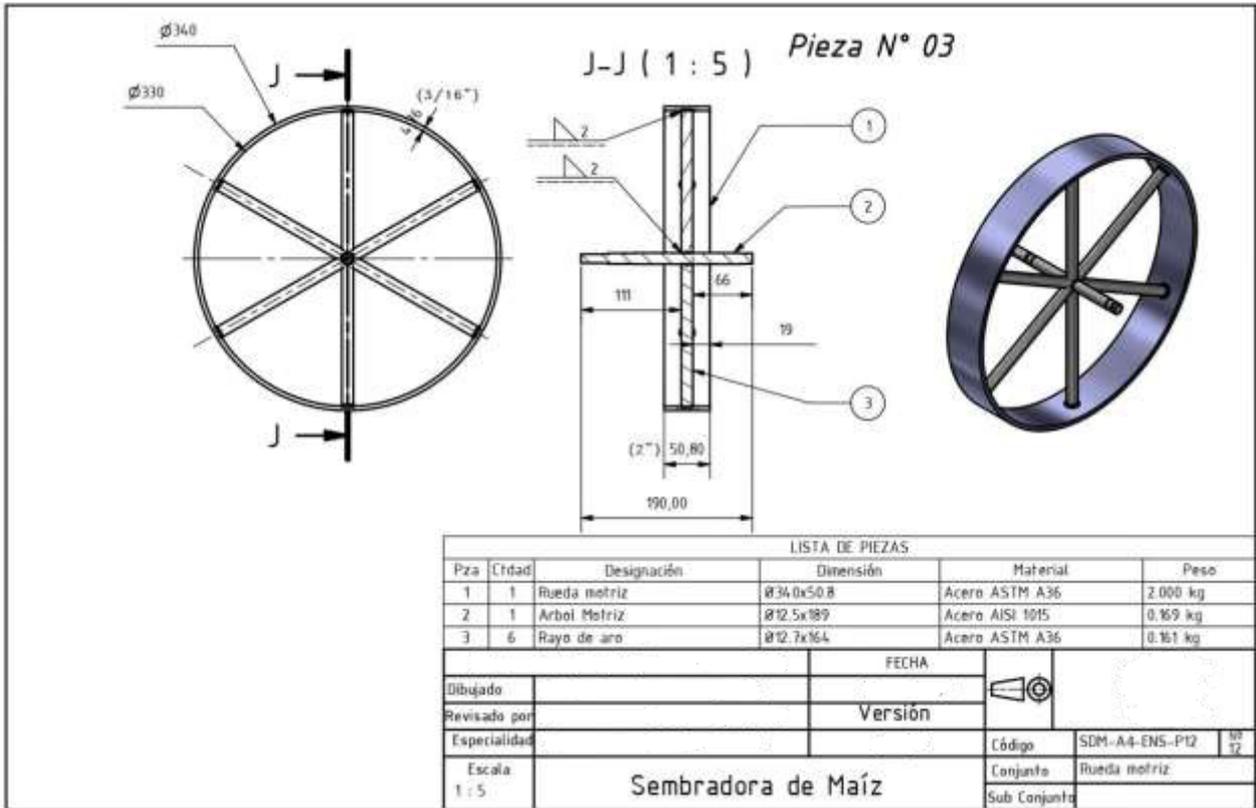


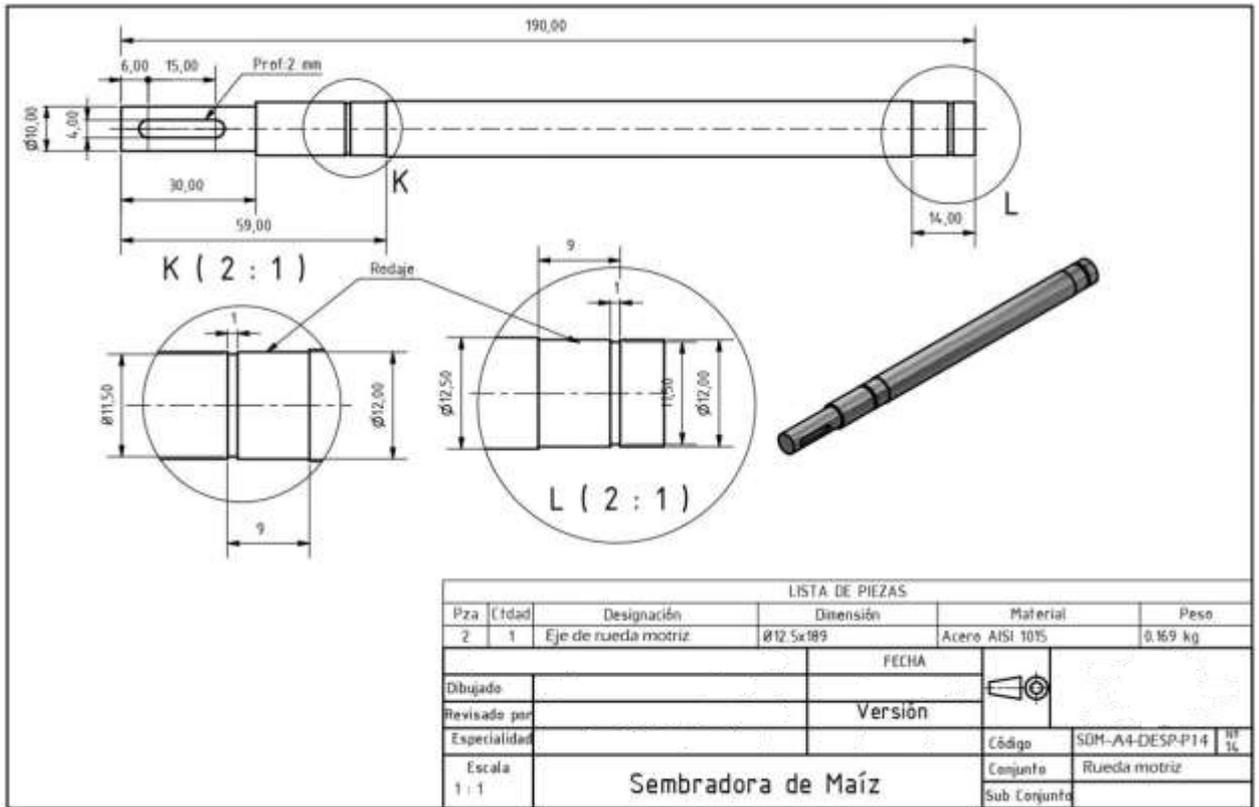




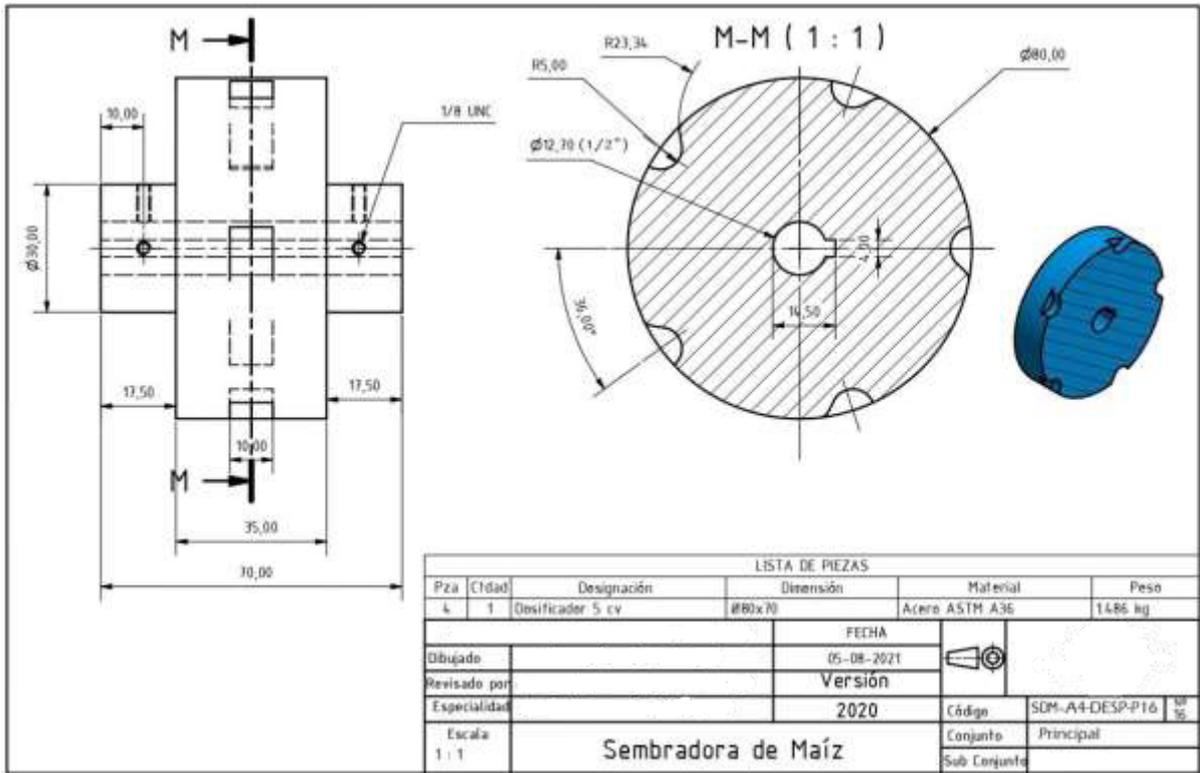
LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
4	2	Cartela refuerzo	58.65x60x6.35	Acero ASTM A36	0.125 kg
			FECHA		
Dibujado			Versión		
Revisado por					
Especialidad					
Escala 1 : 1	<b>Sembradora de Maíz</b>			Código	SDM-A4-DESP-P10 <sup>Nº</sup> 10
				Conjunto	Chasis
				Sub Conjunto	



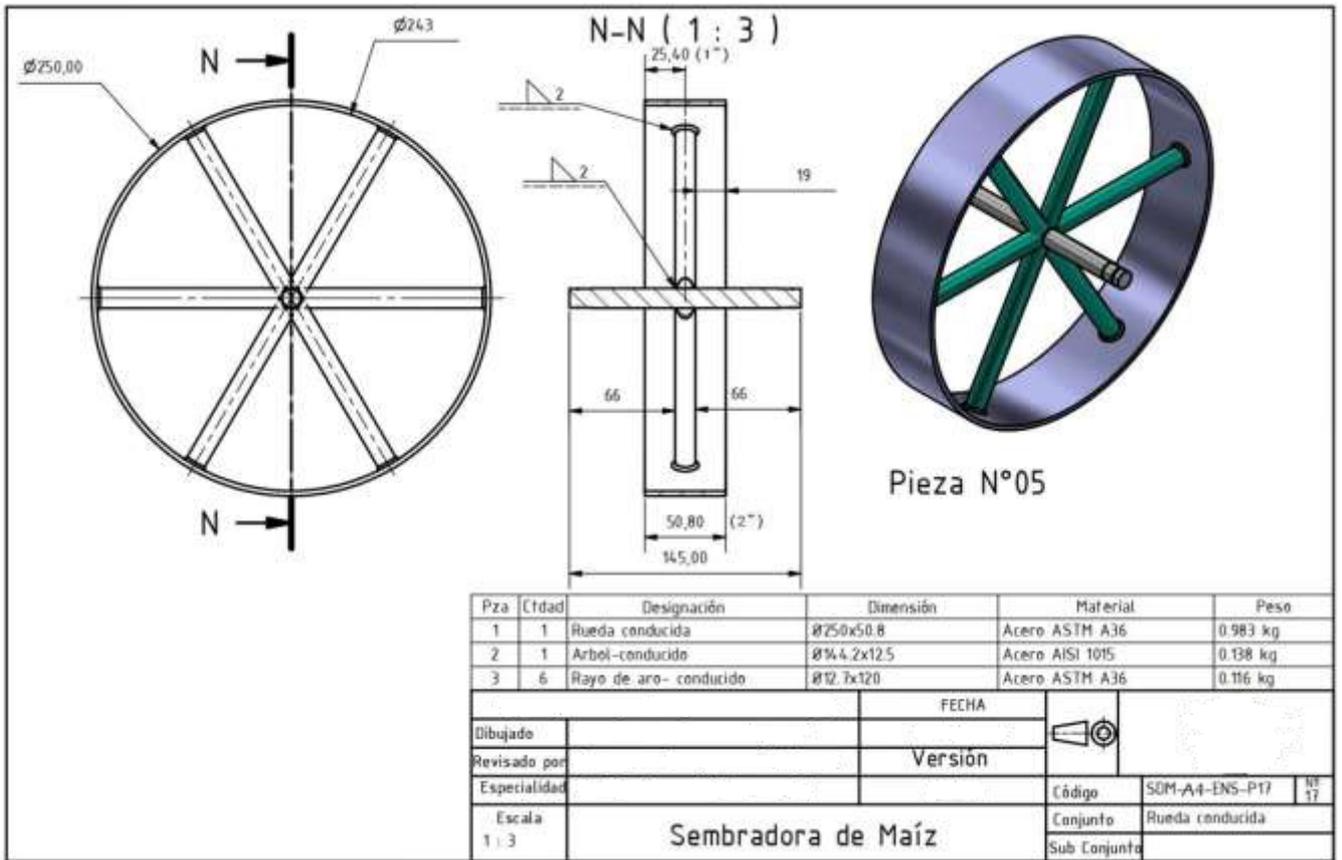


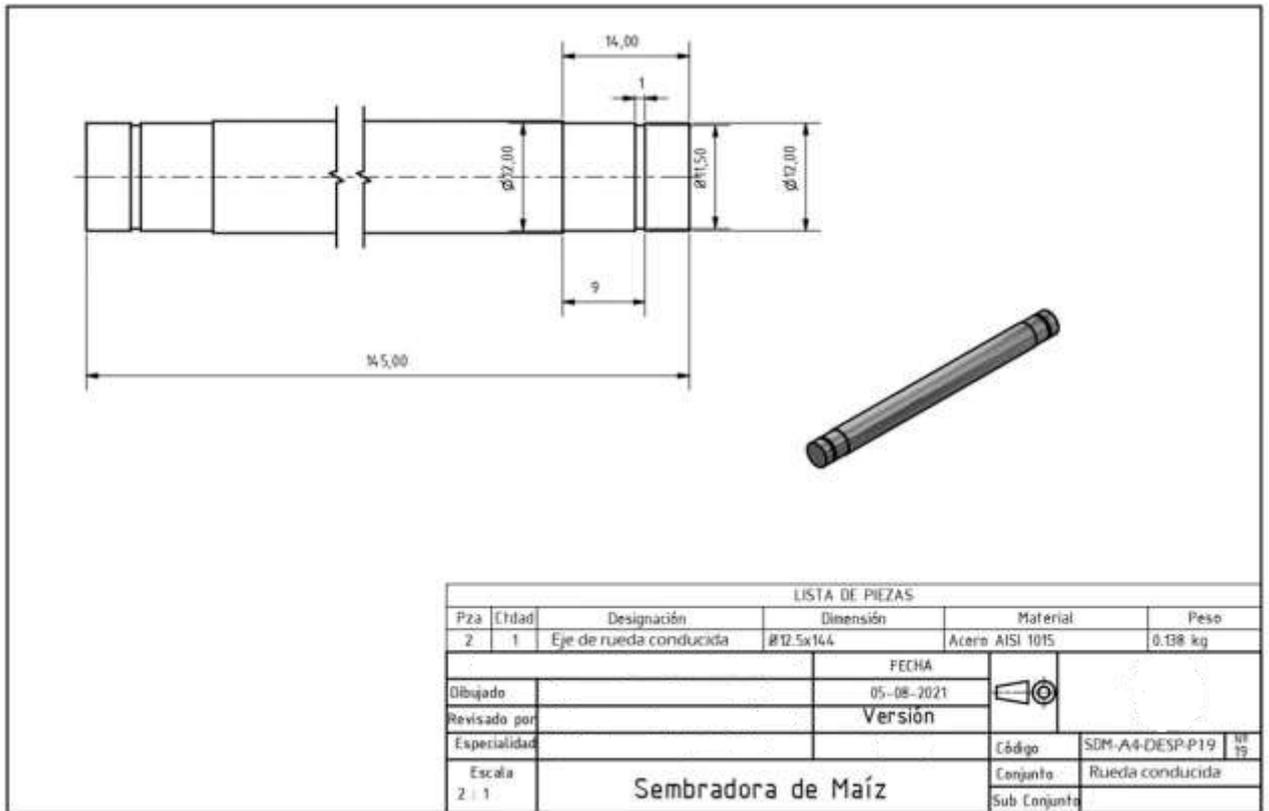


LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
2	1	Eje de rueda motriz	Ø12.5x189	Acero AISI 1015	0.169 kg
		FECHA			
Dibujado		Versión			
Revisado por				Código	SOM-A4-DESP-P14 <sup>10</sup> / <sub>14</sub>
Especialidad				Conjunto	Rueda motriz
Escala	1:1	Sembradora de Maíz		Sub Conjunto	



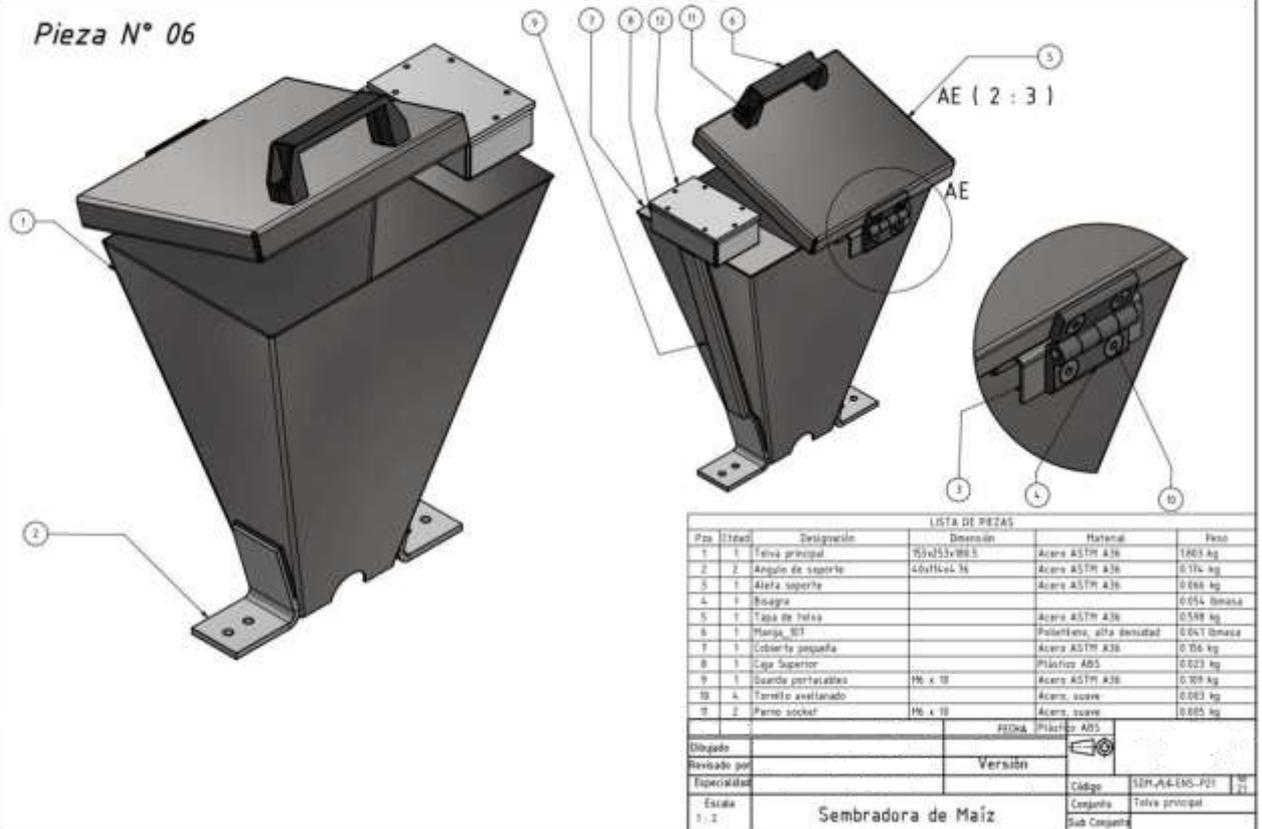
LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
4	1	Obsificador 5 cv	Ø80x70	Acero ASTM A36	1486 kg
			FECHA		
Dibujado			05-08-2021		
Revisado por			Versión		
Especialidad			2020		
Escala			Código		SDM-A4-DESP-P16 <sup>01</sup> / <sub>16</sub>
1 : 1			Sembradora de Maíz		Conjunto Principal
			Sub Conjunto		





LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
2	1	Eje de rueda conducida	Ø12.5x14.4	Acero AISI 1015	0.138 kg
			FECHA		
Dibujado			05-08-2021		
Revisado por			Versión		
Especialidad				Código	SDM-A4-DESP-P19
Escala 2 : 1	Sembradora de Maíz			Conjunto	Rueda conducida
				Sub Conjunto	

Pieza N° 06

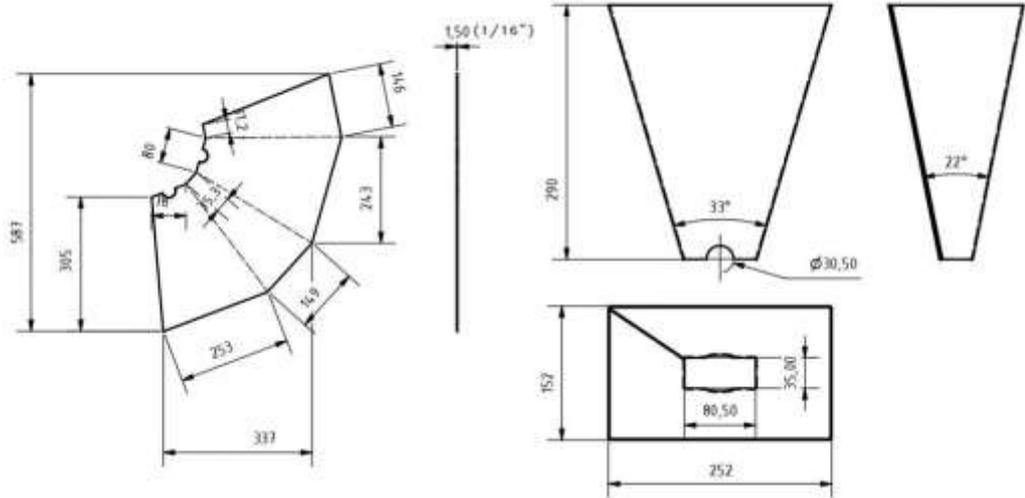


LISTA DE PIEZAS					
Pza	Cant	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Telva principal	55x253x88,5	Acero ASTM A36	1463 kg
2	2	Angulo de soporte	40x16x4,5	Acero ASTM A36	0,11x kg
3	1	Ala de soporte		Acero ASTM A36	0,66x kg
4	1	Boquilla			0,054 lbmasa
5	1	Tapa de telva		Acero ASTM A36	0,598 kg
6	1	Manija, BT		Polietileno, alta densidad	0,047 lbmasa
7	1	Cobertura pequeña		Acero ASTM A36	0,16 kg
8	1	Caja Superior		Plástico ABS	0,023 kg
9	1	Buende perforadas	16 x 18	Acero, suave	0,167 kg
10	4	Tornillo avellanado		Acero, suave	0,003 kg
11	2	Perno socket	16 x 18	Acero, suave	0,005 kg

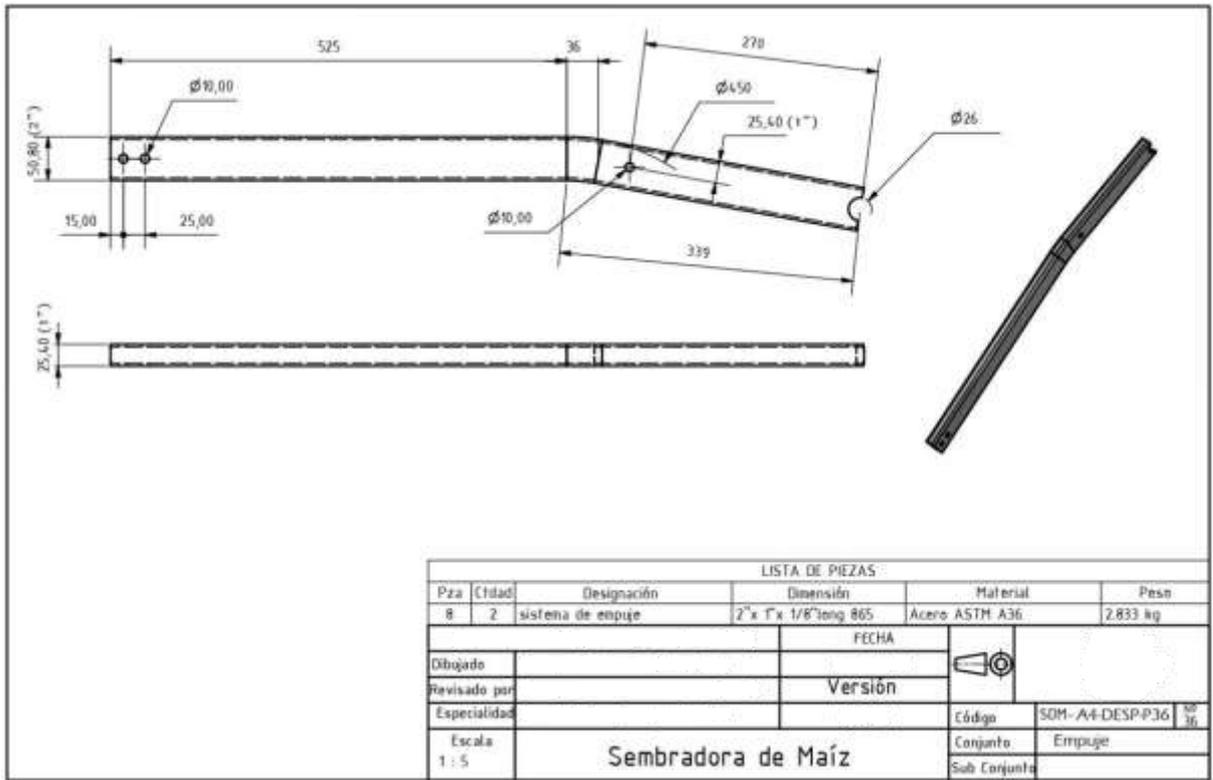
  

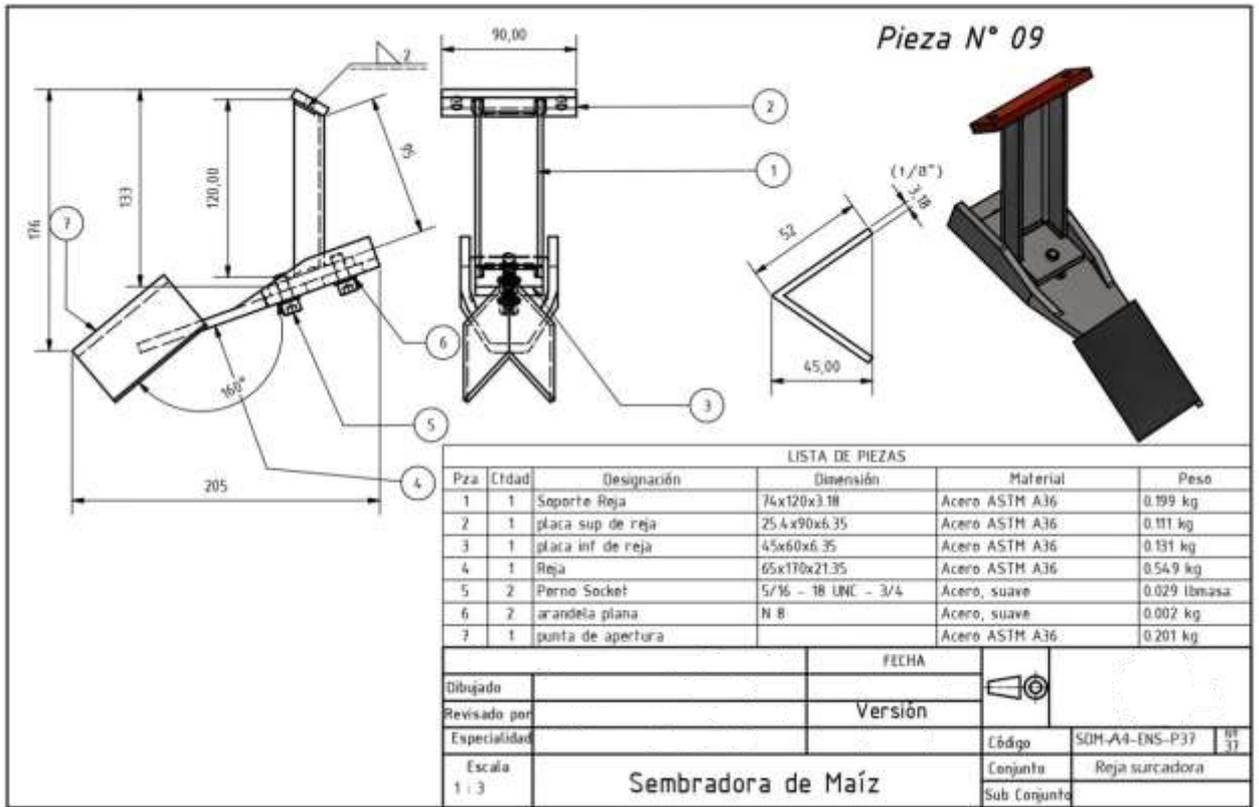
Elaborado		FECHA	Plástico ABS
Revisado por		Version	
Especialidad		Código	SEM-A4-EM-P21
Escala		Componente	Telva principal
1:1		Sub Componente	

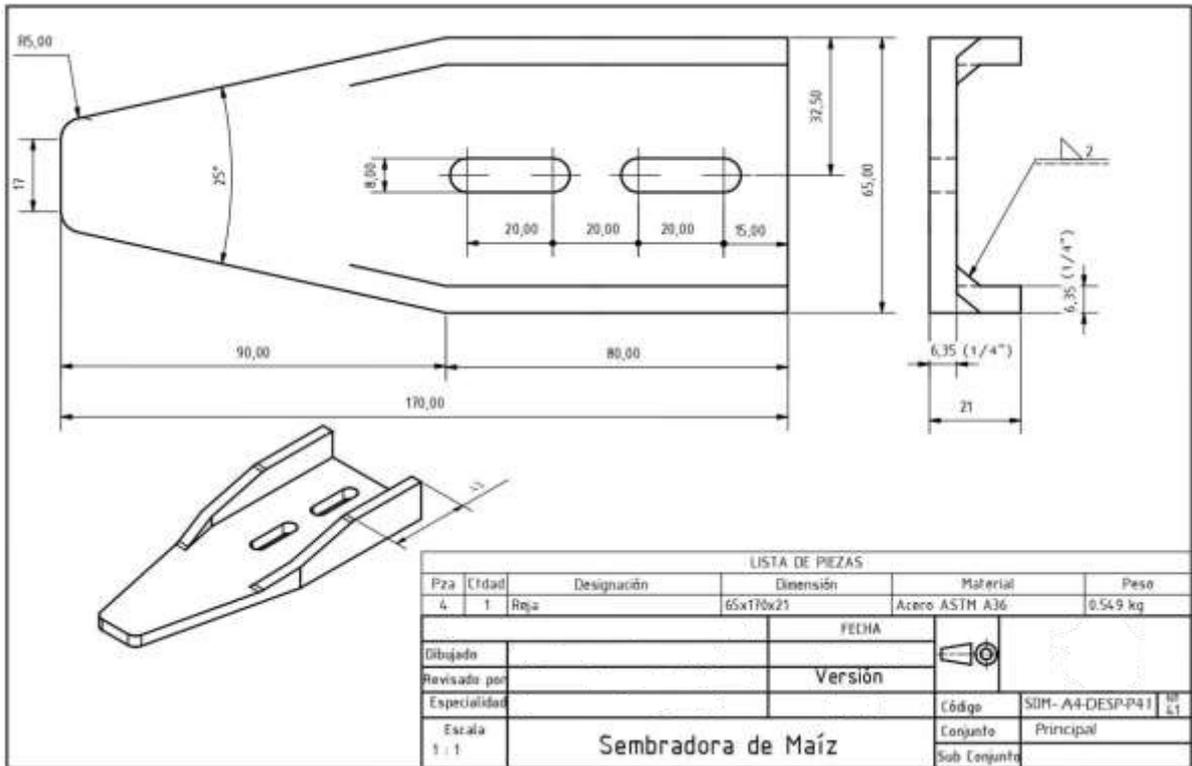




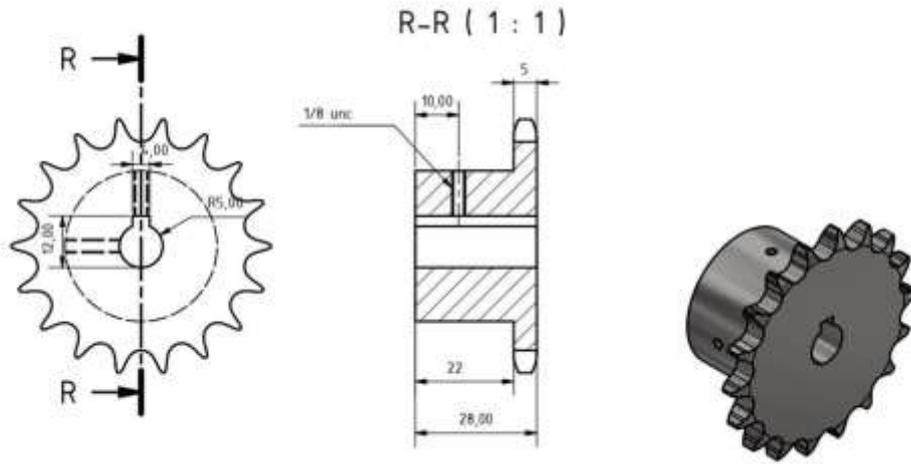
LISTA DE PIEZAS					
Pza	Cdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Tolva principal detalles	153x253x180	Acero ASTM A36	1.803 kg
		FECHA			
Dibujado			05-08-2021		
Revisado por		Versión			
Especialidad			2020	Código	SUM-A4-DESP-P23
Escala	1:10	Sembradora de Maíz		Conjunto	Tolva principal
				Sub Conjunto	



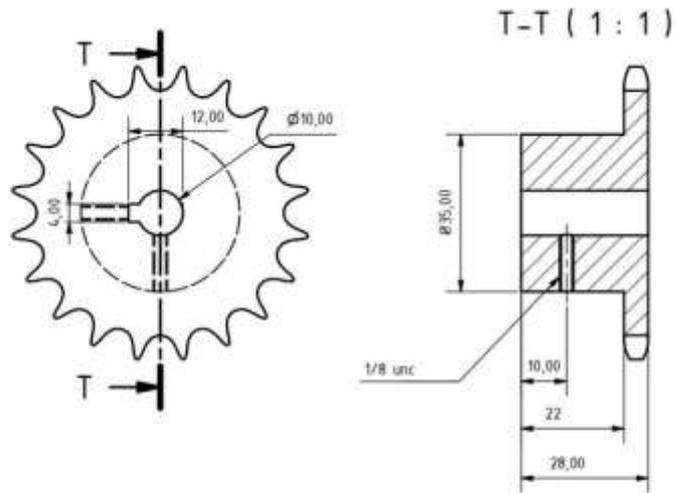




LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
4	1	Reja	65x170x21	Acero ASTM A36	0.549 kg
			FECHA		
Dibujado					
Revisado por					
Especialidad				Código	S0M-A4-DESP-P41
Escala				Conjunto	Principal
1 : 1				Sob Conjunto	
<b>Sembradora de Maíz</b>					



LISTA DE PIEZAS					
Pza	Cidad	Designación	Dimensión	Material	Peso
10	1	Sprocket Z18	ASA35	Acero, carbono	0.240 kg
Dibojado			FECHA		
Revisado por			Versión		
Especialidad			Código		
Escala 1 : 1			<b>Sembradora de Maíz</b>		SOM-A4-DESP-P42 <sup>01</sup> / <sub>L2</sub>
					Conjunto
					Sub Conjunto



LISTA DE PIEZAS					
Pza	Ctdad	Designación	Dimensión	Material	Peso
1	1	Sprocket Z20	ASA35	Acero, carbono	0.262 kg
			FECHA		
Dibujado				Versión	
Revisado por					
Especialidad				Código	SOM-A4-DESP-P43
Escala	Sembradora de Maíz			Conjunto	Principal
1 : 1				Sub Conjunto	

## **Anexo 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 12 Precio de materiales y componentes seleccionados**

Ítem	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)
1	Rodamiento rígido de bolas SKF	Acero suave	6	61801	18	108
2	Perno hexagonal	Acero al carbono	4	3/8 UNC – 16 mm	1.5	6
3	Perno hexagonal	Acero al carbono	4	3/8" x 2 UNC	1.2	4.8
4	Perno socket	Acero al carbono	12	5/16" - 18 UNC - 1/2"	1	12
5	Perno socket	Acero al carbono	2	5/16" - 18 UNC - 3/4"	1.2	2.4
6	Perno socket	Acero al carbono	4	1/4" - 20 UNC - 3/8"	1	4
7	Perno socket	Acero al carbono	2	M6 x 10	1	2
8	Seeger tipo J	Acero suave	6	28 x 1,2	0.4	2.4
9	Arandela plana	Acero al carbono	4	N6	0.2	0.8
10	Arandela plana	Acero al carbono	14	N8	0.2	2.8
11	Arandela plana	Acero al carbono	8	N10	0.4	3.2
12	Cadena de rodillos	Acero ASTM A-36	1	ANSI 35 - 80 pasos	25	25
13	Cadena galvanizada	Acero galvanizado	1	10 mm x 1 m	16.9	16.9
14	Sprocket Z18	Acero al carbono	1	ANSI 35	22	22
15	Sprocket Z20	Acero al carbono	1	ANSI 35	24	24
16	Bisagra	Aluminio	1	428652	7	7
17	Manija	Polietileno	1	Comercial	8	8
18	Tornillo avellanado	Acero suave	4	-	0.2	0.8
<b>Total</b>						<b>252.1</b>

(Elaboración propia)

## Precio de fabricación de elementos

**Tabla 13 Precio de fabricación de elementos**

Ítem	Descripción	Material	Cant.	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	52.8	52.8
Total					792.8

(Elaboración propia)

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

**Tabla 14 Precio de manufactura**

PRECIO DE MANUFACTURA (S/)	
Precio de materiales	252.1
Precio de fabricación de elementos	792.8
Precio de ensamble	200
<b>Costo total (S/)</b>	<b>1,244.9</b>

(Elaboración propia)

## Anexo 3. Catálogo de platinas de acero A-

# 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 (Inch)	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 3/8"	0.61	3.66
3/16" x 1/4"	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	8.52
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 3/8"	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"	2.52	15.18
1/4" x 2 1/2"	3.16	18.96
1/4" x 3"	3.80	22.80

DIMENSIONES NOMINALES (Inch)	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"	9.48	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	94.98
5/8" x 6"	18.99	113.99
3/4" x 5"	18.99	113.99
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/cm<sup>2</sup>) mínimo.
- Resistencia a la Tracción = 450 - 550 Mpa (4,080-5,620 kg/cm<sup>2</sup>).
- 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.

000A01-F104004(SEP20)

Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.



## Anexo 4. Características rodamiento rígido de bolas 61801

**SKF**
Generado desde [sitio] el [fecha]



### 61801

Producto popular

#### Rodamientos rígidos de bolas

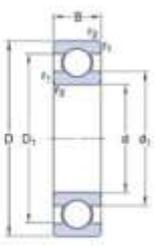
**Datos de los rodamientos**

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**

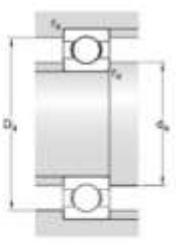
Tolerancias de los asientos para condiciones estándar,  
Tolerancias y ajustes resultantes

### 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

**SKF**
Página [página] de 4

## 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	$f_D$	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
	14,0	0,48	0,39	0,24
Pasto Brachiaria brizantha	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)

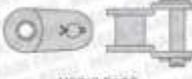
## Anexo 6. Catálogo de cadenas de rodillos



### CADENAS DE RODILLOS NORMA ASA



CANDADOS



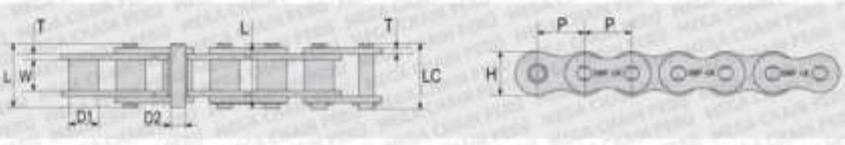
MEDIO PASO



CADENAS REMACHADA



CADENAS CON PASADOR



CADENA N°	Paso		Interior W	Rodillo D1	Placa		Pin			*Carga Admisible	Carga a la Rotura	Peso Aprox.
	P	mm			Alura H (mm)	Espesor T (mm)	Dámetro D2(mm)	Long. L (mm)	Long. filar LC (mm)			
25-1	1/4"	6.35	3.18	3.30	6.00	0.80	2.31	7.90	6.40	357	510	0.15
35-1	3/8"	9.53	4.77	5.08	9.00	1.30	3.68	12.40	11.17	806	1152	0.33
41-1	1/2"	12.70	6.28	7.77	9.91	1.30	3.68	13.70	15.00	680	1285	0.41
46-1	5/8"	15.88	7.65	7.95	12.00	1.90	3.98	16.60	17.88	1436	1897	0.80
50-1	3/4"	19.05	9.40	10.16	15.00	2.03	5.08	20.70	22.20	2364	3192	1.02
60-1	7/8"	25.40	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	8024	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	28.22	25.40	41.00	5.60	12.70	54.40	59.00	17500	22668	7.50
180-1	2"	50.80	31.55	28.58	47.80	6.40	14.27	64.80	69.60	23127	27216	10.10
190-1	2 1/4"	62.15	35.46	35.71	53.80	7.20	17.40	72.60	78.60	28572	36821	13.45
200-1	2 1/2"	63.50	37.85	36.68	60.00	8.00	19.85	80.30	87.30	36077	47800	18.15
240-1	3"	76.20	47.35	47.63	72.39	9.50	23.81	95.90	102.00	52035	68483	23.20
25-2	1/4"	6.35	3.18	3.30	6.00	0.80	2.91	14.60	15.00	714	1029	0.27
35-2	3/8"	9.53	4.77	5.08	9.00	1.30	3.56	22.50	23.30	1811	2274	0.66
40-2	1/2"	12.70	7.65	7.95	12.00	1.30	3.96	31.00	32.30	2876	3793	1.27
50-2	5/8"	15.88	9.40	10.16	15.00	2.03	5.08	38.90	40.40	4327	6333	2.07
60-2	3/4"	19.05	12.57	11.91	18.00	2.42	5.94	48.60	50.50	6485	8819	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	75.40	80.50	16049	21944	7.85
120-2	1 1/2"	38.10	25.22	22.23	35.70	4.80	11.10	95.80	99.70	25990	32663	11.70
140-2	1 3/4"	44.45	28.22	25.40	41.00	5.60	12.70	102.30	107.90	35109	43377	14.82
180-2	2"	50.80	31.55	28.58	47.80	6.40	14.27	123.30	128.10	46294	54432	20.04
190-2	2 1/4"	62.15	35.46	35.71	53.80	7.20	17.40	138.60	144.40	57194	73643	26.57
200-2	2 1/2"	63.50	37.85	36.68	60.00	8.00	19.85	151.90	158.00	72164	91199	32.62
240-2	3"	76.20	47.35	47.63	72.39	9.50	23.81	182.40	190.80	104071	130966	48.10

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



## Anexo 7. Características de cadena de acero galvanizado 10 mm



Catálogo Cables de acero

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




**FICHA TÉCNICA**

<p><b>Características</b> Cadena soldada electrónicamente de acero con bajo contenido de carbono, acabado zincado, resistente a la corrosión.</p>	<p><b>Garantía</b> Por defecto de fabricación</p>
<p><b>Observaciones</b> Cuenta con eslabones cortos que lo hacen flexible y especialmente adecuado para aplicaciones agrícolas, barrandillas, cadenas de puertas, equipos de juego, etc.</p>	<p><b>Recomendaciones De Uso</b> Realizar el corte con herramientas adecuadas, como sizaya.</p>
<p><b>Altura Del Producto</b> 24 m</p>	<p><b>Modelo</b> 10 mm</p>
<p><b>Tipo de Producto</b> Cadena</p>	<p><b>Sub Tipo de Producto</b> Acero</p>
<p><b>Material</b> Acero Galvanizado</p>	<p><b>Color</b> Plata</p>
<p><b>Número de piezas</b> 1</p>	<p><b>Marca</b> SM</p>
<p><b>Advertencia de uso</b> 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





### 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 <sup>2</sup> )	Roscas por pulgada, $n$	Área en esfuerzo de tensión (pulg <sup>2</sup> )
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 $\frac{1}{8}$	1.125	7	0.763	12	0.856
1 $\frac{1}{4}$	1.250	7	0.969	12	1.073
1 $\frac{3}{8}$	1.375	6	1.155	12	1.315
1 $\frac{1}{2}$	1.500	6	1.405	12	1.581
1 $\frac{3}{4}$	1.750	5	1.90		
2	2.000	4 $\frac{1}{2}$	2.50		

Fuente: (Alva Davila, 2002)

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS\_RIVERA VENTO\_JORGE LUIS VICE  
NTE\_2\_TURNITIN.docx**

AUTOR

**JORGE LUIS VICENTE RIVERA VENTO**

RECUENTO DE PALABRAS

**10482 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**55035 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**80 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**8.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 2, 2024 9:35 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 2, 2024 9:36 PM GMT-5****● 21% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE  
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **DISEÑO DE SISTEMA MECÁNICO DOSIFICADOR PARA SEMILLAS DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE LAMBAYEQUE**

elaborado por el (los) Bachiller(es):

**RIVERA VENTO JORGE LUIS VICENTE**

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **21 %**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 06 de junio de 2024

**Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone**

**Coordinador de Investigación**

**DNI N° 16481433**