	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
	Dependencia	Aprobado		Pág.
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(85)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>JEYSON ANDRES BARRIOS PEDROZO</b>		
FACULTAD	<b>INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA MECANICA</b>		
DIRECTOR	<b>EDER NORVERTO FLORÉZ SOLANO</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>CONSTRUCCION DE UN MECANISMO DE TRACCION PORTATIL PARA EL DESPLIEGUE DEL SISTEMA DE RIEGO TIPO ASPERSOR DE CAÑON MOVIL PARA LOS CULTIVOS AGRICOLAS EN LA ZONA RURAL DE AGUACHICA - CESAR</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p><b>LOS CULTIVOS SON LA PRINCIPAL FUENTE DE INGRESO DE LOS CAMPESINOS DE LAS ZONAS ALEDAÑAS AL MUNICIPIO DE AGUACHICA DEPARTAMENTO DEL CESAR; EN EPOCA DE SEQUIA ESTOS UTILIZAN SISTEMAS DE RIEGO ARTIFICIALES CON EL OBJETIVO DE BRINDAR LA HUMEDAD REQUERIDA AL TERRENO; EL OBJETIVO PRINCIPAL DE ESTE PROYECTO ES SUPLIR LA NECESIDAD DE APROVECHAMIENTO DEL CULTIVO QUE ES AFECTADO POR APLANAMIENTO EN EL MOMENTO DEL DESPLIEGUE DEL SISTEMA DE RIEGO.</b></p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 85	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



**CONSTRUCCION DE UN MECANISMO DE TRACCIÓN PORTÁTIL PARA EL  
DESPLIEGUE DEL SISTEMA DE RIEGO TIPO ASPERSOR DE CAÑÓN MÓVIL  
PARA LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS EN LA ZONA RURAL DE AGUACHICA -  
CESAR.**

**AUTOR:**

**JEYSON ANDRÉS BARRIOS PEDROZO**

**CÓDIGO: 180927**

**PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**DIRECTOR**

**MSC. EDER NORBERTO FLÓREZ SOLANO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA MECANICA**

**Ocaña, Colombia**

**Diciembre, 2016**

## **DEDICATORIA**

Darle gracias a Dios por darme sabiduría y fortaleza para poder realizar este proyecto y no decaer por los obstáculos que se presentaron en el camino, a mis padres Isrrael Alfonso Barrios Navarro y María Estela Pedrozo Pérez por ser el motor de mi vida y los que me han ayudado a salir adelante, haciendo realidad mi sueño, a mis hermanas Katerin Patricia Barrios Pedrozo y Anyelinth Del Carmen Barrios Pedrozo por el ánimo y sacrificio que han brindado, a mi hijo Andrés Julián Barrios Chona por ser ese motivo que me aferro a un más a esa meta, a mi esposa Katherine Chona Sánchez por el apoyo incondicional que me ha brindado siempre.

A todos mis amigos/as y compañeros/as, quienes me brindaron su apoyo y compartieron su conocimiento, alegrías, tristezas, y sobre todo tiempo, y a todas aquellas personas que ayudaron a que este sueño se me pudiera hacer realidad.

**Jeyson Andrés Barrios Pedrozo**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo darle gracias a Dios y a mis padres, Israel Alfonso Barrios Navarro y María Estela Pedrozo Pérez por su apoyo incondicional.

A mis hermanas: Katerin Patricia Barrios Pedrozo y Anyelinth Del Carmen Barrios Pedrozo por su colaboración y comprensión.

A mi esposa: Katherine Chona Sánchez por la ayuda incondicional y por siempre estar cuando te necesito.

A mi director de proyecto: Ing. Eder Flórez por darme pautas en el desarrollo del proyecto

A mi guía: Ing. Ricardo García por ayudarme a realizar este proyecto

A mis amigos/as: Mailen Carrascal, Angie Barbosa, Roció Marques, Danna Contreras, Breiner Pérez, Jesús Guaca. Por acompañarme en este camino brindando de una u otra manera su incondicional apoyo.

A mis profesores: Ing. Jhon Arévalo, Ing. Daniel Carrillo, Ing. Jaider Vergel, Dis. Alfredo Bohórquez, por ayudarme a plasmas el conocimiento en este proyecto

**Jeyson Andrés Barrios Pedrozo**

## Índice

Capítulo 1. Construcción de un mecanismo de tracción portátil para el despliegue del sistema de riego tipo aspersor de cañón móvil para los cultivos agrícolas en la zona rural de Aguachica - cesar.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Formulación del problema .....	13
1.3 Descripción del problema .....	13
1.4 Objetivos .....	14
1.4.1 Objetivo General.....	14
1.4.2 Objetivos Específicos.....	14
1.5 Justificación .....	14
1.6 Limitaciones.....	15
1.6.1 limitaciones.....	15
1.7 Delimitaciones .....	16
1.7.1 Geográfica.....	16
1.7.2 Conceptual.....	16
1.7.3 Operativa.....	16
1.7.4 Temporal.....	16
1.8 Descripción de las actividades a desarrollar .....	17
 Capítulo 2. Enfoque referencial .....	 18
2.1 Enfoque histórico .....	18
2.2 Enfoque conceptual.....	18
2.3 Enfoque legal .....	21
 Capítulo 3. Construcción de un mecanismo de tracción portátil para el despliegue del sistema de riego tipo aspersor de cañón móvil para los cultivos agrícolas en la zona rural de Aguachica - cesar.....	 22
3.1 Estudio de los mecanismos actuales, con el fin de conocer y calcular los parámetros iniciales del sistema. ....	22
3.1.1 Indagar en revistas, artículos, documentos, etcétera. Sobre temáticas que relacionan los mecanismos de despliegue del aspersor tipo cañón móvil. ....	22
3.1.2 Realizar una actividad experimental teniendo en cuenta los conocimientos de ingenieros agrónomos de la zona, colocando a funcionar el mecanismo para obtener la velocidad y aceleración requerida.....	23
3.1.3 Calculo de la potencia requerida para el correcto funcionamiento.....	26
3.1.4 Cálculos del cable .....	32
3.1.5 Cálculos del tambor de la guaya .....	37

3.2	Análisis mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos. ....	<b>43</b>
3.2.1	Diseño de la estructura que tendrá el prototipo utilizando el software Solidworks. ....	43
3.2.2	Someter la estructura en el software a cargas en todos los puntos que la constituyen y así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos.....	45
3.3	Ensamble de los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su puesta en funcionamiento.....	<b>48</b>
3.3.1	Juntar todas las partes móviles de los sistemas de tracción para formar un solo mecanismo. ....	48
3.3.2	Efectuar el montaje en la estructura del sistema de tracción para poder transportarla. ....	54
3.3.3	Realizar la puesta en funcionamiento del prototipo.....	63
Capítulo 4. Recursos y presupuesto .....		65
4.1	Presupuesto global .....	<b>65</b>
4.2	Gastos personales.....	<b>65</b>
4.3	Equipos .....	<b>66</b>
4.4	Recursos institucionales.....	<b>66</b>
4.5	Insumos .....	<b>67</b>
Conclusiones .....		68
Recomendaciones .....		70
Referencias.....		71
Apéndice .....		73

## Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Desplazamiento del tractor de un punto a otro .....	23
Ilustración 2. Mecanismo aspersor tipo cañón.....	24
Ilustración 3. Manguera y fluido.....	30
Ilustración 4. Diagrama de cuerpo libre.....	30
Ilustración 5. Motor de combustión.....	32
Ilustración 6. Factor de servicio.....	33
Ilustración 7. Tabla para selección de cable .....	33
Ilustración 8. Tabla para determinar material de la polea.....	36
Ilustración 9. Vida útil del cable .....	37
Ilustración 10. Viga con carga puntual y reacciones .....	38
Ilustración 11. Diagrama de cortante .....	38
Ilustración 12. Diagrama de momento.....	39
Ilustración 13. ED Goodman .....	39
Ilustración 14. Análisis tensión Von Mises del rollo.....	40
Ilustración 15. Análisis desplazamiento del rollo .....	41
Ilustración 16. Deformación unitaria del rollo.....	41
Ilustración 17. Rollo deformado .....	42
Ilustración 18. Rodamiento para el rollo.....	42
Ilustración 19. Rodamiento para la rueda .....	43
Ilustración 20. Rueda .....	43
Ilustración 21. Vista frontal de la estructura.....	44
Ilustración 22. Vista lateral de la estructura.....	44
Ilustración 23. Vista superior de la estructura .....	45
Ilustración 24. Vista isométrica de la estructura.....	45
Ilustración 25. Mallado de estructura.....	46
Ilustración 26. Limite elástico de la estructura .....	46
Ilustración 27. Desplazamiento de la estructura .....	47
Ilustración 28. Deformación unitaria de la estructura.....	47
Ilustración 29. Motor de combustión .....	48
Ilustración 30. Correa trapecial.....	49
Ilustración 31. Reductor de velocidad .....	49

Ilustración 32. Acople hembra mallado .....	50
Ilustración 33. Acople hembra sometido a tensión de Von Mises.....	50
Ilustración 34. Acople hembra desplazamiento .....	51
Ilustración 35. Acople hembra deformación unitaria .....	51
Ilustración 36. Acople macho mallado .....	52
Ilustración 37. Acople macho sometido a tensión de Von Mises .....	52
Ilustración 38. Acople macho desplazamiento .....	53
Ilustración 39. Acople macho deformación unitaria.....	53
Ilustración 40. Corte de tubería.....	54
Ilustración 41. Ubicación de piezas con putos.....	55
Ilustración 42. Verificación de puntos .....	55
Ilustración 43. Ubicación de postes .....	56
Ilustración 44. Refuerzo de poste.....	56
Ilustración 45. Soporte de postes .....	57
Ilustración 46. Refuerzo estructura de arrastres.....	57
Ilustración 47. Sujeción y fijación a la parte delantera del chasis .....	58
Ilustración 48. Soporte de rodamientos de llantas .....	58
Ilustración 49. Alineación de rodamientos de llantas .....	59
Ilustración 50. Montaje de ruedas .....	59
Ilustración 51. Soporte rodamientos de rollo .....	60
Ilustración 52. Eje del rollo.....	60
Ilustración 53. Refuerzo de eje .....	61
Ilustración 54. Rollo centrado al eje .....	61
Ilustración 55. Montaje de rollo.....	62
Ilustración 56. Buje de las patas .....	62
Ilustración 57. Bujes y patas .....	63
Ilustración 58. Mecanismo de tracción terminado .....	63
Ilustración 59. Puesta en funcionamiento del mecanismo .....	64
Ilustración 60. Protección auditiva .....	80
Ilustración 61. Protección visual.....	81
Ilustración 62. Protección para manos .....	82
Ilustración 63. Protección para los pies .....	83



## Listado de ecuaciones

Ecuación 1. Ecuación de desplazamiento cinemática.....	25
Ecuación 2. Ecuación velocidad cinemática.....	25
Ecuación 3. Ecuación para determinar velocidad angular.....	25
Ecuación 4. Ecuación para determinar aceleración angular.....	25
Ecuación 5. Ecuación de volumen de un cilindro.....	27
Ecuación 6. Ecuación de densidad.....	28
Ecuación 7. Ecuación de inercia.....	29
Ecuación 8. Ecuación de torque.....	29
Ecuación 9. Ecuación de sumatoria de torques.....	29
Ecuación 10. Ecuación para determinar fuerza.....	29
Ecuación 11. Sumatoria de fuerzas en el eje X.....	31
Ecuación 12. Fuerza de rozamiento.....	31
Ecuación 13. Sumatoria de fuerzas en Y.....	31
Ecuación 14. Ecuación para determinar potencia.....	31
Ecuación 15. Ecuación para determinar la tensión en cables.....	33
Ecuación 16. Ecuación para determinar el diámetro mínimo del cable.....	34
Ecuación 17. Ecuación para determinar el diámetro optimo del cable.....	34
Ecuación 18. Ecuación para determinar el área metálica del cable.....	34
Ecuación 19. Factor de servicio para el cable.....	35
Ecuación 20. Factor de servicio para la polea.....	35
Ecuación 21. Ecuación para determinar material de la polea.....	36
Ecuación 22. Ecuación para determinar la vida útil del cable.....	37
Ecuación 23. Ecuación para determinar diámetro de eje.....	39

## Listado de tablas

Tabla 1 Actividades a Desarrollar.....	17
Tabla 2 totalidad de gastos invertidos en el proyecto .....	65
Tabla 3 Horas dedicadas al proyecto de investigación .....	65
Tabla 4 justificación de trabajo en horas del prototipo.....	66
Tabla 5 presupuesto invertido en el proyecto .....	67

## **Capítulo 1. Construcción de un mecanismo de tracción portátil para el despliegue del sistema de riego tipo aspersor de cañón móvil para los cultivos agrícolas en la zona rural de Aguachica - cesar.**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente, en el proceso de riego para la siembra de cultivos agrícolas se utiliza un sistema aspersor móvil de tipo cañón desplegable, el sistema debe ser acoplado a un tractor, luego cuando es desplegado debe pasar por encima de las plantas que se encuentran en estado de germinación y producción, y de esta manera satisfacer la necesidad del riego de la siembra, debido a este procedimiento el cultivo es aplanado y afectado en un área considerable. Según la experticia de un agrónomo, el cual calcula que en una (1) hectárea (10.000 m<sup>2</sup>) del cien por ciento (100%) sembrado se pierde un diez por ciento (10%) de la producción total.

### **1.2 Formulación del problema**

¿Será que con la construcción de un mecanismo de tracción portátil para sistemas de riego tipo aspersor móvil, se podrá mejorar la producción agrícola?

### **1.3 Descripción del problema**

El mecanismo de riego para cultivos es acoplado a un tractor que lo lleva hasta uno de los extremos del lote donde es posicionado y conectado al ducto de bombeo, ahí permanecerá estático hasta que cumpla su objetivo de riego a las plantas en esa zona. Seguidamente un operario acopla el aspersor al tractor para que posteriormente empiece el despliegue en el sembrado sobre los surcos, este se realiza de manera perpendicular a la que es transportado todo el mecanismo aspersor, afectando la germinación de las plantas.

Como solución a esta problemática se plantea la construcción del prototipo que funcionará como un sistema de tracción móvil, el cual está compuesto de un cable que se envuelve a un cilindro que será conectado a un mecanismo reductor de velocidad y a su vez acoplado a un motor de combustión, todo este conjunto tendrá como soporte una estructura fácil de transportar y además, capaz de soportar las cargas en el momento de la operación.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General.**

Construir un mecanismo de tracción portátil para el despliegue del sistema de riego tipo aspersor de cañón móvil para los cultivos agrícolas en la zona rural de Aguachica - Cesar.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

Estudiar los mecanismos actuales, con el fin de conocer y calcular los parámetros iniciales del sistema.

Analizar mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos.

Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su puesta en funcionamiento.

## **1.5 Justificación**

El presente trabajo, tiene como finalidad construir un prototipo móvil capaz de desplegar el sistema de aspersión tipo cañón, debido a que se han observado pérdidas considerables en los cultivos por el método realizado actualmente, el cual es por medio de un tractor, quien además de desplegar el aspersor tiene que permanecer en el lugar mientras se realiza el riego de las plantas, provocando un aumento en las pérdidas cuando el cultivo sea

recolectado, debido a que se desperdicia tiempo cuando se encuentra estacionado y por consiguiente no puede realizar otras actividades esenciales en una granja como lo es cortar la maleza, arar, ensilar, etcétera, en el caso de que la granja solo cuente con un (1) tractor.

Con el desarrollo de este trabajo, se pretende dar solución a la problemática existente en la producción agrícola, mediante la construcción de un mecanismo de tracción móvil que será fácil de utilizar por el operario, y además tendrá la capacidad de desplegar el mecanismo aspersor en el campo.

La eficacia del proyecto se podrá observar en la época de recolección del cultivo donde se generara un aumento significativo por hectárea o espacio sembrado en la cosecha de los productos y también una disminución representativa en los costes de mantenimiento del sembrado como lo son el combustible y los rodamientos del tractor.

## **1.6 Limitaciones**

**1.6.1 limitaciones.** La falta de información que indique las características en el momento de desplegar el sistema aspersor debido a que no se especifican velocidades máximas que soportara la tubería antes de ocasionar algún tipo de avería en el sistema.

No se cuenta con un instrumento de medida (dinamómetro), necesario para tomar la escala exacta de fuerza para desplegar el sistema aspersor.

La ubicación geográfica donde se encuentra el sistema aspersor móvil tipo cañón es de difícil acceso para la recopilación de datos necesarios para el avance de este proyecto.

## **1.7 Delimitaciones**

**1.7.1 Geográfica.** El trabajo se realizara en el laboratorio de máquinas y herramientas de la ufps con la asesoría de las personas encargadas del mismo y la ayuda del director del proyecto, el cual será implementado en la zona rural del municipio de Aguachica en el departamento del Cesar.

**1.7.2 Conceptual.** La temática del proyecto se enmarcará en los siguientes conceptos: Sistema de riego de cañón aspersor, Tubo, Aspersor, Ecuaciones de cinemática, Ecuación de cinética, Movimiento plano de cuerpos rígidos: fuerzas y aceleraciones, Cables metálicos, Esfuerzo cortante, Torsión, Resistencia de material, Rodamientos.

**1.7.3 Operativa.** El proyecto se desarrollará con base en los parámetros del presente documento y con la asesoría del director del mismo y las personas que se necesiten como asesores en el transcurso de la investigación para poder realizar los objetivos del proyecto.

**1.7.4 Temporal.** El presente proyecto tendrá una duración aproximada de 8 a 10 semanas a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

### 1.8 Descripción de las actividades a desarrollar

**Tabla 1**

*Actividades a Desarrollar*

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades para hacer posible el cumplimiento de los objetivos específicos
<p>Construcción de un mecanismo de tracción portátil para el despliegue del sistema de riego tipo aspersor de cañón móvil para los cultivos agrícolas en la zona rural de Aguachica - Cesar.</p>	<p>Estudiar los mecanismos actuales, con el fin de conocer y calcular los parámetros iniciales del sistema.</p>	<p>Indagar en revistas, artículos, documentos, etcétera. Sobre temáticas que relacionan sistemas de riego</p>
		<p>Realizar una actividad experimental teniendo en cuenta los conocimientos de ingenieros agrónomos de la zona, colocando a funcionar el mecanismo para obtener la velocidad requerida y aceleración requerida</p>
		<p>Calcular la potencia requerida para el correcto funcionamiento.</p>
	<p>Analizar mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos.</p>	<p>Diseñar la estructura que tendrá el prototipo utilizando el software Solidworks.</p>
		<p>Someter la estructura en el software a cargas en todos los puntos que la constituyen y así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos.</p>
	<p>Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su puesta en funcionamiento.</p>	<p>Juntar todas las partes móviles de sistemas de tracción para formar un solo mecanismo</p>
		<p>Efectuar el montaje en la estructura del sistema de tracción para poder transportarla.</p>
		<p>Realizar la puesta en funcionamiento del prototipo.</p>

## **Capítulo 2. Enfoque referencial**

### **2.1 Enfoque histórico**

Los aspersores desde su creación en el siglo XVIII donde eran estacionarios y utilizados para irrigar pequeñas porciones de cultivos. A principios del siglo XX en Estados Unidos fueron fabricados en masa unos dispositivos o mecanismos aspersores, con la capacidad de ser transportados de un punto a otro sin importar cuanto cultivo fuera afectado con el simple objetivo de humedecer el campo. (Grandal, 2014)

Desde su creación han sido voluminosos, robustos y para comenzar el riego hay que desenrollar la manguera tirando con un tractor. Finalizada una banda, se gira el tambor y se repite la operación. (Alcobendas, 2011)

Hasta el momento no se registran estudios o datos de algún tipo de mecanismo, que se utilice o que se haya diseñado para desplegar este tipo de sistema de aspersión, y además reduzca el daño con el que se impacta directamente a los cultivos por aplanamiento, debido a que el tractor lo genera al desplegar la manguera por el campo.

### **2.2 Enfoque conceptual**

El proyecto se enmarcara en los siguientes conceptos:

Sistema de riego de cañón aspersor: Mecanismo utilizado para brindar la humedad requerida en un cultivo.

Sistema de riego superficial constituido generalmente por un equipo móvil o semiestacionario que lleva una tubería que puede enrollarse y desenrollarse y que cuenta además con un aspersor gigante final. Se le conoce también simplemente como enrollador. (EcuRed, 2016)

La principal limitante del riego por aspersión radicó desde sus inicios en que se requería de mucha mano de obra y tiempo para mover los componentes del riego (bomba y



tuberías) hasta otras áreas a medida que se cumplía la norma de riego establecida para el cultivo. Ello motivó el diseño del sistema de riego de desplazamiento frontal, el de pivote o de desplazamiento radial y el cañón aspersor con tubería enrollada.

**Tubo:** Conducto por donde se transporta el fluido de un punto a otro generalmente de polietileno.

Es de polietileno de alta densidad, y como el sistema funciona a alta presión, está construido de una mezcla especial de gran resistencia.

**Aspersor:** Dispositivo que se utiliza para dosificar la porción de fluido que humedecerá el terreno o cultivo.

Mecanismo mediante el cual el agua a presión se convierte en gotas menudas que se esparcen uniformemente sobre la planta o el terreno. Al aspersor se le conoce también como emisor, y gira por la acción de la presión del agua. Como este sistema tiene un aspersor único, este es de gran capacidad de entrega y esparce el agua en un amplio radio. (EcuRed, 2016)

**Ecuaciones de cinemática:** “También llamada mecánica clásica, es cuando se considera el movimiento en una dimensión, esto es: el movimiento de un objeto a lo largo de una línea recta”. (Serway & Jewett Jr., 208).

”Cual corresponde al estudio de la geometría del movimiento. Se utiliza para relacionar el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y el tiempo, sin hacer referencia a la causa del movimiento” (BEER, RUSSELL JOHNSTON, & CORNWELL, 2010, pág. 601).

**Ecuación de cinética:** “Es el estudio de la relación que existe entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, su masa y el movimiento de este mismo. La cinética se utiliza para predecir el movimiento ocasionado por fuerzas dadas, o para determinar las fuerzas que se

requieren para producir un movimiento específico”. (BEER, RUSSELL JOHNSTON, & CORNWELL, 2010, pág. 601).

Movimiento plano de cuerpos rígidos: fuerzas y aceleraciones: “las relaciones existentes entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo rígido, la forma y la masa del cuerpo, y el movimiento que se produce”. (BEER, RUSSELL JOHNSTON, & CORNWELL, 2010, pág. 456).

Cables metálicos: Son alambres trenzados sobre un alma de acero, los cuales dan seguridad gracias a su alta resistencia a la tensión, además son fáciles de manipular.

Esfuerzo cortante: “Se presenta el estado de esfuerzo en un punto descrito mediante tres superficies mutuamente perpendiculares. Puede mostrarse, a través de la transformación de coordenadas, que esto es suficiente para determinar el estado de esfuerzo sobre cualquier superficie que interseca al punto.” (Budynas & Keith Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 2008, pág. 76).

Torsión: Se le llama torsión cuando se encuentran girando barras o cilindros circulares y sobre el actúan fuerzas que provocan el movimiento.

Resistencia de material: “Es una propiedad interna de un material o de un elemento mecánico, por la selección de un material particular, un proceso o ambos.” (Budynas & Keith Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 2008, pág. 30).

Rodamientos: Se utiliza para resolver problemas en los cuales dos elementos de máquina se acoplan entre sí y de esta manera evitar la fricción, absorbiendo las cargas radiales, axiales o mixtas que se generan en una flecha o eje.

### **2.3 Enfoque legal**

**Norma ASTM A 36/A 36M – 00a** esta norma habla de los tipos de elementos para la sujeción de una estructura, los cuales se dividen en dos permanentes como lo es la soldadura o removibles como lo son pernos y remaches, dice además que entre mayor carga vaya a soportar el mecanismo mayor será el grado de sujeción al que estará sometido. (Virtual, 2015)

**Norma ASTM A 66-01** se encarga de dar dimensiones específicas de tolerancias, deformaciones y elongaciones permisibles de un tornillo de acero, gracias a pruebas hechas en laboratorios de una porción o muestra de la producción total además se especifican algunos de los calibres que son comerciales.

**Norma NTC 1560** se encarga de verificar de dos tipos de aceros utilizados para la fabricación de estructuras. (COLOMBIANA, 2001)

**OHSAS 18001** estas son normas que se refieren a la seguridad y salud en el lugar, sitio o herramienta de trabajo y se ha concebido para ser compatible con ISO 9001 e ISO 14001. Es la encargada reducir los riesgos asociados con la salud y la seguridad en el entorno de trabajo para los empleados, clientes y el público. (NTC-18001, 2007)

**ANSI/AWS D1.4** (Structural Welding Code – Reinforcing Steel). Designar tipo de soldadura. (Lauri, 2004)

### **Capítulo 3. Construcción de un mecanismo de tracción portátil para el despliegue del sistema de riego tipo aspersor de cañón móvil para los cultivos agrícolas en la zona rural de Aguachica - cesar.**

#### **3.1 Estudio de los mecanismos actuales, con el fin de conocer y calcular los parámetros iniciales del sistema.**

##### **3.1.1 Indagar en revistas, artículos, documentos, etcétera. Sobre temáticas que relacionan los mecanismos de despliegue del aspersor tipo cañón móvil.**

Este artículo dice que el sistema de riego tipo cañón es uno de los más utilizados a la hora de humedecer el terreno, en cultivos tales como caña de azúcar con el objetivo de aumentar la producción. (Ferreira & Cristóforo, 2003)

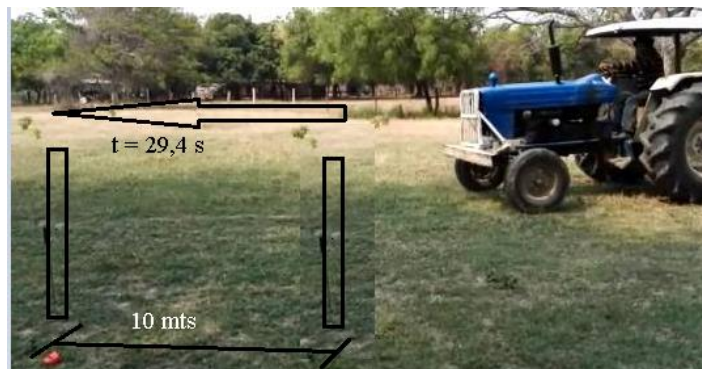
En Pakistán se adoptó este método debido a que su disponibilidad de agua ha decaído drásticamente en las últimas décadas, la mayor parte del país ha decidido adoptar medias para el uso racional depreciable líquido sin que esto afecte su producción e intentando aumentarla, este estudio se llevó a cabo en cultivos tales como arroz y trigo. Se determinó que los cultivos regados utilizando este método aumentaron la producción en un 18% y redujeron el consumo de agua en un 35%. (Kahlowan, Raoof, Zubair, & Kemper, 2007)

Aunque existen diversos tipos de motores tales como eléctricos que son los encargados de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y de combustión los cuales convierten la energía química en energía mecánica ambos diseñados y construidos con el fin de brindar un torque requerido y que sea adaptable a la necesidad, para el desarrollo de este proyecto se sugiere un motor de combustión, debido a que en el campo donde estará actuando el prototipo no se encuentra disponible ningún toma para conectar algún motor de corriente alterna o continua. (Martins, 2013).

**3.1.2 Realizar una actividad experimental teniendo en cuenta los conocimientos de ingenieros agrónomos de la zona, colocando a funcionar el mecanismo para obtener la velocidad y aceleración requerida.**

Para el desarrollo de la segunda actividad fue necesario buscar una máquina que desenrollara el mecanismo aspersor con el objetivo de simular el funcionamiento real, tomando como parámetros distancia y tiempo.

Se consiguió un tractor de marca Ford serie 5000 para ayudar a realizar la experiencia



**Ilustración 1. Desplazamiento del tractor de un punto a otro**

Fuente: Autor del proyecto

El tractor se sujetó en la punta del cañón aspersor y se empezó a desplegar la manguera.



**Ilustración 2. Mecanismo aspersor tipo cañón**

Fuente: Autor del proyecto

La experiencia arrojó un tiempo de  $(t = 29,4 \text{ s})$ , que tarda el tractor en recorrer una distancia de 10 metros, distancia previamente demarcada, y de esta manera desenvolver la misma cantidad de manguera del rollo.

Partiendo de lo conocido una distancia  $x = 10 \text{ m}$ , y un tiempo  $t = 29,4 \text{ s}$ .

$x$ : Distancia final

$x_0$ : Distancia inicial

$v_{0x}$ : Velocidad inicial

$a_x$ : Aceleracion

$t$ : Tiempo

$v_x$ : Velocidad final

$w$ : Velocidad angular

$\alpha$  : Aceleración angular

$r$ : Radio

Se le aplicaron las siguientes ecuaciones de cinemática.

Como la distancia inicial  $x_0 = 0 \text{ m}$  ,  $v_{0x} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  y aplicando ecuaciones de cinemática tenemos

**Ecuación 1. Ecuación de desplazamiento cinemática**

$$x = x_0 + v_{0x} * t + \frac{1}{2} * a_x * t^2$$

$$10 \text{ m} = 0 \text{ m} + 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 29,4 \text{ s} + \frac{1}{2} * a_x * 29,4 \text{ s}^2$$

$$a_x = 0,02313 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**Ecuación 2. Ecuación velocidad cinemática**

$$v_x = v_{0x} + a_x * t$$

$$v_x = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0,02313 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 29,4 \text{ s}$$

$$v_x = 0,68 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Determinamos velocidad y aceleración angular

**Ecuación 3. Ecuación para determinar velocidad angular**

$$v_x = w * r$$

$$0,68 \frac{\text{m}}{\text{s}} = w * 2 \text{ m}$$

$$w = 0,34 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La aceleración angular se determinó colocando en funcionamiento el mecanismo, y observando cual es la velocidad permisible para el despliegue de la siguiente manera.

**Ecuación 4. Ecuación para determinar aceleración angular**

$$a_x = \alpha * r$$

$$0,02313 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \alpha * 2 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,01156 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Luego de haber determinado las velocidades y aceleraciones requeridas procedemos a realizar la siguiente actividad.

### 3.1.3 Cálculo de la potencia requerida para el correcto funcionamiento.

Para realizar esta actividad se determinarán las masas de todos los componentes del cañón aspersor.

Diámetro de la manguera

$$Q_{in} = 3'' = 0,0762 \text{ m}$$

$$Q_{ex} = 4\frac{1}{8}'' = 0,1048 \text{ m}$$

v : Volumen

d: Diámetro

l: Longitud

m: Metros

W: Peso

s: Segundos

N: Newton

$\delta_1$ : Densidad del agua

$m_1$ : Masa del agua

$v_1$ : Volumen del agua

$W_1$ : Peso del agua

$m_2$ : Masa de la manguera

$v_2$ : Volumen de la Manguera

$W_2$ : Masa de la manguera

$m_3$ : Masa del tambor



$W_3$ : Peso del tambor

$m_t$ : Masa total

$W_t$ : Masa total

T: Torque

I: Inercia

$F_T$ : Fuerza de tensión

$m_4$ : Masa del cañón aspersor

$W_4$ : peso del cañón aspersor

$F_N$ : Fuerza normal

$F_R$ : Fuerza rozamiento

F: Fuerza total

$\mu$ : Coeficiente de fricción del polietileno: 0,25

H: Potencia

r: Radio de giro

$F_t$  = fuerza de tensión

$W_T = F =$  Peso o carga a arrastrar

a = Aceleración de despliegue del rollo

g = Gravedad

Masa de Agua (m1)

**Ecuación 5. Ecuación de volumen de un cilindro**

$$v = \frac{\pi}{4} * (d^2) * l$$

Donde previamente se tomó la medida del diámetro y una longitud máxima de despliegue para este tipo de equipo aspersor

$$v_1 = \frac{\pi}{4} * (0,0762m^2) * 270m$$

$$v_1 = 1,2312 m^3$$

**Ecuación 6. Ecuación de densidad**

$$\delta = \frac{m}{v_1}$$

$$m_1 = \delta_1 * v_1$$

$$m_1 = 1000 \frac{Kg}{m^3} * 1,2313 m^3$$

$$m_1 = 1231,299 Kg$$

Cuando el mecanismo esté listo para ser desplegado, la manguera que se encuentra enrollada no se encuentra totalmente llena, solo  $\frac{3}{4}$  partes del el, De este modo

$$m_1 = 1231,299 Kg * \frac{3}{4}$$

$$m_1 = 923,47 Kg$$

$$W_1 = 923,47 Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_1 = 9059,2407 N$$

**Masa de Manguera (m2)**

$$v_2 = \frac{\pi}{4} * ((0,1048m)^2 - (0,0762m)^2) * 270m$$

$$v_2 = 1,0977 m^3$$

$$m_2 = \delta_2 * v_2$$

$$\delta_2: \text{Densidad de la Manguera: } 910 \frac{Kg}{m^3}$$

$$m_2 = 910 \frac{Kg}{m^3} * 1,0977 m^3$$

$$m_2 = 998,9 Kg$$

$$W_2 = 9799,209 N$$

**Masa del Tambor (m3)**

$$m_3 = 300 \text{ Kg}$$

$$W_3 = 2943 \text{ N}$$

Teniendo las tres masas determinamos la masa total  $m_t =$  donde

$$m_t = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$$

$$m_t = 923,47 \text{ Kg} + 998,9 \text{ Kg} + 300 \text{ Kg} + 100 \text{ Kg}$$

$$m_t = 2322,37 \text{ Kg}$$

$$W_t = 22782,4497 \text{ N}$$

Cuando determinamos la masa total procedemos a determinar la inercia  $I$  que posee el rollo

**Ecuación 7. Ecuación de inercia**

$$I = m_t * (r)^2$$

$$I = 222,37 \text{ kg} * (2 \text{ m})^2$$

$$I = 8889,48 \text{ Kg m}^2$$

Cuando se determina la inercia se procede a precisar el torque

**Ecuación 8. Ecuación de torque**

$$T = I * \alpha$$

**Ecuación 9. Ecuación de sumatoria de torques**

$$\sum T = I * \alpha$$

$$T = I * \alpha$$

$$T = 8889,48 \text{ Kg m}^2 * 0,01156 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T = 102,76 \text{ N m}$$

$$T = F_T * r$$

**Ecuación 10. Ecuación para determinar fuerza**

$$F = \frac{T}{r}$$

$$F_T = \frac{102,76 \text{ N m}}{2 \text{ m}}$$

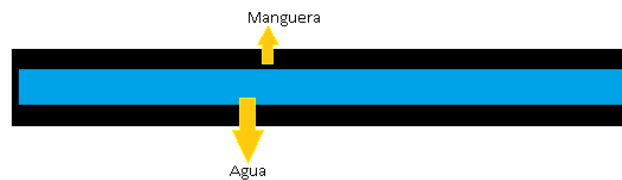
$$F_T = 51,38 \text{ N}$$

Masa del cañón aspersor  $m_4$

$$m_4 = 100 \text{ Kg}$$

$$m_4 = 100 \text{ Kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

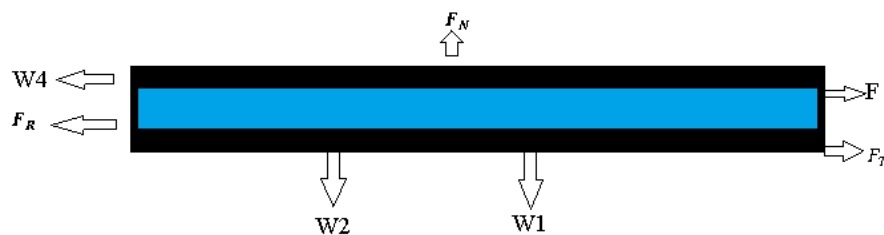
$$W_4 = 981 \text{ N}$$



### Ilustración 3. Manguera y fluido

Fuente: Autor del Proyecto

Se utiliza cinética para determinar la fuerza necesaria para romper la inercia del rollo aspersor, se tiene que:



### Ilustración 4. Diagrama de cuerpo libre.

Fuente. Autor del Proyecto

**Ecuación 11. Sumatoria de fuerzas en el eje X**

$$\sum_{\rightarrow} F_X = m * a$$

$$F + F_T - F_R - W_4 = mt * a$$

**Ecuación 12. Fuerza de rozamiento**

$$F_R = \mu * F_N$$

**Ecuación 13. Sumatoria de fuerzas en Y**

$$\sum_{\uparrow} F_Y = 0$$

$$F_N - W_2 - W_1 = 0$$

$$F_N = W_2 + W_1$$

$$F_N = 9799,209 \text{ N} + 9059,2407 \text{ N}$$

$$F_N = 18858,4497 \text{ N}$$

Se resuelven las ecuaciones

$$F_R = 0,25 * 18858,4497 \text{ N}$$

$$F_R = 4714,6124 \text{ N}$$

$$F + 51,38 \text{ N} - 4714,6124 \text{ N} - 981 \text{ N} = 2322,37 \text{ Kg} * 0,02313 \frac{m}{s^2}$$

$$F - 5644,2324 \text{ N} = 53,7164 \text{ N}$$

$$F = 5697,9488 \text{ N}$$

Después de haber determinado la fuerza necesaria para romper la inercia del cañón aspersor se procede a determinar la potencia teniendo en cuenta parámetros como la fuerza determinada y la velocidad a la que se tiene que desplegar el rollo aspersor

**Ecuación 14. Ecuación para determinar potencia**

$$H = F * v$$

$$H = 5697,9488 \text{ N} * 0,68 \frac{m}{s}$$

$$H = 3874,6052 \text{ watt}$$

$$H = 3874,6052 \text{ watt} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ watt}}$$

$$H = 5,1938 \text{ hp}$$

Siendo 5,1938 hp la potencia mínima para que el mecanismo aspersor sea desplegado, se selecciona un motor de 6,5 hp el cual se puede conseguir comercialmente.



**Ilustración 5. Motor de combustión.**

Fuente. Autor del proyecto

### 3.1.4 Cálculos del cable

Ahora procedemos a determinar el diámetro permisible para la selección de la guaya, para ello se propone para un buen funcionamiento un cable de diámetro  $d = \left(\frac{3}{8}\right)$  pulgadas, cable de acero monitor 6 X 19, y aplicando un factor de seguridad ( $\eta = 3,5$ )

**Table 17-25**  
Minimum Factors of Safety for Wire Rope\*  
Source: Compiled from a variety of sources, including ANSIA17.1-1978.

Track cables	3.2	Passenger elevators, ft/min:	
Guys	3.5	50	7.60
		300	9.20
Mine shafts, ft:		800	11.25
Up to 500	8.0	1200	11.80
1000-2000	7.0	1500	11.90
2000-3000	6.0	Freight elevators, ft/min:	
Over 3000	5.0	50	6.65
Hoisting	5.0	300	8.20
Haulage	6.0	800	10.00
Cranes and derricks	6.0	1200	10.50
Electric hoists	7.0	1500	10.55
Hand elevators	5.0	Powered dumbwaiters, ft/min:	
Private elevators	7.5	50	4.8
Hand dumbwaiter	4.5	300	6.6
Grain elevators	7.5	500	8.0

\*Use of these factors does not preclude a fatigue failure.

### Ilustración 6. Factor de servicio

Fuente: (Budynas & Nisbett, Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley, 2011), pág.

918

Ecuación. La tensión en cables metálicos

Ecuación 15. Ecuación para determinar la tensión en cables

$$F_t = W_T * (1 + \frac{a}{g})$$

$$F_t = 5697,9488 N * \left( 1 + \frac{0,02313 \frac{m}{s^2}}{9,81 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$F_t = 5711,38 N * \frac{1 Lb_f}{4,45 N}$$

$$F_t = 1283 Lb_f$$

**Table 17-24**

Wire-Rope Data Source: Compiled from American Steel and Wire Company Handbook.

Rope	Weight per Foot, lbf	Minimum Sheave Diameter, in	Standard Sizes d, in	Material	Size of Outer Wires	Modulus of Elasticity,* Mpsi	Strength,† kpsi
6 × 7 haulage	1.50d <sup>2</sup>	42d	1/4-1 1/2	Monitor steel	d/9	14	100
				Plow steel	d/9	14	88
				Mild plow steel	d/9	14	76
6 × 19 standard hoisting	1.60d <sup>2</sup>	26d-34d	1/4-2 3/4	Monitor steel	d/13-d/16	12	106
				Plow steel	d/13-d/16	12	93
				Mild plow steel	d/13-d/16	12	80
6 × 37 special flexible	1.55d <sup>2</sup>	18d	1/4-3 1/2	Monitor steel	d/22	11	100
				Plow steel	d/22	11	88
8 × 19 extra flexible	1.45d <sup>2</sup>	21d-26d	1/4-1 1/2	Monitor steel	d/15-d/19	10	92
				Plow steel	d/15-d/19	10	80
7 × 7 aircraft	1.70d <sup>2</sup>	—	1/16-3/8	Corrosion-resistant steel	—	—	124
				Carbon steel	—	—	124
7 × 9 aircraft	1.75d <sup>2</sup>	—	1/8-1 3/8	Corrosion-resistant steel	—	—	135
				Carbon steel	—	—	143
19-wire aircraft	2.15d <sup>2</sup>	—	1/32-5/16	Corrosion-resistant steel	—	—	165
				Carbon steel	—	—	165

### Ilustración 7. Tabla para selección de cable

Fuente: (Budynas & Nisbett, Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley, 2011), pág. 917

Se determina el diámetro mínimo de la polea o rollo

**Ecuación 16. Ecuación para determinar el diámetro mínimo del cable**

$$D_{min} = 30 * d$$

$$D_{min} = 30 * \left(\frac{3}{8}\right)$$

$$D_{min} = 11,25 \text{ pulgadas}$$

Se determina el diámetro óptimo

$$D_{min} = 45 * d$$

**Ecuación 17. Ecuación para determinar el diámetro óptimo del cable**

$$D_{opt} = 45 * \left(\frac{3}{8}\right)$$

$$D_{opt} = 16,87 \text{ pulgadas}$$

Ahora se procederá a determinar diámetro del alambre, área del metal

$$d_w = 0,067 * d$$

$$d_w = 0,067 * \left(\frac{3}{8}\right)$$

$$d_w = 0,025 \text{ pulgadas}$$

$$A_m = 0,40 * d^2$$

**Ecuación 18. Ecuación para determinar el área metálica del cable**

$$A_m = 0,40 * \left(\frac{3}{8}\right)^2$$

$$A_m = 0,056 \text{ pulgadas}^2$$

Se pretende determinar que el factor de seguridad se cumpla con el recomendado

$$\nabla_T = \frac{F_t}{A_m}$$



$$\nabla_T = \frac{1283 Lb_f}{0,056 \text{ pulgadas}^2}$$

$$\nabla_T = 22910,71 \frac{Lb_f}{\text{pulgadas}^2}$$

$$\nabla_T = 22910,71 \text{ PSI}$$

Teniendo en cuenta que la resistencia permisible es

$$\nabla_{\text{permisible}} = 106000 \text{ PSI}$$

Se procede a determinar el factor

**Ecuación 19. Factor de servicio para el cable**

$$\eta = \frac{\nabla_{\text{permisible}}}{\nabla_T}$$

$$\eta = \frac{106000 \text{ PSI}}{22910,71 \text{ PSI}}$$

El siguiente valor para el factor debe ser mayor o igual al factor de seguridad dado que es ( $\eta = 3,5$ ), si es así cumple y se procede a realizar el siguiente paso.

$$\eta = 4,63$$

Se observó que cumple con la recomendación ahora se compara el factor con respecto al diámetro de la polea.

**Ecuación 20. Factor de servicio para la polea**

$$\eta = \frac{\nabla_{\text{permisible}}}{\nabla_b}$$

$$\nabla_b = \frac{E * d_w}{D_{\text{optimo}}}$$

E = modulo de elasticidad = 12 MPSI

$$\nabla_b = \frac{(12 * 10^6) \text{ PSI} * 0,025 \text{ pulgadas}}{16,87 \text{ pulgadas}}$$

$$\nabla_b = 17783,04 \text{ PSI}$$

$$\eta = \frac{106000 \text{ PSI}}{17783,04 \text{ PSI}}$$

$$\eta = 5,96$$

Se observa que cumple con el de la recomendación, ahora se determinara el material de la polea con la siguiente ecuación:

**Ecuación 21. Ecuación para determinar material de la polea**

$$p = \frac{2 * F_t}{D * d}$$

$F_t =$  Fuerza de tensión del cable

$D =$  Diametro de la polea

$d =$  Diámetro del cable

$$p = \frac{2 * 1283 \text{ Lbf}}{15 \text{ pulgdas} * \left(\frac{3}{8}\right) \text{ pulgada}}$$

$$p = 456,17 \text{ PSI}$$

**Table 17-26**

Maximum Allowable Bearing Pressures of Ropes on Sheaves (in psi)  
Source: Wire Rope Users Manual, AISI, 1979.

Rope	Sheave Material				
	Wood <sup>a</sup>	Cast Iron <sup>b</sup>	Cast Steel <sup>c</sup>	Chilled Cast Irons <sup>d</sup>	Manganese Steel <sup>e</sup>
Regular lay:					
6 × 7	150	300	550	650	1470
6 × 19	250	480	900	1100	2400
6 × 37	300	585	1075	1325	3000
8 × 19	350	680	1260	1550	3500
Lang lay:					
6 × 7	165	350	600	715	1650
6 × 19	275	550	1000	1210	2750
6 × 37	330	660	1180	1450	3300

### Ilustración 8. Tabla para determinar material de la polea

Fuente: (Budynas & Nisbett, Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley, 2011), pág.

919

Se propone que el rollo del cable sea de acero fundido por recomendación y se procede a determinar la resistencia última del cable y la vida útil que va a tener

Primero la resistencia ultima y la tensión permisible a la fatiga

$$F_f = \frac{\left(\frac{p}{S_u}\right) * S_u * d * D}{2}$$

$F_f$  = Tensión permisible a la fatiga

$S_u$  = Resistencia ultima = 270000 KPSI

$F_f = 1285 PSI$

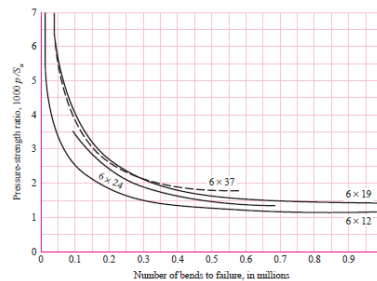
$$\eta = \frac{F_f}{F_t}$$

$$\eta = \frac{1285 PSI}{1283 Lb_f}$$

Se determinara la vida útil del cable

**Figure 17-21**

Experimentally determined relation between the fatigue life of wire rope and the sheave pressure.



### Ilustración 9. Vida útil del cable

Fuente: (Budynas & Nisbett, Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley, 2011), pág.

920

Ecuación 22. Ecuación para determinar la vida útil del cable

$$\text{relacion presion - resistencia} = 1000 * \frac{P}{S_u}$$

$$\text{relacion presion - resistencia} = 1000 * \frac{456,17 PSI}{280000 PSI}$$

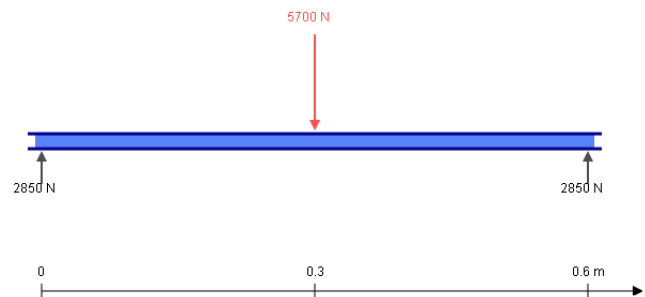
$$\text{relacion presion - resistencia} = 1,62$$

Según la tabla 17-21 el cable tendrá  $0,5 * 10^6$  ó 0,5 millones de flexiones hasta la falla.

#### 4.1.5 Cálculos del tambor de la guaya

Ahora determinar el diámetro del eje donde se enrollara el cable montara el rollo.

Diagrama de Carga puntual en la viga. Se realizó utilizando un software gratuito.

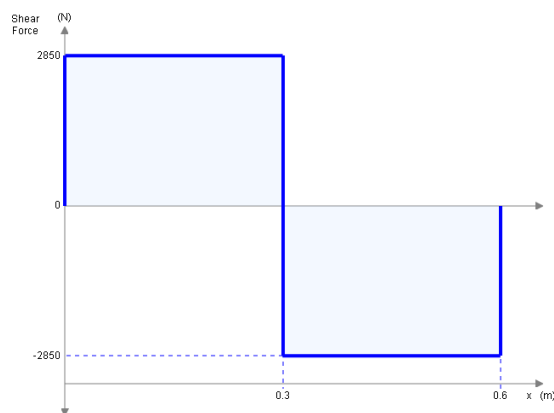


### Ilustración 10. Viga con carga puntual y reacciones

Fuente: Autor del proyecto

En esta imagen se observa la carga puntual a lo largo de la viga, esta carga es la que deberá soportar en el momento que empiece a desenrollar el mecanismo aspersor, se determinó el valor de los apoyos fundamentales para la selección del rodamiento.

Diagrama de Fuerza cortante en la viga

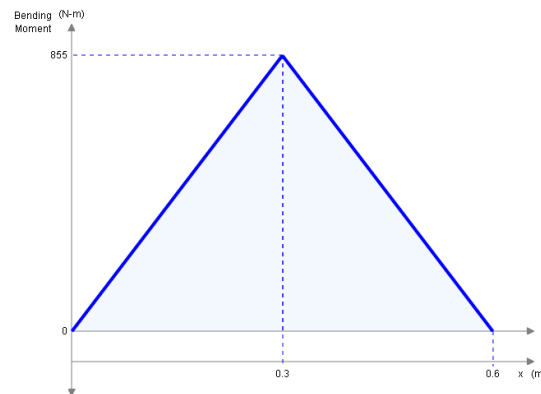


### Ilustración 11. Diagrama de cortante

Fuente: Autor del proyecto

En este bosquejo se puede apreciar cual es el punto que soporta mayor carga y útil a la hora de seleccionar material, sea cilindros macizos, huecos, etcétera. Que soporte o resista sin que este falle.

Diagrama de momento.



### Ilustración 12. Diagrama de momento

Fuente: autor del proyecto

En este bosquejo se observa el valor máximo de momento que tendrá el eje cuando se le aplique la carga, y necesaria para poder obtener un diámetro preciso de eje.

A continuación se determinará el diámetro del eje utilizando la siguiente ecuación

**Ecuación 23. Ecuación para determinar diámetro de eje**

$$d_{eje} = \left[ \frac{16 * n}{\pi * S_y} * (4 * M^2 + 3 * T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} [4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \quad (7-8)$$

### Ilustración 13. ED Goodman

Fuente: (Budynas & Nisbett, Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley, 2011), pág.

368

$d_{eje}$  = Diámetro del eje

$S_y$  = Resistencia a la fluencia

$n$  = Factor de seguridad, por sugerencia se asume de 1,2

$M$  = Momento flector

T = Torque en el eje

$$d_{eje} = \left[ \frac{16 * 1,2}{\pi * 470EXP6} * (4 * 855^2 + 3 * 1601,11^2) \right]^{\frac{1}{3}}$$

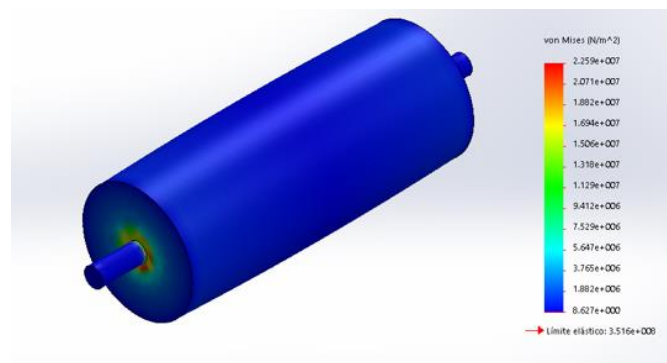
$$d_{eje} = 3,48EXP - 2 \text{ mts}$$

Se buscara un diámetro comercial en pulgadas

$$d_{eje} = 1,37 \text{ pulgadas}$$

Teniendo en cuenta que en este eje estará instalado el tambor donde se va a enrollar el cable que estirara el sistema aspersor, se procederá a utilizar solidworks con el objetivo de simular si los componentes son capaces de resistir la fuerza de torsión, arrojando los siguientes datos.

Aquí se observa la Tensión de von Mises con valores mínimo y máximo de 8.62724 N/m<sup>2</sup> y 2.25877e+007 N/m<sup>2</sup> respectivamente

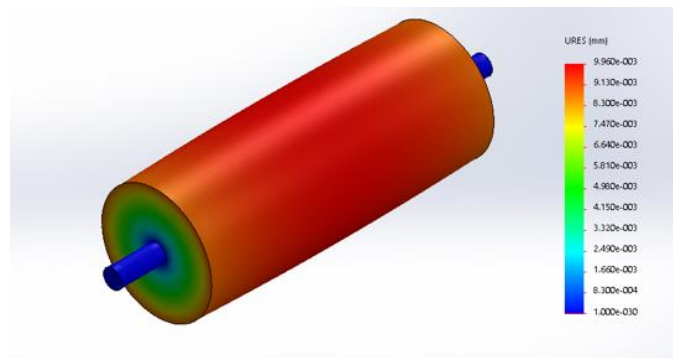


#### **Ilustración 14. Análisis tensión Von Mises del rollo**

Fuente: Autor del proyecto

Se puede observar que el valor máximo que tiene deformación se encuentra por debajo del límite elástico que posee el material.

Ahora se determinara el desplazamiento que tendrá esta pieza cuando se le aplique el torque requerido para la operación.

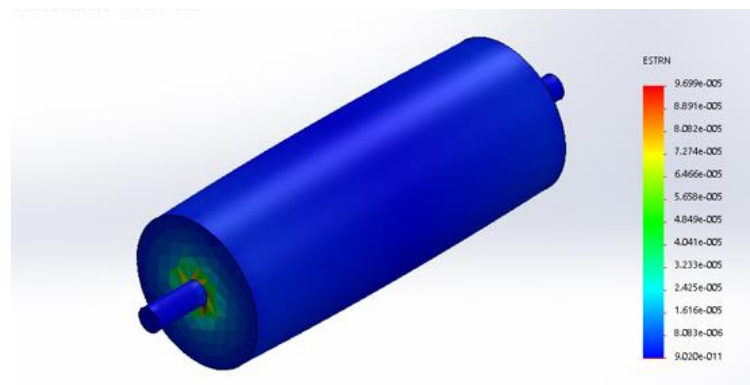


### Ilustración 15. Análisis desplazamiento del rollo

Fuente: autor del proyecto

Se aprecia que tan solo hay un desplazamiento máximo de 0.00995989 mm valor permisible para la construcción.

Deformación unitaria equivalente

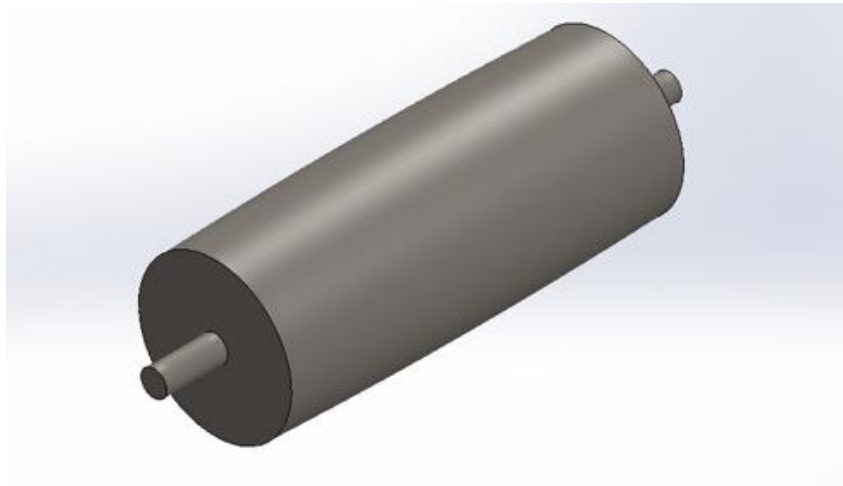


### Ilustración 16. Deformación unitaria del rollo

Fuente: autor del proyecto

Se encuentra en un rango de  $9.0199 \times 10^{-11}$  hasta  $9.69893 \times 10^{-5}$ .

Pieza deformada después de haberla sometido a esfuerzos.



**Ilustración 17. Rollo deformado**

Fuente: autor del proyecto

Después de tener el diámetro del eje se procede a seleccionar un rodamiento SKF de pedestal para un diámetro de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas para los dos extremos, que sea capaz de soportar una carga de 3000 N aproximados.



**Ilustración 18. Rodamiento para el rollo**

Fuente: Autor del Proyecto

Para transportar el mecanismo que posee una carga distribuida aproximada de 2000 N, se seleccionó un rodamiento SKF de pedestal para un diámetro de  $1\frac{1}{4}$  pulgadas, para ambas ruedas.





**Ilustración 19. Rodamiento para la rueda**

Fuente

Para la selección de la rueda se tuvo en cuenta que cada una fuera capaz de soportar 1100 N de carga, se encontró comercialmente una que soporta 1300 N.



**Ilustración 20. Rueda**

Fuente: Autor del Proyecto

### **3.2 Análisis mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos.**

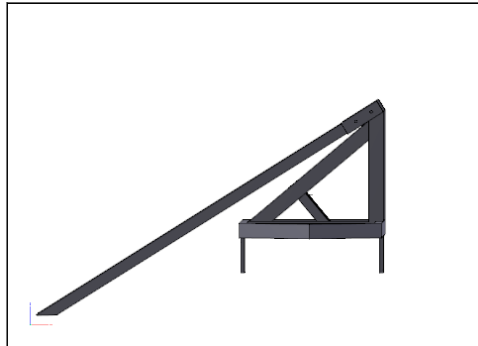
#### **3.2.1 Diseño de la estructura que tendrá el prototipo utilizando el software Solidworks.**

Teniendo en cuenta cual es la función que va a cumplir, se diseñó un armazón con ciertas características tales como poder de sujeción en el momento de la puesta en marcha del sistema, la forma más práctica para transportarlo entre otras cosas.

Con el fin de brindar mayor seguridad se le aplican refuerzos, que brinden mayor seguridad debido a que la estructura se encontrara sometidos a grandes cargas.

Aquí se pueden apreciar el armazón desde distintas perspectivas:

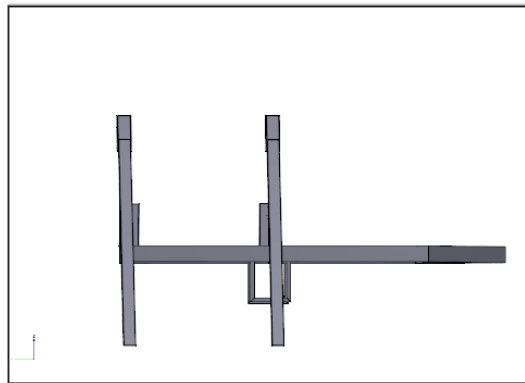
Vista frontal



**Ilustración 21. Vista frontal de la estructura**

Fuente: autor del proyecto

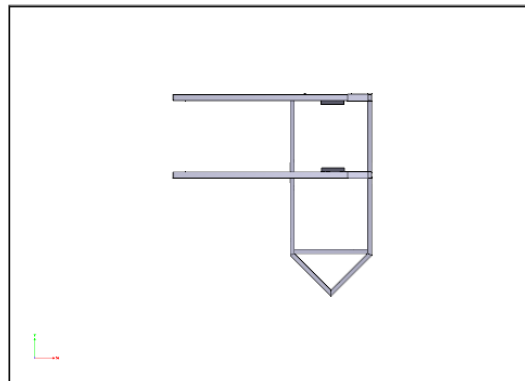
Vista izquierda



**Ilustración 22. Vista lateral de la estructura**

Fuente: autor del proyecto

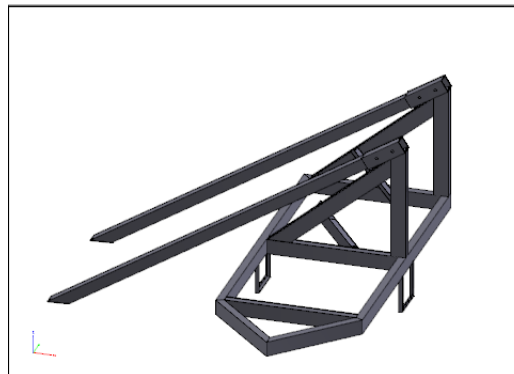
Vista superior



**Ilustración 23. Vista superior de la estructura**

Fuente: autor del proyecto

Vista isométrica



**Ilustración 24. Vista isométrica de la estructura**

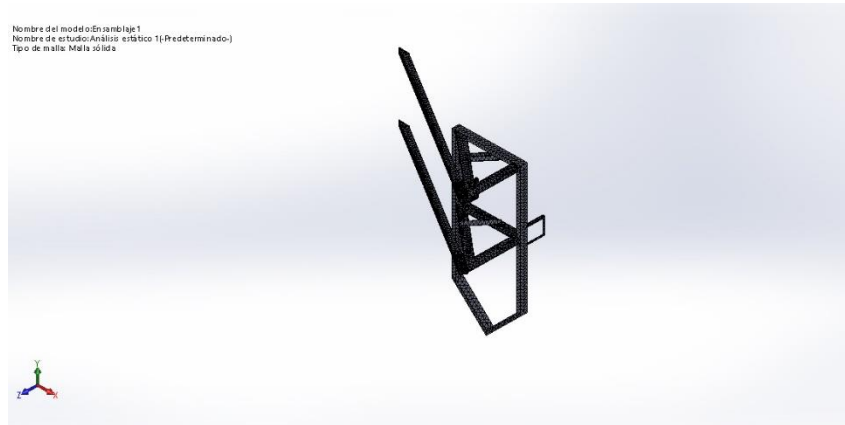
Fuente: autor del proyecto

### **3.2.2 Someter la estructura en el software a cargas en todos los puntos que la constituyen y así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos.**

Para realizar esta actividad se diseña una estructura que sea capaz de soportar las cargas a la que será sometida, teniendo presente los puntos de apoyo del mecanismo y además el lugar donde la fuerza lo afecta directamente.

Se le hace un análisis de cuerpo libre donde se enrolla el cable y se obtienen dos fuerzas para los apoyos, se toma la mayor que es de 4500 N y se somete el armazón con esa fuerza arrojando los siguientes resultados realizando los siguientes pasos:

Primero: se realiza un mallado fino a la estructura con el objetivo de analizarla lo más real posible y garantizar que cumpla el objetivo que es soportar las cargas externas.

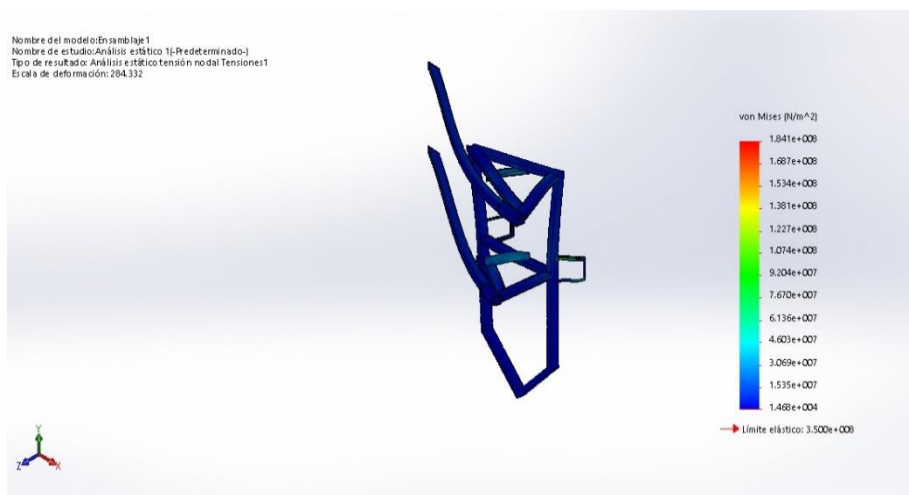


**Ilustración 25. Mallado de estructura**

Fuente: autor del proyecto

Segundo: aquí se analiza la estructura a tensión, sometiéndola a la tensión de Von Mises manejando parámetros mínimos y máximos de entre  $14681.6 \text{ N/m}^2$  y  $1.84065e+008 \text{ N/m}^2$  respectivamente teniendo como límite elástico de  $3.500e+008 \text{ N/m}^2$ .

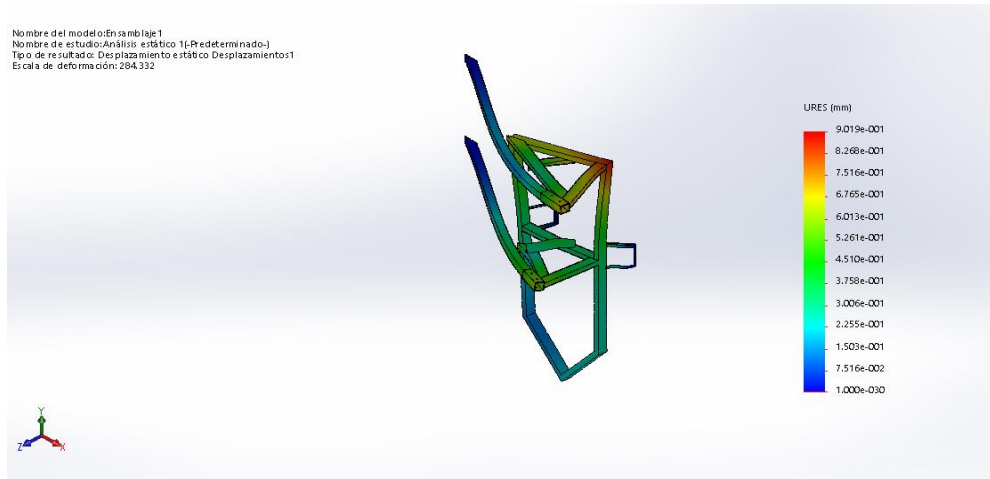
Se puede apreciar que se encuentra por encima del límite elástico.



**Ilustración 26. Límite elástico de la estructura**

Fuente: autor del proyecto

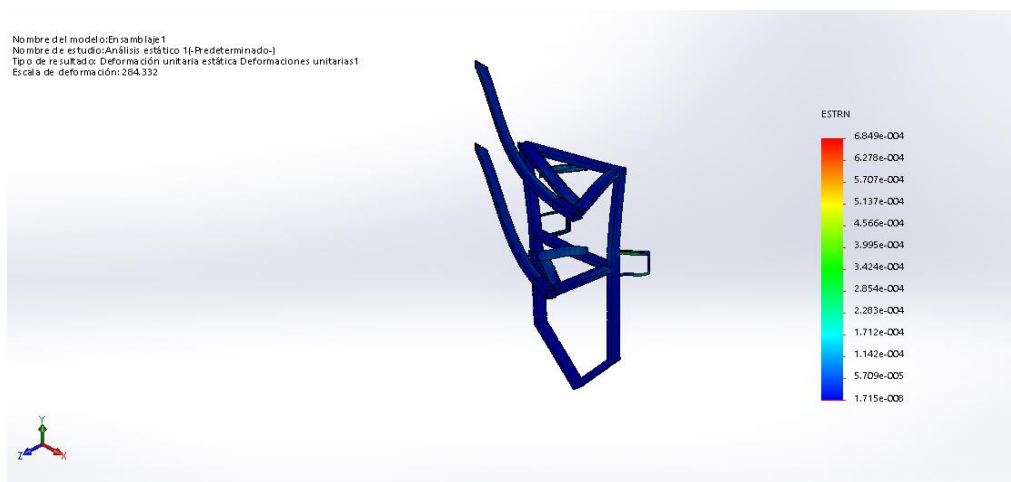
Tercero: se determinan desplazamientos resultantes y se obtiene un desplazamiento máximo de 0.901945 mm se toma como muy pequeño en comparación a la fuerza que soportara además indica en qué punto podría tener mayor probabilidad de falla.



**Ilustración 27. Desplazamiento de la estructura**

Fuente: autor del proyecto

Cuatro: en este análisis se muestra la deformación unitaria equivalente en la estructura con valores que van desde  $1.71468e-008$  y  $0.00068488$  como mínimo y máximo respectivamente.



**Ilustración 28. Deformación unitaria de la estructura**

Fuente: autor del proyecto

Teniendo en cuenta todos estos parámetros de diseño y se procederá a realizar el ensamble del prototipo, armando la estructura y montando en ella el sistema de tracción.

### **3.3 Ensamble de los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su puesta en funcionamiento.**

#### **3.3.1 Juntar todas las partes móviles de los sistemas de tracción para formar un solo mecanismo.**

Para realizar esta actividad es necesario entender que partes lo componen, como lo son motor, reductor de velocidad y acople al rollo, los cuales son los mecanismos principales del sistema de tracción.

El motor es el componente principal debido a que este le aplica la velocidad y la fuerza necesaria al mecanismo de tracción.

Se selecciona un motor de combustión a gasolina comercial de 6,5 hp, que efectuara el movimiento rotacional al mecanismo.



**Ilustración 29. Motor de combustión**

Fuente. Autor del proyecto

Para transmitir el movimiento del motor al reductor de velocidad se selecciona una banda trapecial tipo B ideal para soportar potencias de entre 5 y 12 hp.



**Ilustración 30. Correa trapezoidal**

Fuente: Autor del Proyecto

Toda esa energía rotacional es transmitida del motor a 3600 rpm tiene que ser reducida a 73 rpm, por esto se tiene que seleccionar un reductor de velocidad capaz de bajar esas revoluciones con una relación de casi 50:1.

Se selecciona un reductor comercial con estas características



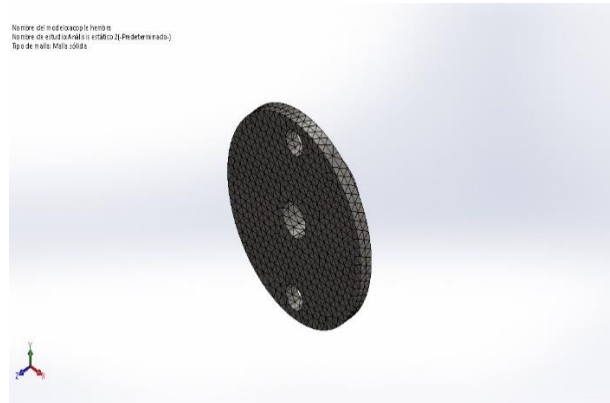
**Ilustración 31. Reductor de velocidad**

Fuente: Autor del proyecto

El reductor de velocidad se debe conectar en uno de los extremos de rollo con un acople capaz de soportar un torque 514 N.m. por esta razón se diseña un acople macho y uno hembra y se someten a esfuerzos torsionales en solidworks antes de construirla, de esto resulta.

Para la acople hembra:

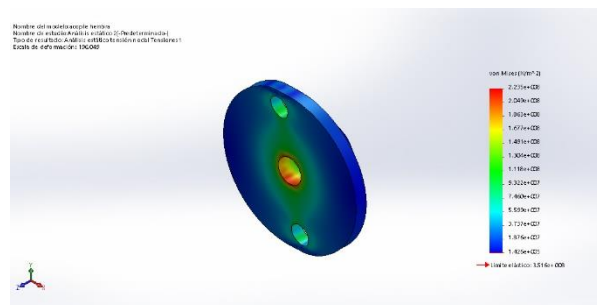
Se le realiza un mallado completo a la pieza y se somete a la carga establecida



**Ilustración 32. Acople hembra mallado**

Fuente: Autor del Proyecto

Se determina la tensión de Von Mises arrojando valores de 142609 N/m<sup>2</sup> como mínimo y 2.2352e+008 N/m<sup>2</sup> como máximo

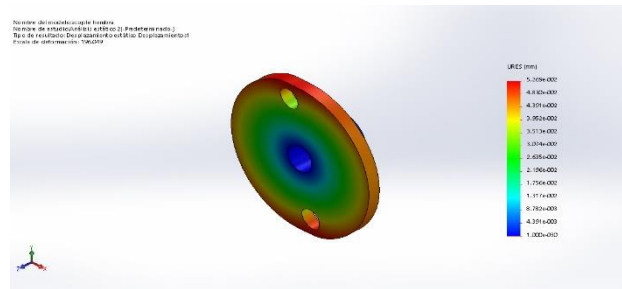


**Ilustración 33. Acople hembra sometido a tensión de Von Mises**

Fuente: Autor del Proyecto

Para el desplazamiento arroja un valor de 0.05269 mm valor permisible para la construcción.

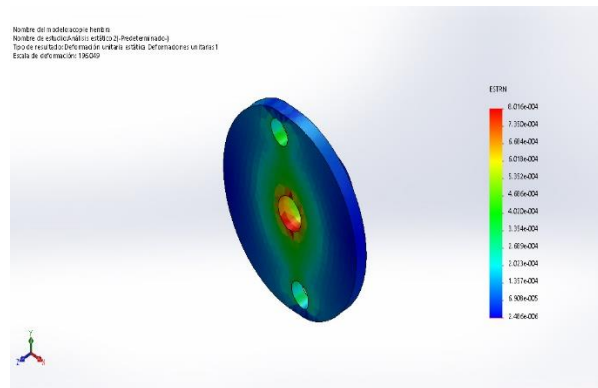




### Ilustración 34. Acople hembra desplazamiento

Fuente: Autor del Proyecto

Ahora se determina la deformación unitaria para el acople hembra arrojando valores de entre  $2.48634e-006$  y  $0.000801597$  como mínimo y máximo respectivamente.

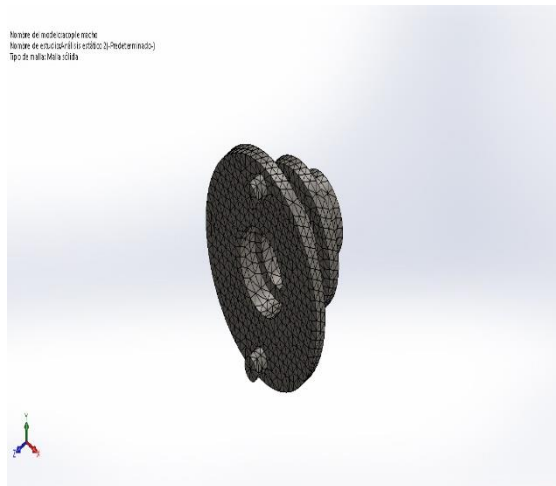


### Ilustración 35. Acople hembra deformación unitaria

Fuente: Autor del Proyecto

Para la acople hembra:

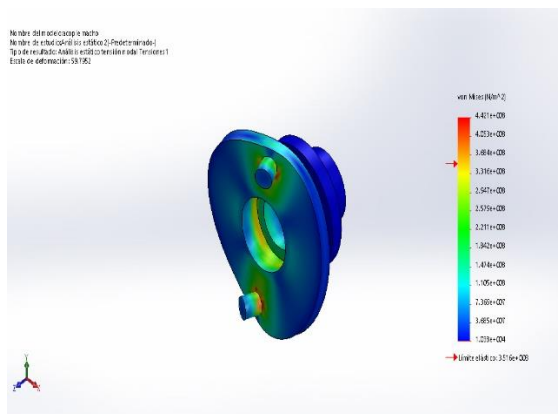
Se le realiza un mallado completo a la pieza y se somete a la carga establecida



### Ilustración 36. Acople macho mallado

Fuente: Autor del Proyecto

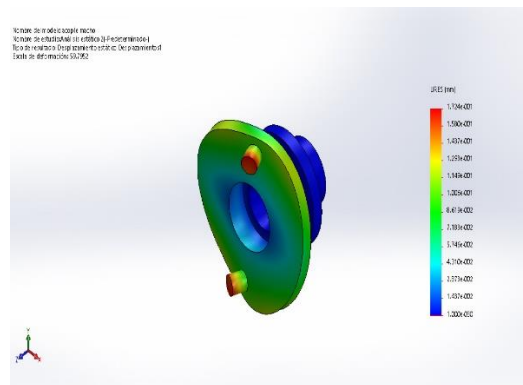
Se determina la tensión de Von Mises arrojando valores de  $10377.4 \text{ N/m}^2$  como mínimo y  $4.42107\text{e}+008 \text{ N/m}^2$  como máximo.



### Ilustración 37. Acople macho sometido a tensión de Von Mises

Fuente: Autor del Proyecto

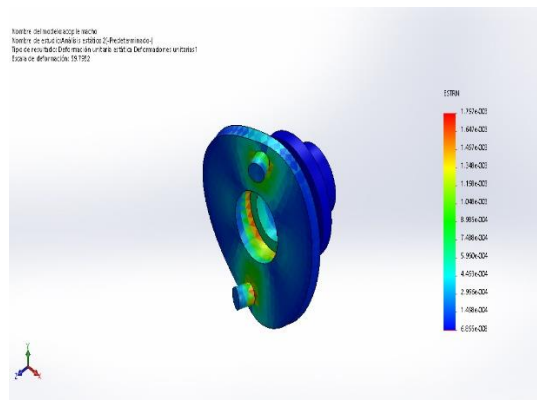
Para el desplazamiento arroja un valor de  $0.172389 \text{ mm}$  valor permisible para la construcción.



**Ilustración 38. Acople macho desplazamiento**

Fuente: Autor del Proyecto

Ahora se determina la deformación unitaria para el acople hembra arrojando valores de entre  $6.89507e-008$  y  $0.00179698$  como mínimo y máximo respectivamente.



**Ilustración 39. Acople macho deformación unitaria**

Fuente: Autor del Proyecto

### 3.3.2 Efectuar el montaje en la estructura del sistema de tracción para poder transportarla.

Para construir la estructura necesariamente se tiene que tronzar toda la tubería (ilustración 29), utilizando todos los elementos de protección personal, con el fin de minimizar o disminuir la gravedad de cualquier incidente que pueda ocurrir.



**Ilustración 40. Corte de tubería**

Fuente: Autor del Proyecto

Continuando con el proceso se fijan de manera permanente las partes previamente cortadas (ilustración 40), teniendo en cuenta todos los parámetros de diseño como lo son medidas y ubicaciones estratégicas, con el fin obtener los resultados obtenidos.

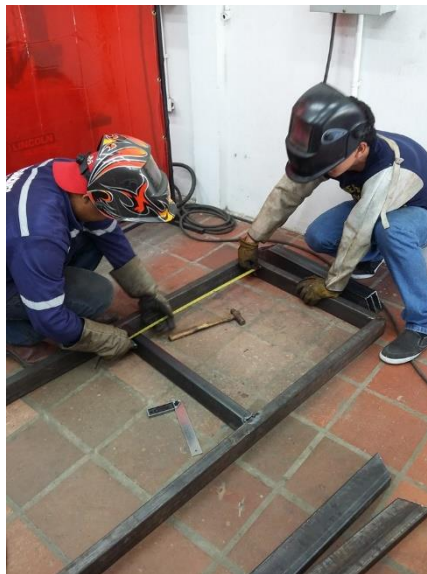
Para garantizar la buena fijación se selecciona una soldadura 6011 ya que esta es de alta penetración y una alta resistencia a la fractura bajo grandes cargas.



**Ilustración 41. Ubicación de piezas con putos**

Fuente: Autor de Proyecto

Se realiza una respectiva medicion para cerciorar que se este soldando bajo los parametros deseados (ilustracion 41).



**Ilustración 42. Verificación de puntos**

Fuente: Autor del Proyecto

Se colocan los poste con el objetivo de ubicar y visualizar que se antes de fijar (ilustración 42).



**Ilustración 43. Ubicación de postes**

Fuente: Autor del Proyecto

Se fijan los postes de manera permanente a la estructura de tal forma que vaya quedando una sola pieza (ilustración 43).



**Ilustración 44. Refuerzo de poste**

Fuente: Autor del Proyecto

Se sujetan los soportes de los postes a la estructura (ilustración 44).



**Ilustración 45. Soporte de postes**

Fuente: Autor del Proyecto

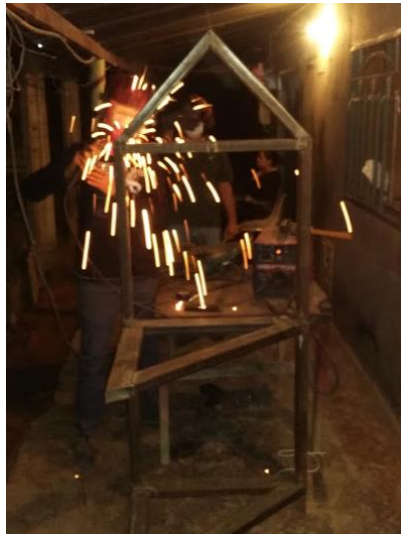
Luego de sujetar todas estas partes se procederá a fijar la estructura en todos estos puntos que serán los más críticos y concentradores de cargas (ilustración 45).



**Ilustración 46. Refuerzo estructura de arrastres**

Fuente: Autor del Proyecto

En este punto se aplica soldadura a la parte delantera de la estructura (ilustración 46), teniendo en cuenta que este será en punto de acople al tractor para ser transportado de un punto a otro.



#### **Ilustración 47. Sujeción y fijación a la parte delantera del chasis**

Fuente: Autor del Proyecto

Aquí se procede a centrar los soportes de rodamientos (ilustración 47), dejándola de manera equidistante entre ellas y de manera que sea distribuida la carga que llevara la estructura a la hora de ser transportada.



#### **Ilustración 48. Soporte de rodamientos de llantas**

Fuente: Autor del Proyecto

Para garantizar mayor distribución de cargas en las llantas (ilustración 48), se alinean los rodamientos y se anclan de manera no permanente con pernos de sujeción.





**Ilustración 49. Alineación de rodamientos de llantas**

Fuente: Autor del proyecto

Se procederá a montar las llantas en la estructura (ilustración 49), y sujetarlas de manera no permanente con tuercas de seguridad y arandelas para dar ajuste.



**Ilustración 50. Montaje de ruedas**

Fuente: Autor del Proyecto

En este punto se fijan los soportes de los rodamientos del rollo (ilustración 50), los cuales se encargaran de absorber todas las cargas y transmitir las a la estructura.



### **Ilustración 51. Soporte rodamientos de rollo**

Fuente: Autor del Proyecto

En la imagen (ilustración 51) se muestra como se alinea el eje con la platina circular para que no haya ninguna pivoteo o salto en el rollo.



### **Ilustración 52. Eje del rollo**

Fuente: Autor del Proyecto

Se aplica soldadura en la parte interna para reforzar el plato al eje luego de haber sujetado y centrado en el torno.



**Ilustración 53. Refuerzo de eje**

Fuente: Autor del Proyecto

Alineación del eje y disco al rollo (ilustración 53), y posterior fijación en ambos extremos.



**Ilustración 54. Rollo centrado al eje**

Fuente: Autor del Proyecto

En esta etapa se sujeta de manera no permanente el rollo con sus rodamientos (ilustración 54), alineando previamente el centro de giro para que no sufran los rodamientos ni se disminuya su vida útil.



**Ilustración 55. Montaje de rollo**

Fuente: Autor del Proyecto

Luego de tener la estructura que soportara la carga, se procede a realizar los bujes (ilustración 55), donde se deslizaran las patas que detendrán la tracción o contra arrastre del mecanismo.



**Ilustración 56. Buje de las patas**

Fuente: Autor del Proyecto

Después de soldar los bujes y colocar a correr las patas dentro de ellos se fijan los bujes a los postes y se le coloca unas pequeñas platinas como concentradores de esfuerzos y ayuda a distribuir cargas en otros puntos.



**Ilustración 57. Bujes y patas**

Fuente: Autor del Proyecto

### **3.3.3 Realizar la puesta en funcionamiento del prototipo.**

En este punto el mecanismo de tracción ya se encuentra totalmente conformado como se muestra en la (ilustración 58).



**Ilustración 58. Mecanismo de tracción terminado**

Fuente: Autor del Proyecto

Para la puesta en funcionamiento previo se colocó una pesa de 300 kg aproximadamente 3000 N, demostrando un desempeño de manera idónea como se muestra en la (ilustración 59).



**Ilustración 59. Puesta en funcionamiento del mecanismo**

## Capítulo 4. Recursos y presupuesto

### 4.1 Presupuesto global

**Tabla 2**

*Totalidad de gastos invertidos en el proyecto*

<b>Gastos generales</b>	<b>Valor total de gastos en pesos</b>	
Gastos personales	\$	2.456.400,00
Gastos de equipos	\$	2.893.000,00
Gastos de insumos	\$	1.937.400,00
Total	\$	7.286.800,00

Nota. Se puede observar los gastos generados en el proyecto ejecutado. Fuente. Autor del proyecto

### 4.2 Gastos personales

**Tabla 3**

*Horas dedicadas al proyecto de investigación*

<b>Nombre del investigador</b>	<b>Horas semanales dedicadas al proyecto</b>	<b>Numero de meses</b>	<b>Valor/ hora</b>	<b>Valor total en pesos</b>
Jeyson Andrés Barrios Pedrozo	15	4	\$ 2.872,00	\$ 2.456.400,00

Nota. El valor de la hora de investigación se calculó basado en el salario mínimo de 2016colombia. Fuente. Autor del proyecto

### 3.1 Equipos

**Tabla 4**  
*Justificación de trabajo en horas del prototipo*

<b>Justificación</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Valor hora</b>	<b>Valor total en pesos</b>
Torno	20	\$ 30.000,00	\$ 600.000,00
Soldadura	80	\$ 24.000,00	\$ 1.920.000,00
Pulido	20	\$ 5.000,00	\$ 100.000,00
Taladrado	8	\$ 6.000,00	\$ 48.000,00
Tronzadora	25	\$ 9.000,00	\$ 225.000,00
<b>Total</b>	<b>153</b>		<b>\$ 2.893.000,00</b>

Nota. Se observan los equipos utilizados para el trabajo y su valor por hora. Fuente. Autor del proyecto.

### 4.4 Recursos institucionales

TecnoParque Nodo Ocaña quien brindo algunos insumos para el desarrollo del prototipo.



#### 4.5 Insumos

**Tabla 5**  
**Presupuesto invertido en el proyecto**

<b>cantidad</b>	<b>descripción</b>	<b>valor unitario</b>	<b>valor total</b>
4	Tubo rectangular 80mmx40mmx3mm	\$ 70.000,00	\$ 280.000,00
1	Tubo cuadrado 60mmx60mmx30mm	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
1	Angulo 2 1/2"	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
8	Tornillo 1/2" x 2"	\$ 900,00	\$ 7.200,00
8	Tuerca	\$ 500,00	\$ 4.000,00
8	Arandela	\$ 300,00	\$ 2.400,00
8	Guasa	\$ 300,00	\$ 2.400,00
4	Tornillo 3/8" x 1"	\$ 600,00	\$ 2.400,00
2	Chumacera 1 1/2"	\$ 65.000,00	\$ 130.000,00
2	Chumacera 1 1/4"	\$ 48.000,00	\$ 96.000,00
1	Eje 1 1/4" x 1,5m	\$ 75.000,00	\$ 75.000,00
2	tuerca 1"	\$ 2.200,00	\$ 4.400,00
2	Arandela	\$ 800,00	\$ 1.600,00
2	Llanta	\$ 45.000,00	\$ 90.000,00
1	Eje 1 1/2" x 30cm	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
1	Tubo circular 19 cm diámetro	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
10	Cable	\$ 1.500,00	\$ 15.000,00
1	Motor de combustión	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
1	Reductor de velocidad	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
SUBTOTAL			\$ 1.627.416,00
IVA 16 %			\$ 309.984,00
TOTAL			\$ 1.937.400,00

Nota. En esta tabla se representa el presupuesto para la construcción del prototipo.

Fuente. Autor del proyecto

## Conclusiones

La investigación que se realizó fue un trabajo de inmenso aprendizaje debido a que se pudo interactuar con las personas a las cuales se le va satisfacer una necesidad que tenían y que era latente, colocando en práctica todos los conocimientos adquiridos en la carrera y de esta manera lograr los objetivos planteados.

La fase del estudio de los componentes del mecanismo aspersor está finalizada, se realizaron pruebas de campo y así poder afirmar que el prototipo debe funcionar de manera idónea, debido a que se tuvo en cuenta todos los parámetros tales como fuerza y velocidad de despliegue del sistema de riego y de esta manera garantizar que no sufra ninguna avería o afección.

El adecuado diseño del sistema de tracción garantiza una buena selección de todas las partes mecánicas de manera adecuada, capaces de cumplir su objetivo y reduciendo sus costos.

La máquina tiene una capacidad de arrastre que se encuentra alrededor de los 6000 N a una velocidad de 0,68 m/s, no obstante la capacidad de arrastre podría ser mucho mayor si se aumenta el diámetro del cable.

En la fase de construcción surgieron muchos problemas tales como presupuesto y tiempo, pero se logró concluir la construcción con los parámetros con los que fue diseñada alcanzando su objetivo principal.

El uso de un motor de combustión interna garantiza el funcionamiento del mecanismo en cualquier lugar de un sembrado, a diferencia de implementar un motor eléctrico el cual debería tener puntos estratégicos de ubicación y no se garantizaría el funcionamiento en otro plantado.

Teniendo en cuenta que el reductor de velocidad es totalmente mecánico garantiza que se entregue toda la carga que ofrece el motor al tambor donde se enrolla el cable, y no va a

ser afectado por el inhóspito cambio abrupto en el clima que se presentan en esta zona del Cesar y de Colombia.

Cuando se vayan a construir los bujes donde se deslizan las patas no se hagan de manera que su ajuste sea preciso, verificar que haya una holgura de mínimo 3mm entre cada lado del cuadrado, para evitar que se ajuste por contracción del material después de soldado.

Se puede concluir diciendo que este proyecto tendrá un gran impacto en la zona agrícola, debido a que se aprovecharía ese porcentaje que se pierde por aplanamiento que ocasiona el tractor en el plantado, estos porcentajes podrían ser aprovechados por pequeños, medianos y grandes agricultores en la zona.

### Recomendaciones

Para continuar con este proyecto y garantizar que el cable se enrolle de manera uniforme se sugiere colocar una guía que se posicione en frente del tambor con un sinfín que siga el paso del rollo, evitando que se monte el cable uno encima del otro.

Buscar un motor que contenga el reductor acoplado a él con el objetivo de reducir espacio en la estructura.

Para un rediseño de estructura sería conveniente hacer una caja que se acople a tres puntos en el tractor para que sea más fácil de transportar y evitar comprar material disminuyendo costos en la producción del equipo y haciéndolo versátil.

Cuando se vaya a efectuar el engrase, si el mecanismo se encuentra estático se debe realizar cada 2 meses y si el equipo se encuentra en operación se debe realizar cada 24 horas.

Tener el mecanismo bajo techo si no se está utilizando esto maximiza la vida útil del equipo por efecto de corrosión.

## Referencias

- Rondón Quintana, H. A., Rodríguez Rincón, E., & Moreno Anselmi, L. Á. (2007). RESISTENCIA MECÁNICA EVALUADA EN EL ENSAYO MARSHALL DE MEZCLAS DENSAS EN CALIENTE ELABORADAS CON ASFALTOS MODIFICADOS CON DESECHOS DE POLICLORURO DE VINILO (PVC), POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) Y POLIESTIRENO (PS). *Ingenierias Universidad De Medellin*.
- Alcobendas, P. (14 de 03 de 2011). *CAÑONES DE RIEGO POR ASPERSION*. Obtenido de [https://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Hidraulica/PresentacionesPDF\\_STR/Ca%C3%B1onesRiego.pdf](https://www.uclm.es/area/ing_rural/Hidraulica/PresentacionesPDF_STR/Ca%C3%B1onesRiego.pdf)
- Armijos Torres, F. M., & Pozo Morillo, B. V. (2006). *Diseño y construcción de un cañon de riego por aspersion*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- BEER, F. P., RUSSELL JOHNSTON, E., & CORNWELL, P. J. (2010). MECANICA VECTORIAL PARA INGENIEROS. MC Graw Hill.
- BEER, F. P., RUSSELL JOHNSTON, E. J., DEWOLF, J. T., & MAZUREK, D. F. (2009). *MECÁNICA DE MATERIALES*. Ciudad de Mexico: Mc Graw Hill Educacion.
- Budynas, R. G., & Keith Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. ciudad de mexico: MacGraw Hill Interamericana .
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Diseño En Ingenieria Mecanica De Shigley*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- CERTIFICACION, I. C. (2001). NTC 1560. En C. SUAREZ, *TUBERIAS METALICAS.TUBOS PARA ANDAMIOS. ESPECIFICACIONES*. (págs. <https://dibujotecnicoutepsa.files.wordpress.com/2013/11/elementos-de-sujecic3b3n.pdf>). BOGOTA. Obtenido de <https://dibujotecnicoutepsa.files.wordpress.com/2013/11/elementos-de-sujecic3b3n.pdf>
- COLOMBIANA, N. T. (2001). *STEEL TUBING FOR SCAFFOLDING. REQUIRIMENTS*. BOGOTA.
- EcuRed. (5 de 5 de 2016). *Sistema de riego de cañón aspersor*. Obtenido de [http://www.ecured.cu/Sistema\\_de\\_riego\\_de\\_ca%C3%B1%C3%B3n\\_aspersor](http://www.ecured.cu/Sistema_de_riego_de_ca%C3%B1%C3%B3n_aspersor)

- Grandal, R. (24 de 7 de 2014). *HISTORIA EN IMAGENES DEL RIEGO POR ASPERSION*.  
Obtenido de <http://www.riegosgrandal.com/2014/07/24/historia-en-imagenes-del-riego-por-aspersion-1872-1986/>
- Lauri. (2004). *longitud de anclaje y emplame de la ampadura* .
- NTC-18001. (2007). *SISTEMAS DE GESTION EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. REQUISITOS* . BOGOTA: ICONTEC.
- Pereiro., L. L. (2006). Aprendiendo sobre el Método de los Elementos Finitos. *ingeniería mecanica* , 1-11.
- S.L., B. &. (2008). *Agrotécnica. Cuadernos de Agronomía y Tecnología, ISSN 1886-6514*. España.
- S.L., B. &. (2008). *Agrotécnica. Cuadernos de Agronomía y Tecnología, ISSN 1886-6514*. *punto de riego*.
- Santos Pereira , L., de Juan Valero , J. A., Picornell Buendia , M. R., & Trjuelo Martin - Benito , J. M. (2010). *EL RIEGO Y SUS TECNOLOGIAS*. Albacete: Universidad De Castilla - La Mancha .
- Serway, R. A., & Jewett Jr., J. W. (208). *FISICA para ciencias e ingeniería* (Vol. 1). Ciudad De Mexico: Cengage Learning™.
- SOLIZ, R., & COCA, M. F. (23 de 11 de 2013). *ELEMENTOS DE SUJECION*. Obtenido de <https://dibujotecnicoutepsa.files.wordpress.com/2013/11/elementos-de-sujecic3b3n.pdf>
- Virtual, B. (21 de 3 de 2015). *Biblioteca Virtual* . Obtenido de <http://adf.ly/9319363/banner/http://bibliotecavirtualsv.blogspot.com.co/2015/03/normas-astm.html>

# Apéndice

**Apéndice 1****MANUAL DE OPERACIÓN****CONSTRUCCION DE UN MECANISMO DE TRACCION PORTATIL  
PARA EL DESPLIEGUE DEL SITEMA DE RIEGO TIPO CAÑON****Elaborado por:**



## **JEYSON ANDRES BARRIOS PEDROZO**

### **INTRODUCCION**

Para realizar el respectivo mantenimiento al mecanismo de tracción portátil es necesario que el operario se familiarice con el funcionamiento del equipo, según las horas de trabajo a las que se haya sometido. De esta manera se deja al operador se encuentre alerta ante cualquier irregularidad en el funcionamiento, y velar por que se use para lo que fue diseñada.

Este no debe ser tomado como un manual de mantenimiento técnico, su intención es darle la información necesaria para el uso adecuado del mecanismo.

### **REGLAS PARA LA SEGURIDAD**

**PRECAUCION:** Los elementos que poseen elementos roto dinámicos son más propensos a accidentes, los cuales podrían evitarse si se siguen estas recomendaciones.

- Evitar en lo posible dejar la maquina al aire libre sino se está utilizando, esto ocasionaría oxidación en la estructura disminuyendo su vida útil.
- Manténgase alejado cuando el mecanismo se encuentre en pleno funcionamiento, se recomienda acercarse para accionar y desacoplar solamente.
- Conservar un botiquín de primeros auxilios en un lugar cercano y visible para cualquier atención de primera necesidad.
- Por ningún motivo abandone el mecanismo y lo deje encendido.

- Evite colocar objetos extraños encima de la maquina cuando esta se vaya a colocar en marcha.
- Inspeccione la maquina en busca de elementos o fallas que pueden ocasionar un mal funcionamiento.
- En caso de ver deformaciones en cable o estructura informar de inmediato.
- No utilice la máquina para algo diferente a lo que fue diseñada.
- Utilice siempre los elementos de protección personal.

## **PASOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL MECANISMO DE TRACCION PORTATIL PARA EL DESPLIEGUE DE SISTEMAS DE RIEGO.**

Tener en cuenta seguir los pasos que se sugieren a continuación:

**PASO 1:** Observe toda la maquina en busca de cualquier elemento extraño, fisura en estructura o mal formación en cables, si los hay retirar he informar para el caso que sea necesario.

**PASO 2:** Desenrollar el cable del mecanismo sobre el plantado y acoplarlo en la punta del cañón aspersor.

**PASO 3:** Encender el motor.

**PASO 4:** Engrane los acoples macho y hembra que son los que conectan al reductor de velocidad con el eje del tambor donde se enrolla el cable.

**PASO 5:** Esperar a que el mecanismo despliegue toda la manguera del sistema de riego.

**PASO 6:** Apague el motor.

**PASO 7:** Desacople el engrane los acoples macho y hembra que son los que conectan al reductor de velocidad con el eje del tambor donde se enrolla el cable.

**PASO 8:** Verifique todos los componentes del mecanismo.

**PASO 9:** Limpiar el mecanismo después de utilizar.

**REPITA ESTOS PASOS CADA VEZ QUE VAYA A COLOCAR EN MARCHA EL MECANISMO DESDE EL PASO 1 HASTA EL PASO 9**

## MANUAL DE MANTENIMIENTO



La finalidad de realizar un buen mantenimiento al mecanismo de tracción portátil, es garantizar que no se presenten fallas durante la operación. Existen elementos críticos a los cuales sería primordial la realización del mantenimiento y se deberán tener en cuenta los siguientes pasos:

**PASO 1:** Realizar una limpieza general, verificando que no hayan fluidos derramándose de los elementos que lo conforman.

**PASO 2:** Engrasar los rodamientos teniendo en cuenta si el mecanismo se encuentra estático se debe realizar cada 2 meses y si el equipo se encuentra en operación se debe realizar cada 24 horas.

**PASO 4:** Revisar que se mantenga el nivel de valvulina del reductor de velocidad y cambiar cada seis meses.

**PASO 5:** Cambiar el aceite del motor de combustión después de dos meses de funcionamiento.

**PASO 6:** Verificar el torque de todos los pernos de sujeción del mecanismo.

**PASO 7:** Cerciorar que todos los pasadores se encuentren en perfectas condiciones, que no presenten torceduras ni fisuras en el elemento.

## **SEGURIDAD OCUPACIONAL**

Inspección y realización del pre operacional del mecanismo para analizar los factores de riesgo a los que se podría estar expuesto.

Utilizar los elementos de protección personal (EEP) para la manipulación de los elementos mecánicos.

Siempre tener en cuenta que para prevenir cualquier accidente se debe considerar el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), con el objetivo de minimizar los riesgos ya sea en la fuente o en el trabajador.

Los equipos de protección personal que se deben utilizar obligatoriamente serán los siguientes:

**PROTECCION PARA OIDOS:** Las protecciones para los oídos son necesaria para prevenir una enfermedad ocupacional tal como: sordera profesional, hipoacusia, entre otras debido a que se manejan alto decibeles que se manejan. Existen protecciones auditivas para diferentes intensidades de ruido, para este caso se recomienda los tapo oídos tipo copa.



**Ilustración 60. Protección auditiva**

Fuente: recuperado el 2 de diciembre de 2016, de <http://www.xpsafety.com/products/epp/auditiva.htm>

**PROTECCION VISUAL:** Las protecciones visuales son muy importantes para evitar que cuerpos extraños afecten de manera directa la visión existen diferentes tipos de protecciones visuales, para este caso se recomienda utilizar gafas de seguridad sencilla y que sean oscuras para que la vista no esté en contacto directo con los rayos solares.



### **Ilustración 61. Protección visual**

Fuente: recuperado el 2 de diciembre de 2016, de <http://www.kcprofessional.com.co/productos/elementos-de-proteccion-personal/gafas-de-proteccion/lentes-v10-jackson-safety/lentes-v10-expo-smoke-jackson-safety>

**PROTECCION PARA LAS MANOS:** Son elementos que se utilizan para la manipulación de diferentes tipos de componentes y se pueden designar de la siguiente manera: guantes según el tipo cuero, látex, nitrilo, baqueta y carnaza. Para este caso se utilizaran guantes de baquetas que son ideales para la manipulación de elementos metálicos y además son cómodos para el dominio de quien los usa.



### **Ilustración 62. Protección para manos**

Fuente: recuperado el 2 de diciembre de 2016, de <http://ingeso.co/wp-content/uploads/2015/10/guantes-de-trabajo.jpg>

**PROTECCION PARA LOS PIES:** Son elementos que previenen caídas, inserciones, golpes, aislantes entre otras cosas, que evitan lesiones graves en este miembro del trabajador. Para este caso se sugiere utilizar botas con punta de acero debido a que se maneja grandes cargas en el momento en el que se encuentre en funcionamiento el mecanismo.





**Ilustración 63. Protección para los pies**

Fuente: recuperado el 2 de diciembre de 2016, de <http://ingeso.co/wp-content/uploads/2015/10/botas-de-seguridad.jpg>

## Apéndice 2

### Estructura del mecanismo



### Apéndice 3

#### Mecanismo de tracción portátil

