

	<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>I(126)</b>	

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>MARLON JOSÉ QUINTERO GARCÍA Y BRAYAN DUVAN SANTIAGO BAYONA</b>		
FACULTAD	<b>INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA MECANICA</b>		
DIRECTOR	<b>RICARDO ANDRES GARCÍA LEON MSc. Ing. Mecánico</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>CONSTRUCCIÓN DE UNA CAMILLA DE INSEMINACIÓN ARTÍFICIAL, COLECTA Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN CAPRINOS CON UN MECANISMO DE ELEVACIÓN NEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO DE REPRODUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>		
<b>RESUMEN (70 palabras aproximadamente)</b>			
<p><b>ESTA PROPUESTA SE FORMULÓ DE LA NECESIDAD DE MEJORAR EL PROCESO DE SUJECCIÓN QUE SE LLEVA A CABO EN LA INSEMINACIÓN CAPRINA, EL CUAL SE VIENE HACIENDO DE MANERA INCORRECTA EN LA UFPSO. ES POR ELLO QUE SE PLANTEÓ COMO SOLUCIÓN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CAMILLA CON TODAS LAS ESPECIFICACIONES REQUERIDAS PARA HACER EL PROCESO PRÁCTICO, A SU VEZ LOGRANDO OBTENER AUMENTOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN CAPRINO.</b></p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 126	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1

CONSTRUCCIÓN DE UNA CAMILLA DE INSEMINACIÓN ARTÍFICIAL, COLECTA  
Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN CAPRINOS CON UN MECANISMO DE  
ELEVACIÓN NEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO DE REPRODUCCIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.

AUTORES:

MARLON JOSÉ QUINTERO GARCÍA  
BRAYAN DUVAN SANTIAGO BAYONA

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero**

**Mecánico**

Director

RICARDO ANDRÉS GARCÍA LEÓN

MSc. Ing. Mecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA MECÁNICA

Ocaña, Colombia

Mayo de 2018

## ***Agradecimientos***

### ***A Dios.***

*Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

### ***A nuestros padres.***

*Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, que nos ha permitido ser personas de bien, pero más que nada, por su amor.*

### ***A nuestros maestros.***

*Ing. Ricardo Andrés García León por su apoyo y colaboración en la parte metodológica del trabajo; Ing. Eder Norberto Florez Solano por su gran interés en que este proyecto saliera adelante y apoyarnos en cada momento; Ing. Jaider Vergel Pabón por orientarnos en todos los cálculos requeridos en el proyecto; Ing. Eduar Ernesto Pérez Rojas por brindarnos todas las pautas para hacer los respectivos diseños de la camilla; Ing. Humberto Arévalo Rueda por su gran ayuda para la finalización de este proyecto.*

### ***A nuestros amigos.***

*Carlos Alberto Rodríguez Carrillo y Wilder Hernando Ramírez por colaborarnos en la manufactura de la máquina y su instalación.*

# Índice

Pág.

<b>Capítulo 1. Construcción de una camilla de inseminación artificial, colecta y transferencia de embriones en caprinos con un mecanismo de elevación neumática para el laboratorio de reproducción de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento Del Problema .....	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos.....	2
1.4 Justificación .....	3
1.5. Limitaciones .....	3
1.6. Delimitaciones .....	4
1.6.1. Geográfica.....	4
1.6.2. Conceptual.. ..	4
1.6.3. Operativa.....	4
1.6.4. Temporal.....	4
<b>Capítulo 2. Marco Referencial.....</b>	<b>5</b>
2.1 Marco Histórico.....	5
2.2 Marco Conceptual.....	11
2.2.1 Inseminación artificial. ....	11
2.2.2 Inseminación artificial por laparoscopia.....	14
2.2.2.1. <i>Tranquilización</i> . ....	15
2.2.2.2. <i>Sujeción</i> .....	15
2.2.2.3. <i>Lavado</i> .....	15
2.2.2.4. <i>Incisión e insuflado</i> .....	16
2.2.2.5. <i>Aplicación de los instrumentos</i> . ....	16
2.2.2.6. <i>Exploración</i> .....	16
2.2.2.7. <i>Aplicación del semen</i> .....	16
2.2.2.8. <i>Retiro del instrumentista</i> .....	16
2.2.2.9. <i>Atención a la herida</i> .....	16
2.2.3 Neumática. ....	17
2.2.4 Ventajas de la Neumática. ....	17
2.2.5 Sistemas neumáticos. ....	17
2.2.5.1. <i>Actuadores lineales</i> .....	20
2.2.5.2. <i>Cilindros de doble efecto</i> . ....	21
2.2.6. Desfase fuerza/velocidad. ....	23
2.2.7 Válvula Neumática. ....	25
2.2.7.1. <i>Válvula selectora</i> . ....	25
2.2.8 Acoples para mangueras. ....	26
2.2.9 Mangueras neumáticas.....	26
2.2.10 Pandeo. ....	27
2.2.11 Compresor de aire.....	27
2.2.12 Mecanismo.....	28
2.2.13 Par cinemático.....	29
2.2.14 Cadenas cinemáticas. ....	29

2.2.15 Inversión cinemática de mecanismos.....	29
2.2.16 Clasificación de pares cinemáticos.....	30
2.2.17 Pares superficiales o pares inferiores.....	30
2.2.18 Par cilíndrico.....	30
2.2.19 Par de revolución o articulación.....	30
2.2.22 Par esférico.....	32
2.2.23 Par plano.....	32
2.2.24 Mecanismos de barras.....	32
2.2.25 Mecanismo rueda excéntrica.....	34
2.2.26 Mecanismo de tijera.....	36
2.2.27 Análisis mediante elementos finitos.....	37
2.3. Marco Legal.....	39
<b>Capítulo 3. Metodología .....</b>	<b>42</b>
3.1. Tipo de Investigación .....	42
3.2. Fases del proyecto .....	42
3.2.1. Fase I.....	42
3.2.2. Fase II.....	43
3.2.3. Fase III.....	44
3.3. Cronograma de Actividades .....	44
<b>Capítulo 4. Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas.....</b>	<b>46</b>
4.1 Identificar los diferentes mecanismos de elevación que hacen parte del sistema de la camilla a través de las diferentes bases de datos, con la finalidad de seleccionar el modelo geométrico y calcular los parámetros iniciales del sistema.....	46
4.1.1. Buscar información en artículos, fuentes bibliográficas, y páginas web referentes a mecanismos de elevación mecánicos y neumáticos.....	46
4.1.2. Indagar con el médico veterinario encargado del proceso de inseminación las especificaciones necesarias requeridas para establecer un bosquejo inicial para el diseño.....	54
4.1.3. Realizar cálculos neumáticos para seleccionar el actuador que hará parte del mecanismo de elevación de la camilla, inicialmente seleccionando un compresor comercial de 100psi.....	55
4.1.4. Calcular las variables principales del actuador de doble efecto seleccionado, con una presión de 100psi para verificar la cinemática del mecanismo de elevación.....	61
4.1.5. Determinar la carga máxima que el cilindro neumático es capaz de levantar y la cantidad mínima de presión con la que puede trabajar.....	64
4.2 Analizar mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo mediante SolidWorks simulation, con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos.....	65
4.2.1 Realizar un modelado de los componentes de la camilla y del sistema de elevación en SolidWorks.....	65
4.2.1.1. <i>Partes de la Camilla de inseminación artificial y colecta de embriones.</i> .....	65
4.2.2 Someter la parte superior de la camilla a cargas en los puntos que la componen para así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos en SolidWorks simulation.....	69
4.2.3 Someter la base de la camilla a cargas en los puntos donde soporta la mayor fuerza para así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos en SolidWorks simulation.....	75

4.3 Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su posterior puesta en funcionamiento. ....	79
4.3.1 Juntar todas las partes del mecanismo de elevación y la estructura que lo contiene.. ....	79
4.3.2 Realizar el montaje del sistema neumático a la estructura de la camilla. ....	88
4.3.3 Realizar un diagrama del sistema neumático de la camilla en FluidSIM. ....	90
4.3.4 Realizar una actividad experimental del proceso de colecta y transferencia de embriones con la camilla para comprobar la funcionalidad y evaluar la reducción en el tiempo de operación. ....	93
<b>Capítulo 5. Recursos y presupuesto .....</b>	<b>97</b>
5.1. Presupuesto global.....	97
5.1.1. Gastos personales.....	97
5.1.2. Equipos utilizados.....	98
5.1.3. Viajes. ....	98
5.1.4. Materiales.....	98
<b>Conclusiones .....</b>	<b>100</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>102</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>103</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>108</b>

## Lista De Figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la oveja en la camilla inclinada, para la cirugía. ....	7
Figura 2. Ternera colocada en camilla (a), Abdomen depilado (b). ....	8
Figura 3. Transferencia de embriones .....	9
Figura 4. Inseminación Artificial vía Laparoscopia a una oveja en camilla.....	10
Figura 5. Pasos para realizar la Inseminación artificial vía laparoscópica .....	15
Figura 6. Sistema neumatico basico. ....	18
Figura 7. Actuador lineal con efecto simple .....	20
Figura 8. Actuador lineal de doble efecto.....	21
Figura 9. Actuador doble efecto. ....	21
Figura 10. Diferencia entre las secciones efectivas de un cilindro.....	24
Figura 11. Funcionalidad de la válvula doble efecto. ....	25
Figura 12. Acoples para conexiones neumáticas. ....	26
Figura 13. Mangueras Neumáticas. ....	26
Figura 14. Mangueras Neumáticas. ....	27
Figura 15. Compresor de aire .....	27
Figura 16. Cadena cinemática de cuatro eslabones .....	29
Figura 17. a) par cilíndrico, b) par de revolución. ....	31
Figura 18. a) par prismático, b) par helicoidal.....	32
Figura 19. a) par esférico, b) par plano.....	32
Figura 20. Tres inversiones de un cuadrilátero de Grashof .....	33
Figura 21. Rueda excéntrica .....	35
Figura 22. Análisis computacional. ....	37
Figura 23. Cuadrilátero articulado.....	46
Figura 24. Mecanismo de rueda excéntrica-biela. ....	48
Figura 25. mecanismo de tijeras. ....	49
Figura 26. Grados de libertad de un cuerpo en el espacio. ....	51
Figura 27. Par cinemático de V clase. ....	53
Figura 28. Grados de libertad de la unión corredera-guía. ....	53
Figura 29. Grados de libertad de la unión <i>pistón-corredera</i> . ....	54
Figura 30. Medición del caprino de raza Alpina francesa. ....	55
Figura 31. Superficies de avance y retroceso del cilindro. ....	56

Figura 32. Tipos de montaje de cilindro.....	58
Figura 33. Pandeo del vástago.....	59
Figura 34. Factor de montaje.....	60
Figura 35. Gráfico de diámetro del vástago.....	61
Figura 36. Diseño de la base de la estructura de la camilla.....	66
Figura 37. Diseño de la agarradera.....	66
Figura 38. Diseño de la parte superior de la camilla.....	67
Figura 39. Diseño de la corredera del mecanismos de elevación.....	67
Figura 40. Diseño del cilindro neumático.....	68
Figura 41. Diseño del embolo del cilindro neumático.....	68
Figura 42. Ensamble total de la estructura de la camilla.....	69
Figura 43. Fuerzas y sujeción de la parte superior de la camilla.....	70
Figura 44. Mallado estándar de la camilla en SolidWorks.....	71
Figura 45. Límite elástico de la estructura.....	72
Figura 46. Desplazamiento de la estructura.....	73
Figura 47. Deformación unitaria de la estructura.....	74
Figura 48: Fuerzas y sujeción de base de la camilla.....	75
Figura 49. Mallado estándar de la base de la camilla.....	76
Figura 50. Límite elástico de la base de la camilla.....	76
Figura 51. Desplazamiento de la base de la camilla.....	77
Figura 52: Deformación unitaria de la base de la camilla.....	78
Figura 53. Corte de la tubería.....	79
Figura 54. Se utilizaron electrodos de tipo AWS 6011 para soldar la estructura.....	80
Figura 55. Se suelda la tubería.....	80
Figura 56. Unión de la tubería.....	81
Figura 57. Unión de la tubería y lijado.....	81
Figura 58. Unión de tubería y platinas.....	82
Figura 59. Acabado final con azul martillado.....	82
Figura 60. Base de la camilla, con su acabado final.....	83
Figura 61. Acabado final de la parte superior de la camilla.....	83
Figura 62. Mecanismo corredera-guía.....	84
Figura 63. Mecanismo de elevación.....	85
Figura 64. Ruedas instaladas a la camilla.....	85
Figura 65. Tornillo 3/8.....	86

Figura 66. Especificaciones SAE para pernos de acero.....	87
Figura 67. Sistema neumático.....	88
Figura 68. Sistema neumático instalado. ....	89
Figura 69. Cilindro neumático. ....	89
Figura 70. Válvula 4/2 de accionamiento manual. ....	90
Figura 71. Simbología del cilindro doble efecto y de la válvula 4/2.....	90
Figura 72. Posición inicial de circuito neumático. ....	91
Figura 73. Posición de reposo.....	92
Figura 74. Posición de trabajo. ....	92
Figura 75. Fase final de la camilla.....	93
Figura 76. Prueba de campo con un caprino.....	94

## Lista De Tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Cronograma de actividades.....	45
<b>Tabla 2.</b> Propiedades de operación del cilindro neumático. ....	62
<b>Tabla 3.</b> Propiedades del material. ....	70
<b>Tabla 4.</b> Información detallada del mallado de la parte superior de la camilla. ....	71
<b>Tabla 5.</b> Información detallada de la malla aplicada. ....	75
<b>Tabla 6.</b> Presupuesto global. ....	97
<b>Tabla 7.</b> Horas dedicadas al proyecto de investigación. ....	97
<b>Tabla 8.</b> Equipos utilizados. ....	98
<b>Tabla 9.</b> Viajes. ....	98
<b>Tabla 10.</b> Materiales para la construcción. ....	98

## Lista De Apéndices

	<b>Pág.</b>
<b>Apéndice 1.</b> Manual de operación.....	109
<b>Apéndice 2.</b> Recomendaciones de seguridad y mantenimiento .....	110
Apéndice 3. Mantenimiento del sistema neumático .....	111
<b>Apéndice 4.</b> En llegado caso de presentarse daños menores como fugas, mangueras dobladas o bloqueadas es necesario seguir los siguientes pasos:.....	112
<b>Apéndice 5.</b> Pasos para usar la camilla de inseminación artificial, colecta y transferencia de embriones en caprinos con un mecanismo de elevación neumática. ....	113

# **Capítulo 1. Construcción de una camilla de inseminación artificial, colecta y transferencia de embriones en caprinos con un mecanismo de elevación neumática para el laboratorio de reproducción de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.**

## **1.1 Planteamiento Del Problema**

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña cuenta con una granja en la cual se realizan procesos de reproducción artificial, siendo la inseminación por laparoscopia uno de ellos, actualmente esta técnica es realizada en caprinos realizándose de forma inadecuada, debido a que se está utilizando una carretilla de transporte de carga como base para la sujeción del animal, y esto hace que la realización de esta técnica no sea efectiva y no se obtengan los resultados esperados del proceso reproductivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, para estos procesos se requiere que el animal este bien sujetado y en una posición correcta para que el médico veterinario tenga toda la comodidad posible para llevar acabo la cirugía y no se presente ningún tipo de impedimento debido a movimientos inesperados del animal, es por esto que se plantea como solución la construcción de una camilla que brinde un proceso tecnificado, la cual este compuesta de un sistema mecánico de elevación que hará el proceso más cómodo y práctico, además de unas agarraderas colocadas en sus extremos de manera que el ovino este bien sujetado y se puedan obtener mejores resultados.

## 1.2 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar el proceso de sujeción para obtener mejores resultados en el proceso de producción, mediante el diseño óptimo de la camilla de inseminación artificial, colecta y transferencia de embriones en caprinos con un mecanismo de elevación neumática para el laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña?

## 1.3. Objetivos

**1.3.1. General.** Construir una camilla de inseminación artificial, colecta y transferencia de embriones en caprinos con un mecanismo de elevación neumática para el laboratorio de reproducción de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

### 1.3.2. Específicos.

- Identificar los diferentes mecanismos de elevación que hacen parte del sistema de la camilla a través de las diferentes bases de datos, con la finalidad de seleccionar el modelo geométrico y calcular los parámetros iniciales del sistema.
- Analizar mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo mediante el software SolidWorks simulation, con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos.
- Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su posterior puesta en funcionamiento.

## **1.4 Justificación**

El presente trabajo tiene como finalidad construir una camilla para la inseminación artificial, recolecta y transferencia de embriones en caprinos teniendo en cuenta las pérdidas que se han identificado en la producción, donde la hembra resulta lastimada en el proceso de sujeción, se generan pérdidas de tiempo por parte del operario tratando de controlar el animal y esto a su vez acarrea costos para el laboratorio de reproducción.

Es por lo anterior, que con el desarrollo de este trabajo se plantea la construcción de una camilla con elevación neumática que mitigue la problemática existente en la producción caprina, la cual permitirá que el médico veterinario realice el proceso adecuadamente, logrando tener un ajuste práctico en la altura durante la intervención.

## **1.5. Limitaciones**

No se encuentra la información suficiente sobre la construcción y diseño de camillas para inseminación artificial en caprinos.

Esta investigación solo abarca dos tipos de sistemas de elevación: un sistema de elevación mecánico basado en un collarín que se desplaza a lo largo de un eje y un sistema de elevación neumático a través de un actuador lineal de doble efecto.

La investigación se limitará a desarrollar cálculos teóricos, simulación y análisis de esfuerzos en SolidWorks.

## **1.6. Delimitaciones**

**1.6.1. Geográfica.** El trabajo se realizará en el laboratorio de máquinas y herramientas de la UFPSO con la asesoría de las personas encargadas del mismo y la ayuda del director del proyecto, el cual será implementado en el laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

**1.6.2. Conceptual.** La temática del proyecto se enmarcará en los siguientes conceptos: Inseminación artificial, Sistemas neumáticos, Mecanismos de elevación, Par cinemático, Análisis de elementos finitos.

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

**1.6.4. Temporal.** El presente proyecto tendrá una duración aproximada de 4 a 6 meses a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

## Capítulo 2. Marco Referencial

### 2.1 Marco Histórico

Después de haber realizado una búsqueda en las diferentes bibliográficas, hasta el momento no se registran estudios o datos sobre algún tipo de desarrollo de camillas para inseminación artificial en caprinos o de algún tipo de diseño implementado para mejorar las condiciones de sujeción de este proceso, pero si se han encontrado trabajos y artículos científicos de otras Universidades y empresas sobre la temática de inseminación artificial, en dónde hacen referencia a la importancia de utilizar una camilla con las condiciones específicas para este proceso.

En la unidad de servicios integrales en reproducción animal, perteneciente a la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de México se estableció en unos de sus artículos, que una vez marcadas las hembras fueron separadas del rebaño y se tuvieron en ayuno por 12 horas antes del procedimiento. Los animales previo ayuno, fueron colocados y sujetos en decúbito dorsal en las camillas, donde se les rasuró y desinfectó la región abdominal. Se aplicó 1 ml de xilocaína subcutánea, como anestesia local. En el primer ensayo, se inseminaron por laparoscopia 12 hembras entre las 12-18 horas después de detectado el estro con semen congelado (Padilla et al., 2017).

Para la inducción de calores e inseminación artificial (IA) realizado por la revista agro productividad en México se aplicaron las esponjas intravaginales (Chronogest®, Intervet). En el día 10 se administraron 400 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG, Folligon®, Intervet) por vía intramuscular y en el día 12, se retiraron las esponjas. Al día siguiente del

retiro de las esponjas, se detectaron calores con el uso de sementales marcadores, los cuales estaban provistos de un mandil para evitar la copula con las hembras. Doce horas previas a la IA, las ovejas no recibieron alimento ni agua para evitar una broncoaspiración y punciones accidentales en la vejiga urinaria e intestino. Las ovejas se colocaron en camillas pivotantes con un sistema para la sujeción del animal, las cuales permitieron inmovilizar a la oveja en decúbito dorsal y mantenerla inclinada en un ángulo de entre 40° y 45°, para ayudar al desplazamiento de las vísceras en sentido craneal (Productividad, 2017).

En la universidad de la Salle en Bogotá, el programa de medicina veterinaria perteneciente a la facultad de ciencias agropecuarias en uno de sus trabajos sobre inseminación artificial hizo énfasis en la importancia de la camilla; para dicho proceso la hembra se ubicó en el plano inclinado de una camilla horizontal de tal manera que la cabeza quedo inclinada hacia abajo, garantizando que los órganos internos se desplacen hacia abajo, y no intervengan en la cirugía. Contar con este instrumento es muy importante ya que se debe tener la inclinación adecuada para que los órganos se desplacen y se pueda operar correctamente. Se realizó el embrocado del campo operatorio, utilizando alcohol y yodo de manera intercalada 8 veces terminando en alcohol (Nieto, Director, & Gómez Velásquez, 2011).

En la figura 1, se muestra ubicación de la oveja en la camilla inclinada, para la cirugía



**Figura 1:** Ubicación de la oveja en la camilla inclinada, para la cirugía.

**Fuente:** (Nieto et al., 2011).

Se realizó una laparotomía medial de 5 a 7 cm, y a 3 cm por delante de la ubre. Posteriormente se expuso el oviducto de la hembra ovina y ayudados por un catéter se introdujeron 18 embriones en el oviducto derecho y 24 embriones en el oviducto izquierdo de cada hembra, para un total de 168 embriones utilizados en el proyecto, que se dejaron por un periodo de siete días de desarrollo. La camilla fue de gran ayuda durante el procedimiento de operación manteniendo una posición estable del animal y obteniendo buenos resultados (Nieto et al., 2011).

En otro artículo científico realizado en el instituto nacional de tecnología agropecuaria en Bariloche Argentina especifica que la metodología de colecta de embriones se lleva a cabo con la ayuda de una camilla, empleada para la obtención de embriones, consiste en inyectar un medio líquido al ovino con una posición de 45°, para producir una corriente de arrastre (lavado o flushing) a través de los cuernos uterinos, Estas intervenciones se llevan a cabo bajo anestesia general. El medio que se utiliza es el PBS (Solución Buffer Fosfato), enriquecida con 4% de Albúmina sérica bovina (BSA fracción V) o 10% de suero fetal bovino, ovino o caprino.

El suero se centrifuga a 2000 gramos durante 15 minutos. Se toma el sobrenadante y se realiza una segunda centrifugación. Se filtra por membrana de 0.22  $\mu\text{m}$  y se somete a la acción de rayos gamma (IETS). La inactivación de la proteína complemento se realiza a 56°C durante 30 minutos. El suero filtrado inactivado se puede conservar durante un año a temperatura de -20°C (Gibbons Dra Cueto, 2013).

En la evaluación del Efecto del tratamiento repetido con FSH + eCG en la respuesta Ovárica y aspiración folicular vía Laparoscópica en terneras Pre púberes realizado en la Universidad austral de Chile, los animales se ubicaron en una camilla de sujeción en la cual ingresaron al pabellón de cirugía. Fueron depilados, lavados y desinfectados en la región medio-ventral con alcohol al 70 % y solución yodada. La ternera fue cubierta totalmente con un paño de campo estéril y la intervención se realizó en un pabellón previamente sometido a luz ultra violeta. Se contó con todas las comodidades básicas: equipo de luz quirúrgica, paños, delantales y materiales estériles.



**Figura 2:** Ternera colocada en camilla (a), Abdomen depilado (b).

**Fuente:** (Correa, 2007).

La camilla de sujeción, estando la ternera en posición decúbito dorsal, fue regulada de tal forma que los animales quedaran en posición cabeza abajo formando un ángulo con el suelo de aproximadamente 45 ° a fin de desplazar las vísceras cranealmente (Correa, 2007).

La transferencia de embriones es un método de reproducción artificial que está empezando a utilizarse en nuestro país. Este artículo hace referencia del método de transferencia de embriones que se ha empezado a utilizar en nuestro país por el Dr. Artur Fischer, el cual consiste en la obtención de varios embriones que fueron generados por una hembra donante y que, posteriormente, serán inoculados (o transferidos) en hembras receptoras (gestantes).



**Figura 3:** Transferencia de embriones  
**Fuente:** (Fischer, 2011).

El objetivo de esta práctica es contar con animales superiores en menos tiempo. La transferencia de embriones es una práctica que ayuda a los productores de ovinos a incrementar el número de crías de las hembras de alto valor genético. Con la aplicación de esta tecnología, se aprovecha la gran cantidad de ovocitos que existen en el ovario de una hembra. El trabajo consiste en realizar una estimulación de los ovarios mediante tratamientos hormonales, para que se produzca una ovulación múltiple. De esta forma, los valores medios alcanzan a ser diez veces superiores a la tasa ovulatoria promedio de la raza (Fischer, 2011).

La técnica de Inseminación Artificial a través de la Cirugía Laparoscopia desarrollada por profesores de la Facultad de Ciencias Veterinarias de LUZ se aplica en ovejas desde 2004.



**Figura 4:** Inseminación Artificial vía Laparoscopia a una oveja en camilla.  
**Fuente:** (Rodríguez, 2009).

El artículo trata que luego de varios años aplicando la Inseminación Artificial por Laparoscopia en ovinos, el equipo de investigadores que trabaja con José Manuel Rodríguez decidió comenzar a aplicarla en caprinos. Para eso cuentan con 100 pajuelas de semen de las razas alpinas y canarias, aportadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Lara.

Dicho programa comenzó con ocho (8) cabras del Cepa, cuyo proceso de sincronización (similar al de ovinos) se realizó once (11) días antes.

José Manuel Rodríguez, coordinador del programa señaló que el propósito es incrementar la eficiencia productiva y reproductiva de los rebaños. “En el Cepa, dependencia de la Facultad de Veterinaria de LUZ, obtuvimos el primer carnero nacido por esta técnica en Venezuela en el año 2005”.

### **Los beneficios que se obtuvieron a través de esta técnica aplicada fueron:**

El porcentaje de preñez que se maneja a través de la técnica de Inseminación Artificial es de 65 a 70 por ciento, lo que se traduce, por ejemplo, si inseminan 10 ovejas, entre 6 y 7 quedan preñadas.

Del total de los animales que han inseminado en dos años han obtenido 150 crías. Los ovinos es una especie que por naturaleza presenta partos múltiples con la Inseminación Artificial. A través de laparoscopia se incrementa el porcentaje de gestaciones múltiples a más de 30% hasta cuatro crías por oveja, “esto sucede porque el tratamiento hormonal ayuda a que haya mayores números de folículos que ovulen” (Rodríguez, 2009).

## **2.2 Marco Conceptual**

**2.2.1 Inseminación artificial.** La inseminación artificial (IA) juega un rol muy importante en los programas de mejoramiento genético, no solo por acelerar el flujo de material genético superior hacia sectores de inferiores características productivas, sino por facilitar el transporte de semen, evitando el costoso traslado de los reproductores y disminuyendo los riesgos sanitarios. No obstante, para poder cumplir con el mejoramiento genético, es fundamental que la técnica reproductiva garantice adecuadas tasas de preñez (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria., Pinazo H., Chauca F., Cabrera V., & Rivas P., 1999).

El mercado de la carne y lana ovina presenta hoy un gran dinamismo. Sin embargo, la masa ganadera ovina en muchos países ha venido sufriendo una disminución a partir de los

años 90 lo que contrasta con el aumento de la tasa de producción de carne ovina en un promedio cercano al 1% anual en este mismo periodo.

El consumo per cápita de carne se ha visto incrementado en los últimos años, destacándose el consumo de carne de ave y cerdo por sobre los otros tipos de carne. La carne ovina en la mayoría de los países tiene una limitada aceptación, principalmente debido a la baja calidad del producto, por lo que muchos países están realizando esfuerzos por mejorar la calidad a través del mejoramiento de los sistemas y la introducción, multiplicación y mejora de genotipos carniceros (Schnettler et al., 2011).

Una de las herramientas fundamentales para lograr este último objetivo es la utilización de biotécnicas reproductivas como la inseminación artificial. La evolución de la inseminación artificial (IA) en ovinos ha sido muy lenta, si se compara con el bovino. Sin embargo, en algunos países ha tenido un gran desarrollo y servido como herramienta fundamental para el mejoramiento genético en los ovinos (Aisen, 2008). En Sudamérica la IA ovina se ha desarrollado exitosamente y en cantidad apreciable en Brasil, Argentina y Uruguay y en mucho menor escala en otros países.

La ventaja fundamental de la IA es la posibilidad de incrementar notoriamente la cantidad de hembras que pueden ser cubiertas con un solo reproductor. En ovinos al utilizar IA con semen fresco es posible que un reproductor pueda cubrir más de 2.000 hembras por mes de trabajo y si se utiliza semen congelado esta cifra puede duplicarse.

Desde el punto de vista zootécnico, las ventajas son aún mucho más importantes ya que permite a través del uso de reproductores seleccionados el mejoramiento de la calidad de los

productos (lana, carne). También esta técnica puede ser de gran valor para introducir genotipos no existentes a través del uso de semen congelado.

Los inconvenientes de esta técnica están asociados a la labor y costo extra que se requiere en la sincronización, detección de celos en las ovejas y la utilización de semen congelado, ya que la técnica al utilizar semen fresco o refrigerado, en sí no presenta grandes dificultades.

En ovejas, la IA se realiza mayormente con semen fresco o refrigerado, debido a los pobres resultados de fertilidad que se obtienen al usar semen congelado (Maxwell et al., 1980; Salamon y Maxwell, 2000) y a la reducción de la viabilidad espermática producida por el proceso de congelamiento y descongelamiento. A esto, se suma la dificultad de transponer el cérvix de la oveja con la pipeta de inseminación y los efectos secundarios de la sincronización del estro utilizando esponjas intravaginales (Lightfoot y Salamon, 1970).

La aplicación de la técnica de inseminación artificial en el ovino puede significar un importante aporte a los programas de mejoramiento genético y aprovechamiento de los machos en rebaños comerciales. Sin embargo existe variados factores que interfieren en el éxito de la IA en ovinos, algunos relacionados con el macho (estado general, Adaptación, raza, individuo, edad, entrenamiento), otros que tienen directa relación con la hembra a inseminar (efecto del rebaño, efecto del año, época del año, raza, individuo, edad, situación reproductiva, estrés y edad de la hembra) y los efectos relacionados con la técnica a utilizar (inseminación sobre celo natural o celo sincronizado, número de espermatozoides por IA y experiencia del inseminador). Hoy en día estos problemas pueden ser superados usando un

método alternativo de inseminación intrauterina vía laparoscópica con semen congelado (McKelvey et al., 1985; Eppleston y Maxwell, 1995) (Becker, 2012).

**2.2.2 Inseminación artificial por laparoscopia.** Es una inseminación efectuada por medio de una pequeña operación quirúrgica. Las ovejas tienen que haber ayunado el día antes de la intervención y se les suministra un sedante antes de la intervención. Se les coloca en una camilla especializada, que se eleva a un ángulo aproximadamente de unos 30 grados. El abdomen de la oveja se esquila, se desinfecta y se le aplica una anestesia local por vía subcutánea (debajo de la piel).

Se hacen dos o tres incisiones pequeñas con el bisturí. Y se introducen a través de estas incisiones los trocánteres y cánulas (instrumentos quirúrgicos) entre la pared del cuerpo en la cavidad peritoneal de la oveja. El operador observa mediante el ojo óptico, la ubicación del tracto reproductor de la oveja. La cavidad del cuerpo se infla con CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono) para permitir observar mejor el útero.

La sonda se reemplaza con una pipeta de vidrio de punta fina de inseminación y el semen se deposita en cada cuerno uterino. Después de terminada la intervención y si la oveja no ha sangrado no es necesario cerrar los cortes de incisión, se le aplica una inyección de antibióticos para impedir una posible infección y se la traslada al corral para que se recupere.

Los procedimientos de la Inseminación artificial Laparoscópica se realizan en un tiempo menor a los 5 minutos por oveja, cuando el operador es diestro y generalmente las ovejas se recuperan sin ningún efecto negativo. De hecho, las ovejas pueden inseminarse en los años subsiguientes usando el mismo procedimiento.

La tasa de preñez alcanzada con este método es del 70-85%, sin embargo, debido a que se requiere un instrumental especial y un operador especializado para su manejo, es un procedimiento que debe ser desempeñado por un veterinario u otro profesional entrenado (Ray Del Pino, 2015).

Para realizar este método se deberán seguir los siguientes pasos:



**Figura 5:** Pasos para realizar la Inseminación artificial vía laparoscópica  
**Fuente:** (Ultor Kiba, 2013).

**2.2.2.1. Tranquilización.** Se hace por medio de xilacina al 2% a una dosis de 1 mg/10k. Se tendrá sumo cuidado para que el animal no caiga en un paro, ya que algunas razas son más susceptibles a este fármaco.

**2.2.2.2. Sujeción.** El animal se pondrá en la camilla especial para esta técnica, poniéndola en decúbito dorsal con los miembros extendidos y amarrados de cada extremo de la camilla.

**2.2.2.3. Lavado.** Se lavará y rasurará toda la zona del abdomen empezando donde inicia la ubre hasta la cicatriz de ombligo, este procedimiento se hará sin irritar la piel del animal, después se aplicará una solución antiséptica para retirar todos los gérmenes que puedan causar un problema.

**2.2.2.4. Incisión e insuflado.** Se realizarán dos incisiones en una parte del abdomen se tomará como referencia la ubre y la línea media. Tres dedos debajo de la ubre, y tres dedos laterales a la línea media. Se hacen dos incisiones de aproximadamente 2 centímetros en la piel con un bisturí de hoja pequeña, en un lado con una bomba de aire se inyecta el aire necesario para inflar el abdomen para que se puedan observar mejor las estructuras de la cavidad sin causar lesiones en el abdomen.

**2.2.2.5. Aplicación de los instrumentos.** En cada incisión se pondrá un troquel que se atornillará con la piel y tejido subcutáneo, cada troquel se le retirará la cabeza y en uno se pondrá el explorador y el otro se introducirá el laparoscopio.

**2.2.2.6. Exploración.** Ya que el lente del laparoscopio este adentro se empieza a observar y buscar con el explorador todas las estructuras, se debe que encontrar los cuernos del útero. Se deberá observar que haya respuesta de estos que no haya adherencias ni problemas como quistes; los cuernos deben presentar un tono rosado brillante y así se sabrá que hay muy buena respuesta y que si se puede inseminar.

**2.2.2.7. Aplicación del semen.** Ya encontrado los cuernos y ya cargada la pistola inseminadora se aplica en cada cuerno la mitad de la pajilla, el blando del inseminador en este caso es la curvatura de cada cuerno.

**2.2.2.8. Retiro del instrumentista.** Ya aplicado el semen en cada cuerno se retira el lente y la pistola inseminadora y después se continúa a quitar el troquel.

**2.2.2.9. Atención a la herida.** La herida no necesita sutura ya que es una pequeña incisión, pero si lo amerita si se podrá suturar, Se aplican un cicatrizante en cada herida

y algún antibiótico solo para prevenir la infección por el manejo que tuvo, se retira de la cama y se devuelve a su corral correspondiente. Tener a esas hembras en observación por alguna complicación.

**2.2.3 Neumática.** La neumática es la tecnología que emplea un gas (normalmente aire comprimido) como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. Los procesos consisten en incrementar la presión de aire y a través de la energía acumulada sobre los elementos del circuito neumático (por ejemplo, los cilindros) efectuar un trabajo útil.

Por lo general el gas utilizado es el aire comprimido, pero para aplicaciones especiales puede usarse el nitrógeno u otros gases inertes (areatecnología, 2012).

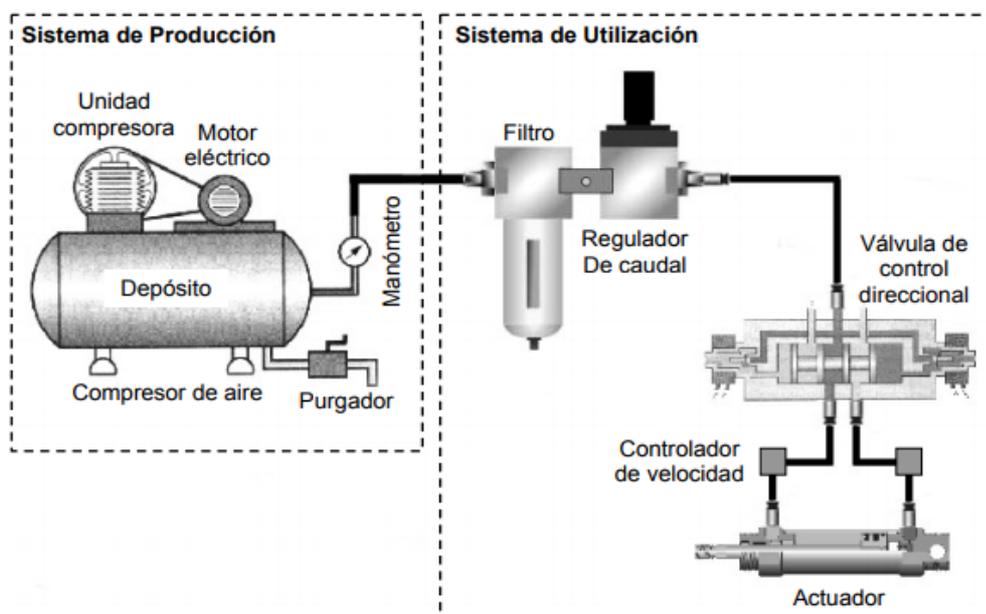
#### **2.2.4 Ventajas de la Neumática.**

- El aire se puede obtener fácilmente y es abundante en la tierra.
- No es explosivo, por lo tanto, no hay riesgo de chispas.
- Los elementos del circuito neumático pueden trabajar a velocidades muy altas y se pueden regular fácilmente.
- El trabajo con aire no daña los componentes del circuito por ejemplo por golpe de ariete.
- Los cambios de temperaturas no afectan de forma significativa en el trabajo.
- Energía limpia.
- Se pueden hacer cambios de sentido de forma instantánea (areatecnología, 2012).

**2.2.5 Sistemas neumáticos.** Los sistemas neumáticos se utilizan frecuentemente en la automatización de maquinaria y procesos industriales, particularmente por su ventajosa

relación fuerza/peso y su bajo costo, y además por su facilidad de mantenimiento y por ser una fuente de energía no contaminante y libre de propiedades explosivas (Fuentes Chillarón, 2009). En la actualidad, la necesidad de automatizar la producción no únicamente afecta a las grandes empresas, sino también a la pequeña industria. La neumática tiene su ventaja más importante en la flexibilidad y variedad de aplicaciones en casi todas las ramas de la producción industrial (Arturo & Bastidas, 2011).

Un sistema neumático consiste en un conjunto de elementos conectados en serie para accionar un actuador de movimiento lineal; básicamente, se trata de un subconjunto de alimentación, conformado por un compresor de aire, un tanque de almacenamiento y una unidad de mantenimiento, que preceden a unas válvulas reguladoras de presión y de caudal y un cilindro de doble efecto (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Centro de Estudios y Educación Continua., Gómez, Ruda, Mejía, & Sánchez, 2013).



**Figura 6:** Sistema neumático básico.  
**Fuente:** (Hernandez Fabian, 2015).

Actualmente la neumática es una rama de la mecánica que estudia las propiedades mecánicas de los gases. Las aplicaciones para el aire comprimido se han ido expandiendo a todas las industrias donde se necesita automatizar algún proceso continuo como la industria de la alimentación, los sistemas robotizados, y el ensamblaje y manipulación. Esto se debe a que los sistemas neumáticos ofrecen numerosas ventajas (Hernandez Fabian, 2015):

**Disponibilidad.** Muchas fábricas tienen algún suministro de aire comprimido y compresores portátiles para posiciones alejadas.

**Almacenamiento.** Se puede almacenar fácilmente en grandes cantidades dentro de depósitos especialmente diseñados para ello si es necesario.

**Simplicidad de diseño y control.** Los componentes son de configuración sencilla y fácil montaje, proporcionando a los sistemas automatizados un control relativamente sencillo.

**Elección de movimiento.** Se puede elegir entre un movimiento lineal o angular, con velocidades fijas o continuamente variables con gran facilidad

**Economía.** La instalación de los sistemas neumáticos tiene un costo relativamente bajo ya que los componentes son muy económicos y requiere muy poco mantenimiento.

**Fiabilidad.** El sistema se vuelve muy fiable gracias a la larga vida de los componentes neumáticos. La velocidad de los actuadores es elevada (1 m/s).

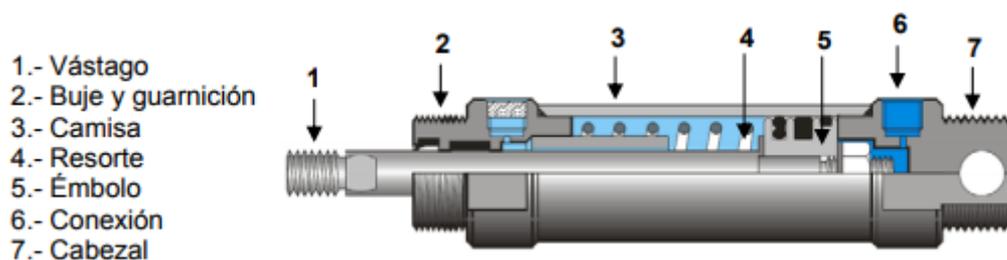
**Resistencia al entorno.** Las altas temperaturas, polvo o atmósferas corrosivas no afectan al funcionamiento del sistema neumático.

**Limpieza del entorno.** El aire es limpio y con un adecuado tratamiento de aire en el escape se puede instalar según las normas de “sala limpia”.

**Seguridad.** No posee características explosivas, aún después de haber sido comprimido. Los actuadores neumáticos no producen calor. En caso de fallo el sistema se detiene.

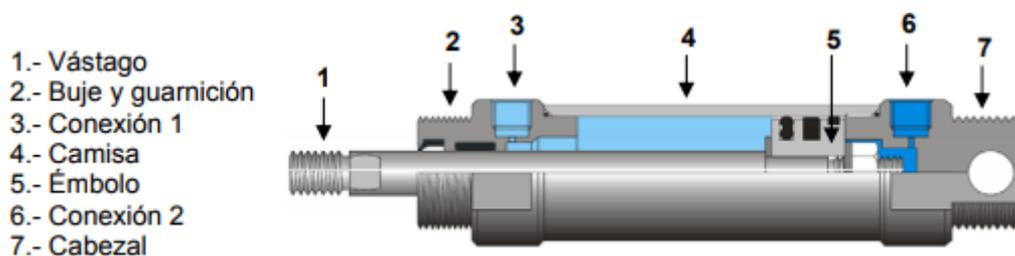
**2.2.5.1. Actuadores lineales.** Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales(Hernandez Fabian, 2015).

Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.



**Figura 7:** Actuador lineal con efecto simple  
**Fuente:** (Hernandez Fabian, 2015).

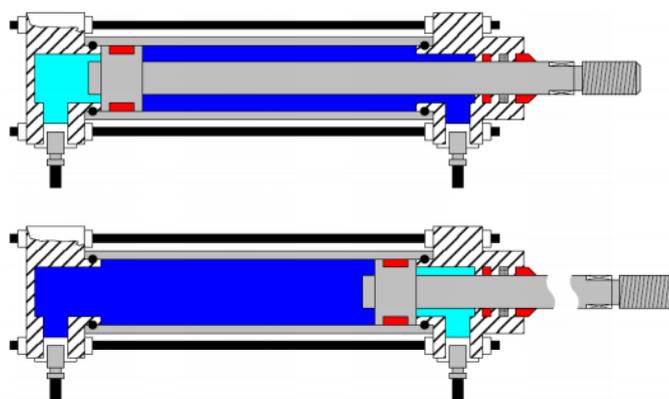
Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Más adelante se describen una gama variada de cilindros con sus correspondientes símbolos (Hernandez Fabian, 2015).



**Figura 8:** Actuador lineal de doble efecto  
**Fuente:** (Hernandez Fabian, 2015).

**2.2.5.2. Cilindros de doble efecto.** Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido.

Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos. Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción (Sebastián & Calderón, 2016).



**Figura 9:** Actuador doble efecto.  
**Fuente:** (Sebastián & Calderón, 2016).

Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexionado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento. Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión.

Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa. Este proceso de conmutación de aire entre cámaras nos ha de preocupar poco, puesto que es realizado automáticamente por la válvula de control asociada (disposiciones de 4 ó 5 vías con 2 ó 3 posiciones) (Estrada, 2014).

En definitiva, se puede afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a:

- Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.

- Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.

**2.2.6. Desfase fuerza/velocidad.** En los actuadores lineales de doble efecto, se produce un desfase entre la fuerza provocada a la salida y a la entrada del vástago, y lo mismo ocurre con la velocidad. Este efecto se debe a la diferencia que hay entre los volúmenes de las cámaras formadas (en consecuencia, del volumen ocupado por el vástago del cilindro). Cuando aplicamos aire en la cámara que fuerza la salida del vástago, éste actúa sobre una superficie conocida, que denominamos A1. Es conocido que el valor de la fuerza provocada responde a la siguiente ecuación:

$$F = P \cdot A$$

Donde P es la presión en bar, A la superficie del pistón en metros cuadrados y F la fuerza en Newton.

Así pues, para calcular el valor de la fuerza de salida, realizaríamos la siguiente operación:

$$F_{\text{salida}} = P \cdot A1 \text{ resultando un valor } F1$$

Se aplica ya no es A1, sino A1 menos el área del vástago (ya que ésta no es efectiva). Nosotros la denominaremos A2 (Estrada, 2014).



**Figura 10:** Diferencia entre las secciones efectivas de un cilindro.  
**Fuente:** (Estrada, 2014).

Con esto tenemos que:  $F_{retorno} = P \cdot A_2$ , resultando un valor  $F_2$ . Como podemos deducir, a igualdad de valor de presión, y debido a la desigualdad de áreas, el valor de la fuerza de salida ( $F_1$ ) es mayor que el valor de la fuerza de retroceso ( $F_2$ ) (Estrada, 2014).

Este mismo efecto es aplicable a la velocidad para el vástago, ya que, si el volumen de la cámara de retorno es menor, para una igualdad de caudal le costará menos llenarse, y por ello la velocidad de retorno será mayor. En consecuencia, podemos afirmar que, en los actuadores de doble efecto, para igualdad de presión y caudal:

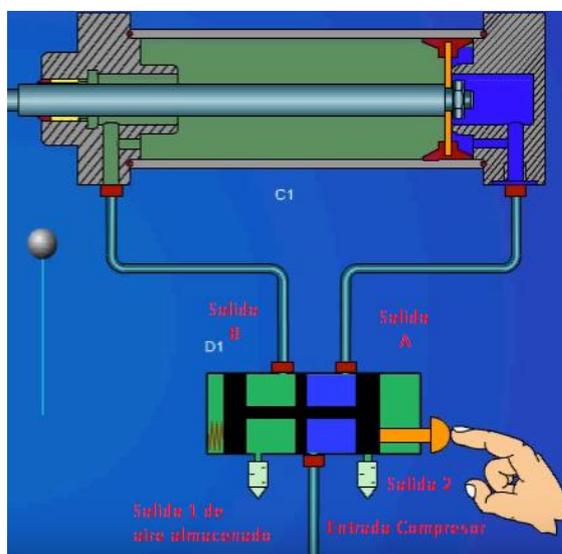
- La velocidad de retorno es mayor que la de avance.
- La fuerza provocada a la salida es mayor que la fuerza de retorno.

$$F_{salida} > F_{retorno} - V_{retorno} > V_{salida}$$

Los desfases comentados pueden corregirse fácilmente mediante la utilización de cilindros de doble vástago. Éstos disponen de vástago a ambos lados del émbolo, consiguiendo así igualdad entre las áreas de acción y volúmenes. Debido a ello se consigue igualdad de fuerzas y velocidades en las carreras (pérdida de fuerza y aumento de la velocidad para cilindros de igual tamaño) (Estrada, 2014).

**2.2.7 Válvula Neumática.** Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión del aire. Según norma DIN 24300 y recomendaciones CETOP (Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques) (Garrigós, 2013).

**2.2.7.1. Válvula selectora.** Este tipo de válvula tiene la función de controlar el flujo de aire para un pistón de doble efecto con la única característica de controlar el flujo de entrada y salida de aire por varios recintos.



**Figura 11:** Funcionalidad de la válvula doble efecto.  
**Fuente:** (Estrada, 2014).

La figura 11 está regida por el siguiente funcionamiento:

- Entrada de aire constante del sistema de alimentación
- Al oprimir el control de flujo, el aire sale por A y llena el recinto del cilindro doble efecto y sale el aire por 1 almacenado del lado contrario e impulsa el eje de forma lineal.
- Al soltar el control de flujo de aire, sale el aire por B y llena el recinto del cilindro y sale el aire almacenado por 2 permitiendo que eje vuelva a su posición inicial.

**2.2.8 Acoples para mangueras.** Esta familia se utiliza para aplicaciones neumáticas, herramientas de conexión de aire, mangueras u otros instrumentos de suministro de aire comprimido. Tiene aplicaciones especiales tales como: equipos autónomos, líneas de ensamble, inyectores de plástico, etc.

Dependiendo del sistema y su aplicación, existen diferentes tipos de acoples neumáticos y aquí podrá encontrar el que mejor se ajuste a tus necesidades.



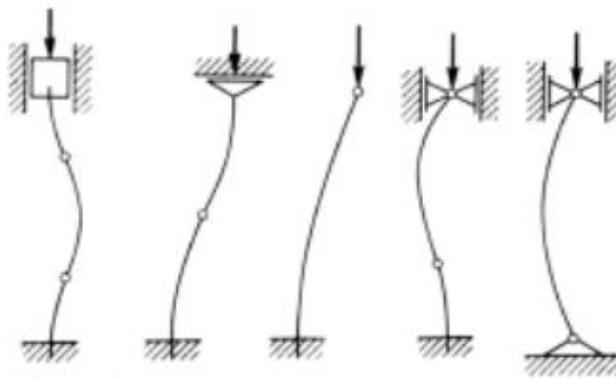
**Figura 12:** Acoples para conexiones neumáticas.  
**Fuente:** (Suministros Hidraulicos S.A.S, 2015).

### 2.2.9 Mangueras neumáticas



**Figura 13:** Mangueras Neumáticas.  
**Fuente:** (Acorsa, 2016).

**2.2.10 Pandeo.** Es un tipo particular de esfuerzo relacionado con la compresión en elementos muy largos en relación con su sección transversal. Al deformarse la estructura su centro de gravedad se aleja del eje central, aumentando el momento de la fuerza y disminuyendo su resistencia (edu.xunta, 2010).



**Figura 14:** Mangueras Neumáticas.

**Fuente:** (Cubus-software.zendesk, 2008)

**2.2.11 Compresor de aire.** Un compresor es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases (mundocompresor, 2011).



**Figura 15:** Compresor de aire

**Fuente:** (mundocompresor, 2011).

**2.2.12 Mecanismo.** Se llama mecanismo a un sistema de cuerpos creado artificialmente y destinado a transformar el movimiento de uno o varios cuerpos en el movimiento exigido de otros cuerpos. Todo mecanismo se compone de varios cuerpos separados (piezas). En los mecanismos de tipo estacionario algunas piezas son inmóviles y otras se mueven con relación a aquellas.

En los mecanismos de tipo móvil, cómo por ejemplo el motor del automóvil, se toma condicionalmente como inmóviles aquellas piezas que están unidas solidariamente al marco del automóvil.

Cada pieza móvil o grupo de piezas, que conforman un sistema rígido de cuerpos se denomina eslabón móvil del mecanismo. De esta manera, por ejemplo, la biela de un motor de combustión interna es un eslabón móvil, aunque se componga de varios elementos o piezas: cuerpo de la biela, tapa, casquillos, espárragos, etc.

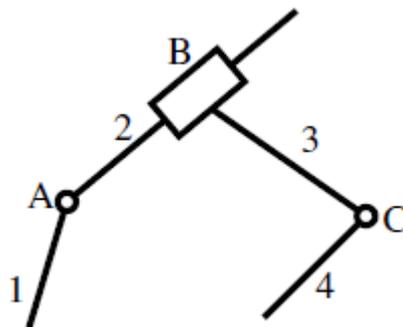
Todas las piezas inmóviles conforman un solo sistema rígido e inmóvil de cuerpos, llamado eslabón inmóvil o bastidor. Refiriéndonos al ejemplo anterior: el bloque, los apoyos del cigüeñal, etc. conforman el bastidor del motor.

De esta manera, en cualquier mecanismo tenemos un eslabón inmóvil y varios eslabones móviles.

La unión de dos cuerpos que se tocan y que permite el mutuo movimiento relativo de ellos se llama par cinemático o junta cinemática (Martinez, 2010).

**2.2.13 Par cinemático.** Los eslabones de un mecanismo han de conectarse entre sí de modo que pueda transmitirse o permitirse el movimiento o movimiento potencial desde el eslabón de entrada o impulsor hasta el de salida entre los eslabones conectados. Las conexiones entre los eslabones se llaman juntas, pares cinemáticos o simplemente pares (Universidad de Oviedo, 2006).

**2.2.14 Cadenas cinemáticas.** Se llama cadena cinemática al sistema de eslabones unidos entre sí por pares cinemáticos. En la figura 16 se muestra una cadena cinemática que consta de cuatro eslabones, los cuales forman tres pares cinemáticos. Los eslabones 1 y 2 conforman la junta giratoria A (de clase V), los eslabones 2 y 3 entran en el par de deslizamiento B (de clase V) y los eslabones 3 y 4 entran el par giratorio C (V clase) (Martinez, 2010).



**Figura 16:** Cadena cinemática de cuatro eslabones  
**Fuente:** (Martinez, 2010).

**2.2.15 Inversión cinemática de mecanismos.** Un mecanismo es derivado de una cadena cinemática cerrada al fijar al bastidor a un eslabón de la cadena cinemática, al eslabón que se une al bastidor se conoce como eslabón fijo. Sí se eligen diferentes eslabones como elemento fijo, se conservan los movimientos relativos entre los eslabones. Sin embargo, el movimiento con respecto al bastidor es completamente diferente. La inversión cinemática es

el proceso de seleccionar diferentes eslabones de la cadena cinemática como eslabón fijo (Martinez, 2010).

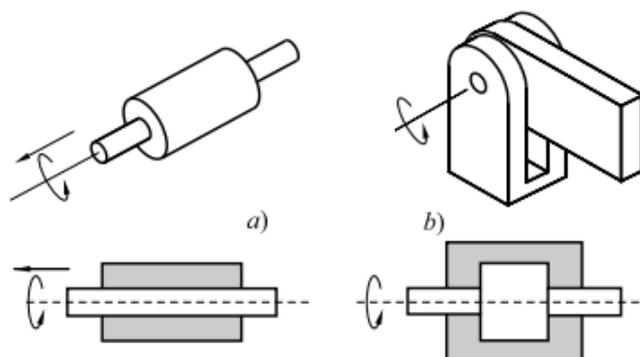
**2.2.16 Clasificación de pares cinemáticos.** Los pares cinemáticos se clasifican por el tipo de contacto entre miembros: puntual, lineal o superficial. Tradicionalmente los pares cinemáticos con contacto superficial se denominan pares inferiores y los otros pares superiores.

**2.2.17 Pares superficiales o pares inferiores.** La materialización de estos pares implica el deslizamiento entre las superficies de ambos miembros. Si no hay deslizamiento, mantener tres puntos o más no alineados en contacto equivale a una unión rígida.

**2.2.18 Par cilíndrico.** Las superficies en contacto son cilíndricas de revolución, de manera que permitan dos movimientos independientes entre los miembros, uno de translación a lo largo de un eje común a ambos miembros y uno de rotación alrededor del mismo eje. Por lo tanto, permite dos grados de libertad de un miembro respecto del otro. Si predomina el movimiento de rotación, el elemento interior del par se denomina pivote y el exterior cojinete. En caso de que el movimiento predominante sea la translación, el elemento más largo se denomina guía y el más corto corredera.

**2.2.19 Par de revolución o articulación.** Las superficies de contacto son de revolución excluyendo las totalmente cilíndricas, de manera que permiten únicamente la rotación de un miembro respecto al otro alrededor de un eje común. Por tanto, deja un grado de libertad relativo entre los miembros.

Usualmente el elemento interior del par se denomina pivote, muñón o espiga y el exterior cojinete.

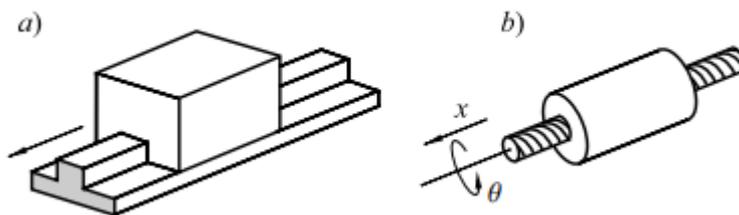


**Figura 17:** a) par cilíndrico, b) par de revolución.

**Fuente:** (Cardona i Foix, Clos Costa, & Universitat Politècnica de Catalunya., 2001).

**2.2.20 Par prismático.** Las superficies en contacto son prismáticas, de manera que permiten sólo una translación relativa entre los miembros a lo largo de un eje común. Por tanto, permite un grado de libertad relativo entre los miembros. Usualmente el miembro más largo del par se denomina guía y el más corto corredera.

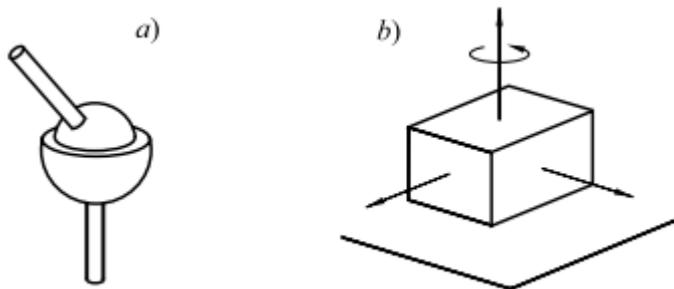
**2.2.21 Par helicoidal.** Las superficies de contacto son helicoidales, de manera que permiten entre los dos miembros un movimiento de translación y uno de rotación relacionados linealmente. Deja sólo un grado de libertad relativo entre los miembros. La relación lineal se puede establecer como  $x = p \mu / 2 \pi$ , donde  $p$  es el paso de rosca,  $x$  es el desplazamiento y  $\mu$  el ángulo girado. El miembro que tiene la superficie de contacto exterior rosca exterior se denomina tornillo o barra roscada y el que tiene la superficie de contacto interior rosca interior tuerca.



**Figura 18:** a) par prismático, b) par helicoidal  
**Fuente:** (Cardona i Foix et al., 2001).

**2.2.22 Par esférico.** Las superficies de contacto son esféricas, de manera que permiten una rotación arbitraria de un miembro respecto del otro manteniendo un punto común, el centro de las superficies en contacto. Se denomina también rótula esférica. Deja tres grados de libertad relativos entre los miembros.

**2.2.23 Par plano.** Las superficies de contacto son planas, de manera que permiten dos translaciones y una rotación alrededor de una dirección perpendicular al plano de contacto de un miembro respecto al otro, las tres independientes entre ellas. Por lo tanto, deja tres grados de libertad relativos entre los miembros.



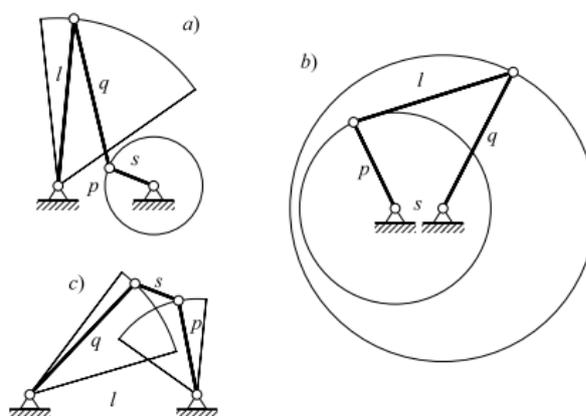
**Figura 19:** a) par esférico, b) par plano.  
**Fuente:** (Cardona i Foix et al., 2001).

**2.2.24 Mecanismos de barras.** Los mecanismos más simples son los que se pueden esquematizar mediante barras con pares inferiores. Estos mecanismos se utilizan tanto para generar trayectorias de puntos concretos de las bielas o acopladores –que reciben el nombre

de curvas de acoplador— como para guiar y relacionar el movimiento de diversos miembros. Dos mecanismos de barras se denominan cognados si pueden generar una misma curva de acoplador. Su estudio tiene interés en la síntesis de mecanismos, ya que permite dar más de una solución a un requisito establecido.

El mecanismo formado por cuatro barras y cuatro articulaciones se denomina cuadrilátero articulado y, con una barra fija a la referencia, se presenta como uno de los más empleados a la hora de resolver muchos problemas de generación de movimientos en mecanismos de un grado de libertad.

Si el mecanismo ha de ser impulsado por un motor rotativo —que es lo frecuente—, hay que garantizar que la barra accionada pueda dar vueltas enteras. Para los mecanismos de cuatro barras, la ley de Grashof permite averiguar de manera sencilla si se cumple esta condición. La ley de Grashof afirma que la barra más corta de un mecanismo de cuatro barras da vueltas enteras respecto a todas las otras si se cumple que la suma de la longitud de la barra más larga  $l$  y la de la más corta  $s$  es más pequeña o igual que la suma de las longitudes de las otras dos  $p$  y  $q$ :  $s+l \leq p+q$ .



**Figura 20:** Tres inversiones de un cuadrilátero de Grashof  
**Fuente:** (Cardona i Foix et al., 2001).

En el enunciado de la ley no interviene el orden en que se conectan las barras ni cuál es la barra fija. Si un cuadrilátero articulado cumple la ley de Grashof –cuadrilátero de Grashof–, la cumple para sus cuatro inversiones, de manera que:

Si uno de los dos miembros contiguos al más corto se fija a tierra, se obtiene un mecanismo manivela-balancín. De los dos miembros articulados a tierra, el más corto será la manivela, y el otro el balancín (Fig. 20. a).

Si el miembro que se fija es el más corto, se obtiene un mecanismo de doble manivela. Tanto los dos miembros articulados a tierra como la biela darán vueltas enteras (Fig. 20.b).

Fijando el miembro opuesto al más corto se obtiene un mecanismo de doble balancín. Los dos miembros articulados a tierra oscilan y la biela –el miembro más corto– da vueltas enteras (Fig. 20.c) (Cardona i Foix et al., 2001).

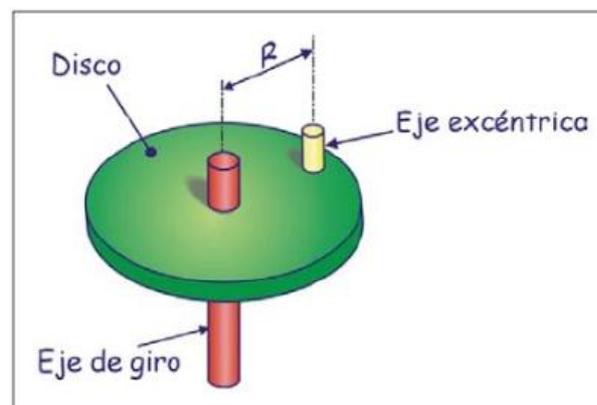
**2.2.25 Mecanismo rueda excéntrica.** Permite convertir el movimiento giratorio continuo de un eje en uno lineal alternativo en el pie de la biela. También permite el proceso contrario: transformar un movimiento lineal alternativo en giratorio (aunque para esto tienen que introducirse ligeras modificaciones que permitan aumentar la inercia de giro).

Tanto la excéntrica como el resto de operadores similares a ella: manivela, pedal, cigüeñal... derivan de la rueda y se comportan como una palanca.

Desde el punto de vista técnico la excéntrica es, básicamente, un disco (rueda) dotado de dos ejes: Eje de giro y el excéntrico. Por tanto, en la excéntrica se distinguen tres partes claramente diferenciadas:

- El disco, sobre el que se sitúan los dos ejes.
- El eje de giro, que está situado en el punto central del disco (o rueda) y es el que guía su movimiento giratorio.
- El eje excéntrico, que está situado paralelo al anterior, pero a una cierta distancia “R” del mismo. Al girar el disco, este eje describe una circunferencia cuyo radio viene determinado por la distancia al eje de giro.

El disco suele fabricarse en acero o fundición, macizo o no.



**Figura 21:** Rueda excéntrica  
**Fuente:** (Calle Gabriel, 2015a).

La figura 21 es útil en los siguientes aspectos:

Su utilidad práctica se puede resumir en dos posibilidades básicas:

- Imprimir un movimiento giratorio a un eje empleando las manos.
- Con la ayuda de una biela, transformar en lineal alternativo el movimiento giratorio de un eje (la conversión también puede hacerse a la inversa).

Con la adición de nuevos operadores, se puede perfeccionar su funcionamiento y obtener nuevas posibilidades, así:

- Con la ayuda de un sistema palanca-biela, transformar en giratorio el movimiento alternativo producido por un pie (Calle Gabriel, 2015a).

**2.2.26 Mecanismo de tijera.** El principio de funcionamiento del mecanismo elevador de tijera se basa en una estructura metálica, que utiliza la geometría y funcionamiento de las tijeras, para aumentar la distancia entre los extremos de las barras, mediante la fuerza que será aplicada por el cilindro hidráulico. A medida que el vástago avanza, va moviendo las barras en las que se apoyan el cilindro y el vástago, y éstas a su vez, gracias a sus uniones articuladas con los pasadores, mueven el resto de las barras elevando la estructura. Si observamos la base, puede verse como dos de los brazos con igual inclinación van impidiéndose el movimiento a lo largo del eje “X”. Los brazos que en la base son guiados, están anclados mediante articulación a la plataforma superior y los que en la base van articulados en la plataforma irán guiados pudiéndose desplazar en el eje “X”, para que así se pueda producir la variación del ángulo que forman los brazos con distintas inclinaciones y la plataforma superior ascienda o descienda.

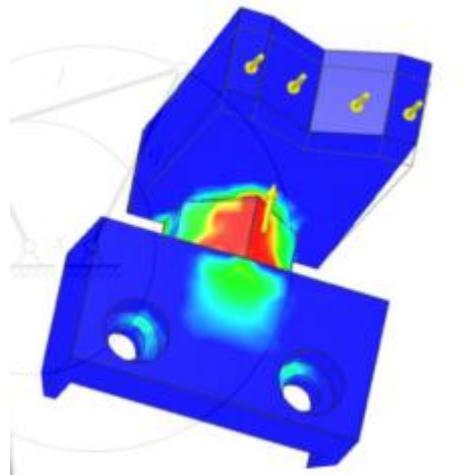
Este mecanismo de elevación es de gran ayuda para trabajos de elevación de cargas pesadas y de grandes dimensiones. Algunas de las características que reúnen este tipo de máquinas son las siguientes:

- Este tipo de elevadores son de posición fija ya que para su desplazamiento se precisa de otra máquina que lo eleve y lo desplace.
- Se puede aumentar o disminuir la altura de trabajo con gran facilidad.

- Se trata de una máquina de gran rigidez, esto da al operario una mayor sensación de seguridad que resulta en un trabajo más eficaz.

A la hora de alcanzar la altura de trabajo, en esta plataforma sólo es necesario accionar el sistema hidráulico o neumático para elevar las estructuras de tijera; sin embargo, en los andamios convencionales hay que subir unas escaleras con los consecuentes riesgos: de caída y de golpeo con elementos de los andamios para los trabajadores (Chávez Pérez, 2015).

**2.2.27 Análisis mediante elementos finitos.** En ingeniería a menudo se requiere evaluar los efectos de cargas, temperaturas, comportamiento de fluidos, propagación de radiación electromagnética etc. Uno de los métodos es el Análisis de Elementos Finitos, el cual divide una pieza en elementos más pequeños llamados nodos, cada nodo se evalúa utilizando un sistema computacional para después hacer un post-procesamiento que genera los gráficos como se ve en la figura (Martinez Cartas, 2010).



**Figura 22:** Análisis computacional.  
**Fuente:** (Martinez Cartas, 2010).

El sistema computacional utilizado para nuestro análisis es SolidWorks simulation, el cual utiliza el método de elementos finitos para calcular desplazamientos, deformaciones y

tensiones de los componentes con cargas internas y externas. La geometría que se analiza se individualiza con elementos tetraédricos (3D), triangulares (2D) y de vigas, y se resuelve con un solver Direct Sparse o iterativo. SolidWorks simulation también ofrece el supuesto de simplificación en 2D para las opciones de tensión o deformación de plano, extruidas o axisimétricas. SolidWorks simulation puede utilizar un tipo de elemento h adaptativo o p adaptativo, que proporciona una gran ventaja a los diseñadores e ingenieros, ya que el método adaptativo garantiza el hallazgo de la solución.

SolidWorks simulation incluye una herramienta de producción para las mallas de lámina llamada “Administrador de vaciados”, que permite gestionar varias definiciones de vaciado de su documento de pieza o de ensamblaje. Mejora el flujo de trabajo para la organización de vaciados en función del tipo, el grosor o el material, y mejora la visualización y la verificación de las propiedades de vaciado.

El análisis por elementos finitos con SolidWorks simulation permite conocer la geometría exacta durante el proceso de mallado, y se integra con el software de CAD en 3D de SolidWorks. Además, cuanto más precisión exista entre el mallado y la geometría del producto, más precisos serán los resultados del análisis.

Dado que la mayoría de los componentes industriales están fabricados en metal, la mayor parte de los cálculos de análisis por elementos finitos afectan a componentes metálicos. El análisis de componentes metálicos puede realizarse mediante el análisis de tensión lineal o no lineal.

Si quiere asegurarse de que la geometría permanezca en el rango de elasticidad lineal (es decir, que una vez eliminada la carga, el componente vuelve a su forma original), debe aplicar el análisis de tensión lineal, siempre que las rotaciones y desplazamientos sean pequeños en relación con la geometría. Para este tipo de análisis, el factor de seguridad (FoS) es un objetivo de diseño común.

Al evaluar los efectos de carga cíclica al final del límite elástico en la geometría, debe llevar a cabo un análisis de tensión no lineal. En este caso, es más interesante el impacto del endurecimiento de la deformación en las tensiones residuales y permanentes establecidas (deformación) (Dassault systemes, 2010).

### **2.3. Marco Legal**

Las bases legales que sustentan este proyecto están contempladas en la Constitución Política de Colombia y en la Universidad francisco de Paula Santander Ocaña.

#### **Constitución política de Colombia**

*Artículo 71.* La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El Estado creará incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y las demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades.

**Universidad Francisco de Paula Santander.**

*Acuerdo 065 de 1996.* El cual establece el estatuto estudiantil que es el regente actual en la institución.

*Artículo 140.* El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades del trabajo de grado:

**a.** Proyecto de Investigación Monografía

Trabajo de Investigación: Generación o aplicación de conocimientos Sistematización del conocimiento.

**b.** Proyecto de Extensión.

Trabajo social

Labor de consultoría en aquellos proyectos en los cuales participe la Universidad.

Pasantía

Trabajo dirigido

PARÁGRAFO 1 °. El estudiante podrá optar como componente alterna al proyecto de grado, créditos especiales como cursos de profundización académica o exámenes preparatorios.

PARÁGRAFO 2°. Para algunos Planes de Estudio y de acuerdo a sus características el Consejo Académico podrá obviar la presentación del trabajo de grado.

*Artículo 141.* El proyecto de grado incluye las siguientes etapas:

a. Presentación del anteproyecto o plan de trabajo según corresponda a la modalidad del proyecto seleccionado.

b. Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto.

c. Sustentación de la investigación y/o verificación o aval de la realización del proyecto.

PARÁGRAFO 1 °. Para todas las modalidades de proyecto de grado, el estudiante deberá presentar un informe final avalado por su director.

*Artículo 142.* Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evaluación de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudios.

PARÁGRAFO. La Universidad incorporará los trabajos de grado, como componente básico de su hacer y creará bancos de proyectos en los Departamentos Académicos y en la Vicerrectoría Asistente de Investigación y Extensión.

## Capítulo 3. Metodología

### 3.1. Tipo de Investigación

Para la realización de este proyecto, se aplicará una investigación de profundidad descriptiva debido a que será posible obtener la información requerida a través descripción exacta de las actividades y procesos para realizar los diseños necesarios, especificando las propiedades importantes y relevantes para la construcción de la camilla.

Esta investigación tiene un enfoque mixto (Cualitativo-Cuantitativo) debido a que se basa en una serie de cálculos y mediciones para lograr el diseño correspondiente.

El diseño de esta investigación se catalogó como investigación aplicada, puesto que se utilizaron todos los conocimientos adquiridos en la etapa de formación profesional referente al diseño.

### 3.2. Fases del proyecto

**3.2.1. Fase I.** Identificar los diferentes mecanismos de elevación que hacen parte del sistema de la camilla a través de las diferentes bases de datos, con la finalidad de seleccionar el modelo geométrico y calcular los parámetros iniciales del sistema.

**Actividad 1.** Buscar información en artículos, fuentes bibliográficas, y páginas web referentes a mecanismos de elevación mecánicos y neumáticos.

**Actividad 2.** Indagar con el médico veterinario encargado del proceso de inseminación las especificaciones necesarias para establecer un bosquejo inicial para el diseño.

**Actividad 3.** Realizar cálculos neumáticos para seleccionar el actuador que hará parte del mecanismo de elevación de la camilla inicialmente seleccionando un compresor comercial de 100psi.

**Actividad 4.** Calcular las variables principales del actuador de doble efecto seleccionado, con una presión de 100psi para verificar la cinemática del mecanismo de elevación.

**Actividad 5.** Determinar la carga máxima que el cilindro neumático es capaz de levantar y la cantidad mínima de presión con la que puede trabajar.

**3.2.2. Fase II.** Analizar mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo mediante SolidWorks simulation, con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos.

**Actividad 1.** Realizar un modelado de los componentes de la camilla y del sistema de elevación en SolidWorks.

**Actividad 2.** Someter la parte superior de la camilla a cargas en los puntos que la componen para así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos en SolidWorks simulation.

**Actividad 3.** Someter la base de la camilla a cargas en los puntos donde soporta la mayor fuerza para así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos en SolidWorks simulation.

**3.2.3. Fase III.** Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su posterior puesta en funcionamiento.

**Actividad 1.** Juntar todas las partes del mecanismo de elevación y la estructura que lo contiene.

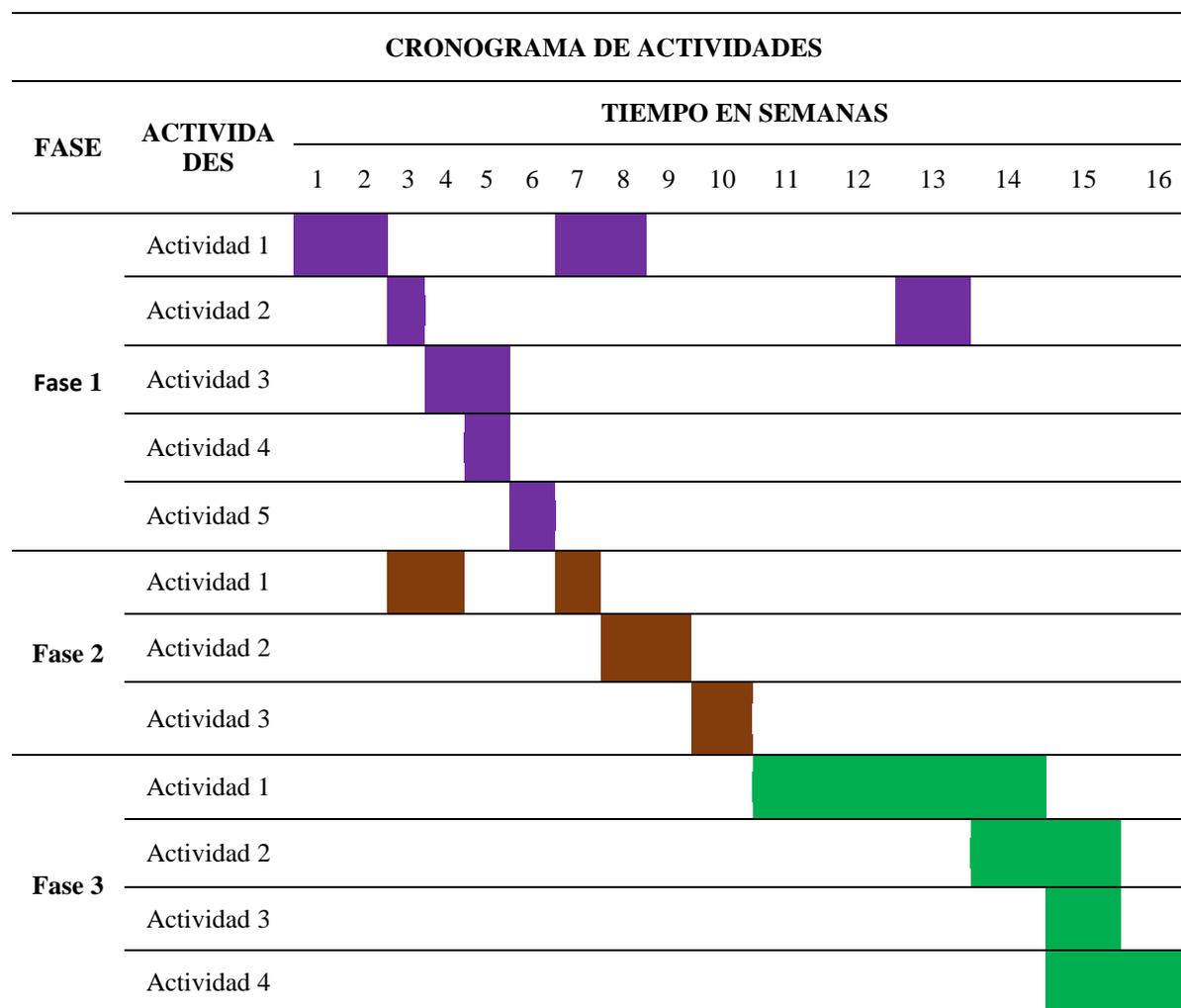
**Actividad 2.** Realizar el montaje del sistema neumático a la estructura de la camilla.

**Actividad 3.** Realizar un diagrama del sistema neumático de la camilla en FluidSIM

**Actividad 4.** Realizar una actividad experimental del proceso de colecta y transferencia de embriones con la camilla para comprobar la funcionalidad y evaluar la operación en el tiempo de operación.

### **3.3. Cronograma de Actividades**

En la Tabla 1, se muestran los tiempos destinados para cada actividad de cada una de las fases del proyecto. El tiempo en el que está el cronograma esta dado en semanas.

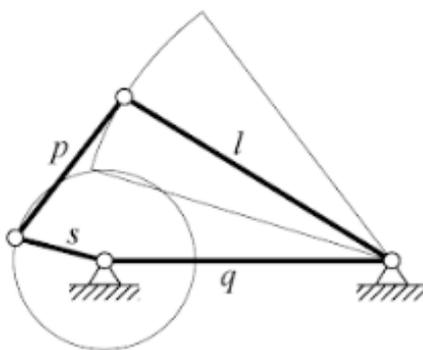
**Tabla 1.***Cronograma de actividades***Fuente:** Autores del proyecto.

## Capítulo 4. Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas

A continuación, se presenta el resultado de las actividades propuestas en el diseño metodológico para el desarrollo del proyecto.

### 4.1 Identificar los diferentes mecanismos de elevación que hacen parte del sistema de la camilla a través de las diferentes bases de datos, con la finalidad de seleccionar el modelo geométrico y calcular los parámetros iniciales del sistema

**4.1.1. Buscar información en artículos, fuentes bibliográficas, y páginas web referentes a mecanismos de elevación mecánicos y neumáticos.** Se buscó información acerca de mecanismos que pudieran aplicar a nuestra necesidad de transmitir el movimiento y transformarlo en fuerza. El mecanismo formado por cuatro barras y cuatro articulaciones se denomina cuadrilátero articulado y, con una barra fija a la referencia, se presenta como uno de los más empleados a la hora de resolver muchos problemas de generación de movimientos en mecanismos de un grado de libertad (Cardona i Foix et al., 2001).



**Figura 23:** Cuadrilátero articulado.  
**Fuente:** (Cardona i Foix et al., 2001).

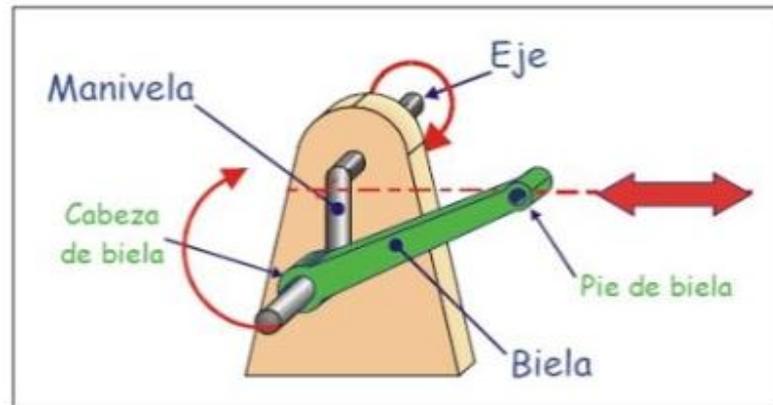
Este mecanismo simple es capaz de una gran variedad de movimientos que pueden obtenerse ajustando los tamaños relativos de las cuatro partes del sistema articulado. Según

alteremos las dimensiones de las partes del sistema articulado, los diferentes puntos de la barra de acoplamiento, o de su prolongación, trazarán gran número de curvas irregulares.

Es concebible que, si podemos determinar las proporciones adecuadas de las partes del sistema articulado y seleccionar el punto trazador correcto sobre la barra de acoplamiento podamos obtener, con este mecanismo simple, cualquier trayectoria de movimiento que pueda pedirse. Esta solución puede ser precisa y relativamente barata, pero aun cuando el mecanismo resultante es sencillo, el proceso de diseño de tal dispositivo resulta ser una tarea extensa, el proyecto de un sistema articulado que produzca un movimiento dado, es con frecuencia muy difícil (Lent, Rodríguez de Torres, & Fernández Ferrer, 1974).

El mecanismo formado por la rueda excéntrica es otro mecanismo que nos permite transformar el movimiento, como el resto de operadores similares a ella: manivela, pedal, cigüeñal, derivan de la rueda y se comportan como una palanca. La excéntrica, es una variación del mecanismo leva-seguidor. Consiste en una rueda cuyo eje de giro no coincide con el centro de la circunferencia. Transforma el movimiento de rotación de la rueda en un movimiento lineal alternativo del seguidor. Es como una leva particular, cuyo contorno es una circunferencia en la que el eje de giro no coincide con el eje de la circunferencia, siendo la carrera del seguidor el doble de la distancia que existe entre el centro de la circunferencia y el eje de giro.

También permite el proceso contrario: transformar un movimiento lineal alternativo en giratorio (aunque para esto tienen que introducirse ligeras modificaciones que permitan aumentar la inercia de giro).

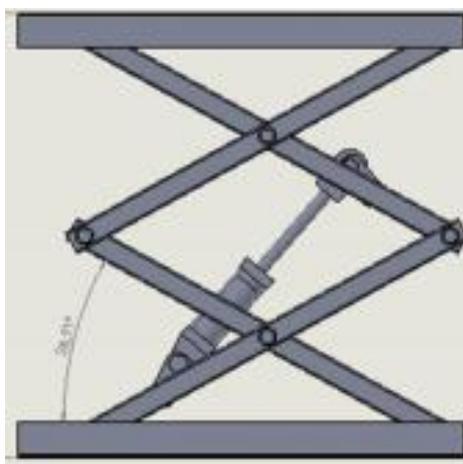


**Figura 24:** Mecanismo de rueda excéntrica-biela.  
**Fuente:** (Calle Gabriel, 2015).

Este mecanismo es el punto de partida de los sistemas que aprovechan el movimiento giratorio de un eje para obtener movimientos lineales alternativos o angulares. En la realidad no se usan mecanismos que empleen solamente este sistema, pues la utilidad práctica exige añadirle algún operador más como la palanca o el émbolo, siendo estas añadiduras las que permiten funcionar correctamente a máquinas tan cotidianas como: motor de automóvil, limpiaparabrisas, rueda de afilar, máquina de coser, compresor de pistón (Calle Gabriel, 2015).

Otro mecanismo sobre el cual se investigó fue el mecanismo de tijeras o elevador de tijera. El principio de funcionamiento del elevador se basa en una estructura metálica, que utiliza la geometría y funcionamiento de las tijeras, para aumentar la distancia entre los extremos de las barras, la fuerza puede ser aplicada mediante accionamiento hidráulico o neumático. A medida que el vástago avanza, va moviendo las barras en las que se apoyan el cilindro y el vástago, y éstas a su vez, gracias a sus uniones articuladas con los pasadores, mueven el resto de las barras elevando la estructura.

Si observamos la base, puede verse como dos de los brazos con igual inclinación van impidiéndose el movimiento a lo largo del eje “X”. Los brazos que en la base son guiados, están anclados mediante articulación a la plataforma superior y los que en la base van articulados en la plataforma irán guiados pudiéndose desplazar en el eje “X”, para que así se pueda producir la variación del ángulo que forman los brazos con distintas inclinaciones y la plataforma superior ascienda o descienda.



**Figura 25:** mecanismo de tijeras.

**Fuente:** (Chavez Perez, 2015).

Este mecanismo de elevación es de gran ayuda para trabajos de elevación de cargas pesadas y de grandes dimensiones. Algunas de las características que reúnen este tipo de máquinas son las siguientes:

- Este tipo de elevadores son de posición fija ya que para su desplazamiento se precisa de otra máquina que lo eleve y lo desplace.
- Se puede aumentar o disminuir la altura de trabajo con gran facilidad.
- Se trata de una máquina de gran rigidez, esto da al operario una mayor sensación de seguridad que resulta en un trabajo más eficaz.

- A la hora de alcanzar la altura de trabajo, en esta plataforma sólo es necesario accionar el sistema hidráulico o neumático para elevar las estructuras de tijera; sin embargo, en los andamios convencionales hay que subir unas escaleras con los consecuentes riesgos: de caída y de golpeo con elementos de los andamios para los trabajadores (Chavez Perez, 2015).

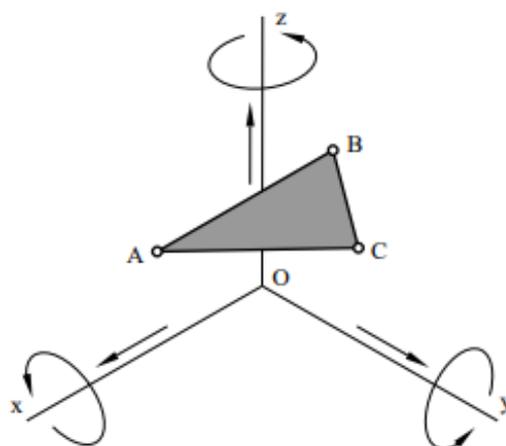
Estos mecanismos nos permiten transmitir el movimiento y transformar la fuerza, pero no se adaptan al modelo de camilla seleccionado. Se requiere de un mecanismo fácil de montar, para que la camilla se pueda desplazar fácilmente, agilizando el proceso para el médico veterinario; que permita obtener todas las alturas necesarias para el proceso de inseminación y sea fácil de accionar y graduar, sin crear algún tipo de esfuerzo para la persona que la vaya a usar.

Se planteó un mecanismo destinado a transformar el movimiento de varios elementos en un movimiento de elevación necesario para satisfacer nuestra necesidad de obtener varias alturas, y poder transmitir la fuerza motriz necesaria, garantizando la practicidad al momento de ser utilizada por el médico veterinario.

En teoría de máquinas y mecanismos se debe garantizar las relaciones entre la geometría y los elementos de un mecanismo para garantizar el par cinemático (Cardona i Foix et al., 2001).

El mecanismo seleccionado se compone de varias piezas o elementos llamados eslabones y cada uno de ellos presenta un movimiento relativo y su respectiva limitación dentro del par cinemático.

Como es sabido, en el caso general cualquier cuerpo que se mueve libremente en el espacio posee seis grados de libertad. De manera que el número de parámetros independientes que determinan la posición del cuerpo rígido en el espacio es seis. El movimiento libre de un cuerpo en el espacio puede ser visto como el giro alrededor de los ejes  $x$ ,  $y$ ,  $z$  y tres movimientos de traslación a lo largo de estos mismos ejes (Martinez, 2010).



**Figura 26:** Grados de libertad de un cuerpo en el espacio.  
**Fuente:** (Martinez, 2010).

La participación de un eslabón en un par cinemático con otro eslabón impone al movimiento relativo de ellos condiciones de enlace. Es evidente que el número de estos enlaces debe ser entero y menor que seis, ya que en el caso de que el número de enlaces sea seis, los eslabones pierden su movilidad relativa y el par cinemático se convierte en una unión rígida de los dos eslabones. Así mismo el número de enlaces no puede ser menor que uno, ya que en el caso de que el número de enlaces sea igual a cero, los eslabones no se tocan y desaparece el par cinemático.

Es decir,  $1 \leq S \leq 5$ , donde  $S$  es el número de condiciones de enlace. Entonces el número de grados de libertad  $H$  de un par cinemático puede expresarse por:

$$H = 6 - S$$

Todos los pares cinemáticos se dividen en clases de acuerdo con el número de condiciones de enlace, impuestas por ellas, al movimiento relativo de sus eslabones. Ya que el número de condiciones de enlace puede ser de 1 a 5, entonces correspondientemente se tienen pares cinemáticos de I, II, III, IV y V clases. La clase de un par puede ser determinada por la relación:

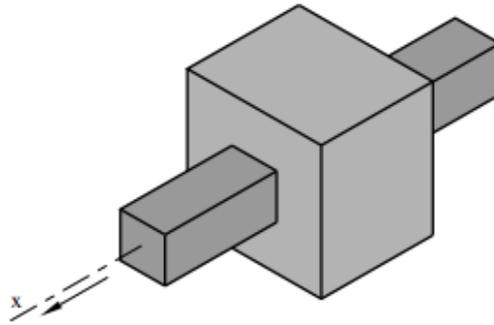
$$S = 6 - H$$

Si se cuentan el número de movimientos simples que posee un eslabón de un par cinemático en su movimiento relativo y se resta este número de seis encontramos el número de condiciones de enlace, en correspondencia se determina la clase del par y consigo se confirma la cinemática del mecanismo (Martinez, 2010).

Se identificaron las clases de pares cinemáticos que hacen parte de nuestro mecanismo, para la primera unión *corredera-guía* se tiene:

$$S = 6 - H = 6 - 1 = 5$$

Un par cinemático de clase V, cada uno de los eslabones de este par posee solo un movimiento simple posible: desplazamiento a lo largo del eje x. Por esto el número de grados de libertad es  $H = 1$ . De esta manera este par debe clasificarse como de V clase. Esta junta recibe el nombre de *corredera*, *prismático* o *deslizador*.



**Figura 27.** Par cinemático de V clase.  
**Fuente:** (Martinez, 2010).



**Figura 28.** Grados de libertad de la unión corredera-guía.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Para la segunda unión pistón-corredera se tiene:

$$S = 6 - H = 6 - 2 = 4$$

Un par cinemático de clase IV, el pistón posee un movimiento rotacional con respecto a la corredera, y la corredera sigue teniendo solo un movimiento simple posible: desplazamiento a lo largo del eje x. Por esto el número de grados de libertad de esta unión móvil es  $H = 2$ . Este par también se denomina par o junta cilíndrica.



**Figura 29.** Grados de libertad de la unión *pistón-corredera*.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

El mecanismo que se seleccionó, cuenta con un sistema neumático compuesto por un cilindro de doble efecto y su respectiva válvula de accionamiento. Se eligió este sistema debido a las ventajas que presenta el uso de la neumática frente a otros sistemas para el desarrollo de este proyecto; bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja (típico 6 bar) lo que constituye un factor de seguridad. Otras características favorables son el riesgo nulo de explosión, su conversión fácil al movimiento giratorio, así como al lineal, la posibilidad de transmitir energía a grandes distancias, una construcción y mantenimiento fáciles y la economía en las aplicaciones (Creus Solé, 2007).

**4.1.2. Indagar con el médico veterinario encargado del proceso de inseminación las especificaciones necesarias requeridas para establecer un bosquejo inicial para el diseño.** Para el desarrollo de esta actividad se investigó con el médico veterinario las especificaciones correspondientes en cuanto al peso y tamaño de los diferentes caprinos con los que cuenta la Universidad, para lo cual dijo:

Los pesos de los caprinos con los que cuenta la UFPSO difieren según la raza, se tienen las criollas santandereanas que pesan entre 30 a 40 Kg que son las razas que presentan menor peso y las Alpinas Francesas que pesan entre 40 a 50 Kg, siendo las más pesadas. Estos pesos son tomados una vez han alcanzado la adultez.

Según la información anteriormente encontrada, se tiene que el peso máximo que soportará la camilla es de 50 Kg.

Para determinar el tamaño se tomaron rangos de las cabras más pequeñas a las más grandes en las cuales se obtuvieron los siguientes datos:

- Longitud del cuerpo: de 65 a 123cm.
- Alzada: 65 a 75cm.



**Figura 30:** Medición del caprino de raza Alpina francesa.

**Fuente:** Autores del proyecto.

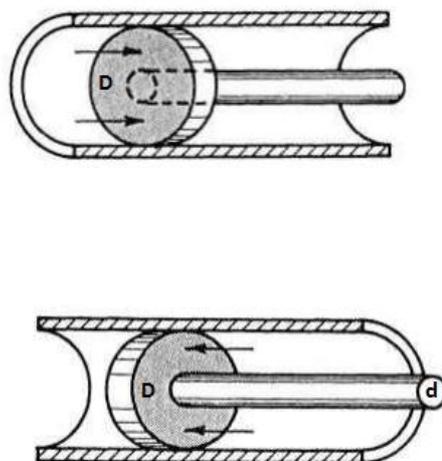
**4.1.3. Realizar cálculos neumáticos para seleccionar el actuador que hará parte del mecanismo de elevación de la camilla, inicialmente seleccionando un compresor**

**comercial de 100psi.** Antes de realizar los cálculos para la selección, es necesario saber porque se escogió este tipo de cilindro.

Los cilindros de doble efecto no cuentan con un resorte para volver a su posición de equilibrio, así su fuerza no disminuye en la carrera de avance, pero si en su carrera de retroceso, debido a la disminución del área del embolo por la existencia del vástago (Creus Solé, 2007), por esta razón se seleccionó este tipo de actuador ya que se requiere que el cilindro levante y mantenga la carga en una determinada posición y la regrese a su posición inicial al accionar nuevamente la válvula.

Para la selección del cilindro neumático se escogió una presión de 100 psi por ser muy accesible en el mercado de compresores comerciales.

Luego de haber escogido la presión, se procede a determinar el diámetro del cilindro, teniendo en cuenta la ecuación de la fuerza de avance, con el fin de seleccionar el cilindro neumático capaz de levantar el peso máximo a la cual va a ser sometida la estructura.



**Figura 31:** Superficies de avance y retroceso del cilindro.  
**Fuente:** (Suministros Hidraulicos S.A.S, 2015).

Se calculó con una fuerza de 500 N que es lo máximo que soportará la camilla, esta fuerza fue tomada del laboratorio de reproducción de los caprinos más pesados, inicialmente se eligió una presión de 100 psi, que es la más común en un compresor comercial.

Siendo así se tienen los siguientes valores iniciales para la selección del Actuador neumático:

$$F = 50\text{kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 500 \text{ N} \quad \text{Ec. 1.}$$

$$P_{\text{Aire}} = 100\text{psi} \times \frac{1 \text{ bar}}{14,50326 \text{ psi}} = 6,895 \text{ bar}$$

Las expresiones matemáticas correspondientes son:

$$F_{\text{Avance}} = P_{\text{Aire}} \times \frac{\pi D^2}{40} \quad \text{Ec. 2.}$$

$$F_{\text{Avance}} = 6,895\text{bar} \times \frac{\pi \times D^2}{40}$$

$$500 \text{ N} = 0,542 \times D^2$$

$$D^2 = \frac{500 \text{ N}}{0,542}$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{500 \text{ N}}{0,542}}$$

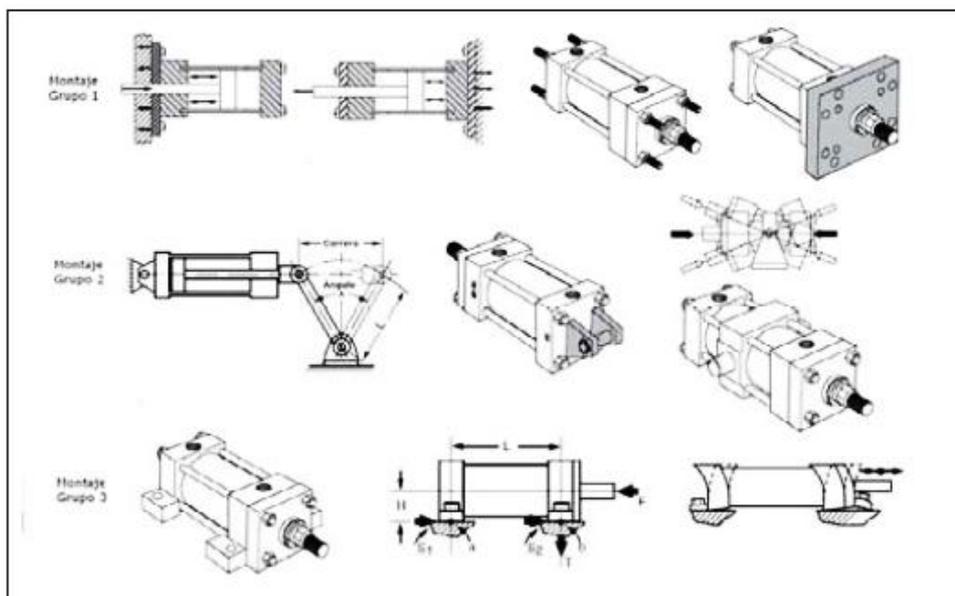
$$\mathbf{D = \pm 30,373\text{mm}}$$

Se encontró que para que el actuador neumático levante el peso máximo de un caprino de 50kg, el diámetro del actuador debe ser mayor a  $D = 30,373\text{mm}$ , por lo tanto, se seleccionó un actuador neumático comercial en el mercado con un diámetro de  $D=40\text{mm}$ .

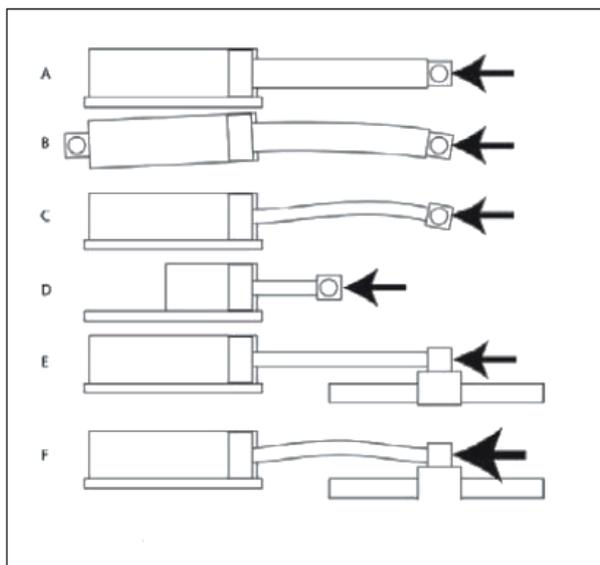
Para la selección del diámetro del vástago que hará parte del cilindro se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

Fuerza de carga del cilindro: Esta fuerza depende de las formas de montaje del cilindro que son básicamente 3 grupos, de las cuales se escogió el grupo 2; siendo este el que aplica a nuestro montaje. Grupo 2: El montaje absorbe la fuerza del cilindro en la línea central y permite el movimiento en un plano. Se emplea cuando la máquina donde están montados se mueve siguiendo una línea curva (Creus Solé, 2007).

La selección del diámetro del vástago del pistón depende del tipo de montaje del cilindro y de la conexión del extremo del vástago. Existe el riesgo de pandeo del vástago, tal como se ve en la figura 33.



**Figura 32:** Tipos de montaje de cilindro.  
**Fuente:** (Creus Solé, 2007).

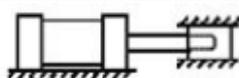
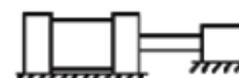
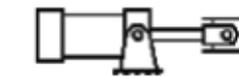
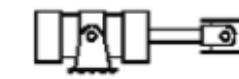


**Figura 33:** Pandeo del vástago.

**Fuente:**(Creus Solé, 2007).

El desplazamiento que se tuvo en cuenta para la elevación completa de la camilla es de 60cm (tomado de la base de la camilla), medida de la cual la carrera actual del actuador es de 20 cm, este valor se tomó teniendo en cuenta que todos los actuadores neumáticos en su estado normal (sin accionamiento) cuentan con unas medidas fijas, la medida fija del actuador seleccionado es de 40 cm.

En la figura puede determinarse el factor de pandeo del vástago teniendo en cuenta el grupo seleccionado.

Tipos de montaje	Conexión del extremo del vástago	Tipo de conexión	Factor de pandeo
Grupos 1 o 3 - Los cilindros de gran longitud de carrera deben montarse usando en un extremo una base rígida y alineada para soportar la fuerza principal y en el extremo opuesto un soporte parecido. Se aconseja un soporte intermedio para el caso de carreras muy largas	Fijo y guiado rígido	I 	0,5
	Pivote y guiado rígido	II 	0,7
	Soporte sin guiado rígido	III 	2
Grupo 2	Pivote y guiado rígido	IV 	1
	Pivote y guiado rígido	V 	1,5
	Pivote y guiado rígido	VI 	2

**Figura 34:** Factor de montaje.

**Fuente:**(Creus Solé, 2007b).

Según el tipo de montaje seleccionado y el tipo de conexión se tiene que:

$$\text{Factor de pandeo} = 2$$

Una vez establecido el factor de pandeo del vástago y la carrera actual, se procede a calcular la longitud básica.

$$\text{Longitud basica} = \text{Carrera actual} \times \text{Factor de pandeo} \quad \text{Ec. 3.}$$

$$\text{Longitud basica} = 200\text{mm} \times 2 = 400\text{mm}$$

Se calculó la fuerza de empuje para poder hacer la relación en el siguiente gráfico.

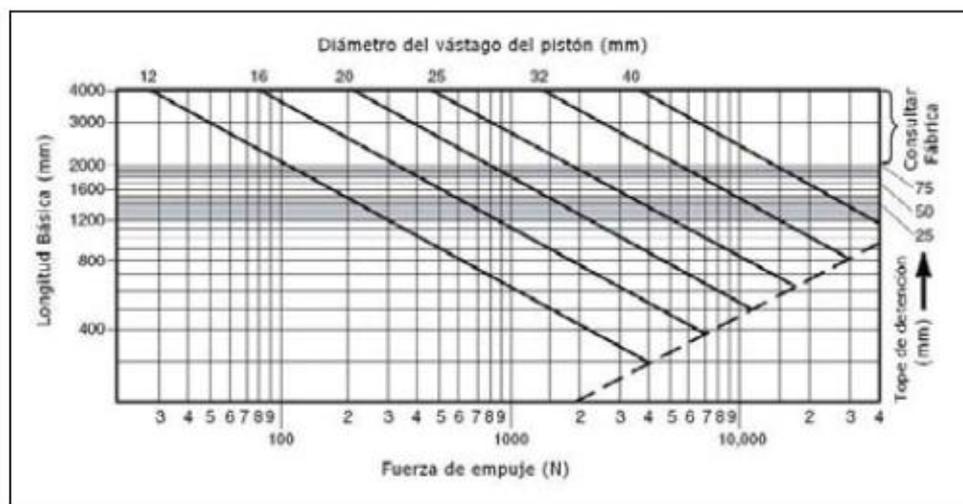
$$F_{\text{Avance}} = P_{\text{Aire}} \times \frac{\pi D^2}{40} \quad \text{Ec. 4.}$$

$$F_{\text{Avance}} = 6,895\text{bar} \times \frac{\pi \times 40\text{mm}^2}{40}$$

$$F_{\text{Avance}} = 866,45 \text{ N}$$

El gráfico de la figura 35 permite seleccionar el diámetro del vástago adecuado para levantar la carga deseada, relacionando la longitud básica y la fuerza de empuje o avance.

Después de haber realizado el análisis anterior, se precede a calcular gráficamente el diámetro del vástago.



**Figura 35:** Gráfico de diámetro del vástago.

**Fuente:** (Creus Solé, 2007b).

Según el gráfico, el diámetro del vástago se encuentra en una zona por debajo de la línea de 12mm, por lo cual se puede escoger un diámetro por encima de 12mm que sería lo más adecuado. Por seguridad se eligió un actuador neumático comercial con un diámetro de vástago ( $d = 16\text{mm}$ ), garantizando así que el vástago no sufra pandeo.

#### 4.1.4. Calcular las variables principales del actuador de doble efecto

seleccionado, con una presión de 100psi para verificar la cinemática del mecanismo de elevación. De acuerdo al anterior análisis se escogió un actuador de doble efecto comercial con las siguientes especificaciones:

**Tabla 2.***Propiedades de operación del cilindro neumático.*

<b>Cilindro Neumático Utilizado</b>	
Patrón de Movimiento	Doble efecto
Diámetro cilindro	40mm
Diámetro vástago	16mm
Carrera del vástago	170mm
Fluido de trabajo	Aire
Rango de presión	14Psi-150Psi
Amortiguación	Ajustable

**Fuente:** Autor del proyecto.

Se calculó la fuerza de avance y retroceso, y el consumo de aire requerido para el accionamiento del actuador neumático seleccionado.

$$F_{\text{Avance}} = P_{\text{Aire}} \times \frac{\pi D^2}{40} \quad \text{Ec. 5.}$$

$$F_{\text{Avance}} = 6,895\text{bar} \times \frac{\pi \times 40\text{mm}^2}{40}$$

$$F_{\text{Avance}} = \mathbf{866,45 \text{ N}}$$

$$F_{\text{Retroceso}} = P_{\text{Aire}} \times \frac{\pi(D - d)^2}{40} \quad \text{Ec. 6.}$$

$$F_{\text{Retroceso}} = 6,895\text{bar} \times \frac{\pi(40\text{mm} - 16\text{mm})^2}{40}$$

$$F_{\text{Retroceso}} = \mathbf{311,922 \text{ N}}$$

Una vez calculadas las fuerzas, es necesario tener en cuenta el rozamiento del pistón para tener un factor de confiabilidad más alto del sistema. El rozamiento del pistón equivale a un valor comprendido entre el 3% y 10% de la fuerza calculada (Creus Solé, 2007b). Se eligió el máximo valor y se calcularon nuevamente las fuerzas de avance y de retroceso.

$$F_{\text{Avance}} = 866,45 \text{ N} \times 0,90$$

$$F_{\text{Avance}} = 779,805 \text{ N}$$

$$F_{\text{Retroceso}} = 311,922 \text{ N} \times 0,90$$

$$F_{\text{Retroceso}} = 280,73 \text{ N}$$

Para el consumo de aire del cilindro se tuvo en cuenta una función de la relación de compresión, del área del pistón y de la carrera (Creus Solé, 2007b), según la fórmula:

$$\text{Consumo de aire} = \text{Relacion de compresion} \times \text{Area del piston} \times \text{Carrera} \times \frac{\text{Ciclos}}{\text{Minuto}} \quad \text{Ec. 7.}$$

La relación de compresión referida al nivel del mar está dada por:

$$\frac{0,987 + P_{\text{Aire}}(\text{bar})}{0,987} \quad \text{Ec. 8.}$$

Siendo:

$$Q = \text{Consumo total de aire en } \left[ \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} \right]$$

$$D = \text{Diametro del cilindro [mm]}$$

$$l = \text{Carrera en [mm]}$$

$$n = \text{Ciclos por minuto}$$

Para el caso del cilindro de doble efecto, despreciando el volumen del vástago se tiene, que el consumo de aire en litros por minutos para el sistema implementado sería:

$$Q = 2 \times \frac{0,987 + P_{\text{Aire}}(\text{bar})}{0,987} \times \frac{\pi \times D^2 \times l}{4000000} \times n \quad \text{Ec. 9.}$$

$$Q = 2 \times \frac{0,987 + 6,895(\text{bar})}{0,987} \times \frac{\pi \times 40\text{mm}^2 \times 170\text{mm}}{4000000} \times 1$$

$$Q = 3,412 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

**4.1.5. Determinar la carga máxima que el cilindro neumático es capaz de levantar y la cantidad mínima de presión con la que puede trabajar.** Para determinar la carga máxima que el cilindro neumático seleccionado es capaz de levantar, se hicieron los siguientes cálculos.

Se determinó que, en su máxima presión, el cilindro es capaz de levantar un peso de 132.452 kg.

$$P_{\text{Aire-Max}} = 150\text{psi} \times \frac{1 \text{ bar}}{14,50326 \text{ psi}} = 10,34 \text{ bar} \quad \text{Ec. 10.}$$

$$F_{\text{Max}} = P_{\text{Aire}} \times \frac{\pi D^2}{40} \quad \text{Ec. 10.}$$

$$F_{\text{Max}} = 10,34\text{bar} \times \frac{\pi \times 40\text{mm}^2}{40}$$

$$F_{\text{Max}} = \mathbf{1299,363 \text{ N}}$$

$$m_{\text{Max}} = \frac{1299,363 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \quad \text{Ec. 11.}$$

$$m_{\text{Max}} = \mathbf{132,453 \text{ kg.}}$$

Para determinar la cantidad mínima de presión necesaria requerida para levantar un peso de 50kg, se realizaron los siguientes cálculos.

$$F_{\text{Avance}} = 50\text{kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 500 \text{ N} \quad \text{Ec. 12.}$$

$$F_{\text{Avance}} = P_{\text{Aire}} \times \frac{\pi D^2}{40} = \mathbf{500 \text{ N}}$$

$$500 \text{ N} = P_{\text{Aire}} \times \frac{\pi \times (40\text{mm})^2}{40}$$

$$P_{\text{Aire}} = \frac{500 \text{ N} \times 40}{\pi \times (40\text{mm})^2} \quad \text{Ec. 13.}$$

$$P_{\text{Aire}} = 3,979 \text{ bar}$$

$$P_{\text{Aire-minima}} = 3,979 \text{ bar} \times \frac{14,50326 \text{ psi}}{1\text{bar}} = 57,708 \text{ psi} \quad \text{Ec. 14.}$$

El resultado que se obtuvo es la presión mínima a ejercer sobre el cilindro para levantar el peso máximo de caprinos con los que cuenta el laboratorio de reproducción de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Esta presión se puede tomar como punto de referencia para escoger con más exactitud el compresor de aire con el que se accionará el sistema neumático.

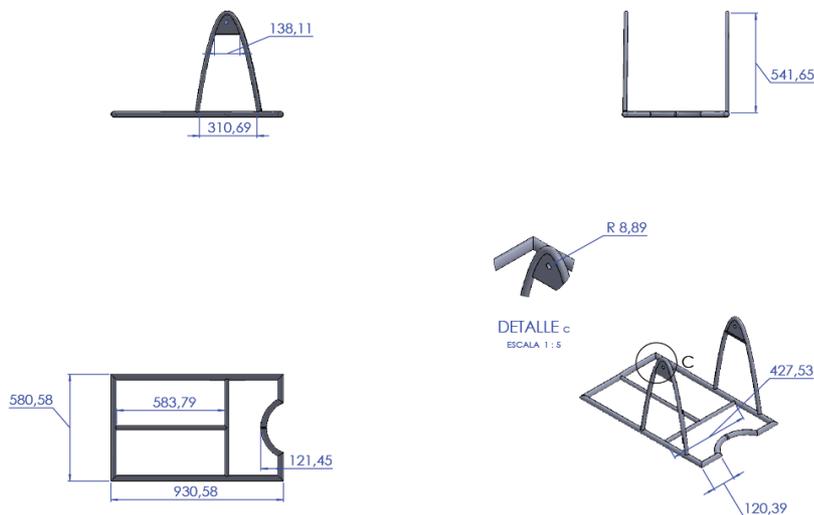
## **4.2 Analizar mediante elementos finitos las características estructurales del prototipo mediante SolidWorks simulation, con el fin de identificar los puntos sometidos a máximos esfuerzos.**

**4.2.1 Realizar un modelado de los componentes de la camilla y del sistema de elevación en SolidWorks.** Teniendo en cuenta las especificaciones dadas por el médico veterinario en cuanto al tamaño de los caprinos y a la función que va a cumplir, se diseñó una camilla con las características necesarias para la correcta sujeción del animal, con un mecanismo que permite graduar distintas alturas de una manera práctica y fácil para el operario.

**4.2.1.1. Partes de la Camilla de inseminación artificial y colecta de embriones.** Se aplicó ingeniería de detalle con el fin de apreciar bien cada una de las medidas y partes de la

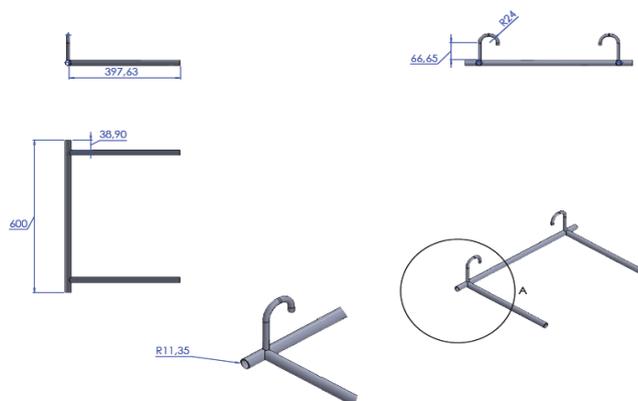
camilla, como se puede ver a continuación. Las medidas se encuentran en milímetros en todas las piezas.

**Base de la camilla.**



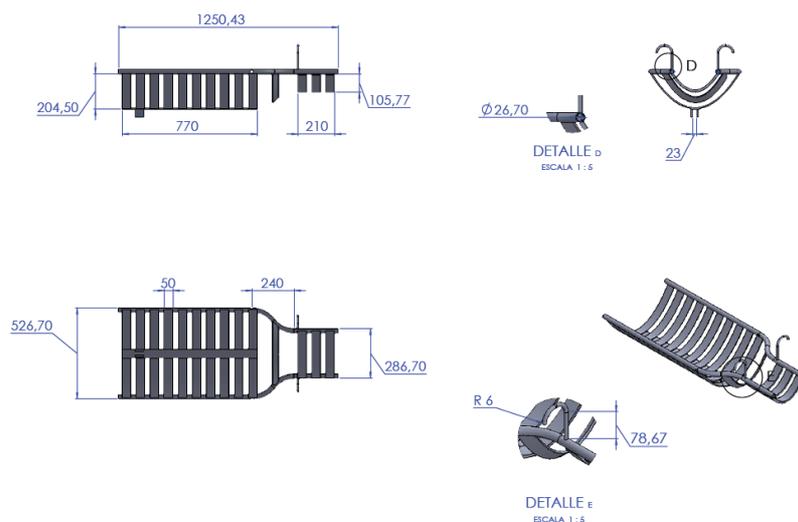
**Figura 36:** Diseño de la base de la estructura de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

**Pieza extensora o Agarradera.** Se diseñó una agarradera que funciona como extensión graduable de la camilla. Esta camilla fue diseñada con las especificaciones dadas por el médico veterinario de las cabras que actualmente se encontraban en la universidad, pero con el fin de hacer de nuestro diseño, un diseño funcional a futuro se optó por diseñar esta extensión según el tamaño de cabras más grandes encontradas en el mercado.



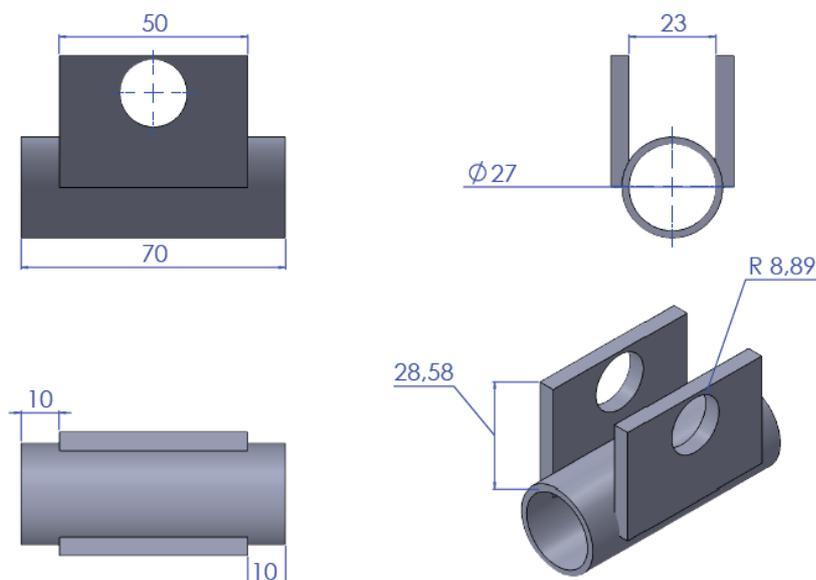
**Figura 37:** Diseño de la agarradera.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

**Pieza superior de la camilla.** Se diseñó esta pieza teniendo en cuenta las medidas obtenidas de los caprinos con los que cuenta la universidad, y es aquí donde se ubica el animal para ser sometido al proceso de inseminación. Las agarraderas fueron ubicadas a una distancia promedio para que el ajuste fuera el apropiado tanto para un caprino de gran tamaño, como para uno más pequeño.



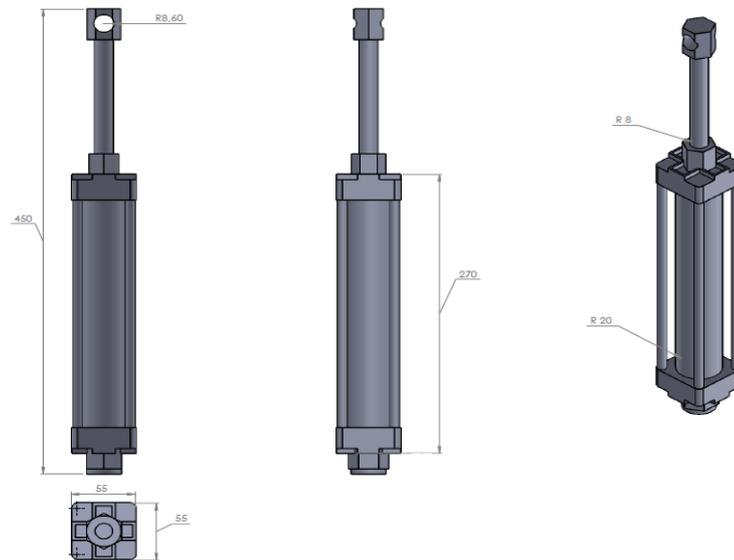
**Figura 38:** Diseño de la parte superior de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

### **Corredera.**



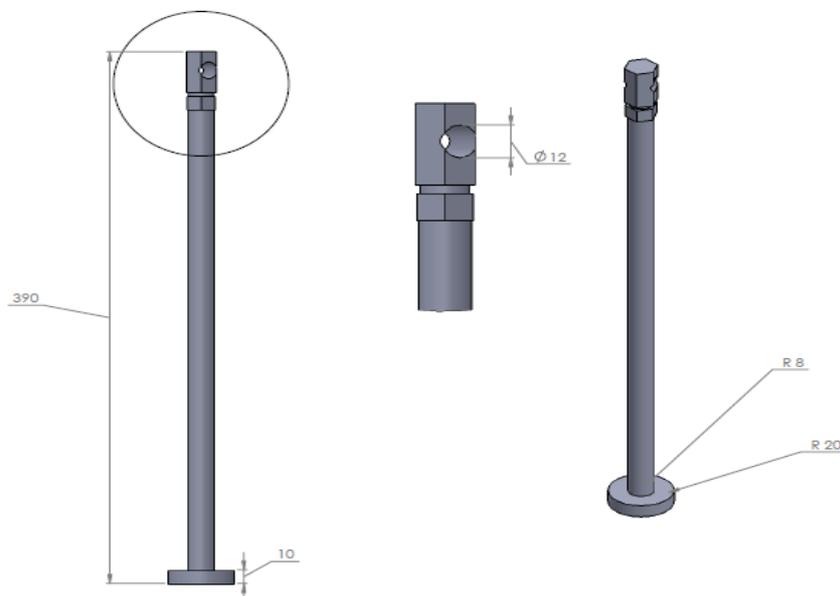
**Figura 39.** Diseño de la corredera del mecanismos de elevación.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

### *Cilindro Neumático.*



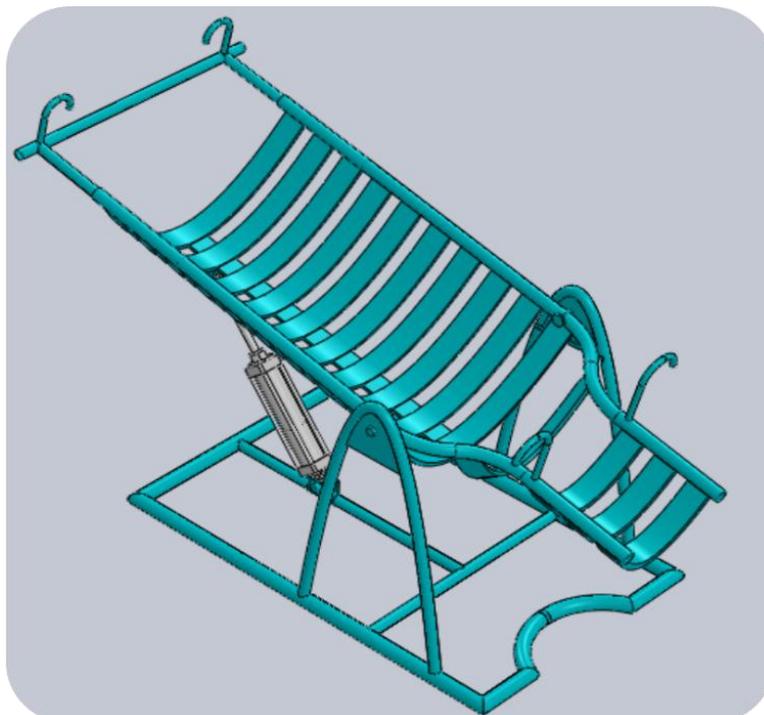
**Figura 40.** Diseño del cilindro neumático.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

### *Embolo del cilindro neumático.*



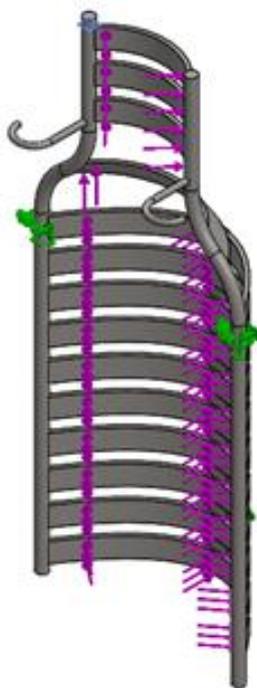
**Figura 41.** Diseño del embolo del cilindro neumático.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

*Ensamble total de la estructura de la camilla.*



**Figura 42.** Ensamble total de la estructura de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

**4.2.2 Someter la parte superior de la camilla a cargas en los puntos que la componen para así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos en SolidWorks simulation.** Con la finalidad de evidenciar el comportamiento de la resistencia a los esfuerzos en el prototipo, se analizó estáticamente la camilla utilizando SolidWorks simulation para validar el diseño propuesto y comprobar la selección del material, que inicialmente se eligió por sus características y por ser un material con una excelente relación calidad-precio comparado con la mayoría de las aleaciones de acero para el mismo propósito. El material seleccionado fue AISI 1020 (acero comercial). La fuerza máxima a la cual se somete la estructura de la camilla es de 500N.



**Figura 43.** Fuerzas y sujeción de la parte superior de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

En la tabla 3, se detallan las propiedades del material seleccionado para el diseño, se especifica el criterio de falla utilizado para el análisis estructural y en la tabla 4 se muestra una información detallada del mallado que se le aplicó a la estructura para su respectivo análisis.

**Tabla 3.**  
*Propiedades del material.*

<b>Propiedades</b>	
Nombre	AISI 1020
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado	Tensión máxima de von Mises.
Límite elástico	3.51571e+008 N/m <sup>2</sup>
Límite de tracción	4.20507e+008 N/m <sup>2</sup>
Módulo elástico	2.05e+011 N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29
Densidad	7900 kg/m <sup>3</sup>
Módulo cortante	7.7e+010 N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación térmica	1.5e-005 /Kelvin

**Fuente:** Autores del proyecto.

**Tabla 4.**  
*Información detallada del mallado de la parte superior de la camilla.*

Información de malla	
Tipo de malla	Malla sólida
Mallado utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	20.0922 mm
Tolerancia	1.00461 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	21430
Número total de elementos	9613

**Fuente:** Autores del proyecto.

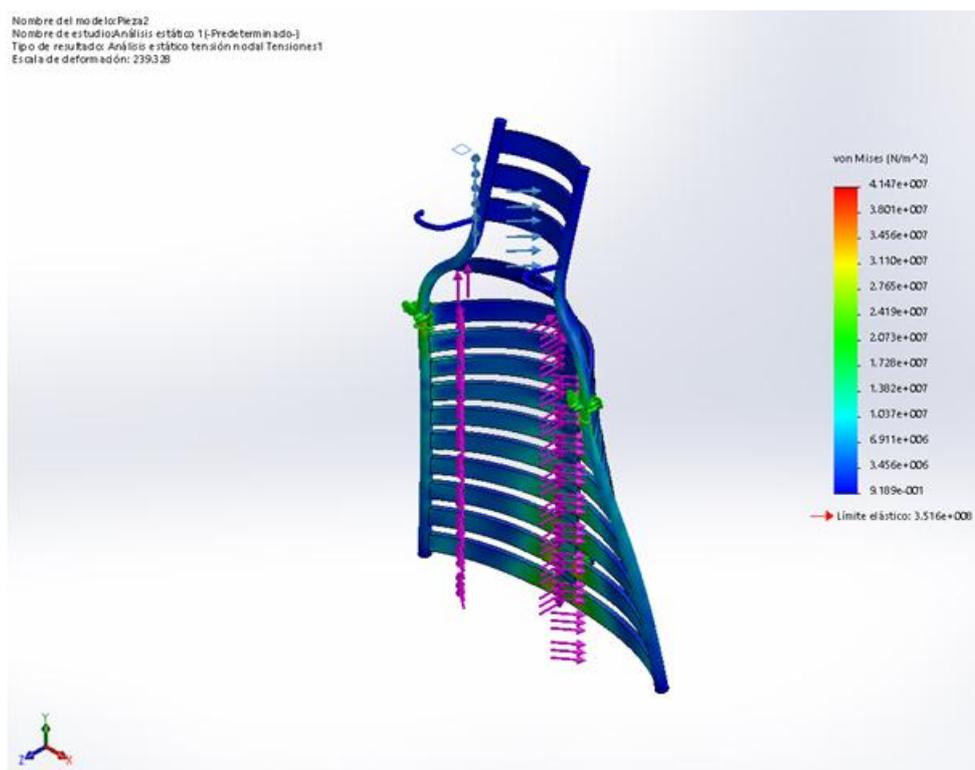
En primer lugar, se realiza un mallado; el mallado es un paso crucial en el análisis de diseño. El mallador automático en el software genera una malla basándose en un tamaño de elemento global, una tolerancia y especificaciones locales de control de malla. El control de malla le permite especificar diferentes tamaños de elementos de componentes, caras, aristas y vértices (Systemes, 2010), se aplicó con el objetivo de analizarla lo más real posible y garantizar que cumpla el objetivo de soportar las cargas externas.



**Figura 44.** Mallado estándar de la camilla en SolidWorks.

**Fuente:** Autores del proyecto.

En segundo lugar, se analizó la estructura a tensión, el software SolidWorks tiene como criterio principal de falla la tensión de von mises. El criterio de máxima tensión de von Mises se basa en la teoría de von Mises-Hencky, también conocida como teoría de la energía de cortadura o teoría de la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles (Systemes, 2010).



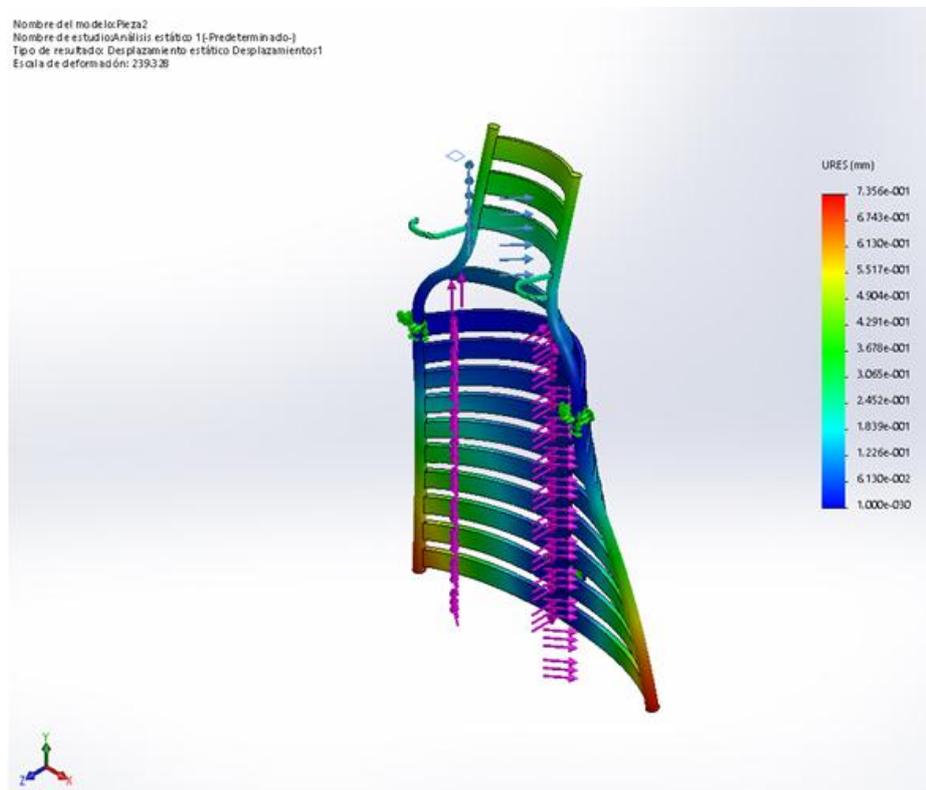
**Figura 45.** Límite elástico de la estructura.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Como criterio de diseño óptimo la pieza no debe superar el límite elástico del material de construcción que en este caso es 351,6 Mpa.

- **Tensión mínima:** 0,009189 (Mpa), **Nodo:** 19849
- **Tensión máxima:** 41,47 (Mpa), **Nodo:** 18738

Los valores anteriores son el resultado del estudio estático realizado, La teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite elástico, como se evidencia no va existir falla pues la tensión y el límite elástico no alcanzan a igualarse.

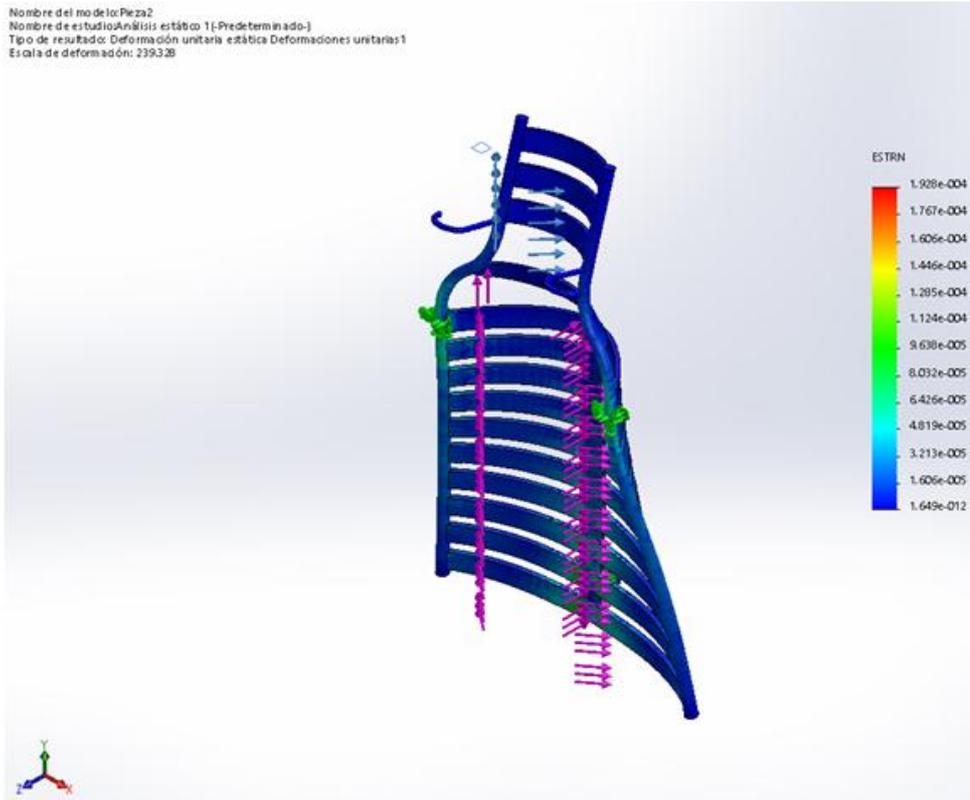
En tercer lugar, se determinaron los desplazamientos resultantes y se obtuvo un desplazamiento máximo de 0.735576 mm, es un valor muy pequeño en comparación a la fuerza que soportará, además indica en qué punto podría tener mayor probabilidad de falla.



**Figura 46.** Desplazamiento de la estructura.

**Fuente:** Autores del proyecto.

En cuarto lugar, este análisis mostró una deformación unitaria equivalente en la estructura.



**Figura 47.** Deformación unitaria de la estructura.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

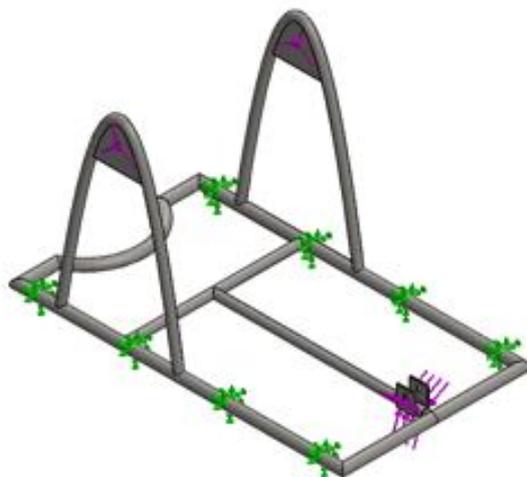
La deformación unitaria está relacionada con el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica (Ramírez Navas, 2006).

Del estudio se obtuvo la siguiente información:

- **Deformación Mín.** 1.6493e-012 mm, **Nodo:** 8841.
- **Deformación Máx.** 0.000192769 mm, **Nodo:** 493.

Estas deformaciones mínimas obtenidas se pueden considerar despreciables.

**4.2.3 Someter la base de la camilla a cargas en los puntos donde soporta la mayor fuerza para así poder identificar cuál será su máxima resistencia a esfuerzos en SolidWorks simulation.** La fuerza a soportar la camilla es de 500N y se transmite a la base de la camilla en sus tres puntos de unión.



**Figura 48:** Fuerzas y sujeción de base de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

**Tabla 5.**  
*Información detallada de la malla aplicada.*

Información de malla	
Tipo de malla	Malla sólida.
Mallado utilizado	Malla estándar.
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos:	14.6984 mm
Tolerancia	0.73492 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	20279
Número total de elementos	10005

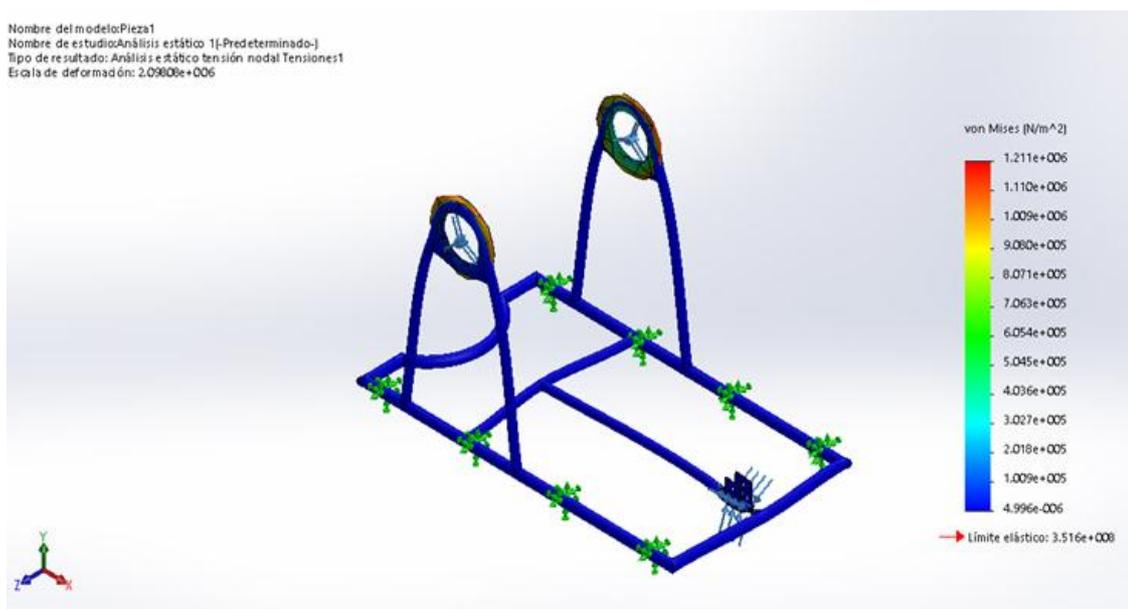
**Fuente:** Autores del proyecto.

Se realizó un mallado estándar a la estructura con el objetivo de analizarla lo más real posible y garantizar que cumpla el objetivo que es soportar la fuerza que se ejerce sobre sus tres puntos de apoyo.



**Figura 49.** Mallado estándar de la base de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Luego se analizó la base de la camilla a tensión.



**Figura 50.** Límite elástico de la base de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

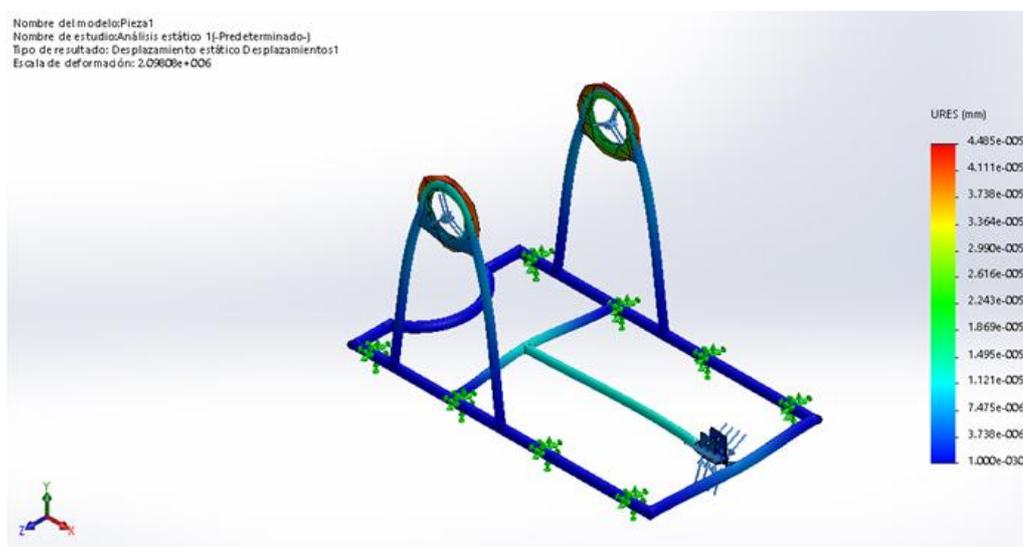
El criterio de diseño óptimo de esta pieza no debe superar el límite elástico del material de construcción que es 351,6 Mpa, de lo que se obtuvo:

- **Tensión mínima:** 0,000004996 (Mpa), **Nodo:** 3613
- **Tensión máxima:** 1,211 (Mpa), **Nodo:** 15903

Estos valores son el resultado del estudio estático realizado a la base de la camilla. La teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite elástico (Systemes, 2010), se puede notar que existe una diferencia muy grande entre estos valores, la tensión máxima de von mises es de 1,211 Mpa y el límite elástico del material es de 351,6 Mpa, lo cual evidencia que no va existir falla.

Para esta parte de la estructura también se determinó el desplazamiento resultante máximo, ya que el desplazamiento resultante mínimo es nulo.

Se obtuvo un desplazamiento de 0.00004485 mm, lo cual es un valor demasiado pequeño en comparación a la fuerza que soportará, además se indica en qué punto podría tener mayor probabilidad de falla.

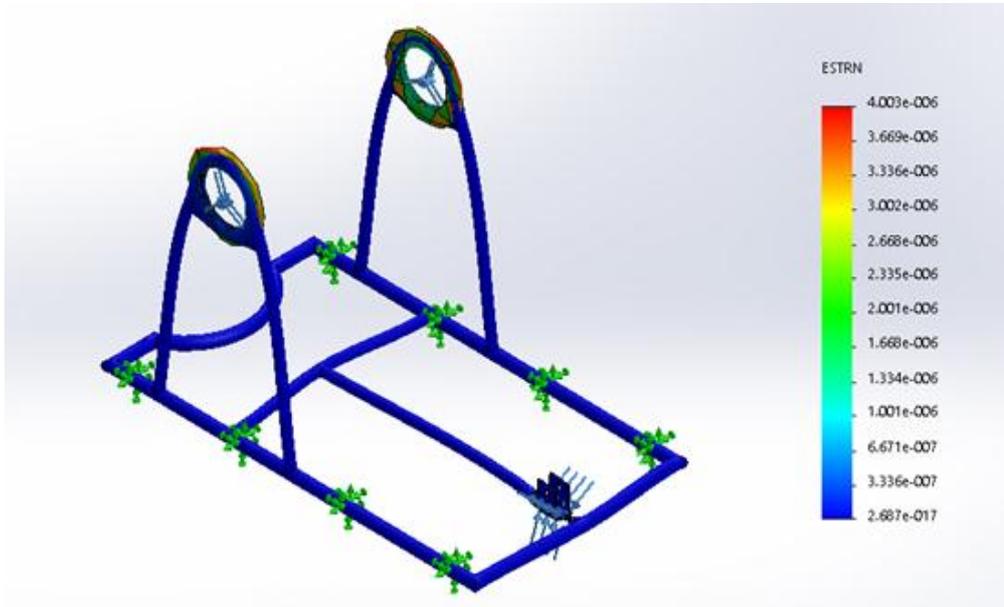


**Figura 51.** Desplazamiento de la base de la camilla.

**Fuente:** Autores del proyecto.

Se detalló la deformación unitaria equivalente en la base de la camilla, la cual es una deformación despreciable ya que son extremadamente pequeñas.

- **Deformación Mín.**  $2.68677e-017$  mm, **Nodo:** 4655
- **Deformación Max.**  $4.00265e-006$  mm, **Nodo:** 3721



**Figura 52:** Deformación unitaria de la base de la camilla.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Se pudo establecer que el material seleccionado acero AISI 1020 es un material que cumple con las condiciones de diseño y que la estructura de la camilla soportará la carga a la cual será sometida.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros de diseño ya establecidos, se procederá a realizar el ensamble de la camilla.

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

**4.3.1 Juntar todas las partes del mecanismo de elevación y la estructura que lo contiene.** Se procedió a cortar todos los tubos y platinas según las medidas establecidas en el diseño, para construir la estructura de la camilla como se muestra en la figura 53. Se utilizaron los elementos de protección personal adecuados, con el fin de minimizar o disminuir la gravedad de cualquier incidente que pueda ocurrir.



**Figura 53.** Corte de la tubería.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Como se pudo observar, luego de cortar toda la tubería y las platinas con las medidas de diseño establecidas, se procedió a soldar pieza por pieza hasta formar la estructura en el laboratorio de máquinas y herramientas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña sede primavera, bajo la supervisión de un soldador profesional y el encargado.



**Figura 54.** Se utilizaron electrodos de tipo AWS 6011 para soldar la estructura.  
**Fuente:** Autores del proyecto.



**Figura 55.** Se suelda la tubería.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Como se observan en las figuras 56-58, Se fijaron los tubos y las platinas de manera permanente, de tal forma que la estructura vaya quedando en una sola pieza, se pulió y se

lijaron las partes de unión con soldadura para tener una superficie suave y estéticamente bien, para luego aplicarle una capa de pintura anticorrosiva, con el fin de evitar futuras fallas en la estructura, como fallas por corrosión.



**Figura 56.** Unión de la tubería.  
**Fuente:** Autores del proyecto.



**Figura 57.** Unión de la tubería y lijado.  
**Fuente:** Autores del proyecto.



**Figura 58.** Unión de tubería y platinas.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Luego de tener las piezas de la estructura conformadas, se procede a dar el acabado final, con una pintura azul martillado. Se puede evidenciar el acabado final de las piezas en las figuras 59-61.

En la siguiente figura 59, se puede observar la pieza que cumple con la función de sujetar las extremidades inferiores del caprino y entre otras de sus funciones tenemos que es una extensión de la camilla para caprinos más grandes.



**Figura 59.** Acabado final con azul martillado.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Como se muestra en la figura 60, esta pieza es la base de la camilla dónde va estar ubicado el mecanismo de elevación neumática.



**Figura 60.** Base de la camilla, con su acabado final.

**Fuente:** Autores del proyecto.

En la siguiente pieza se pudo observar cómo se ubicará y sujetará el caprino de las extremidades inferiores. Como se muestra en la figura 61, la parte superior cumple la función de graduar la extensión de la camilla, la parte inferior seleccionada es donde se sujetan las dos extremidades superiores del animal.



**Figura 61.** Acabado final de la parte superior de la camilla.

**Fuente:** Autores del proyecto.

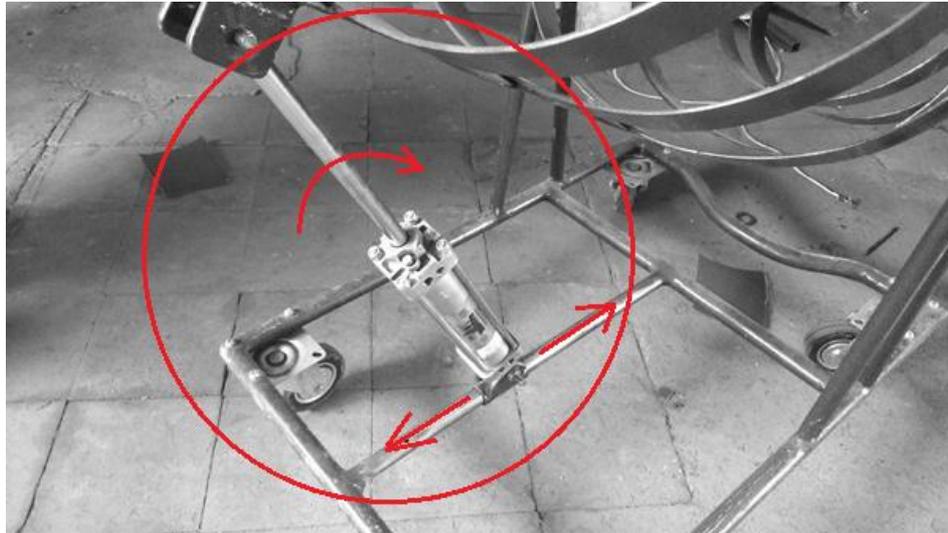
En las siguientes figuras se pueden evidenciar como quedaron conformadas las piezas del mecanismo de elevación de la camilla, en la cual se puede encontrar el mecanismo corredera-guía, que permite un movimiento de deslizamiento a lo largo de la barra, permitiendo graduar la posición de la corredera. Y un cilindro neumático que permite graduar la altura, acoplado a la corredera por medio de un tornillo que le permite girar. De manera que estas partes juntas le otorgan a la camilla poder levantar el caprino de una posición horizontal, a una posición de inclinación.

En la figura 62 se muestra el mecanismo de corredera-guía y el desplazamiento que puede realizar. En la guía existen unos agujeros con el fin de ajustar la corredera en dos posiciones, permitiéndole a la camilla junto con el cilindro neumático varias alturas de elevación.



**Figura 62.** Mecanismo corredera-guía.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

En esta figura se evidencia la unión del mecanismo corredera-guía y el cilindro neumático. El desplazamiento de la corredera y el giro del cilindro se encuentran marcadas con flechas que indican el movimiento que realizan estas dos partes del mecanismo de elevación.



**Figura 63.** Mecanismo de elevación.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Y para su fácil desplazamiento la camilla cuenta con cuatro ruedas ubicadas en los extremos de la base.



**Figura 64.** Ruedas instaladas a la camilla.  
**Fuente:** (directindustry, 2017).

Se escogieron este tipo de ruedas, por ser comerciales y porque soportan fácilmente la carga para la cual fue diseñada la camilla.

Las características de las ruedas seleccionadas son las siguientes:

- Tipo de ruedas: con aro
- Material: de elastómero
- Diámetro: 170 mm
- Capacidad de carga: 250 kg (551.16 lb) (directindustry, 2017).

Para la unión de las partes del mecanismo se escogió un tornillo de cabeza hexagonal zincado de grado 2 según las especificaciones SAE para pernos de acero.

Se calculó un factor de seguridad para los pernos (tornillos) utilizados con el fin de verificar y garantizar el correcto funcionamiento de la camilla.



**Figura 65.** Tornillo 3/8.  
**Fuente:** (Homecenter, 2018).

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, de prueba inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

\*Las resistencias mínimas son resistencias que excede 99% de los sujetadores.

**Figura 66.** Especificaciones SAE para pernos de acero.

**Fuente:** (Richard G.Budynas y J. Keith Nisbett, 2009).

A partir de la Fig.66, se seleccionó la resistencia de prueba **Sp** para proceder a realizar los cálculos del factor de seguridad con una fuerza de  $F= 500N$  aplicada en los pernos de  $3/8$ .

$$S_p = 55 \text{ kpsi}$$

$$d = \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$500N \times \left( \frac{1\text{lbF}}{4,448N} \right) = 112,241\text{lbF}$$

En primer lugar, se calculó el simple cortante máximo de un perno.

$$\tau_{Max} = \frac{F}{\frac{\pi \times d^2}{4}} \quad \text{Ecu. 15}$$

$$\tau_{Max} = \frac{112\text{lbF}}{\frac{\pi \times 3/8^2}{4}}$$

$$\tau_{Max} = 1021,91 \text{ psi}$$

En segundo lugar, se calculó el factor de seguridad con los datos anteriormente encontrados.

$$F_s = \frac{0,577 \times S_p}{\tau_{Max}} \quad \text{Ecu. 16}$$

$$F_s = \frac{0,577 \times 55\text{kpsi}}{1,02191\text{kpsi}}$$

$$F_s = 31$$

Como se puede observar el factor encontrado se encuentra muy alejado de  $F_s=1$  lo cual garantiza que los tornillos escogidos son seguros para la camilla, porque pueden soportar más carga de lo que están soportando. La teoría expone que si el valor encontrado en el factor de seguridad se aproxima a 1 el perno tiene una probabilidad más alta de fallar, pero si el valor se aleja, garantiza un ciclo de vida infinito para el perno.

**4.3.2 Realizar el montaje del sistema neumático a la estructura de la camilla.** Se realizó el montaje del sistema neumático que se muestra en la figura 65, el cual consta de un cilindro neumático y de una válvula 4/2 de accionamiento manual.



**Figura 67.** Sistema neumático.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

En la figura 67 se muestra el montaje neumático de los componentes seleccionados para este sistema, de una manera en el que él médico veterinario tenga una cómoda intervención en el proceso de inseminación artificial y colecta de embriones en caprinos.

Se verificó que el montaje hecho no sobrepasa los límites de la estructura que lo contiene evitando tropiezos en el proceso y en lo que respecta al correcto uso de la camilla.



**Figura 68.** Sistema neumático instalado.

**Fuente:** Autores del proyecto.

El cilindro que se escogió, cuenta con dos válvulas de amortiguación que le permiten graduar la velocidad de salida y de entrada del vástago para que no se produzcan movimientos bruscos.



**Figura 69.** Cilindro neumático.

**Fuente:** Autores del proyecto.

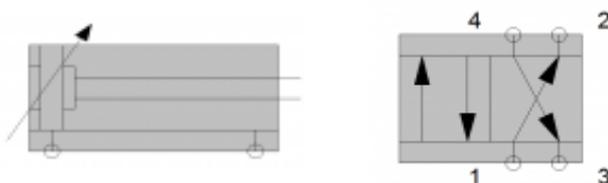
Se seleccionó una válvula 4/2 de accionamiento manual, por ser la más adecuada para estos sistemas con cilindros de doble efecto. La válvula cuenta con cuatro vías por las cuales fluye aire y 2 posiciones de accionamiento.



**Figura 70.** Válvula 4/2 de accionamiento manual.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

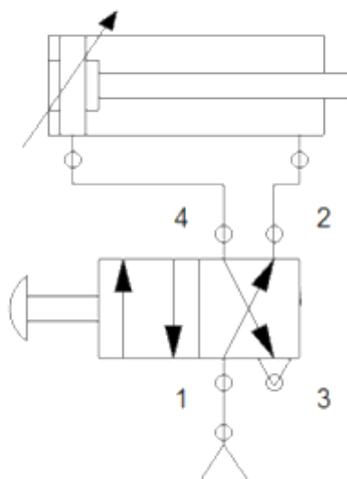
**4.3.3 Realizar un diagrama del sistema neumático de la camilla en FluidSIM.** En los siguientes diagramas se identifican las piezas fundamentales del sistema neumático anteriormente mostrado, entre ellas tenemos el cilindro de doble efecto y la válvula 4/2 de accionamiento manual.

El cilindro y la válvula 4/2 se simbolizan de la siguiente manera.



**Figura 71.** Simbología del cilindro doble efecto y de la válvula 4/2.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

Teniendo en cuenta la simbología de FluidSIM, se diseñó el circuito neumático, en el cual se evidencian las dos partes fundamentales del sistema de elevación de la camilla.



**Figura 72.** Posición inicial de circuito neumático.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

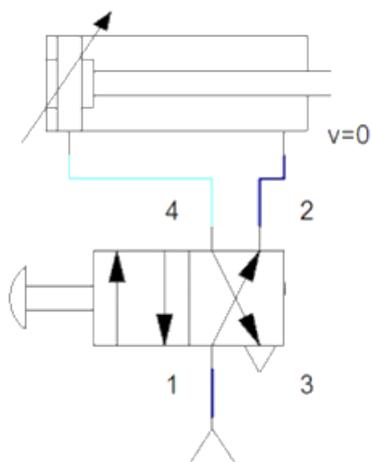
La unión de los dispositivos del sistema neumático vendría siendo la siguiente:

- La vía 1 se tiene la entrada de presión.
- La vía 3 es el escape a la atmósfera.
- La vía 2 se conecta a la parte más alejada de la cabeza del cilindro, la cual acciona el émbolo del cilindro hacia adentro.
- La vía 4 se une a la parte inicial del cilindro, la cual acciona el émbolo del cilindro hacia afuera.

Los siguientes diagramas representan dos posiciones al accionar la válvula 4/2 del sistema neumático.

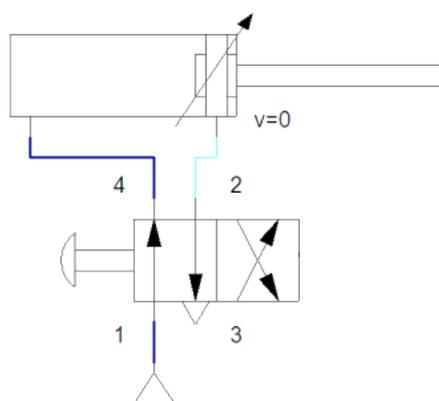
En la posición de reposo el aire comprimido entra en el cilindro por la vía 2, manteniendo el émbolo contra la cabeza del cilindro, mientras que la vía 4 está conectada al

escape- atmósfera. En esta posición el aire comprimido mantiene el émbolo del cilindro dentro.



**Figura 73.** Posición de reposo.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

En la posición de trabajo la fuente de aire comprimido está conectada al cilindro por la vía 4, mientras que la vía 2 lo está al escape atmósfera, por tanto, el émbolo efectuará su carrera hasta que volvemos accionar la válvula 4/2, la cual realizará la carrera de retorno por introducir aire comprimido por la vía 2. En esta posición el aire comprimido desplaza el embolo del cilindro hacia afuera.



**Figura 74.** Posición de trabajo.  
**Fuente:** Autores del proyecto.

**4.3.4 Realizar una actividad experimental del proceso de colecta y transferencia de embriones con la camilla para comprobar la funcionalidad y evaluar la reducción en el tiempo de operación.** En la Figura 75 se puede evidenciar la camilla, la cual se encuentra totalmente conformada, con su mecanismo de elevación y su sistema neumático.



**Figura 75.** Fase final de la camilla

**Fuente:** Autores del proyecto.

Se realizó una prueba de campo con la finalidad de comprobar la funcionalidad del mecanismo de elevación neumático con un caprino del laboratorio de reproducción de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, como se muestra en la figura 76.



**Figura 76.** Prueba de campo con un caprino.

**Fuente:** Autores del proyecto.

En la prueba se ubicó un caprino y se pudo evidenciar como el mecanismo fácilmente cumplió su trabajo de elevación.

Durante la prueba experimental se tomó el tiempo por cada intervención que se realizó con la camilla y se indagó con los encargados del proceso cuanto tiempo y personal se requería al hacerlo sin la camilla, obteniendo como resultado los siguientes datos.

Se realizó 14 inseminaciones en una semana y se estimó un tiempo aproximado sin la utilización de la camilla de 20 a 25 minutos por cada intervención realizada.

$$T_{Promedio} = \frac{20 + 25}{2}$$

$$T_{Promedio} = 22.5 \text{ minutos}$$

$$Total_{semana} = 22.5 \times 14$$

$$Total_{semana} = 315 \text{ minutos}$$

$$315 \text{ minutos} \times \left( \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \right) = 5,25 \text{ horas}$$

$$0.25 \text{ horas} \times \left( \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \right) = 15 \text{ minutos}$$

$$Total_{semana} = 5 \text{ horas y } 15 \text{ minutos}$$

Con la implementación de la camilla se obtuvo un tiempo de 10 a 12 minutos por cada intervención.

$$T_{Promedio} = \frac{10 + 12}{2}$$

$$T_{Promedio} = 11 \text{ minutos}$$

$$Total_{semana} = 11 \times 14$$

$$Total_{semana} = 154 \text{ minutos}$$

$$154 \text{ minutos} \times \left( \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \right) = 2.57 \text{ horas}$$

$$0.57 \text{ horas} \times \left( \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \right) = 34 \text{ minutos}$$

$$Total_{semana} = 2 \text{ horas y } 34 \text{ minutos}$$

Se calculó un porcentaje de reducción en el tiempo de operación:

$$\% \text{ Reducción} = \left( \frac{154 \text{ minutos}}{315 \text{ minutos}} \right) \times 100 = 48.88\%$$

$$\% \text{ Reducción} \cong 49\%$$

En la prueba experimental se pudo observar que el proceso de colecta y transferencia de embriones se realizó en menos tiempo y se necesitó poco personal en comparación a como se venía haciendo anteriormente, obteniendo una reducción en el tiempo de operación del 49%, mejorando de una manera significativa la producción.

## Capítulo 5. Recursos y presupuesto

En las siguientes tablas se pueden observar detalladamente los gastos que se generaron en la ejecución del proyecto.

### 5.1. Presupuesto global

**Tabla 6.**

*Presupuesto global.*

<b>Presupuesto global</b>	<b>Presupuesto</b>
Gastos personales	\$ 130.207,2
Equipos	\$ 165.000
Viajes	\$ 30.000
Materiales	\$ 416.500
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 741.707,2</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

#### 5.1.1. Gastos personales.

**Tabla 7.**

*Horas dedicadas al proyecto de investigación.*

	<b>Nombre del investigador</b>	<b>Horas semanales dedicadas al proyecto</b>	<b>Numero de semanas</b>	<b>Valor hora</b>	<b>Valor total</b>
1	Marlon José Quintero García	4	5	\$ 3.255,18	\$ 65.103,6
2	Brayan Duván Santiago Bayona	4	5	\$3.255,18	\$ 65.103,6
	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 130.207,2</b>

**Nota.** El valor de la hora de investigación se calculó basado en el salario mínimo legal vigente actual en

Colombia. **Fuente:** Autores del proyecto.

### 5.1.2. Equipos utilizados.

**Tabla 8.**  
*Equipos utilizados.*

	<b>Equipos</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Valor hora</b>	<b>Valor total</b>
1	Soldadura de Electrodo Revestido	5	\$ 24.000	\$ 120.000
2	Esmeriladora	1	\$ 5.000	\$ 5.000
2	Taladradora vertical	1	\$ 4.000	\$ 4.000
3	Cierra o Cortadora de Banco	1	\$ 6.000	\$ 6.000
4	Pulidora	1	\$ 4.000	\$ 4.000
5	Dobladora de Tubos	2	\$ 5.000	\$ 10.000
6	Equipo para Pintar	2	\$ 8.000	\$ 16.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 165.000</b>

**Nota.** Se utilizaron los equipos con los que cuenta el laboratorio de máquinas y herramientas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. La utilización de estos equipos no acarrea ningún costo para los estudiantes, por lo cual se estimó un valor por hora para cada equipo según referencias de talleres metalmecánicos que cuentan con estos mismos equipos. **Fuente:** Autores del proyecto.

### 5.1.3. Viajes.

**Tabla 9.**  
*Viajes.*

	<b>Viajes</b>	<b>Presupuesto</b>
1	Transporte de los Materiales(Aprox)	\$ 20.000
2	Otros	\$ 10.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 30.000</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

### 5.1.4. Materiales.

**Tabla 10.**

*Materiales para la construcción.*

	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Tubo de $\frac{3}{4}$ "	7 metros	\$ 4500	\$ 31500
2	Tubo de $\frac{1}{2}$ "	5 metros	\$ 3500	\$ 17500
3	Varilla lisa de $\frac{1}{2}$ "	3 metros	\$ 2700	\$ 8100
4	Platina de $2\frac{1}{8}$ "	5 metros	\$ 3400	\$ 17000

Continuación Tabla 10: Materiales para la construcción.

5	Ruedas	4	\$ 12000	\$ 48000
6	Tornillos base	12	\$ 300	\$ 3600
7	Tornillos de 3/8"	4	\$	\$
8	Tuercas	12	\$	\$
9	Tuercas	4	\$	\$
10	Arandelas	12	\$	\$
11	Arandelas	8	\$	\$
12	Arandelas	12	\$	\$
13	Lija	2	\$	\$
14	Electrodos	3	\$	\$
15	Hueso	100	\$	\$
16	Base	500	\$	\$
17	Pintura	1000	\$	\$
18	Thinner	500	\$	\$
19	Barniz	100	\$	\$
20	Tapones	4	\$	\$
21	Tapones	2	\$ 200	\$ 400
22	Disco de corte	1	\$ 5000	\$ 5000
23	Tornillo mariposa	2	\$ 300	\$ 600
24	Válvula reguladora de aire	1	\$ 50000	\$ 50000
25	Pistón Neumático	1	\$ 70000	\$ 70000
26	Mangueras de Presión y Acoples	2 metro	\$ 8000	\$ 16000
27	Otros			\$25000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 350.000</b>
<b>IVA 19%</b>				<b>\$ 66.500</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 416.500</b>

**Nota.** En esta tabla se representa el presupuesto para la construcción del proyecto de investigación.

Fuente: Autores del proyecto.

## Conclusiones

Fundamentándose en la información recolectada, que tenía por objetivo la elaboración del diseño de la estructura y el mecanismo de elevación para la construcción de la camilla, se seleccionaron los elementos más idóneos, cumpliendo con los requerimientos de funcionamiento establecidos. El mecanismo de elevación adaptado a la camilla es completamente apto para levantar el peso máximo de los caprinos con los que cuenta el laboratorio de reproducción de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Además, se halló una presión mínima de 57.708psi a la cual puede trabajar la camilla, con el fin de minimizar costos para la Universidad.

Mediante las simulaciones realizadas a los elementos más críticos del diseño se determinó que los materiales y geometría seleccionados garantizan un correcto funcionamiento de la camilla, debido a que se obtuvieron tensiones, deformaciones y desplazamiento muy por debajo de los límites del material, presentando un grado de confiabilidad óptimo para la construcción de la camilla.

Se logró concluir la construcción de la camilla con los parámetros con la que fue diseñada, logrando obtener los resultados esperados en su puesta en funcionamiento.

El uso de un actuador neumático en el mecanismo de elevación permite que se pueda obtener un mayor rango de alturas, garantizando al médico veterinario un proceso práctico y cómodo al momento de usar la camilla.

Con la implementación de la camilla de inseminación se logró obtener una reducción en el tiempo de operación del 49%, mejorando de una manera significativa la producción.

## Recomendaciones

No exceder la presión indicada en la tabla de Propiedades de operación del cilindro neumático. La camilla puede trabajar con una presión mínima de 57,708 psi, pero se recomienda buscar un compresor por encima de esta presión.

Una vez ubicado el caprino, se recomienda verificar que estén bien sujetadas las extremidades superiores e inferiores, para garantizar que estén inmóviles en el momento de realizar dicho proceso.

Se debe ajustar la inclinación del mecanismo de elevación, antes de ponerla en uso.

La válvula neumática es sensible y precisa, es necesario tener en cuenta que al pulsarla el mecanismo se levanta y para poner la camilla en su posición inicial se debe halar la válvula (Usar con cuidado).

No dejar que la corredera se desplacé hasta el tope, se debe graduar usando las dos posiciones que tiene la guía del mecanismo.

Usar tacos en las ruedas traseras para mantener la camilla en un solo lugar.

La camilla es capaz de levantar aún más peso para la cual se diseñó, pero se recomienda no subir objetos u otros animales a la camilla que supere el máximo peso establecido.

## Referencias

- Acorsa. (2016). Obtenido de  
<http://manguerashidraulicasperu.com/index.php?route=product/category&path=86>
- Centeno, e. M. (2017). Propuesta de un sistema para la medición del consumo de los servicios industriales utilizados en las áreas de producción de la empresa freskaleche-aguachica, cesar.
- Chile, u. D. (2011). Monografias de medicina veterinaria.
- Fischer, d. A. (2011). Transferencia de embriones en ovinos.
- Máster.sap. (2017). Obtenido de <http://www.mastersap.es/sap/>
- Neumatica e hidraulica. (2008). Obtenido de  
[http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica22.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm)
- Platea.pntic.mec.es. (2007). Obtenido de  
[http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)
- Ramírez tejeda, a. D. (2000).
- Rodriguez, j. M. (2009). Aplican inseminacion artificial via laparoscòpica por primera vez en cabras. 12.
- Suministros hidraulicos s.a.s. (2015). Obtenido de  
[http://www.suministroshidraulicos.net/project\\_category/acoples-para-manguera](http://www.suministroshidraulicos.net/project_category/acoples-para-manguera)
- Universidad austral de chile, f. D. (2009). Instituto de reproduccion animal.
- areatecnologia. (2012). Que es la neumatica.
- Arturo, g., & bastidas, b. (2011). Estudio de la dinámica no-lineal de un servomecanismo neumático de posicionamiento.
- Becker, n. S. (n.d.). Inseminación artificial en ovinos.
- Calle gabriel. (2015a). 2.1.- sistema rueda excéntrica-biela - mecanismos. Retrieved march

27, 2018, from <https://sites.google.com/site/gabrielmecanismos/home/parte-iii/0-2---transformacion-del-movimiento-giratorio-en-lineal-alternativo/2-1---sistema-rueda-excentrica-biela>

Calle gabriel. (2015b). 2.1.- sistema rueda excéntrica-biela - mecanismos.

Cardona i foix, s., clos costa, d., & universitat politècnica de catalunya. (2001). *Teoria de màquines*. Upc. Retrieved from

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=h9m4zva8fyyc&oi=fnd&pg=pa13&dq=restricciones+cinem%25c3%25a1ticas+mecanismos+con+pares&ots=popnnceeuu&sig=mxcvdya-8bubf2nzh0cmizmflju#v=onepage&q=restricciones+cinem%25c3%25a1ticas+mecanismos+con+pares&f=false>

Chavez perez, d. G. (2015). *Elevador de tijera por accionamiento hidráulico*.

Correa, j. E. (2007). Efecto de la ecg en la recuperación de coacs mediante punción folicular guiada por laparoscopia en ovejas. Retrieved from

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fve.74e/doc/fve.74e.pdf>

Creus solé, a. (2007a). *Neumática e hidráulica*. Marcombo.

Creus solé, a. (2007b). *Neumática e hidráulica*. Marcombo. Retrieved from

<https://es.slideshare.net/artemarbuques/neumatica-e-hidraulica-creus>

Cubus-software.zendesk. (2008). Optimización de perfiles de acero de una estructura completa con avena – cubus-software españa. Retrieved march 27, 2018, from

[https://cubus-software.zendesk.com/hc/es/articles/115003630713-](https://cubus-software.zendesk.com/hc/es/articles/115003630713-optimizaci%25c3%25b3n-de-perfiles-de-acero-de-una-estructura-completa-con-avena)

[optimizaci%25c3%25b3n-de-perfiles-de-acero-de-una-estructura-completa-con-avena](https://cubus-software.zendesk.com/hc/es/articles/115003630713-optimizaci%25c3%25b3n-de-perfiles-de-acero-de-una-estructura-completa-con-avena)

Directindustry. (2017). Rueda con aro / de poliuretano / para carritos de supermercado - 4 - cargopak srl. Retrieved march 30, 2018, from

<http://www.directindustry.es/prod/cargopak-srl/product-102707->

973033.html#product-item\_973057

Edu.xunta. (2010). 4.6.- pandeo.

Fuentes chillarón, m. A. (2009). Modelado y control robusto de un cilindro neumático.

Garrigós, j. (2013). Válvulas distribuidoras representación esquemática de las válvulas distribuidoras. Retrieved from

[http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

Gibbons dra cueto, a. M. (2013). Manual de transferencia de embriones en ovinos y caprinos segunda edición 2013 inta eea bariloche centro regional patagonia norte. Retrieved from <http://www.produccion->

[animal.com.ar/produccion\\_ovina/inseminacion\\_ovinos/28-manual.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/inseminacion_ovinos/28-manual.pdf)

Hernandez fabian. (2015). Capítulo cinco: sistemas neumáticos.

Lent, d., rodríguez de torres, a., & fernández ferrer, j. (1974). *Análisis y proyecto de mecanismos*. Reverté.

Martinez, a. (2010). Teoría de los mecanismos. Retrieved from

<http://blog.utp.edu.co/adriamec/files/2012/09/capitulo-1-conceptos-b%25c3%25a1sicos.pdf>

Martinez cartas, l. G. (2010). Análisis de elementos finitos. Retrieved from

<http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/im/m95-831-2/>

Mundocompresor. (2011). Qué es un compresor - definición compresor mundocompresor.com.

Nieto, c., director, d., & gómez velásquez, c. A. (2011). Evaluación de la influencia del periodo estral de oviductos ovinos usados en el cultivo in vivo, en la calidad de los embriones bovinos. Retrieved from

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6102/t14.11n558e.pdf?sequence=1>

Ramírez navas, j. S. (2006). Introducción a la reología de los alimentos - google books.

Retrieved from

[https://books.google.com.co/books?id=ivcaqal\\_epkc&pg=pa15&lpg=pa15&dq=la+de+formación+unitaria+es+el+cambio+en+el+tamaño+o+forma+de+un+cuerpo+debido+a+esfuerzos+internos+producidos+por+una+o+más+fuerzas+aplicadas+sobre+el+mismo+o+la+ocurrenc](https://books.google.com.co/books?id=ivcaqal_epkc&pg=pa15&lpg=pa15&dq=la+de+formación+unitaria+es+el+cambio+en+el+tamaño+o+forma+de+un+cuerpo+debido+a+esfuerzos+internos+producidos+por+una+o+más+fuerzas+aplicadas+sobre+el+mismo+o+la+ocurrenc)

Ray del pino. (2015). Inseminación artificial en ovejas | proagro. Retrieved november 21, 2017, from <http://www.proagrolab.com.ar/inseminacion-artificial-en-ovejas/>

Sebastián, j., & calderón, g. (2016). Elementos de mecatrónica. Retrieved from

[http://www.robotica-up.org/mecatronica/lab/presentacion\\_mecatronica\\_up\\_4.pdf](http://www.robotica-up.org/mecatronica/lab/presentacion_mecatronica_up_4.pdf)

Systemes, d. (2010). 2010 ayuda de solidworks - criterio de máxima tensión de von mises.

Retrieved april 1, 2018, from

[http://help.solidworks.com/2010/spanish/solidworks/cworks/legacyhelp/simulation/checking\\_stresses/prot\\_vonm.html](http://help.solidworks.com/2010/spanish/solidworks/cworks/legacyhelp/simulation/checking_stresses/prot_vonm.html)

Ultor kiba. (2013). Inseminación artificial por laparoscopia en ovinos.

Universidad de oviedo. (2006). Desarrollo de mecanismos. Retrieved march 28, 2018, from

<https://www.unioviedo.es/dcif/imecanica/gestioncortizo/metodologia/conceptos-de-mecanica/glosario-de-terminos/pares-cinematicos.htm>

Universidad nacional mayor de san marcos. Facultad de medicina veterinaria., e., pinazo h.,

r., chauca f., l., cabrera v., p., & rivas p., v. (1999). *Revista de investigaciones*

*veterinarias del Perú : rivep. Revista de investigaciones veterinarias del Perú* (vol.

17). Facultad de medicina veterinaria unmsm.

Universidad pedagógica y tecnológica de colombia. Facultad de ingeniería. Centro de

estudios y educación continua., o. C., gómez, s. J., ruda, e. M., mejía, j. H., &

sánchez, o. A. (2013). *Revista fi-uptc : publicación del centro de estudios y educación*

*continua de la facultad de ingeniería, cedec. Revista facultad de ingeniería* (vol. 21).

Universidad pedagógica y tecnológica de colombia.

Padilla, F.-, Toscano-Torres, Núñez-Anita R E, Tena-Martínez, Val-Arreola D, Zepeda, O.-, & Hidalgo. (2017). Evaluación de la utilización de semen congelado y refrigerado en la inseminación artificial por laparoscopia en la especie ovina evaluation of the use of frozen and refrigerated semen in laparoscopic artificial insemination in sheep. *Actas Iberoamericanas En Conservación Animal AICA*, 9, 41–47. Retrieved from [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/inseminacion\\_ovinos/53-semen\\_congelado.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/inseminacion_ovinos/53-semen_congelado.pdf)

Productividad, A. (2017). Guía para autores. *Journal of Controlled Release*, 169, 10–16.

Retrieved from

[http://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD\\_II-2017.pdf#page=67](http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD_II-2017.pdf#page=67)

# Apéndices

## Apéndice 1. Manual de operación.



### Introducción

Para realizar el respectivo mantenimiento a la camilla de elevación neumática es necesario que el operario se familiarice con el funcionamiento del equipo. De esta manera se deja al operador atento ante cualquier irregularidad en el funcionamiento y se crea conciencia para que se use para lo que fue diseñada.

La intención del manual es brindar la información necesaria a los encargados del uso de la camilla, para que le den la utilidad adecuada.

La camilla cuenta con un mecanismo de elevación que incluye un sistema neumático; y a pesar que estos sistemas en comparación con otros, son los que menos presentan problemas, es recomendable someterlo a pequeñas verificaciones de mantenimiento preventivo que permitan mantener el sistema funcionando eficazmente.

## **Apéndice 2.** Recomendaciones de seguridad y mantenimiento

La precaución con estos sistemas neumáticos es mínima porque son muy seguros. Dado que la mayoría de estos sistemas utilizan aire, una fuga no produce contaminación a comparación de los sistemas hidráulicos que causan derrames de aceite u otro líquido. Estos sistemas tampoco representan riesgos de incendio o explosión, pero igual se deben tener en cuenta algunas recomendaciones para evitar accidentes y malos funcionamientos.

- Antes de usar la camilla se debe verificar que las mangueras no tengan suciedad.
- Las mangueras de plástico se deben conectar de modo que no queden demasiado dobladas y bloqueen el paso del aire.
- Se debe inspeccionar la camilla en busca de elementos o fallas que puedan ocasionar un mal funcionamiento.
- Se debe verificar que la presión sea la adecuada, antes de abrir la válvula del compresor.
- Evitar en lo posible dejar la Camilla al aire libre sino se está utilizando, esto ocasionaría oxidación en la estructura disminuyendo su vida útil.
- Verifique que todas las conexiones estén bien aseguradas para evitar fugas antes de ser usada.
- En caso de ver deformaciones en el mecanismo de elevación neumático o la estructura, informar de inmediato.
- No utilice la camilla para algo diferente de lo que fue diseñada.
- No use el aire comprimido para limpiar polvo o suciedad de su cuerpo o ropa.
- No acople o desacople la manguera con presión de aire, es preferible que corte la presión y despresurice el sistema antes y después de haber usado el equipo.

### Apéndice 3. Mantenimiento del sistema neumático

Para mantener la camilla en correcto funcionamiento se deben tener en cuenta los problemas más comunes en un sistema neumático, como los relacionados con la tubería y los componentes del sistema que pueden encarar que se desperdicie el aire comprimido y más aún un costo elevado de operación y mantenimiento, por eso es necesario realizar una inspección periódica de los siguientes elementos que hacen parte del sistema neumático:

En la línea principal de aire y accesorios, es necesario verificar:

- Detención y suspensión de las fugas de aire, periodicidad mensualmente.
- Inspección de acoplamientos y accesorios de unión una vez cada tres meses.
- Líneas de aire en general, periodicidad semanalmente.

En los acoples de conexión y desconexión de la línea:

- Fugas de aire a través, periodicidad mensualmente.
- Restauración si es necesario y si es posible anualmente

En la válvula de accionamiento manual:

- Fugas posibles de aire, periodicidad mensualmente.
- Verificación de falla posible del sello, dos veces al año.
- Verificar el ajuste de la válvula, dos veces al año.
- Daños mecánicos a la válvula y sus piezas, cada año.

En el cilindro neumático:

- Verificar fugas cada mes.
- Inspeccionar los soportes del montaje del cilindro.
- Verificar el alineamiento del vástago y el cuerpo del cilindro.
- Daños mecánicos a las varillas del cilindro.

**Apéndice 4.** En llegado caso de presentarse daños menores como fugas, mangueras dobladas o bloqueadas es necesario seguir los siguientes pasos:

Daños por fuga:

- Si su magnitud es bastante significativa, el aire escapara produciendo ruido, y como consecuencia es fácil de identificar.
- En el caso de fugas menores o diminutas se debe aplicar agua jabonosa en las conexiones, la cual indicara si hay una fuga de aire si se producen burbujas.

Mangueras dobladas o bloqueadas:

- Limpiar y quitar la suciedad.
- Si es necesario, cambiarse.

**Apéndice 5.** Pasos para usar la camilla de inseminación artificial, colecta y transferencia de embriones en caprinos con un mecanismo de elevación neumática.

Para usar la camilla solo es necesario tener en cuenta los siguientes pasos:

Paso 1: Verificar que el paso de aire no esté abierto.

Paso 2: Hacer la conexión de la manguera de presión en el acople rápido de la camilla.

Paso 3: Abrir el paso de aire del compresor a la camilla.

Paso 4: Realizar una prueba accionando la válvula neumática y verificando que funcione el mecanismo.

Paso 5: Camilla lista para el proceso de inseminación artificial y colecta de embriones.

Paso 6: Al terminar cerrar el paso de aire del compresor y preferiblemente accionar la válvula un par de veces hasta que se despresurice el pistón, antes de desacoplar la manguera de presión de la camilla.

Paso 7: Limpiar la Camilla después de utilizar.