

DISEÑO DE UNA MÁQUINA LANZADORA DE BALONES DE VOLEIBOL PARA  
ENTRENAMIENTO EN PRÁCTICAS DEPORTIVAS EN LA FUNDACIÓN  
UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

DAVID SANTIAGO MORENO BURBANO  
DAVID MAURICIO VANEGAS MONTOYA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2020

DISEÑO DE UNA MÁQUINA LANZADORA DE BALONES DE VOLEIBOL PARA  
ENTRENAMIENTO EN PRÁCTICAS DEPORTIVAS EN LA FUNDACIÓN  
UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

DAVID SANTIAGO MORENO BURBANO  
DAVID MAURICIO VANEGAS MONTOYA

Proyecto integral de grado para optar por el título de  
INGENIERO MECÁNICO

Director  
Miguel Alfonso Morales Granados  
Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2020

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Ing. Rodrigo Sorzano Dueñas

---

Ing. Miguel Fernando Jiménez Jiménez

Bogotá D.C., Febrero de 2020

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrados (E)

**Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN**

Secretaria General

**Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN**

Decano de Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director del Programa Ingeniería Mecánica

**Ing. CARLOS MAURICIO VELOZA VILLAMIL**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento.

Estas corresponden únicamente a los autores, al director y al grupo de investigación.

El haber llegado a la culminación de mi carrera me da la herramienta perfecta para empezar a construir mis sueños desde la profesión, será el primer logro de muchos que estaré logrando, quiero dedicar este título y proyecto a Dios por ser mi guía en toda circunstancia, a mis hermanos, a aquellos que dieron todo por mí sin esperar nada a cambio, a quienes con sus palabras me ayudaron a llegar, a mi hermano Ing. Andrés, por ser la inspiración de mi vida profesional y laboral, a mis padres por el apoyo y sustento, serán la base de inspiración de cada proyecto que emprenda de aquí en adelante, Edgar y Esperanza, Rubén y Blanca este título es de y para ustedes, gracias por formar lo que soy y lo que llegaré ser.

A NCT, A mis próximos colegas y amigos, a mi compañero y amigo David Vanegas por realizar con pasión este proyecto a mi lado, finalmente a la memoria de Cristina Sarmiento, las estrellas me vieron llegar.

David Santiago Moreno Burbano

Dedicado a mi familia, que siempre me apoyo e impulso en cada momento de adversidad y que también celebro conmigo cada uno de los logros conseguidos durante este proceso. Gracias mamá por toda la energía y por enseñarme que siempre hay que trabajar duro por los sueños, gracias papá por la comprensión y la disposición de ayudarme siempre para mantenerme con la frente en alto y afrontar cada obstáculo que se presentó, gracias a mi hermano que aguanto y acompaño cada una de las noches de trabajo. Gracias a mis abuelos paternos por el amor y orgullo que me demostraron día a día al salir camino a la universidad. Dedicado especialmente a mi abuelita materna, el amor de mi vida.

David Mauricio Vanegas Montoya

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Fundación Universidad de América por permitirnos realizar este proyecto en beneficio de los estudiantes. También agradecer al comité de trabajo de grado, del departamento de Ingeniería Mecánica por sus recomendaciones constructivas para el desarrollo de este proyecto.

Así mismo, agradecemos a todos los docentes que hicieron parte de este proceso de formación profesional y a todos aquellos a quienes aportaron ideas para la realización del proyecto.

Especialmente expresar nuestros agradecimientos al ingeniero Miguel Alfonso Morales Granados por ser el director y guía de este proyecto, y darnos la confianza de desarrollar un proyecto saliente del semillero de investigación que él dirige.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. VOLEIBOL, ESTADO ACTUAL Y MAQUINAS LANZADORAS	24
1.1 GENERALIDADES	24
1.2 MUNDO DEL VOLEIBOL	24
1.2.1. Historia	25
1.2.2. Reglamento del voleibol	26
1.2.3. Tácticas de saque	27
1.2.3.1. Efecto Magnus (hacia adelante)	27
1.2.3.2. Efecto Magnus (hacia atrás)	28
1.2.3.3. Golpe seco	29
1.1.4. Recepción de saques	29
1.1.5. Características de los balones	30
1.3. IMPLEMENTACIÓN DE MÁQUINAS	30
1.3.1. Argentina	30
1.3.2. Perú	31
1.3.3. Colombia	32
1.4. MAQUINAS EN EL MERCADO ACTUAL	32
1.4.1. Winshot 1500/Globus Corporation	33
1.4.2. SportsAttack.	34
1.4.3. Air Cat, lanzador tipo catapulta	35
1.4.4. S6638 SIBOASI: dksportsbot.	36
1.4.5. Costos de equipos actuales.	36
1.4.6. Especificaciones técnicas equipos actuales.	38
1.5 DETERMINACIÓN MODO FUNCIONAL	39
2. PARÁMETROS, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	40
2.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	40
2.2. PARÁMETROS TÉCNICOS DEL DISEÑO	40
2.3. DIAGRAMA DE CAJA NEGRA	43
2.3.1. Descripción del modo funcional.	43
2.4. MÉTODO TRIZ, GENERACIÓN DE BOCETOS	43
2.4.1. Diagrama FAST	44
2.4.2. Requerimientos funcionales del cliente	45
2.4.3. Parámetros funcionales del diseño	46
2.4.4. Matriz QFD	46
2.4.4.1. Escala evaluativa QFD	48
2.4.4.2. Resultados QFD	48
2.4.5. Implementación a Matriz TRIZ	49
2.4.5.1. Resultados matriz TRIZ	50
2.5. FLUJO DE ENERGÍA	51
2.5.1. Flujo de energía en el accionamiento	



2.6. SUBSISTEMAS	53
2.6.1. Tracción y Potencia	54
2.6.2. Panel de control	54
2.6.3. Alimentación	54
2.6.4. Estructura	55
2.6.4.1 Rotación e Inclinación	54
2.6.4.2. Altura	55
2.6.4.3. Traslación	55
2.7. GENERACIÓN DE BOCETOS	55
2.7.1. Boceto A.	57
2.7.2. Boceto B.	58
2.7.3. Boceto C.	59
2.8. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	60
2.9. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	61
2.10. ALTERNATIVA FINAL	62
3. DISEÑO DETALLADO	64
3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	64
3.1.1. Cálculos del elevador.	65
3.2. SUBSISTEMA DE TRACCIÓN Y POTENCIA	72
3.2.1. Determinación del radio de los rodillos impulsores.	73
3.2.2. Selección del Rodillo impulsor	75
3.2.3. Determinación de la potencia	77
3.2.4. Selección de los motores.	81
3.3. SUBSISTEMA DE CONTROL	85
3.4. SISTEMA ESTRUCTURAL	95
3.4.1. Subsistema de Traslación	96
3.4.2. Subsistema de Elevación	97
3.4.2.1. Determinación del módulo	97
3.4.2.2. Selección del piñón	99
3.4.2.3. Calculo especificaciones de cremallera	100
3.4.2.4. Selección de cremallera	101
3.4.3. Subsistema de rotación/inclinación	102
3.4.4. Estructura	105
3.4.4.1. Simulaciones	105
3.4.4.2. Soldadura	108
3.4.4.3. Tornillos a esfuerzo cortante	112
3.4.4.5. Análisis Elemento crítico	115
3.5. PARTES, MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN	122
4. MANUALES	128
4.1. MANUAL DE INSTALACIÓN	128
4.2. MANUAL DE OPERACIÓN	155
4.3. MANUAL DE MANTENIMIENTO	166
4.3.1. Descripción de la máquina	166

4.3.2. Ficha Técnica.	167
4.3.3. Manual de mantenimiento	170
4.3.4. Tabla de Fallas.	177
5. COSTOS DE LA MÁQUINA	179
5.1. COSTOS DE MATERIALES ACERO A36 CON RECUBRIMIENTO	179
5.2. COSTOS SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN.	179
5.3. COSTOS SUBSISTEMA ROTACIÓN/INCLINACIÓN/ELEVACIÓN.	180
5.4. COSTOS SUBSISTEMA DE POTENCIA/TRACCIÓN.	181
5.5. COSTO DE PROCESO DE FABRICACIÓN E INGENIERÍA.	182
5.6. COSTOS TOTALES:	182
5.7. ANÁLISIS DE COSTOS.	183
6. CONCLUSIONES	185
7. RECOMENDACIONES	187
BIBLIOGRAFIA	188
ANEXOS	193

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Congreso FIVB 2018, Cancún, México.	24
Imagen 2. Willian G Morgan.	25
Imagen 3. Golpeo del balón con rotación hacia adelante.	28
Imagen 4. Golpeo del balón con rotación hacia atrás.	28
Imagen 5. Saque tipo Tennis.	29
Imagen 6. Selección peruana con máquina lanzadora de balones.	32
Imagen 7. Winshot 1500 (Dos vistas)	33
Imagen 8. Línea SportsAttack.	34
Imagen 9. Air Cat (Dos vistas)	35
Imagen 10. S6638 SIBOASI Machine	36
Imagen 11. Cancha reglamentaria.	41
Imagen 12. Plano cancha FUA.	42
Imagen 13. Cancha de Voleibol, Universidad de América.	42
Imagen 14. Boceto A.	57
Imagen 15. Boceto B.	58
Imagen 16. Boceto C.	59
Imagen 17. Esquema Alternativa final.	62
Imagen 18. Partes del subsistema de alimentación.	64
Imagen 19. Selección banda transportadora.	67
Imagen 20. Sección superior elevador de cangilones.	68
Imagen 21. Torque por fuerza fricción.	69
Imagen 22. Trayectoria canal a guía.	71
Imagen 23. Partes del sistema de tracción y potencia.	72
Imagen 24. Proceso de laminación.	73
Imagen 25. Superficie de contacto balón-rodillo.	73
Imagen 26. Rueda.	76
Imagen 27. Diagrama de cuerpo libre - rodillos	77
Imagen 28. Motor Eléctrico Armazón 56.	82
Imagen 29. Carcasa metálica para recubrimiento de motor.	83
Imagen 30. Motor eléctrico 1LA5.	84
Imagen 31. Componentes del subsistema de control (sin caja de protección).	85
Imagen 32. Variadores Invertex.	86
Imagen 33. Protección Variadores.	90
Imagen 34. Esquema configuración cables.	91
Imagen 35. Conduleta tipo LB.	92

Imagen 36. Conduleta tipo T.	92
Imagen 37. Caja redonda.	93
Imagen 38. Prensa estopa.	93
Imagen 39. Terminal.	94
Imagen 40. Coraza.	94
Imagen 41. Toma industrial 220V ext.	94
Imagen 42. Cableado Triplex 3x12 encauchetado.	95
Imagen 43. Partes subsistema estructural.	95
Imagen 44. Vista de ruedas con soporte serie M reforzada.	96
Imagen 45. Boceto piñón.	100
Imagen 46. Boceto cremallera.	101
Imagen 47. Dimensiones cremallera.	102
Imagen 48. Apriete tornillo de ajuste.	103
Imagen 49. Torque vs avance	103
Imagen 50. Traslación plataforma.	105
Imagen 51. Esfuerzo Von Mises plataforma.	106
Imagen 52. Factor de seguridad plataforma.	106
Imagen 53. Traslación cremallera.	107
Imagen 54. Esfuerzo Von Mises cremallera.	107
Imagen 55. Factor de seguridad cremallera.	108
Imagen 56. Fórmulas de esfuerzos.	109
Imagen 57. Dimensiones soldadura.	110
Imagen 58. Selección del electrodo.	110
Imagen 59. Distancia a los bordes.	114
Imagen 60. Borde unión atornillada.	115
Imagen 61. Factor de Longitud efectiva K..	115
Imagen 62. Conjunto estructural/Figuras del conjunto.	116

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Costos equipos.	37
Tabla 2. Datos técnicos de las maquinarias	38
Tabla 3. Parámetros según alternativas.	39
Tabla 4. Matriz QFD.	47
Tabla 5. Matriz TRIZ.	49
Tabla 6. Selección de alternativas.	60
Tabla 7. Evaluación de alternativas.	61
Tabla 8. Valores de los coeficientes de fricción.	74
Tabla 9. Especificaciones rueda impulsora.	76
Tabla 10. Resultados obtenidos.	81
Tabla 11. Motor eléctrico armazón 56.	82
Tabla 12. Motor eléctrico 1LA5.	84
Tabla 13. Especificaciones técnicas variadores de frecuencia Invertek.	87
Tabla 14. Dimensiones mecánicas y de montaje.	87
Tabla 15. Dimensiones caja sobreponer.	90
Tabla 16. Componentes red eléctrica.	92
Tabla 17. Ruedas con soporte serie M reforzada.	96
Tabla 18. Factores de Seguridad.	97
Tabla 19. Valores de entrada estimados.	97
Tabla 20. Especificaciones del piñón.	99
Tabla 21. Datos piñón.	99
Tabla 22. Datos piñón.	100
Tabla 23. Datos de cremallera.	100
Tabla 24. Especificaciones cremallera.	102
Tabla 25. Torque teórico mano humana.	104
Tabla 26. Torque en tornillos.	104
Tabla 27. Resultados simulación plataforma.	106
Tabla 28. Resultados simulación cremallera.	108
Tabla 29. Tamaños mínimos de soldadura en filetes.	112
Tabla 30. Valores nominales del límite elástico.	113
Tabla 31. Datos conjunto estructural.	117
Tabla 32. Valores área de la figura.	118
Tabla 33. Valores Momento de inercia en X.	118
Tabla 34. Valores momento de inercia en Y.	119
Tabla 35. Resultados figura 1.	120

Tabla 36. Resultados figura 2.	120
Tabla 37. Resultados figura 3.	120
Tabla 38. Costos materiales estructura.	179
Tabla 39. Costos subsistema elevación.	179
Tabla 40. Costos con lámina 20mm.	180
Tabla 41. Costos con lámina 10mm.	180
Tabla 42. Costos subsistema rotación/inclinación.	181
Tabla 43. Costos potencia/tracción.	181
Tabla 44. Componentes Montaje electrico	181
Tabla 45. Costos procesos de fabricación e ingeniería.	182
Tabla 46. Costos soldadura.	182
Tabla 47. Costos totales.	183
Tabla 48. Costos máquinas con valor agregado.	183
Tabla 49. Comparativo costos máquina.	183

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Planos.	194
Anexo B. Reglas FIVB-Volleyball.	195
Anexo C. Bandas elevadores.	196
Anexo D. Motores Siemens.	197
Anexo E. Manual Usuario Invertek.	198

## LISTA DE FORMULAS

	pág.
Ecuación 1. Peso de la carga.	65
Ecuación 2. Flujo del material transportado.	65
Ecuación 3. Potencia de desplazamiento.	66
Ecuación 4. Tensión máxima de la banda.	66
Ecuación 5. Suma de torques.	68
Ecuación 6. Torque generado por Fuerza de fricción.	69
Ecuación 7. Sumatoria de fuerzas en x.	70
Ecuación 8. Velocidad Final.	70
Ecuación 9. Proceso de laminación.	74
Ecuación 10. Radio rodillos.	75
Ecuación 11. Longitud de contacto.	76
Ecuación 12. Potencia mecánica.	77
Ecuación 13. Normal.	78
Ecuación 14. Fuerza de fricción.	78
Ecuación 15. Velocidad tangencial.	79
Ecuación 16. Velocidades de traslación + rotación.	79
Ecuación 17. Fuerza centrípeta.	80
Ecuación 18. Fuerza centrífuga.	80
Ecuación 19. Momento.	80
Ecuación 20. Momento de inercia.	81
Ecuación 21. Potencia de accionamiento del motor.	83
Ecuación 22. Fuerza tangencial real-vertical.	98
Ecuación 23. Fuerza tangencial corregida-vertical.	98
Ecuación 24. Número de dientes.	101
Ecuación 25. Avance.	102
Ecuación 26. Esfuerzo cortantes directo.	109
Ecuación 27. Flexión.	109
Ecuación 28. Carga máxima de la soldadura.	110
Ecuación 29. Carga por pulgada de la soldadura.	110
Ecuación 30. Dimensión garganta.	111
Ecuación 31. Factor seguridad soldadura.	112
Ecuación 32. Resistencia a cortante.	113
Ecuación 33. Distancia a los bordes.	114
Ecuación 34. Área figura.	118
Ecuación 35. Momento de inercia en X.	118



Ecuación 36. Momento de inercia en Y.	119
Ecuación 37. Centro de gravedad Conjunto Estructural en X.	119
Ecuación 38. Centro de gravedad conjunto estructural en Y.	119
Ecuación 39. Momento de Inercia del centro de gravedad de la figura en ambos ejes.	120
Ecuación 40. Radio de giro mínimo de la sección transversal en ambos ejes.	121

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Reglamento oficial (Saques) 2017-2020.	26
Cuadro 2. Reglamento Oficial (Toques) 2017-2020.	29
Cuadro 3. Características de balones.	30
Cuadro 4. Requerimientos del cliente.	45
Cuadro 5. Requerimientos funcionales del diseño.	46
Cuadro 6. Resultados QFD-Cliente.	58
Cuadro 7. Resultados QFD-Diseño.	48
Cuadro 8. Resultados Matriz TRIZ.	50
Cuadro 9. Características tracción y potencia.	53
Cuadro 10. Características sistema de control.	53
Cuadro 11. Características sistema de alimentación.	54
Cuadro 12. Características estructura.	54
Cuadro 13. Características rotación-inclinación.	54
Cuadro 14. Características altura.	55
Cuadro 15. Características traslación.	55
Cuadro 16. Combinación de conceptos.	56
Cuadro 17. Boceto A.	57
Cuadro 18. Boceto B.	58
Cuadro 19. Boceto C.	59
Cuadro 20. Diseño conceptual.	62
Cuadro 21. Parámetros definitivos.	63
Cuadro 22. Partes subsistema de alimentación.	65
Cuadro 23. Sistema de carga elevador cangilones.	66
Cuadro 24. Condiciones del tambor.	67
Cuadro 25. Partes tracción y potencia.	72
Cuadro 26. Elementos subsistema de control.	85
Cuadro 27. ANSI-IEC 60529.	88
Cuadro 27. Elementos subsistema de control.	96
Cuadro 28. Partes Maquina lanzadora de balones voleibol.	122
Cuadro 29. Manual de mantenimiento.	170
Cuadro 31. Fallas.	177

## LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Diagrama de caja negra.	43
Diagrama 2. Modo funcional.	43
Diagrama 3. Diagrama FAST.	44
Diagrama 4. Flujo de Energía.	51
Diagrama 5. Flujo de energía en el accionamiento.	52
Diagrama 6. Generación de bocetos.	55
Diagrama 7. Plano inclinado (traslación-rotación).	68
Diagrama 8. Conexiones.	91
Diagrama 9. Diagrama de selección del módulo dentado.	98

## GLOSARIO

**CANGILONES:** es un recipiente de formas y tamaños para el transporte carga o elevación de elementos.<sup>1</sup>

**EFFECTO MAGNUS:** es el nombre dado al fenómeno físico por el cual la rotación de un objeto afecta la trayectoria del mismo a través de un fluido.<sup>2</sup>

**FLUJO DE ENERGÍA:** diagrama que permite catalogar los subsistemas de la máquina, en función a la transferencia de energía que se producirá al momento de encender la máquina

**QFD:** sus siglas significan Despliegue de la función de la calidad (Quality Function Deployment) en inglés y es una metodología usada en la ingeniería de la calidad para crear productos que se adapten las necesidades del usuario.<sup>3</sup>

**TOLVA GUÍA:** instrumento cuya función es evitar el contacto humano con los sistemas motrices de la máquina.

**TRIZ:** sus siglas significan Teoría para Resolver problemas de inventiva y es una mitología usada para la resolución de problemas e invención.<sup>4</sup>

**VARIADOR DE FRECUENCIA:** instrumento cuya función es controlar la velocidad rotacional de un motor.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> ECURED. Transportador de cangilones. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Transportador\\_de\\_cangilones](https://www.ecured.cu/Transportador_de_cangilones) [En línea]. [Consultado 28 de Noviembre 2019].

<sup>2</sup> Efecto Magnus. Disponible en <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/magnus/magnus.htm> [En línea]. [Consultado 2 de Noviembre 2019].

<sup>3</sup> PDCA. Despliegue de la función calidad (QFD): Guía de uso. Para qué sirve el QFD y cómo realizarlo Disponible en: <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/> [En línea]. [Consultado 2 de Noviembre 2019].

<sup>4</sup> ASOCIACIÓN MADRILEÑA DE CALIDAD ASISTENCIAL. Metodología TRIZ para la creatividad e innovación. Disponible en: [http://www.calidadasistencial.es/images/gestion\\_soc/documentos/199.pdf](http://www.calidadasistencial.es/images/gestion_soc/documentos/199.pdf) [En línea]. [Consultado 29 de Noviembre 2019].

<sup>5</sup> ABB. Qué es un variador de frecuencia: Definición, cómo funciona, características y ventajas. Disponible en: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador> [En línea]. [Consultado 29 de Noviembre 2019].

## RESUMEN

Como objetivo principal del proyecto fue diseñar una máquina lanzadora de balones de voleibol para entrenamiento en prácticas deportivas en la Fundación Universidad de América. Para esto se realizó un análisis del mundo del voleibol, como historia, reglamentos, tipos de lanzamientos y la física involucrada en estos lanzamientos, además de mencionar selecciones a nivel mundial que han implementado este tipo de máquinas en sus entrenamientos y así mismo mencionar los tipos de máquinas que actualmente se encuentran en el mercado, con esto se detallan las especificaciones técnicas y precios de cada una de éstas. A partir de esto se toma de referencia el modo funcional de estos equipos para plantear los parámetros de diseño según los requerimientos y necesidades del equipo de voleibol de la Fundación Universidad de América.

Se plantearon varios parámetros de diseño seleccionados del modo funcional de las máquinas existentes y basados en las necesidades actuales y por medio de un diagrama de caja negra se determinó así el modo funcional de la máquina, los requerimientos claves de la máquina fueron evaluados mediante método TRIZ que permitió dar entrada a un diagrama de flujo para establecer los sistemas y subsistemas de la máquina para cada uno de estos se evaluaron tres tipos de componentes, que fueron evaluados en una combinatoria de bocetos para luego evaluarlos e implementar los demás componentes al diseño, con esto se procedió a realizar el diseño detallado de la máquina. Con los componentes determinados de cada uno de los sistemas de la máquina se realizaron los correspondientes cálculos que llevaron bien sea a una selección de componente o a un modelamiento, esto con el fin de realizar los planos de fabricación, determina el elemento crítico de la máquina y realizar las simulaciones de esfuerzos, desplazamientos y reacciones en la estructura.

Una vez se realizó el diseño detallado de la máquina, se elaboraron los correspondientes manuales de montaje e instalación en donde se detalla el armado y ensamble de cada uno de los sistemas, operación que guía al usuario al correcto uso de la máquina y finalmente el de mantenimiento donde se detalla la ficha técnica de la máquina y el manual de inspecciones de cada uno de los componentes que se resume en una tabla de fallas. Para finalizar la fase de diseño se realizó un presupuesto total de la máquina involucrando costos de materiales, fabricación e ingeniería, analizando y comparando el costo total del proyecto con las máquinas existentes en el mercado.

Palabras claves: Lanzador de Balones, Elevador de Cangilones, Voleibol.

## INTRODUCCION

En la actualidad la Fundación Universidad de América cuenta con diferentes campos de esparcimiento estudiantil que permite desarrollar destrezas tanto intelectuales como deportivas, por tal motivo el interés de que sus selecciones destaquen en competencias como en el torneo de estudiantes grupo cerros, que convoca estudiantes de universidades para que compitan en diferentes deportes, competencias en las cuales las selecciones de la Universidad se han destacado y sobre todo la selección de voleibol tanto femenina como masculina logrando así en dichas competencias buenos resultados, posicionándose en los primeros puestos.

Hoy en día la Fundación Universidad de América cuenta con una cancha exclusivamente para prácticas de Voleibol, que se encuentra al aire libre. Adicionalmente el desarrollo de estas prácticas cuenta con un entrenador que orienta las sesiones de entrenamiento, el interés del cuerpo de estudiantes de pertenecer al equipo ha aumentado y cada vez hay más personas interesadas en pertenecer al equipo de voleibol, lo que hace que en las sesiones de entrenamiento se pierda tiempo en la organización y saque de balones y se descuide la táctica y estrategia del equipo.

El planteamiento de este proyecto se basa en lo anteriormente mencionado y se estructura a partir del grupo de investigación del semillero de Automatización, que propone brindar una máquina que genere los lanzamientos requeridos en estas prácticas, que sea sencilla de operar y cuente con todos los requerimientos técnicos funcionales y de diseño. Es necesario para la Universidad como para los estudiantes la implementación de esta máquina, pues brindará un confort en la practicas y además se hará llamativo para que más estudiantes se unan al equipo, que aunque no es el único deporte que brinda la Universidad, es uno en los que más se destaca en las competencias externas.

Además se va innovar en el ámbito Universitario implementado una máquina lanzadora de balones en las prácticas deportivas, pues hasta el momento no se tiene un registro que alguna otra Universidad cuente con estas máquinas, y se brindará una solución al problema de aprovechamiento máximo del tiempo en las sesiones, simulando lanzamiento de juego real específicamente en el voleibol.

El proyecto contempla como objetivo general diseñar una máquina lanzadora de balones de voleibol para prácticas deportivas en la Fundación Universidad de América, así mismo este objetivo se desarrollará en base a los siguientes objetivos específicos que son:

- Revisar los tipos de máquinas lanzadoras de balones de voleibol para el planteamiento de alternativas de diseño y modo funcional de la máquina.

- Realizar el Diseño conceptual de la máquina y la evaluación de alternativas para la selección de la mejor propuesta.
- Diseñar detalladamente la máquina lanzadora de balones seleccionada, según los parámetros evaluados.
- Elaborar los manuales de operación, montaje e instalación y mantenimiento.
- Realizar el presupuesto total analizando los costos del proyecto.

Finalmente, el proyecto se concentrará en el diseño detallado de la máquina lanzadora de balones, dejando así los planos de fabricación, presupuesto total y recomendaciones de procesos de fabricación para sus piezas, que darán entrada para el desarrollo y construcción de la misma para ser implementada en las prácticas deportivas.

# 1. VOLEIBOL, ESTADO ACTUAL Y MAQUINAS LANZADORAS

## 1.1 GENERALIDADES

El Voleibol contempla una variedad de disciplinas y elementos a practicar para el desarrollo adecuado del deporte. En este proyecto se hará énfasis en la generación de saques para la práctica de recepción de los mismos.

Para entender las necesidades y las condiciones que se debe generar en cada uno de los lanzamientos, se expresará un resumen de la historia, tácticas y el reglamento general de este deporte.

## 1.2 MUNDO DEL VOLEIBOL

Este deporte es muy popular a nivel mundial y tiene la particularidad de que tanto equipos femeninos como masculinos tienen una fanaticada similar; esto no pasa en la mayoría de los deportes más conocidos, donde se enfatiza más en las categorías masculinas.

Básicamente se juegan partidos entre dos equipos conformados por 6 personas cada uno y en campos separados por una red que varía su altura dependiendo al nivel de la competencia y los equipos (femenino – masculino). Se generan puntos al rematar el balón en campo contrario o por errores del equipo enfrentado. Como en todo deporte, se tiene un ente regulador encargado de organizar, regular y tomar decisiones sobre acciones particulares de todos los relacionados con el deporte, en este caso la FIVB (Federación Internacional de Voleibol) es la encargada de ejercer orden a nivel mundial.

Imagen 1. Congreso FIVB 2018, Cancún, México.



Fuente: FIVB. Congress 2018. Disponible en: <https://www.fivb.com/congress2018> [En línea]. [Consultado 1 de Julio 2019].



**1.2.1 Historia.** El vóleibol fue creado en 1895 por William G. Morgan. Él era entonces director de educación física en el Ymca de Holyoke, en el estado de Massachusetts, y había establecido, desarrollado y dirigido un vasto programa de ejercicios y de clases deportivas masculinas para adultos.

El tenis se presentó en primer lugar ante mí, pero precisaba raquetas, pelotas, una red y demás equipo. De esta manera, fue descartado. Sin embargo, la idea de una red parecía buena. La elevamos alrededor de 6 pies y 6 pulgadas del suelo, es decir, justo por encima de la cabeza de un hombre medio. Debíamos tener un balón y entre aquellos que habíamos probado, teníamos la vejiga (cámara) del balón de baloncesto. Pero se reveló demasiado ligero y demasiado lento; entonces probamos con el balón de baloncesto, mismo, pero era demasiado grande y demasiado pesado. De esta manera nos vimos obligados a hacer construir un balón de cuero con la cámara de caucho que pesara entre 9 u 12 onzas.<sup>6</sup>

Imagen 2. Willian G Morgan.



Fuente: INTERNATIONAL VOLLEYBALL HALL OF FAME. SportsEngine. William G Morgan – Father of volleyball. Disponible en: <https://www.volleyhall.org/page/show/3821592-william-g-morgan-father-of-volleyball> [En línea]. [Consultado 2 de Julio 2019].

---

<sup>6</sup> INTERNATIONAL VOLLEYBALL HALL OF FAME. SportsEngine. William G Morgan – Father of volleyball. Disponible en: <https://www.volleyhall.org/page/show/3821592-william-g-morgan-father-of-volleyball> [En línea]. [Consultado 2 de Julio 2019].

Los primeros campeonatos nacionales de voleibol tuvieron lugar en los Estados Unidos en 1922, y es en 1928 cuando se crea el USVA: la United States Volleyball Association. En 1938 se establecieron unos contactos internacionales entre Polonia y Francia. Desgraciadamente, la Segunda Guerra Mundial interrumpió las entrevistas. Solamente a finales de 1945 fue posible establecer nuevas relaciones. Se decidió organizar un Congreso Constitutivo en París para 1947... Las 13 Federaciones presentes en este Congreso establecieron los estatutos y reglamentos de las Federación Internacional de Voleibol, y pusieron en concordancia las reglas de juego americanas y europeas. El primer Campeonato de Europa tuvo lugar en Roma en 1948, y el primer Campeonato del Mundo en Praga en 1949.<sup>7</sup>

El voleibol fue reconocido como deporte olímpico en el año de 1964 y hasta la fecha es uno de los deportes que más llama la atención de los espectadores y seguidores de los juegos olímpicos.

**1.2.2 Reglamento del voleibol.** El reglamento del voleibol es amplio pero se hará énfasis en el reglamento de los lanzamientos y la recepción de estos.

Cuadro 1. Reglamento oficial (Saques) 2017-2020.

<b>1.</b>	<b>Saque</b>
El saque es el acto de poner en juego el balón por el jugador zaguero derecho, ubicado en la zona de saque.	
<b>1.1.</b>	<b>Primer saque en un set</b>
1.1.1. El primer saque del primer set, como también el del decisivo 5to set, lo realiza el equipo determinado por el sorteo.	
1.1.2. Los demás sets comenzaran con el saque realizado por el equipo que no efectuó el primer saque en el set anterior.	
<b>1.2.</b>	<b>Orden de saque</b>
1.2.1. Los jugadores deben seguir el orden del saque registrado en la ficha de posiciones.	
1.2.2. Después del primer saque en el set, el jugador que saca se determina como sigue:	
1.2.2.1. Cuando el equipo sacador gana la jugada, saca de nuevo el jugador que efectuó el saque anterior (o su sustituto).	
1.2.2.2. Cuando el equipo receptor gana la jugada, obtiene el derecho de sacar y efectúa una rotación antes de sacar. El saque será realizado por el jugador que pasa de delantero derecho a zaguero derecho.	
<b>1.3.</b>	<b>Autorización para el saque</b>
El primer árbitro autoriza el saque después de verificar que los dos equipos están listo para jugar y el sacador está en posesión del balón.	

<sup>7</sup> FEDERACIÓN CHILENA DE VOLEIBOL. Historia del voleibol. Disponible en [http://www.fevochi.cl/?page\\_id=12](http://www.fevochi.cl/?page_id=12) [En línea]. [Consultado 4 Julio 2019].

Cuadro 1 (Continuación):

1.4.	<b>Ejecución del saque</b>
1.4.1.	El balón debe ser golpeado con una mano o cualquier parte del brazo después de ser lanzado o soltado de la/s mano/s.
1.4.2.	Se permite solo un lanzamiento al aire del balón. Se permite mover el balón de una mano a otra o hacerlo botar en el piso.
1.4.3.	Al momento de golpear el balón o elevarse para ejecutar un saque en salto, el/la sacador/a no puede tocar la cancha (línea de fondo incluida) o el terreno fuera de la zona de saque. Después de golpear el balón, él/ella puede pisar o caer fuera de la zona de saque, o dentro del campo.
1.4.4.	El sacador debe golpear el balón dentro de los 8 segundos siguientes al toque del silbato del primer árbitro para el saque.
1.4.5.	Un saque efectuado antes del toque del silbato del árbitro es nulo y debe repetirse.

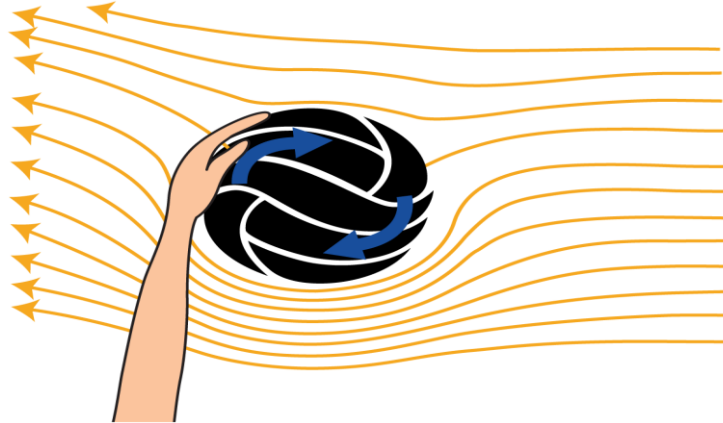
Fuente: elaboración propia con base en: FIVB. Volleyball Rules. Disponible en: [http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball\\_Rules\\_2017-2020-SP-v01.pdf](http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball_Rules_2017-2020-SP-v01.pdf) [En línea] P.31-32 [Consultado el 5 de Julio de 2019]

**1.2.3 Tácticas de saque.** Hay una gran variedad de estilos que se pueden adoptar para generar saques en el voleibol y son permitidas en cualquier competición. La variación de estos saques se divide en el movimiento del atleta, si se mantiene estacionario o si genera alguna elevación adicional saltando antes de rematar el balón; además de esto, hay variación en los golpes al balón, donde se le puede dar rotación a este o se le imprime un golpe “seco” donde el balón no lleva ningún efecto ni rotación sino se mantiene estático en su viaje al campo contrario.

**1.2.3.1 Efecto Magnus (hacia adelante).** Este efecto describe un movimiento del balón con rotación la cual se imprime para generar movimientos con caída de altura a gran velocidad.

Una vez que se impacta el balón, el movimiento inicial se describe lineal pero más adelante se genera una caída drástica de altura en su viaje por el fluido (aire). Se puede asimilar a un movimiento parabólico.

Imagen 3. Golpeo del balón con rotación hacia adelante.



Fuente: VOLEY POR EL MUNDO. Efecto Magnus en voleibol y vóley playa ¿Cómo utilizar la física a nuestro favor? Disponible en: <https://voleyporelmundo.com/2015/11/02/efecto-magnus-en-voleibol-y-voley-playa-como-utilizar-la-fisica-a-nuestro-favor/> [En línea]. [Consultado 10 de Julio de 2019.]

**1.2.3.2 Efecto Magnus (hacia atrás).** Contrario al movimiento anterior, la finalidad de este efecto es aumentar la altura entre piso y balón mientras viaja por el fluido (aire). Se describe un movimiento lineal en el inicio del recorrido y posteriormente va tomando mayor altura.

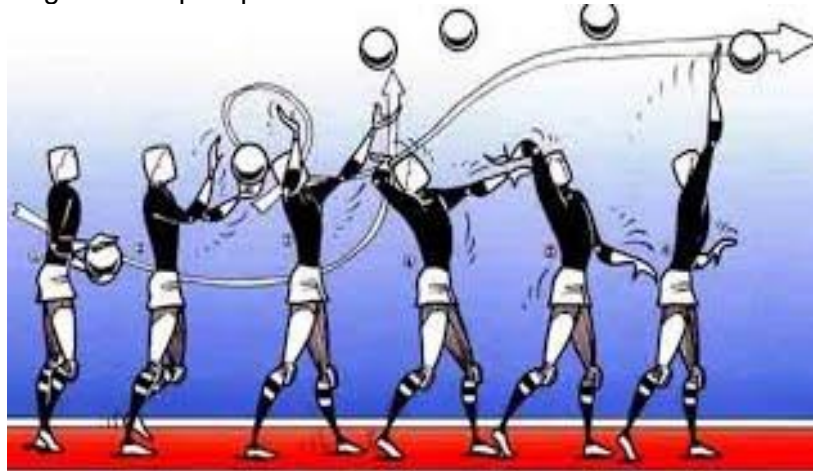
Imagen 4. Golpeo del balón con rotación hacia atrás.



Fuente: Elaboración propia con base en: VOLEY POR EL MUNDO. Efecto Magnus en voleibol y vóley playa ¿Cómo utilizar la física a nuestro favor? Disponible en: <https://voleyporelmundo.com/2015/11/02/efecto-magnus-en-voleibol-y-voley-playa-como-utilizar-la-fisica-a-nuestro-favor/> [En línea]. [Consultado 10 de Julio de 2019].

**1.2.3.3 Golpe seco.** Este saque es el más sencillo en la práctica puesto que no se debe generar ningún tipo de rotación al balón, sino por el contrario el golpe que se le imprime al balón debe ser puntual. El movimiento que describe este tipo de “efecto”, es completamente recto.

Imagen 5. Saque tipo Tennis.



Fuente: VOLEY EN LA ENSEÑANZA MEDIA. Técnica de saque. Disponible en: <https://sites.google.com/site/voleibolenlaensenanzamedia/tecnica-de-saque> [En línea]. [Consultado 11 de Julio 2019].

Esta información es importante puesto que la maquina lanzadora de balones de voleibol que se diseñara, debe lograr generar lanzamientos con características similares y constantes en cada uno de los saques que realice.

**1.1.4 Recepción de saques.** Cada práctica de voleibol en todo el mundo invierte gran tiempo en la recepción de saques debido a que es un factor de vital importancia para el buen desarrollo de los partidos. Al no recepcionar bien se limitara la respuesta para enviar el balón de vuelta al contrario y se generaría gran pérdida de puntos para el equipo en cuestión.

Es de conocimiento para los involucrados con el voleibol, que actualmente se puede dar recepción del balón no solo con las manos y brazos sino que también se permite la recepción con piernas y pies. Esto género que este deporte fuera mucho más dinámico pues habían recepciones casi imposibles de alcanzar con los brazos y que si pueden ser realizadas con las extremidades inferiores.

Partiendo de estos se tienen algunas normas sobre estas recepciones:

Cuadro 2. Reglamento Oficial (Toques) 2017-2020.

2.	Características del toque
2.1.	El balón puede tocar cualquier parte del cuerpo.
2.2.	El balón no puede ser retenido ni lanzado. Puede rebotar en cualquier dirección.

Cuadro 2 (Continuación):

<p>2.3. El balón puede tocar varias partes del cuerpo, a condición que los contactos sean realizados simultáneamente.</p> <p><b>EXCEPCIONES:</b></p> <p>2.3.1. Durante el bloqueo se permiten contactos consecutivos entre uno o más jugadores a condición que los contactos ocurran en una misma acción. 2.3.2. En el primer toque del equipo el balón puede hacer contacto consecutivamente con varias partes del cuerpo, siempre que los contactos sean realizados durante una misma acción.</p>
---

Fuente: elaboración propia con base en: FIVB. Volleybal Rules. Disponible en: [http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball\\_Rules\\_2017-2020-SP-v01.pdf](http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball_Rules_2017-2020-SP-v01.pdf) [En línea] P.28-29 [Consultado el 12 de Julio de 2019].

**1.1.5 Características de los balones.** La FIVB en su reglamento da a conocer las características de los balones para la competencia:

Cuadro 3. Características de balones.

3.	Balones
<ol style="list-style-type: none"><li>1. El balón debe ser esférico, hecho en una cubierta de cuero flexible o cuero sintético, con una cámara de caucho o material similar en su interior.</li><li>2. Su color puede ser uniforme y claro, o una combinación de colores.</li><li>3. El material de cuero sintético y la combinación de colores de los balones usados en Competencias Oficiales Internacionales, debe cumplir con los requisitos de la FIVB.</li><li>4. Su circunferencia es de 65-67 cm y su peso es de 260-280 g.</li><li>5. Su presión interior debe ser de 0.30-0.325kg/cm<sup>2</sup> (4.26 a 4.61 psi) 294.3 a 318.82 mbar o hPa).</li></ol>	

Fuente: elaboración propia con base en: FIVB. Volleybal Rules. Disponible en: [http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball\\_Rules\\_2017-2020-SP-v01.pdf](http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball_Rules_2017-2020-SP-v01.pdf) [En línea] P.28-29 [Consultado el 12 de Julio de 2019].

### 1.3. IMPLEMENTACIÓN DE MÁQUINAS

En la actualidad las selecciones nacionales y los equipos universitarios que se presentan en competencias de alto rendimiento a nivel mundial, han optado por el uso de estas máquinas, se tienen ejemplos puntuales como:

**1.3.1 Argentina.** En el año 2007 el entrenador encargado de la selección Argentina, Jon Uriarte notó que la recepción de saques era muy complicada para los jugadores al llevar una velocidad de 95km/h, por tal motivo por iniciativa de él mismo, solicitó a la FeVA la adquisición de una máquina para generación de saques que superaran esta velocidad y así entrenar a un nivel mayor a sus jugadores; Esto se hizo realidad y la Federación Argentina de Voleibol adquirió una de las Sport Attack Machine.

“El técnico de la Selección argentina, Jon Uriarte, detectó que cuando el saque pasa los 95 km/h, la recepción resulta un gran problema para puntas y líberos. Por esto, se incorporó una máquina que, graduándola y con ciertos efectos, alcanza saques de 130 km/h”.<sup>8</sup>

En la actualidad esta noticia no se presenta completa en el sitio WEB, pero la página de la FeVA amplió la información con una publicación el mismo día, el cual titula “Una máquina de saque en Argentina” donde, se especifica el tipo de máquina y algunas características de esta:

La FeVA adquirió para esta temporada la máquina, denominada Sports Attack Machine. Este modelo, el V1, se especializa en distintos tipos de saque y ataque, pero específicamente se utiliza para la práctica de la recepción con saque de potencia. La V1 saca a un promedio de 120 kilómetros por hora. Luego de la evaluación que realizó el cuerpo técnico nacional, con un radar de saque que calculó la velocidad de la pelota en el nivel internacional, la FeVA tomó la decisión de intervenir en el tema e invertir en el futuro.<sup>9</sup>

**1.3.2 Perú.** La selección Peruana de Voleibol en el año de 2014 adquirió la Sport Attack Machine para el entrenamiento de las selecciones mayores tanto femenina como masculina; en este año la entrenadora Natalia Málaga fue una de las más beneficiadas con la compra de esta máquina. Ella era la encargada de generar los lanzamientos mientras que sus jugadores daban recepción de estos.

“Esta máquina especializada lanza balones a la cancha en diferentes ángulos y, además, les imprime diversas velocidades y efectos. La idea de tener esta tecnología en los entrenamientos es que nuestras seleccionadas nacionales trabajen los fundamentos de la defensa y la recepción.” Publicó en Facebook la entrenadora, junto con una foto de la máquina.

El Comercio Perú en su noticia “Robot reemplaza a Natalia Málaga en entrenamiento de Perú” publicada el 10 de Abril de 2014, agrega: “De esta manera, Perú se suma a una larga lista de países en los que ya se trabaja con la Attack Volleyball Machine como Brasil, USA, Rusia, Francia, Turquía, entre otros”.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> CLARÍN. Con tecnología es más fácil. Disponible en: [https://www.clarin.com/deportes/tecnologia-facil\\_0\\_S1elw7ly0Kx.html](https://www.clarin.com/deportes/tecnologia-facil_0_S1elw7ly0Kx.html) [En Línea]. [Consultado 15 de Julio 2019]

<sup>9</sup> FEVA. Una máquina de saque en Argentina. Disponible en: [http://www.feva.org.ar/noticias/muestra\\_noticia.php?categoria=categoria\\_informacion\\_general&id=324](http://www.feva.org.ar/noticias/muestra_noticia.php?categoria=categoria_informacion_general&id=324) [En Línea]. [Consultado 15 de Julio de 2019].

<sup>10</sup> EL COMERCIO PERÚ. Robot reemplaza a Natalia Málaga en entrenamientos de Perú. Disponible en: <https://elcomercio.pe/deporte-total/voley/robot-reemplaza-natalia-malaga-entrenamientos-peru-308662> [En Línea]. [Consultado 17 de Julio 2019].

Imagen 6. Selección peruana con máquina lanzadora de balones.



Fuente: EL BOCÓN. Máquina reemplaza a Natalia Málaga en la selección nacional de vóley. Disponible en: <https://elbocon.pe/otros-deportes/voley/maquina-reemplaza-a-natalia-malaga-en-la-seleccion-nacional-de-voley-80540/> [En Línea]. [Consultado 19 de Septiembre 2019].

**1.3.3 Colombia.** El país ha alcanzado un nivel deportivo muy alto en este deporte, y ha tenido actuaciones memorables como por el ejemplo el triunfo reciente contra la selección brasileña femenina (una potencia en esta disciplina), en los juegos panamericanos de Lima 2019 y posterior medalla de plata en esta competición, lo que es un logro histórico porque jamás se había llegado a esta instancia con un equipo nacional de voleibol.

No hay registro de que los equipos nacionales utilizan este tipo de máquinas en sus entrenamientos; Hasta la fecha no se ha documentado ninguna noticia de esto, pero cabe la posibilidad de que actualmente se haga uso de estos lanzadores de balones debido al beneficio que proporcionan.

#### **1.4. MAQUINAS EN EL MERCADO ACTUAL**

Debido al crecimiento en la demanda de estos equipos, varias empresas productoras de maquinaria especializada han desarrollado diseños simples, precisos y potentes que cumplen con la simulación de escenarios reales de juego y que están a la venta para toda clase de público. Estas máquinas tienen diferentes mecanismos para la generación de lanzamientos, varían en potencia, almacenajes, mecanismos de graduación y algunos detalles en su estructura y ergonomía.

Las máquinas más destacadas que se comercializan en este momento son:  
Winshot 1500 – Winshot 800 – Línea Sports Attack – AirCat - S6638 SIBOASI.



### 1.4.1 Winshot 1500/Globus Corporation. Compañía italiana especializada en maquinaria de entrenamiento para voleibol.

Winshot 1500 es una máquina de entrenamiento para equipos de voleibol profesional. Permite disparos muy potentes desde diferentes alturas, con la máxima precisión y cada 2". Gracias al sistema de control de velocidad desarrollado por Globus, cada disparo puede repetirse sin perder precisión. Winshot 1500 puede simular de manera muy realista cualquier tipo de servicio, set y spike desde la 1ª y 2ª línea, en cualquier área de la cancha. La máquina tiene un alto poder de disparo: la velocidad de la bola puede alcanzar los 140 km/h tanto en el servicio de salto como en el ataque.<sup>11</sup>

Imagen 7. Winshot 1500 (Dos vistas).



Fuente: GLOBUS CORPORATION. Winshot 1500. Disponible en: <https://www.globuscorporation.com/en/product/winshot-1500/> [En Línea]. [Consultado 20 de Julio 2019].

Existen versiones con la misma potencia como la Winshot800 u otras versiones inferiores para entrenamiento a equipos semiprofesionales o amateur donde no se cuenta con un equipamiento de menor potencia en el funcionamiento de la máquina.

---

<sup>11</sup> Fuente: GLOBUS CORPORATION. Winshot 1500. Disponible en: <https://www.globuscorporation.com/en/product/winshot-1500/> [En Línea]. [Consultado 20 de Julio 2019]

**1.4.2 SportsAttack.** Esta línea es muy completa y contiene 4 diferentes maquinarias que se ajustan a las condiciones de cada uno de los clientes del equipo.

Llegamos a la conclusión de que, si bien nuestra máquina necesitaba poder proporcionar un punto de lanzamiento de bola bajo para el ajuste; era imperativo que también proporcionara un punto de lanzamiento por encima de la red mucho más alto para la replicación exacta de los servicios y los picos para los ejercicios de excavación. Además, para producir un salto importante, la máquina tenía que ofrecer giros superiores y flotadores controlados a alta velocidad que podían repetirse. Esto proporcionaría la muy necesaria repetición controlada para los simulacros de recepción de servicio. Era evidente lo importante que era la variabilidad para emparejar un juego similar al juego, por lo que la habilidad de cambiar instantáneamente la colocación de la pelota en la cancha también era crucial.<sup>12</sup>

Imagen 8. Línea SportsAttack.



Fuente: SPORTS ATTACK. Volleyball. Disponible en: <https://sportsattack.com/volleyball/> [En Línea]. [Consultado 21 de Julio 2019].

<sup>12</sup> SPORTS ATTACK. Volleyball. The story behind the design. Disponible en: <https://sportsattack.com/volleyball/> [En Línea]. [Consultado 21 de Julio 2019]

**1.4.3 Air Cat, lanzador tipo catapulta.** “Una maquina totalmente automática que pone balones de todas las maneras posibles: saques, colocaciones, ataques... y todo con un nuevo sistema totalmente automatizado, incluso con baterías de 8 horas de autonomía, que no desgasta los balones, como otras máquinas de ruedas.”<sup>13</sup>

Imagen 9. Air Cat (Dos vistas)



Fuente: TECNOVOLEY. AirCat. Maquina definitiva lanza balones. Disponible en: <https://tecnovoley.wordpress.com/2013/01/17/aircat-maquina-definitiva-lanza-balones/> [En línea]. [Consultado 25 Julio de 2019].

“La máquina es neumática, y puede funcionar tanto manual, con control remoto sin cable, o totalmente automática, y todo con un 100% de precisión en todas las ocasiones. Cuenta con unos railes de alimentación de balones, que combinados con algunos extras (como una red recoge balones) pueden hacer muy fácil el alimentar el aparato incluso desde la distancia.”<sup>14</sup>

La empresa que comercializa este producto es de Estados Unidos y la cotización del equipo se puede solicitar por medio de correo electrónico en la página web de la máquina.

<sup>13</sup> TECNOVOLEY. AirCat. Maquina definitiva lanza balones. Disponible en: <https://tecnovoley.wordpress.com/2013/01/17/aircat-maquina-definitiva-lanza-balones/> [En línea]. [Consultado 25 Julio de 2019]

<sup>14</sup> TECNOVOLEY. AirCat. Maquina definitiva lanza balones. Disponible en: <https://tecnovoley.wordpress.com/2013/01/17/aircat-maquina-definitiva-lanza-balones/> [En línea]. [Consultado 25 Julio de 2019]

#### 1.4.4 S6638 SIBOASI: dksportsbot.

Microcomputador multifunción con control remoto; El transmisor puede ajustar la elevación de la cabeza. Variedad de funciones de control remoto: trabajo / pausa, regulación de velocidad, regulación de frecuencia, bola flotante, giro, giro alrededor de bola. Usted puede cambiar cualquier configuración y a diferentes velocidades, frecuencia, ubicación, modo de combinación de giro del entrenamiento; Configuración de la máquina función de elevación, el máximo puede llegar a 2,9 metros. Colocación del transmisor de la máquina de lanzamiento: puede establecer el punto, el medio tiempo o toda la bola de la audiencia.<sup>15</sup>

Imagen 10. S6638 SIBOASI Machine.



Fuente: DKSPORTBOT. Máquina de práctica inteligente de voleibol S6638 SIBOASI a la venta. Disponible en: <http://m.ballmachine-es.com/volleyball-machine/s6638-siboasi-intelligent-volleyball-practice.html> [En línea]. [Consultado 30 de Julio 2019].

**1.4.5 Costos de equipos actuales.** La siguiente tabla muestra los costos de ocho (8) opciones de máquinas mostradas anteriormente. Estos costos están sujetos a cambios por las compañías que los ofrecen y no se tiene en cuenta el costo del envío puesto que este costo tiene gran variedad en el valor final por diversos factores, como son el tipo de transporte, la ciudad remitente y la rapidez del servicio.

<sup>15</sup> Fuente: DKSPORTBOT. Máquina de práctica inteligente de voleibol S6638 SIBOASI a la venta. Disponible en: <http://m.ballmachine-es.com/volleyball-machine/s6638-siboasi-intelligent-volleyball-practice.html> [En línea]. [Consultado 30 de Julio 2019].

Tabla 1. Costos equipos.

<b>Opción</b>	<b>Valor maquina</b>	<b>Costos de maquina (\$)</b>
Winshot 1500	\$4,950 (Dólar)	\$17'044.830
Winshot 800	\$3,299 (Euro)	\$11'359.776
Total Attack	\$3,999 (Dólar)	\$13'770.156
Attack	\$3,299 (Dólar)	\$11'359.776
Attack II	\$2,999 (Dólar)	\$10'326.756
Skill AtTack	\$1,299 (Dólar)	\$6'883.356
Air Cat	\$2,400 (Dólar)	\$8'264.160
S6638 SIBOA SI	\$6,884 (Dólar)	\$23'704.365

Fuente: elaboración propia con base en: GLOBUS CORPORATION. Winshot 1500. Disponible en: <https://www.globuscorporation.com/en/product/winshot-1500/> [En Línea]. [Consultado 01 de Agosto 2019] – ELKSPORT. Winshot 800. Disponible en: <https://elksport.com/globus-winshot-800> [En línea] [Consultado 01 de Agosto 2019] - SPORTS ATTACK. Volleyball. The story behind the design. Disponible en: <https://sportsattack.com/volleyball/> [En Línea]. [Consultado 01 de Agosto 2019] -

La tasa representativa de cambio de dólar y euro a peso colombiano se realizó el día 02 de septiembre 2019. Cabe resaltar que estos valores en pesos colombianos “\$” están en constante cambio.

#### 1.4.6 Especificaciones técnicas equipos actuales. Recopilación de datos de los equipos destacados:

Tabla 2. Datos técnicos de las maquinarias

Espec.	Maq.	Winshot1500	Winshot800	Total Attack	Attack	Attack II	Skill Attack	Air Cat	S6638 SIBOA SI
Velocidad Lanzamientos		10 -140km/h	10 -140km/h	10 - 144km/h	10 - 128km/h	10 - 112km/h	10 - 64km/h	No especi.	20 - 140km/h
Cobertura lanzamientos		Lado a lado	Lado a lado	Lado a lado	Lado a lado	Lado a lado	Mismo lado	Lado a lado	Lado a lado
Vel. Ajustable		Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Fuente de Energía		Batería	Batería	Toma corriente	Toma corriente	Toma corriente	Toma corriente	Batería	Toma corriente
Requerimiento Eléctrico		220V Batería (2x1)	220V Batería	110V y 220V	110V y 220V	110V y 220V	110V y 220V	220V Batería	110V y 240V
Duración Bater.		10h	8h	n/a	n/a	n/a	n/a	8h	n/a
Diámetro Rueda de Lanzamiento		No especificado	No especificado	10"	10"	10"	5"	n/a	No especi.
Alt. plataforma		No espec.	No espec.	95.25cm	91.44cm	60.96cm	n/a	n/a	n/a
Tablero de Mando		Digital con Memorias (5)	Análogo	Análogo	Análogo	Análogo	Análogo	Análogo Remoto	Remoto
Frecuencia lanzamientos		30Lanz/min	30Lanz/min	30Lanz/min	30Lanz/min	30Lanz/min	30Lanz/min	20Lanz/min	15Lanz/min
Dimens. (Alto "A"- Ancho "M"- Profundo "P")		2.5m "A" / 0.8m "M" / 1.35m "P"	2.5m "A" / 0.8m "M" / 1.15m "P"	2.18m- 3.22m "A" / 1.35m "P"	2.11m- 3.15m "A" / 1.27m "P"	2m-284m "A" / 1.19m "P"	1.83m "A" / 1m "P"	No especi.	2m-3.27m "A"

Fuente: Elaboración propia con base en: GLOBUS CORPORATION. Winshot 1500 Features. Disponible en: <https://www.globuscorporation.com/en/product/winshot-1500/> [En Línea] - GLOBUS CORPORATION. Winshot 800 Features. Disponible en: <https://www.globuscorporation.com/en/product/winshot-800/> [En Línea] - SPORTS ATTACK. Volleyball. The story behind the design. Disponible en: <https://sportsattack.com/volleyball/> [En Línea] - DKSPORTBOT. Máquina de práctica inteligente de voleibol S6638 SIBOASI a la venta. Disponible en: <http://m.ballmachine-es.com/volleyball-machine/s6638-siboasi-intelligent-volleyball-practice.html> [En línea] - AIRCAT. More reps means more wins with AirCath. Disponible en: <https://www.aircatvolleyball.com/aircat> [En línea] [Consultado 10 de Agosto 2019].

## 1.5 DETERMINACIÓN MODO FUNCIONAL

Según la variedad de máquinas lanzadoras de balones de voleibol presentada anteriormente, y con el fin de diseñar de una maquina similar y adecuada para la simulación de escenarios reales de juego con un costo menor a los equipos expuestos, se resaltan características como:

Tabla 3. Parámetros según alternativas.

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo/Valor</b>	<b>Unidades</b>
Velocidad lanzamiento	80-120	Km/h
Cobertura lanzamiento	Lado a lado	-
Efectos de lanzamiento	3	-
Mecanismo lanzador	Rodillos por fricción	-
Alimentación de energía	Batería/Toma corriente	-
Estructura	Móvil	-
Panel de control	Análogo	-
Frecuencia lanzamientos	15-30	Lanz/min

Fuente: elaboración propia.

Cabe aclarar que en el capítulo 2, se desarrollará una metodología TRIZ en donde se dividen los subsistemas de la máquina, se tendrán en cuenta los parámetros técnicos de las máquinas mencionadas, además de los requerimientos de la Fundación Universidad de América, estudiantes y profesores interesados, así mismo se definirán los parámetros finales del diseño; para finalmente desarrollar un boceto de la alternativa de diseño más adecuada.

## **2. PARÁMETROS, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

Este capítulo integra de manera secuencial el modo funcional de las máquinas lanzadoras que existen en el mercado con los requerimientos de diseño, integrándolos con métodos de diseño que permiten realizar un diseño metodológico acorde a las necesidades expresadas, se comienza planteando un diagrama de caja negra donde se busca generar soluciones a un requerimiento planteado y así mismo describir el modo funcional de la máquina en un diagrama que detalla el funcionamiento secuencial, y da la entrada a evaluación por matriz QFD que integra sus resultados con el métodos TRIZ para la obtención de resultados técnicos con esto y mediante flujos de energía, se establecen los sistemas y subsistemas así como la descripción de cada componente para generar bocetos donde se realiza una serie de combinaciones al diseño, para evaluarlos mediante una matriz de selección de conceptos que arroja el boceto a continuar y a este se le integran los demás sistemas evaluando así que alternativa es la mejor opción para cada sistema, finalmente se realiza un resumen detallado de cada sistema, componente y un modelo CAD de entrada.

### **2.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

En la actualidad el equipo de voleibol de la Universidad de América, cuenta con una cancha única para el desarrollo de sus prácticas deportivas bajo la dirección de un entrenador para ambas selecciones, sin embargo como se observó en el capítulo anterior la implementación de una máquina lanzadora brinda un plus a las practicas, es necesario tanto para La Universidad como para los integrantes de la selección que se implemente una máquina que realice los lanzamientos necesarios, para el aprovechamiento máximo del tiempo que dura la práctica.

### **2.2. PARÁMETROS TÉCNICOS DEL DISEÑO**

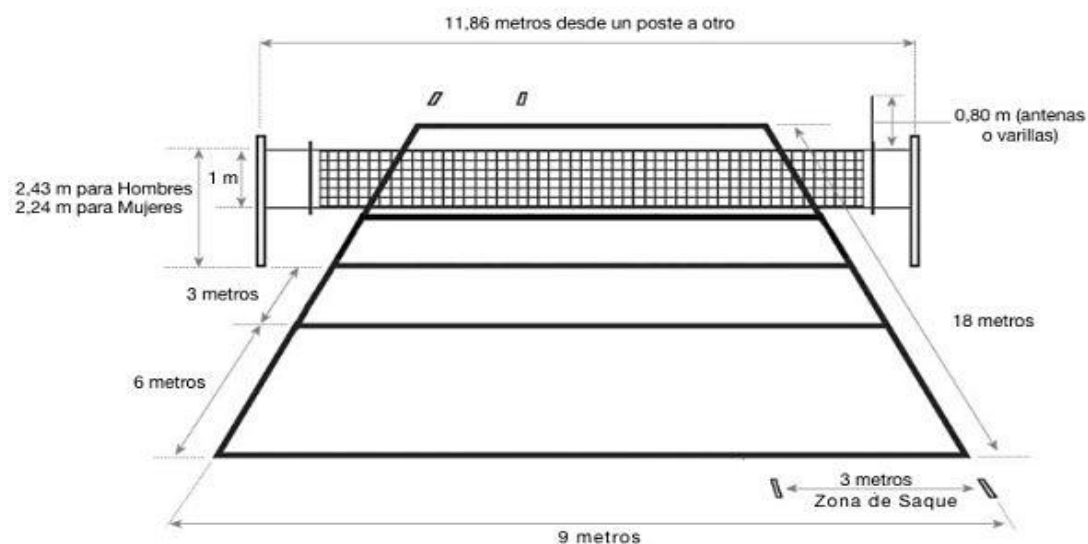
Se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Lanzamientos con posibilidad de hacer los 3 efectos: Magnus (hacia adelante/hacia atrás) y golpe seco.
- Velocidades de lanzamiento entre 80km/h a 120km/h.
- Mecanismo de rotación con 120° de libertad.
- Mecanismo de inclinación con 90° de libertad.
- Altura del aro lanzador mayor a la red (2.53m).
- Resistencia de la estructura a la intemperie.
- Plataforma con capacidad de carga de 140kg.
- Estructura desplazable.
- Sistema de frenado/anclaje para estabilidad en lanzamientos.
- Sistema de almacenaje de 15balones.



- Sistema semiautomático de alimentación al mecanismo lanzador (Ej, Elevador de cangilones).
- Frecuencias de lanzamiento con capacidad de 30 lanzamientos/minuto.
- Mando unificado para controlar el sistema de alimentación y el mecanismo lanzador.
- Capacidad de lanzamientos campo a campo en cancha de medidas reglamentaria.

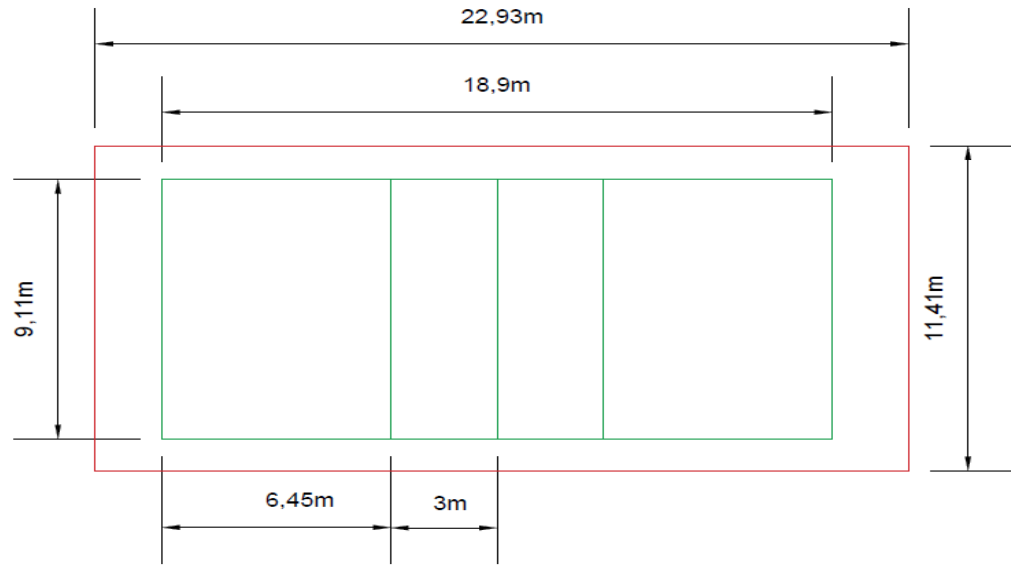
Imagen 11. Cancha reglamentaria.



Fuente: BALÓN DE VOLEIBOL. Cancha de voleibol y sus medidas. Disponible en: <https://www.balondevoleibol.com/medidas-de-la-cancha-de-voleibol/> [En línea]. [Consultado 13 de Septiembre de 2019].

La cancha de la Fundación Universidad de América tiene unas medidas un poco mayores a la reglamentaria, lo cual se debe tener en cuenta para la capacidad de la maquinaria al generar lanzamientos con la energía suficiente para cubrir lanzamientos de extremo a extremo.

Imagen 12. Plano cancha FUA.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 13. Cancha de Voleibol, Universidad de América, sede campus los cerros.

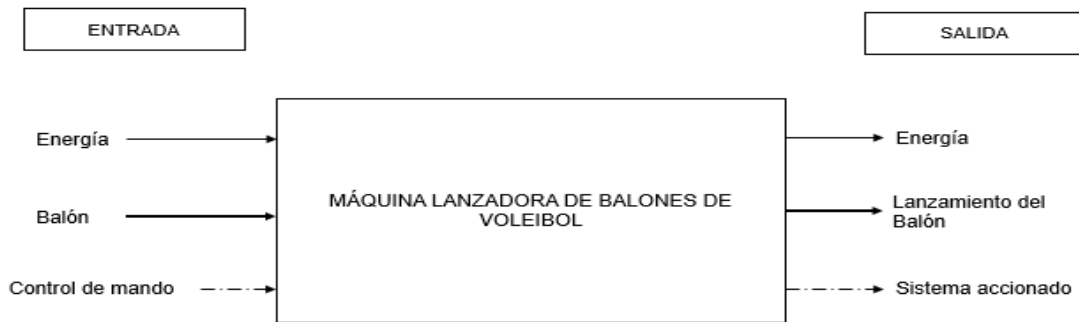


Fuente: elaboración propia.

### 2.3. DIAGRAMA DE CAJA NEGRA

A través de un diagrama de caja negra, se expone el modo funcional y los requerimientos del diseño en su primera fase, éste diagrama evidencia el modo funcional del sistema de la máquina.

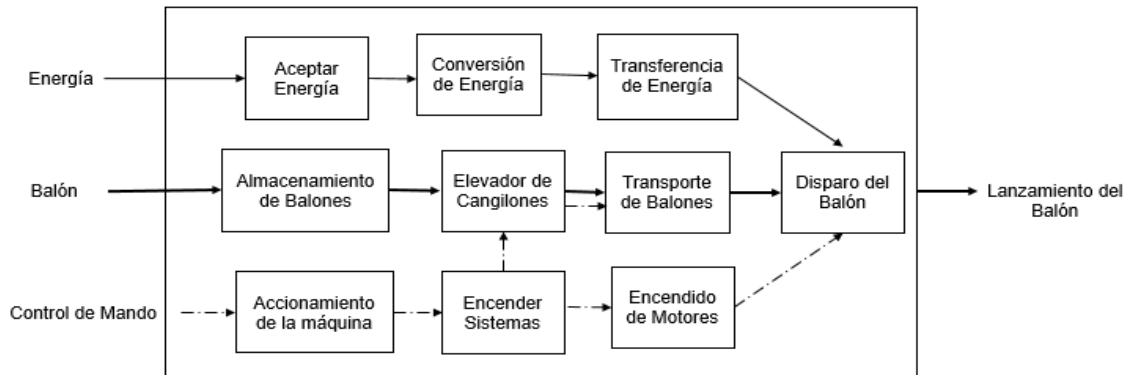
Diagrama 1. Diagrama de caja negra



Fuente: elaboración propia.

**2.3.1 Descripción del modo funcional.** A partir del diagrama de caja negra, se plantea de manera más específica el modo funcional de la máquina, donde se expone la secuencia de los sistemas principales de la máquina, cada uno con el mismo objetivo funcional.

Diagrama 2. Modo funcional.



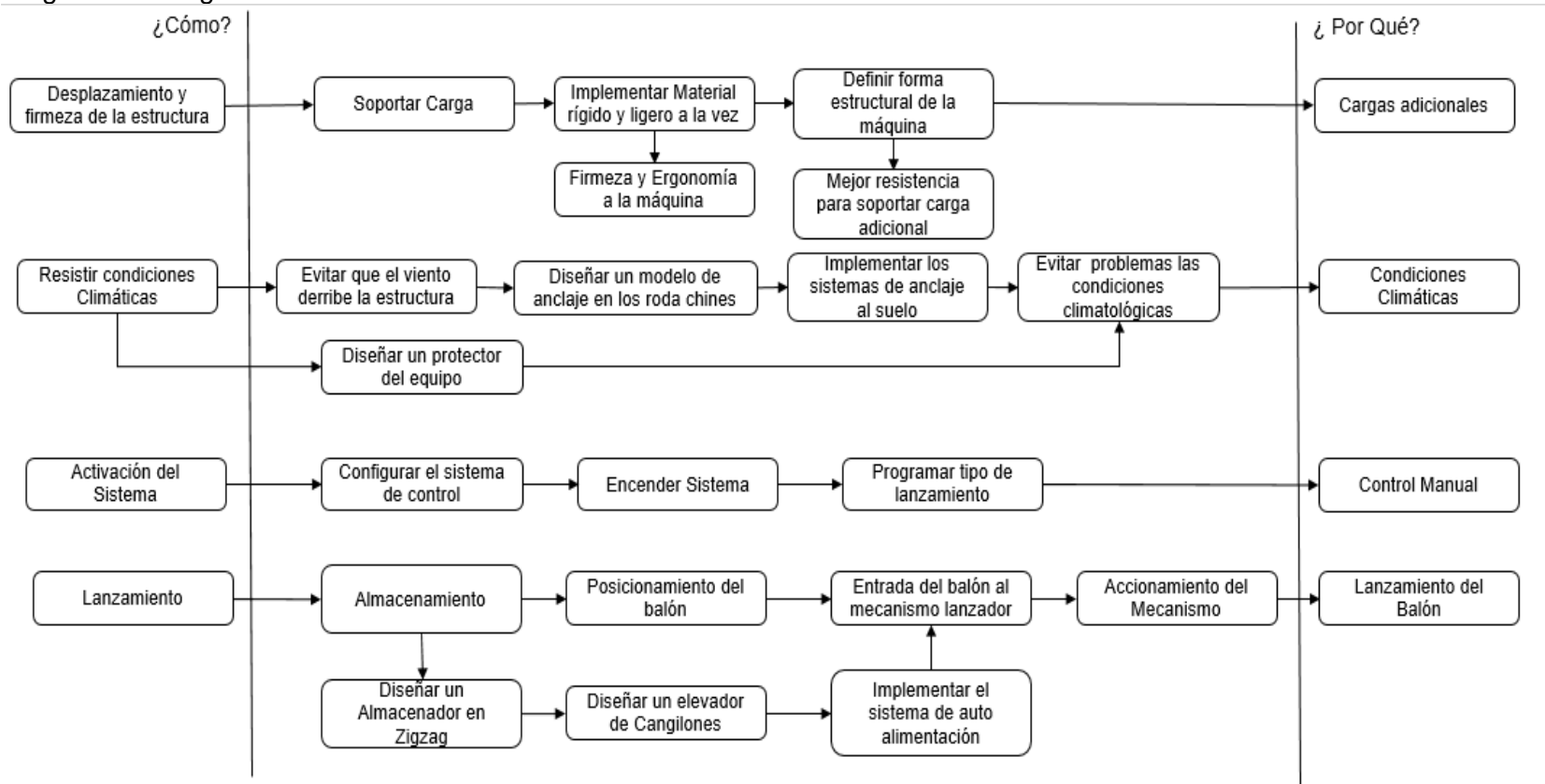
Fuente: elaboración propia.

### 2.4. MÉTODO TRIZ, GENERACIÓN DE BOCETOS

Para la implementación de la metodología TRIZ, esta contempla un paso a paso de parámetros y diagramas que orientan el proceso, el método TRIZ al poseer una versatilidad se puede combinar con otros métodos de diseño, en este caso se implementará con una matriz QFD pues ambas incluyen una metodología práctica.

**2.4.1 Diagrama FAST.** Como primer paso para el desarrollo de la metodología, se ha desarrollado el diagrama FAST, este nos permitirá identificar y desplegar gráficamente de manera secuencial las funciones de la máquina, basada en preguntas: ¿Cómo? Y ¿Por qué?, el diagrama se presenta a continuación:

Diagrama 3. Diagrama FAST.



Fuente: elaboración propia.

**2.4.2 Requerimientos funcionales del cliente.** De manera simultánea se realiza un análisis funcional de los requerimientos del cliente que serán evaluados mediante QFD, estos serán considerados por orden de relevancia cuando se esté ejecutando el diseño, estas funciones se catalogaron de la siguiente manera: Esenciales, relevantes e irrelevantes y no serán evaluados en QFD los que se consideren irrelevantes, como se muestra en el cuadro 4:

Cuadro 4. Requerimientos del cliente.

Datos del cliente	Requerimiento manifestado	Parámetros		
		Esenciales	Relevantes	Irrelevantes
Entrenador de Voleibol	Qué realice los diferentes tipos de lanzamiento (Efectos del balón)	X		
Equipo de Voleibol masculino	Qué sea segura para el usuario al momento de manipular	X		
Equipo de Voleibol femenino	Qué su Tablero de mando sea sencillo de operar		X	
	Qué posea una estructura ergonómica y resistente a las condiciones climatológicas	X		
	Qué cada uno de sus componentes sea de fácil manipulación		X	
	Qué tenga una línea de conexión a una toma de corriente directa o una batería duradera		X	
	Qué la Potencia generada por la máquina sea acorde a la necesidad planteada	X		
	Qué el lanzador alcance todos los puntos de la cancha		X	
	Qué tenga una baja inversión inicial	X		
	Qué tenga buena estética			X
	Qué tenga un almacenaje amplio de balones			X
	Qué tenga fácil acceso a la plataforma			X
	Qué no haga tanto ruido			X

Fuente: elaboración propia.

**2.4.3 Parámetros funcionales del diseño.** En base a los requerimientos planteados por parte del cliente se plantearon los requerimientos funcionales de la máquina, estos son los parámetros técnicos que fueron definidos como requerimientos del diseño y serán evaluados por QFD, para obtener los más importantes.

Cuadro 5. Requerimientos funcionales del diseño.

Funciones	Parámetro		
	Esenciales	Relevantes	Irrelevantes
Fácil control en el posicionamiento de altura, dirección e inclinación	X		
Eficiencia funcional de motores	X		
Capacidad en la batería	X		
Consumo energético bajo y funcional	X		
Resistencia de los materiales ante las condiciones del clima	X		
Rapidez en el lanzamiento de los balones, y en el sistema de cangilones	X		
Estructura ergonómica con módulo y plataforma resistente al peso.	X		
Facilidad de desplazamiento a diferentes puntos del terreno de juego		X	
Capacidad funcional para realizar lanzamientos en terrenos de proporciones reglamentarias		X	
Adecuación del espacio en la cancha, para ubicar la máquina		X	

Fuente: elaboración propia.

**2.4.4 Matriz QFD.** Para la realización de la matriz QFD, se tomaron en cuenta los parámetros que fueron considerados como esenciales y relevantes para su evaluación, como se muestra en cuadro 5, cabe resaltar que los parámetros considerados irrelevantes serán integrados al diseño final.

Tabla 4. Matriz QFD.

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO												Importancia para el usuario	Nuevo Diseño	Winshot 1500: Globus Corporation.	Total Attack	Objetivo Funcional	Ratio de Mejora	Argumento de Implementación	Ponderación absoluta	Ponderación Relativa	Orden de importancia
	Fácil control en el posicionamiento de altura, dirección e inclinación	Capacidad de realizar los lanzamientos con efecto •	Capacidad en la batería	Consumo energético bajo y funcional •	Resistencia de los materiales ante las condiciones del clima	Rapidez en el lanzamiento de los balones, y en el sistema de cangilones •	Estructura ergonómica con módulo y plataforma resistente al peso.	Facilidad de desplazamiento a diferentes puntos del terreno de juego •	Capacidad funcional para realizar lanzamientos en terrenos de proporciones reglamentarias •	Adecuación del espacio en la cancha, para ubicar la máquina												
Qué realice los diferentes tipos de lanzamiento (Efectos del balón) •	3	9	0	0	0	9	0	0	9	0	5	5	5	5	5	1.00	1.50	7.50	14.90	2		
Qué sea segura para el usuario al momento de manipular •	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	5	5	3	3	5	1.00	1.40	7.00	13.90	3		
Qué su Tablero de mando sea sencillo de operar •	0	9	0	0	0	3	0	0	0	0	4	5	1	5	3	1.67	1.30	8.67	17.21	1		
Qué posea una estructura ergonómica y resistente a las condiciones climatológicas	0	3	0	0	9	0	3	9	0	3	3	5	3	3	5	1.00	1.50	4.50	8.94	7		
Qué cada uno sus componentes sea de fácil manipulación	9	9	0	0	0	9	0	0	0	0	1	4	3	4	3	1.33	1.00	1.33	2.65	9		
Qué tenga una línea de conexión a una toma de corriente directa o una batería duradera	0	0	9	9	0	9	0	0	0	0	5	4	4	4	5	0.80	1.40	5.60	11.12	6		
Qué la Potencia generada por la máquina sea acorde a la necesidad planteada •	3	9	0	9	0	9	0	0	9	0	4	5	5	5	5	1.00	1.50	6.00	11.92	5		
Qué el lanzador alcance todos los puntos de la cancha	3	9	0	9	0	0	0	9	9	0	3	5	5	5	4	1.25	1.00	3.75	7.45	8		
Qué tenga una baja inversión inicial •	0	0	3	3	3	0	0	0	0	9	4	5	1	1	5	1.00	1.50	6.00	11.92	4		
<b>ORIENTACIÓN DESEADA</b>	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑								<b>50.35</b>	<b>100</b>			
<b>Ponderación absoluta</b>					168.32	513.90	135.85	310.13	116.19	416.88	68.52	189.18	308.34	134.06	<b>2361.37</b>							
<b>Ponderación relativa</b>					7.13	21.76	5.75	13.13	4.92	17.65	2.90	8.01	13.06	5.68	<b>100.00</b>							
<b>Orden de importancia</b>					6	1	8	4	9	2	10	5	3	7								
Valoración Técnica					Sí/No	Sí/No	mAh	Sí/No	Sí/No	Balones/M inuto	Sí/No	Sí/No	Sí/No	Sí/No								
Nuevo Diseño					1	1	1150	1	1	35	1	1	1	1								
Winshot 1500: Globus Corporation.					0	0	1050	1	0	30	1	0	1	0								
Total Attack					1	0	1000	0	0	30	1	1	1	1								
Objetivo Técnico					1	1	1150	1	1	35	1	1	1	1								

Fuente: elaboración propia.

**2.4.4.1 Escala evaluativa QFD.** Para la Matriz QFD, se realizó una escala evaluativa de la siguiente manera:

- La relación entre los requerimientos del cliente y los requerimientos del diseño se clasificaron entre 0 y 9, siendo 0=Sin relación, 1=Baja relación, 3=Media relación, 9=Alta relación.
- La importancia del usuario, se clasifico entre 1 y 5, siendo 1=No importante, 5=Muy importante, de igual manera para la situación actual del nuevo diseño, respecto a cada requerimiento del cliente, así mismo para las máquinas ya existentes, así 1=Muy mala, 5=Muy buena.
- El objetivo funcional se definió como un parámetro que se debe alcanzar basado en cada requerimiento, de 1 a 5, siendo 1=Poco alcanzable y 5=Muy alcanzable.

La Tasa de mejora hace referencia a la situación actual del diseño, en base en el objetivo funcional

Finalmente, el argumento de implementación, aquí, se evaluó con valores entre 1 y 1,5 haciendo referencia a si el requerimiento del cliente mencionado no es buen argumento de implementación, así, 1=mal argumento, 1,5=buen argumento. De esta forma se pudo incluir en el diseño no solo las preferencias del cliente, si no el nuevo diseño como tal.

**2.4.4.2. Resultados QFD.** La aplicación de la matriz QFD dio origen a los parámetros más relevantes para el diseño, se tomaron en cuenta los cinco con mayor puntuación obtenida, cabe resaltar que cada parámetro será implementado al diseño final, como se muestra a continuación en los siguientes cuadros:

Cuadro 6. Resultados QFD-Cliente

Requerimiento del cliente exigido
1. Qué su Tablero de mando sea sencillo de operar.
2. Qué realice los diferentes tipos de lanzamiento (Efectos del balón).
3. Qué sea segura para el usuario al momento de manipular.
4. Qué tenga una baja inversión inicial.
5. Qué la Potencia generada por la máquina sea acorde a la necesidad planteada.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7. Resultados QFD-Diseño

Requerimiento del diseño exigido
1. Capacidad de realizar los lanzamientos con efecto.
2. Rapidez en el lanzamiento de los balones, y en el sistema de cangilones.
3. Capacidad funcional para realizar lanzamientos en terrenos de proporciones reglamentarias.
4. Consumo energetico bajo y funcional.
5. Facilidad de desplazamiento a diferentes puntos del terreno de juego.

Fuente: elaboración propia.



**2.4.5 Implementación a Matriz TRIZ.** En base a los parámetros de diseño más importantes arrojados por la QFD, se relacionaron con los parámetros de Altshuller y así se evaluaron, arrojando soluciones inventivas a partir de principios establecidos por la matriz, de la siguiente manera:

Tabla 5. Matriz TRIZ.

	PARAMETRO QUE EMPEORA										
	1. Peso del objeto móvil (5)	6. Área del objeto en reposo (3)	9. Velocidad (2)	10. Fuerza (3)	14. Resistencia (4)	21. Potencia (4)	29. Precisión de manufactura (3)	34. Reparabilidad (5)	35. Adaptabilidad (5)	36. Complejidad del Mecanismo (2)	37. Complejidad del Control (2)
1. Peso del objeto móvil (5)	+	-	21,12	8	3, 15	-	3,13,34	*	34,40	23,28,18	1,3,33
6. Área del objeto en reposo (3)	-	+	-	-	40,4,1	-	3,4	28,16	34,40	-	-
9. Velocidad (2)	21,28	-	+	21,28,15	28	4,5,33,15	40,18	20,19	21	1,4	10,11
10. Fuerza (3)	13	-	21,28,15	+	40,20	15	40	-	-	28,3	-
14. Resistencia (4)	-	12,16	-	28,29	+	-	34,40,28,9	34	22	27	-
21. Potencia (4)	-	-	21,15,9	3,13	-	+	-	-	-	18,20,27	15,5,9
29. Precisión de manufactura (3)	3,13,34	3,4	40,18	40	34,40,28,9	-	+	9,10,19	27,34	-	1
34. Reparabilidad (5)	*	28,16	20,19	-	34	-	9,10,19	+	34,28	-	10,19
35. Adaptabilidad (5)	34,40	34,40	21	-	22	-	27,34	34,28	+	15,28	1
36. Complejidad del Mecanismo (2)	23,28,18	-	1,4	28,3	27	18,20,27	-	-	15,28	+	15,10
37. Complejidad del Control (2)	-	-	23,15,18	28,29	-	15,5,9	1	10,19	2	15,5	+

Fuente: elaboración propia.

**2.4.5.1 Resultados matriz TRIZ.** En base a las relaciones de los parámetros, se realiza un barrido de los principios de inventiva por parámetro, pues muchos de ellos se repiten, se realiza la siguiente relación para su mejor comprensión:

Cuadro 8. Resultados Matriz TRIZ.

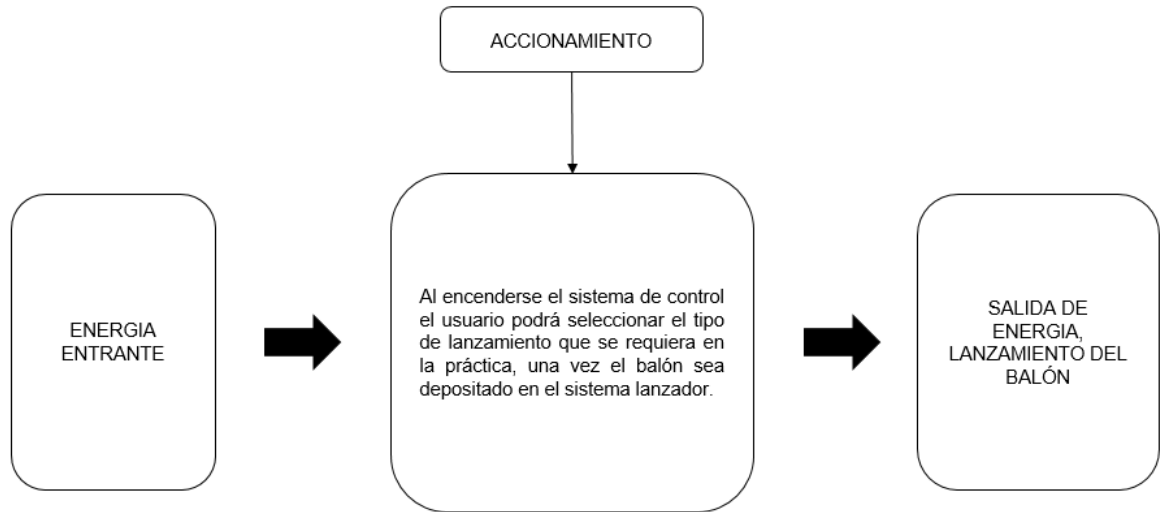
<b>Parámetro</b>	<b>Parámetro TRIZ</b>	<b>Valor TRIZ</b>
1. Capacidad de realizar los lanzamientos con efecto.	NO APLICA.	Periodicidad de acciones.
2. Rapidez en el lanzamiento de los balones, y en el sistema de cangilones.	Velocidad.	Dinamicidad.
	Complejidad del Mecanismo.	Reemplazar sistemas mecánicos – Feedback.
	Complejidad del Control.	Inversión de los sistemas.
3. Capacidad funcional para realizar lanzamientos en terrenos de proporciones reglamentarias.	Área del objeto de reposo.	Asimetría.
	Precisión de Manufactura.	Segmentación.
4. Consumo energético bajo y funcional.	Resistencia.	Composición de Materiales.
	Potencia.	Equipotencialidad.
5. Facilidad de desplazamiento a diferentes puntos del terreno de juego.	Peso del objeto móvil.	Segmentación.
	Reparabilidad.	Restauración y recuperación de partes.
	Adaptabilidad.	Vibración Mecánica.

Fuente: elaboración propia.

Una vez evaluados todos los parámetros y requerimientos del diseño, se realizarán los flujos de energía de la máquina, estos permitieron identificar los subsistemas de la misma, para la determinación de los componentes mecánicos.

## 2.5. FLUJO DE ENERGÍA

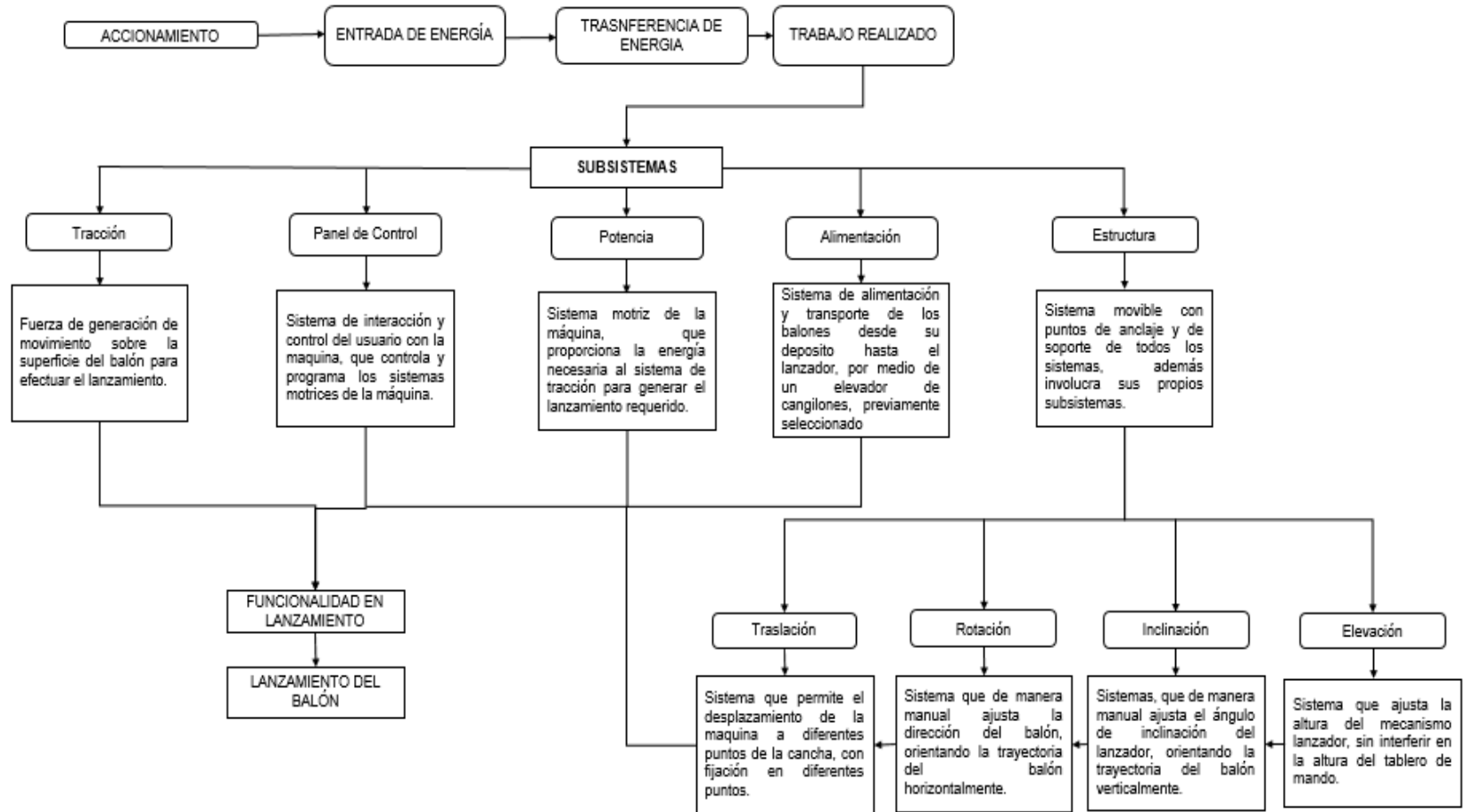
Diagrama 4. Flujo de Energía.



Fuente: elaboración propia.

**2.5.1 Flujo de energía en el accionamiento.** El flujo de energía en el accionamiento permite catalogar los subsistemas de la máquina, en función a la transferencia de energía que se producirá al momento de encender la máquina y al trabajo realizado por la misma, de igual manera se catalogaron los componentes mecánicos de cada subsistema, realizando una comparativa y función de cada opción mediante un cuadro comparativo, el flujo de energía en el accionamiento se muestra a continuación:

Diagrama 5. Flujo de energía en el Accionamiento.



Fuente: elaboración propia.

## 2.6. SUBSISTEMAS

En base al anterior diagrama y en las maquinas estudiadas en el capítulo 1, se definieron los subsistemas de la máquina, estos serán descritos detalladamente, se plantearán alternativas de los componentes fundamentales para cada uno, de la siguiente manera:

**2.6.1 Tracción y Potencia.** En base al requerimiento funcional del diseño en donde se estableció que la máquina debe realizar el lanzamiento con efecto, se plantea únicamente un mecanismo de rodillos que al contacto con el balón genere fricción impulsando el balón, solo se variara el tipo de motor que hace parte del sistema de potencia; se evalúan las mismas alternativas pues ambos sistemas están en secuencia.

Cuadro 9. Características tracción y potencia.

Funcionamiento	Tracción-Potencia	Alternativas
Actuador de movimiento que da propulsión y movimiento a la máquina.	Sistema de lanzamiento del balón, que permite cambiar el efecto del balón.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodillos-Motor eléctrico.</li> <li>• Rodillos-Motor neumático.</li> <li>• Rodillos – impacto.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

**2.6.2 Panel de control.** La variación del tipo de efecto que se requiere en la práctica desarrollada, este será determinado por el mando unificado de control que sistematizado con los motores regula la velocidad angular de los rodillos de lanzamiento y el sistema de cangilones.

Una vez escogido cada componente que se definen en los subsistemas, deben ser manipulados y fijados por el usuario de forma manual, cada componente debe asegurar que el balón tendrá la trayectoria deseada en el terreno de juego.

Cuadro 10. Características sistema de control.

Funcionamiento	Panel de control	Alternativas
Interacción de la máquina con el usuario.	Sistema que permite controlar los sistemas de la máquina, ajustar el tipo de lanzamiento y controlar la velocidad y frecuencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla táctil</li> <li>• Análogo.</li> <li>• Control remoto – Servomotor.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

**2.6.3 Alimentación.** Para este sistema solo se propone una alternativa de diseño, pues este sistema de elevador por cangilones se definió en el previo planteamiento del diseño general, por este motivo no se tuvo en cuenta para su evaluación, pues será implementado directamente al diseño final.

Cuadro 11. Características sistema de alimentación.

<b>Funcionamiento</b>	<b>Alimentación</b>	<b>Alternativas</b>
Transporte semiautomático del balón, desde el depósito hasta el lanzador.	Sistema que brinda un confort al diseño, pues es el encargado de transportar los balones, desde el almacenaje hasta el lanzador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevador de Cangilones.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

**2.6.4 Estructura.** Existen varios factores que modifican la estructura del componen, las cuales son las condiciones climatológicas y resistencia, que influye en el tipo de material utilizado, además de la ergonomía que se pretende en un diseño mecánico. En este punto no se hará especificación en el material a emplear en la estructura.

Cuadro 12. Características estructura.

<b>Funcionamiento</b>	<b>Estructura</b>	<b>Alternativas</b>
Soporte del usuario y de los sistemas que componen la máquina.	Sistema que soporta las cargas y fuerzas del ensamble en general, y demás componentes, conformada por cuatro apoyos móviles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil Tipo circular.</li> <li>• Perfil Tipo Cuadrado.</li> <li>• Perfil Combinado.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

**2.6.4.1 Rotación e Inclinación.** Por tratarse de un funcionamiento similar, ambos usarán el mismo mecanismo. Es ideal que las alternativas planteadas sean mecanismos relativamente simples y que desempeñen su funcionamiento de dirección con la mayor precisión.

Cuadro 13. Características rotación-inclinación.

<b>Funcionamiento</b>	<b>Rotación/Inclinación</b>	<b>Alternativas</b>
Mecanismos que permiten variar el ángulo de inclinación y dirección del lanzador.	Sistemas que fijan la dirección e inclinación del balón, al momento de realizarse el lanzamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pin de Presión.</li> <li>• Tipo palanca.</li> <li>• Bisagra.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

**2.6.4.2 Altura.** Debido a la diferencia de altura de la red al hacer prácticas de voleibol tanto femenino como masculino, la variabilidad en la distancia entre el piso y el mecanismo lanzador debe ser de gran precisión y generar estabilidad al mecanismo al momento de realizar lanzamientos.

Cuadro 14. Características altura.

<b>Funcionamiento</b>	<b>Elevación</b>	<b>Alternativas</b>
Ajuste de la altura que se requiere para generar el lanzamiento a distintos puntos de la cancha.	Sistema que permite fijar la altura del mecanismo lanzador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasador.</li> <li>• Cremallera.</li> <li>• Polea.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

**2.6.4.3 Traslación.** Para el desplazamiento de la máquina se deben fijar puntos en la cancha en donde tendrá un punto de anclaje que evite que la máquina sufra algún tipo de caída o movimiento indeseable al momento de ejecutar lanzamientos.

Cuadro 15. Características Traslación.

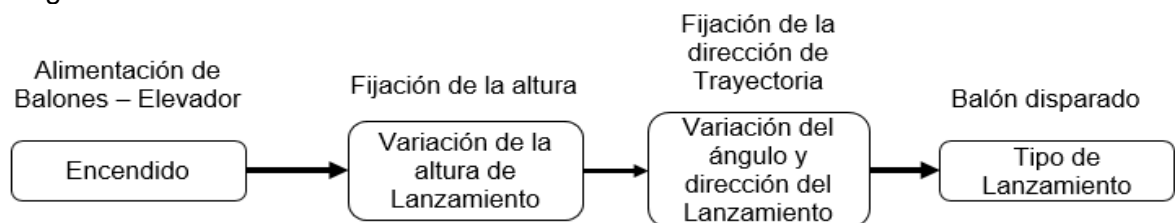
<b>Funcionamiento</b>	<b>Traslación</b>	<b>Alternativas</b>
Desplazamiento de la máquina a diferentes puntos del terreno de juego	Sistema que permite mover la máquina a diferentes puntos de la cancha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodachinas.</li> <li>• Ruedas.</li> <li>• Llantas.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## 2.7. GENERACIÓN DE BOCETOS

Una vez identificados, descritos y analizados los subsistemas de la máquina, se realizarán tres bocetos en base a una tabla de combinación de conceptos, esta se hará basada en la influencia de los subsistemas que involucran directamente al lanzamiento del balón con efecto, se catalogaron a partir de la descomposición del problema que involucra tres (3) subsistemas, que de manera secuencial se ordenan así:

Diagrama 6. Generación de bocetos.



Fuente: elaboración propia.

Basado en el anterior diagrama se elabora la tabla de combinación de conceptos, donde se realizarán combinaciones aleatorias y así generar bocetos:

Cuadro 16. Combinación de conceptos.

<b>Dirección/Inclinación</b>	<b>Elevación</b>	<b>Tracción</b>
Pin de presión.	Pasador.	Rodillos Motor Eléctrico.
Palanca de dirección.	Cremallera.	Rodillos Motor Neumático.
Bisagra.	Polea.	Rodillos – Impactado.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se mostraran tres (3) bocetos propuestos haciendo combinación de estas opciones en los subsistemas:



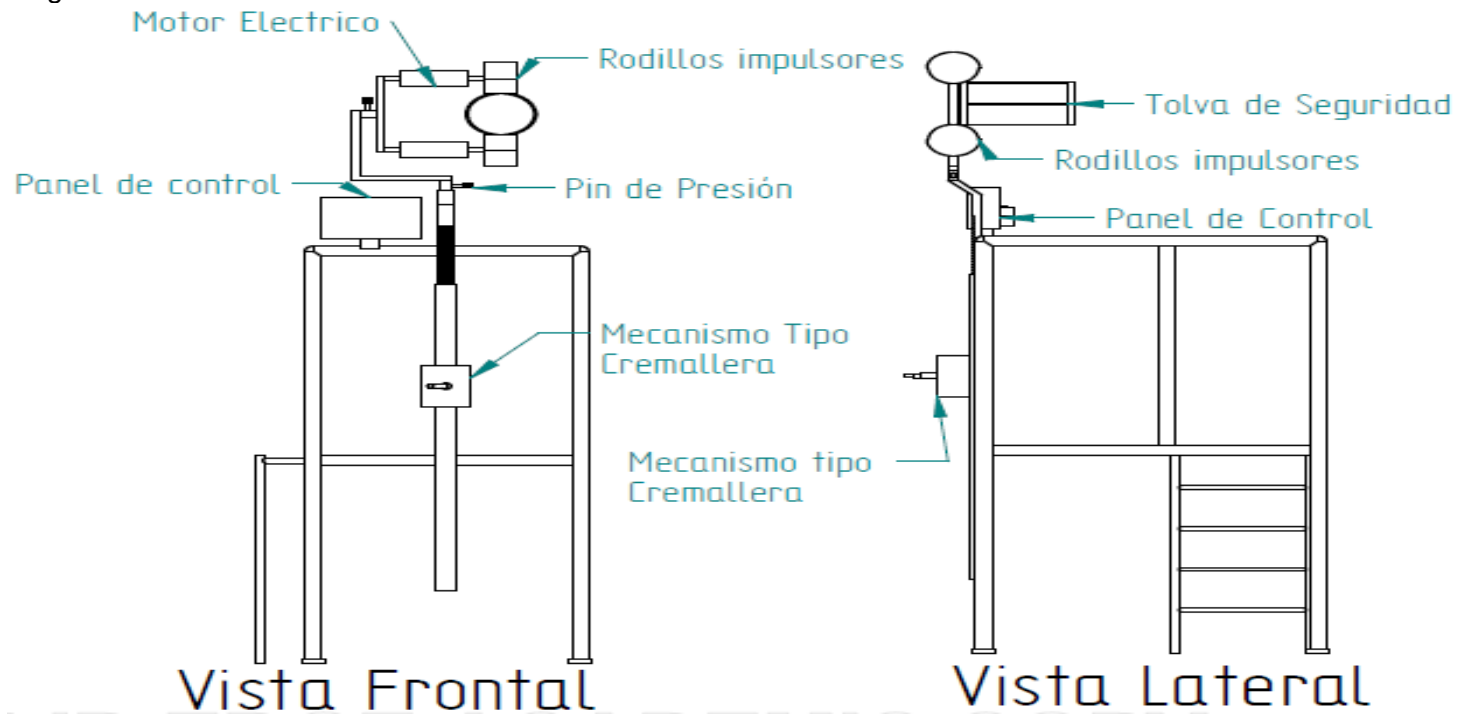
### 2.7.1 Boceto A.

Cuadro 17. Boceto A.

Dirección/Inclinación	Elevación	Tracción
Pin de Presión	Pasador	Rodillos motor eléctrico
Palanca de dirección	Cremallera	Rodillos motor neumático
Bisagra	Polea	Rodillos - impactador

Fuente: elaboración propia

Imagen 14. Boceto A.



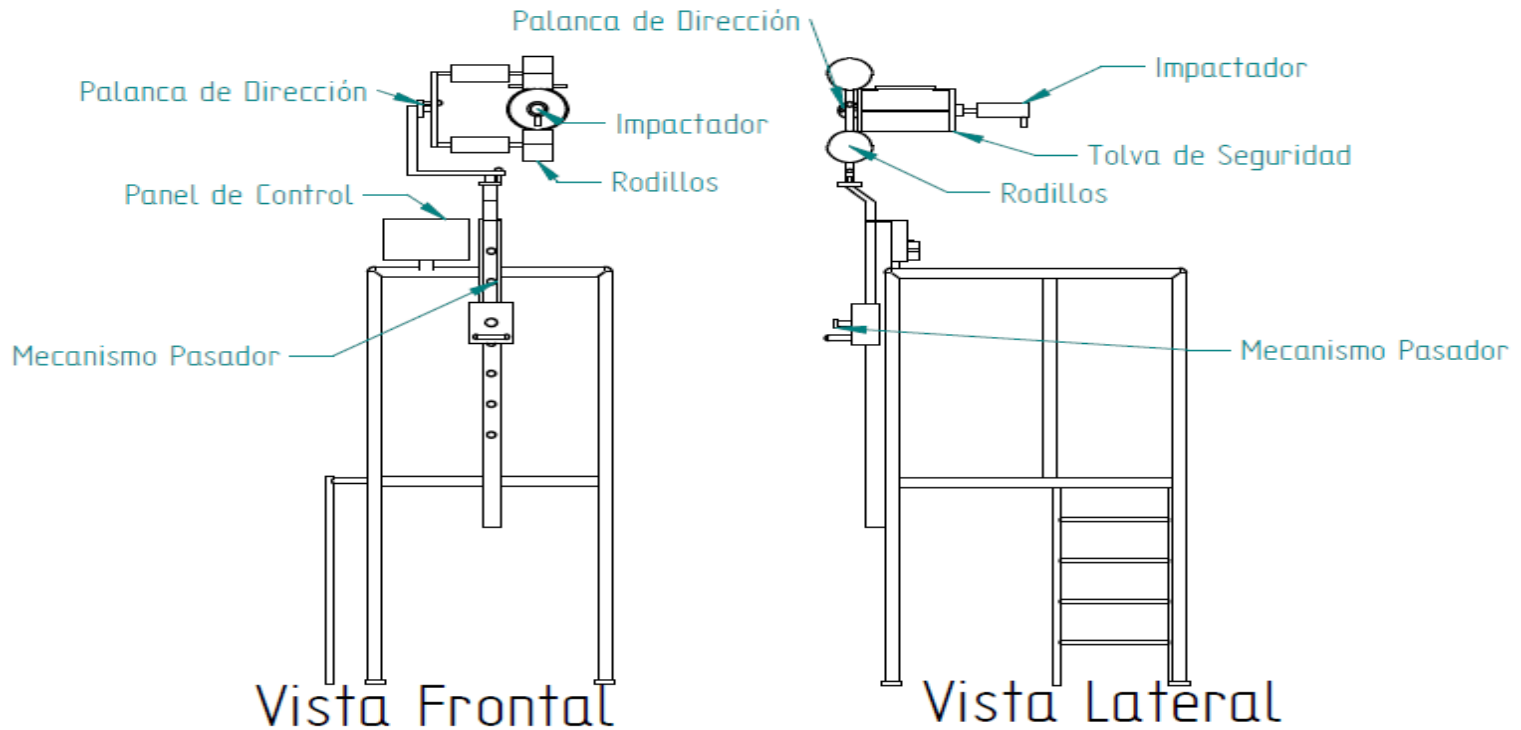
Fuente: elaboración propia.

### 2.7.2 Boceto B.

Cuadro 18. Boceto B.

Dirección/Inclinación	Elevación	Tracción
Pin de Presión	Pasador	Rodillos motor eléctrico
Palanca de dirección	Cremallera	Rodillos motor neumático
Bisagra	Polea	Rodillos - impactador

Fuente: elaboración propia  
 Imagen 15. Boceto B.



Fuente: elaboración propia.

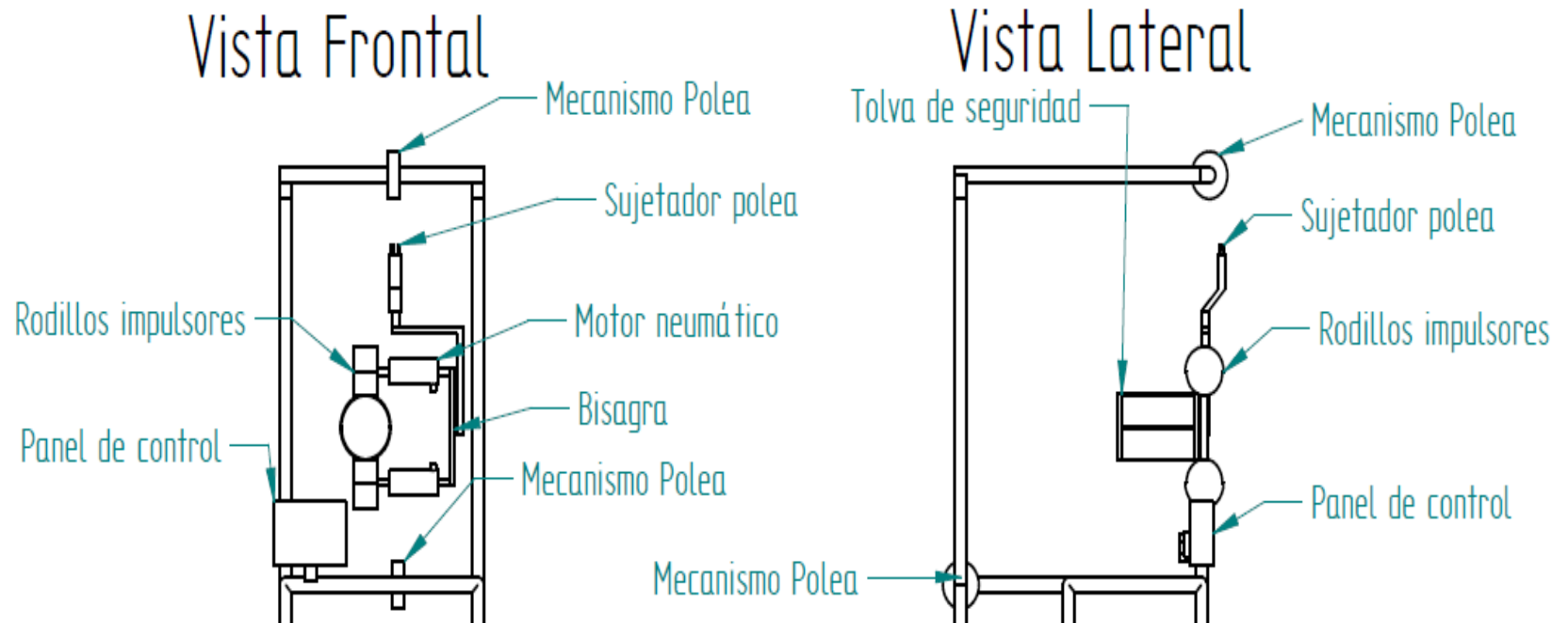
### 2.7.3 Boceto C.

Cuadro 19. Boceto C.

Dirección/Inclinación	Elevación	Tracción
Pin de Presión	Pasador	Rodillos motor eléctrico
Palanca de dirección	Cremallera	Rodillos motor neumático
Bisagra	Polea	Rodillos - impactador

Fuente: elaboración propia.

Imagen 16. Boceto C.



Fuente: elaboración propia.

## 2.8. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Para la selección de la alternativa, se plantea una matriz de selección de alternativas que básicamente evalúa los parámetros fundamentales de los primeros bocetos combinados y da paso a que se integren los demás subsistemas al boceto que obtenga la mayor puntuación, se realiza con los siguientes códigos (Mayor que “2”, Igual a “0”, Menor que “1”) arrojando así los resultados para luego ser evaluada.

Tabla 6. Selección de alternativas.

Criterios de Selección	Definición del Criterio	Alternativas		
		Boceto A	Boceto B	Boceto C
Precisión	Capacidad de la máquina para lograr un lanzamiento a un punto exacto de la cancha	2	1	1
Seguridad	Aislamiento de todos los componentes motrices de la máquina con el usuario	2	0	2
Efectos del balón	Capacidad para realizar los lanzamiento con el efecto requerido	0	0	0
Frecuencia	Capacidad para realizar los lanzamientos continuamente durante la práctica	0	0	0
Ergonomía	Adaptabilidad del usuario con cada componente del lanzador	2	1	1
Consumo	Bajo consumo energético de la máquina	0	0	0
Mantenimiento	Baja complejidad en sus componentes para una fácil inspección	1	2	2
	Mejor que	3	1	1
	Igual a	3	4	3
	Peor que	1	2	2
	Evaluación Total	6	5	4
	Calificación (1-10)	10	8	6
	¿Continuar?	SÍ	NO	NO

Fuente: Elaboración propia.

## 2.9. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez seleccionada la alternativa con mayor puntuación, se procede a implementar a ésta los demás subsistemas, para la selección de los componentes de los subsistemas faltantes, se evaluarán por medio de una matriz de Evaluación de Alternativas, al igual que en la de Selección se evaluarán los mismos criterios de selección pero se agregaron aquellos que influyen directamente a los demás subsistemas a cada componente se le dará una calificación con una escala de 1 a 5, donde 1 es Muy Bajo y 5 Muy Alto, el resultado arrojado aquí será el diseño final con cada componente debidamente especificado.

Tabla 7. Evaluación de alternativas.

Criterio de Selección	Peso	Traslación - Boceto A						Estructura - Boceto A						Panel de Control - Boceto A					
		Rodachinas		Ruedas		Llantas		Cuadrado		Circular		Combinado		Táctil		Análogo		C. Remoto	
		C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P
X	X	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P	C	E.P
Precisión	10%	2	0.2	5	0.5	5	0.5	1	0.1	1	0.1	1	0.1	5	0.5	5	0.5	4	0.4
Seguridad	15%	4	0.6	4	0.6	5	0.75	5	0.75	3	0.45	5	0.75	3	0.45	4	0.6	4	0.6
Frecuencia	5%	5	0.25	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	5	0.25	3	0.15
Ergonomía	5%	5	0.25	3	0.2	2	0.1	3	0.15	5	0.25	5	0.25	4	0.2	4	0.2	5	0.25
Consumo	7%	1	0.07	1	0.1	1	0.07	1	0.07	1	0.07	1	0.07	4	0.28	5	0.35	1	0.07
Mantenimiento	9%	5	0.45	2	0.2	4	0.36	1	0.09	1	0.09	1	0.09	3	0.27	5	0.45	3	0.27
Desplazamiento	7%	5	0.35	3	0.2	5	0.35	3	0.21	5	0.35	4	0.28	1	0.07	1	0.07	1	0.07
Estabilidad	10%	4	0.4	2	0.2	5	0.5	5	0.5	3	0.3	5	0.5	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Control	15%	5	0.75	2	0.3	4	0.6	1	0.15	1	0.15	1	0.15	2	0.3	5	0.75	4	0.6
Costo	10%	5	0.5	3	0.3	3	0.3	4	0.4	4	0.4	4	0.4	1	0.1	5	0.5	1	0.1
Resistencia	7%	5	0.35	2	0.1	5	0.35	4	0.28	3	0.21	5	0.35	1	0.07	4	0.28	1	0.07
	Total		4.17		2.7		3.93		2.65		2.42		2.99		2.39		4.05		2.68
	Posición		3		2		1		2		3		1		3		1		2
	Implementar	SÍ		NO		NO		NO		NO		SÍ		NO		SÍ		NO	

Fuente: elaboración propia.

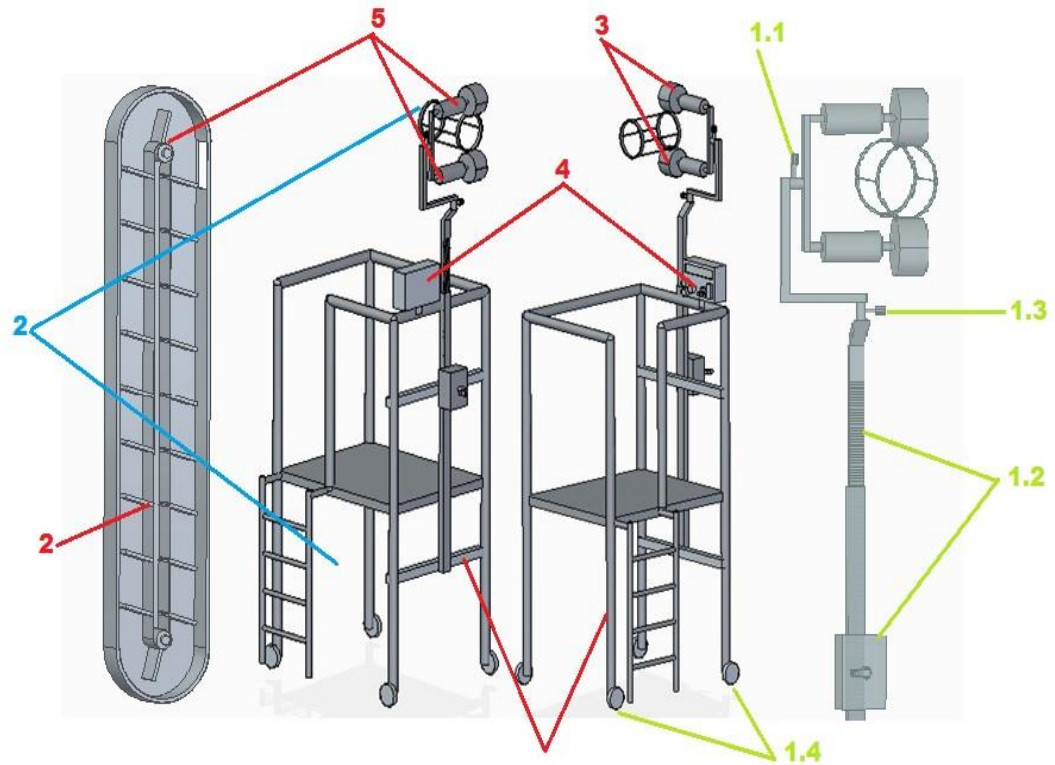
## 2.10. ALTERNATIVA FINAL

Cuadro 20. Diseño conceptual.

	<b>SUBSISTEMA</b>	<b>OPCIÓN</b>
1.	Estructura.	Perfil estructural combinado. <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>1.1 Inclinación:</b> Pin de presión.</li> <li>- <b>1.2. Elevación:</b> Mecanismo cremallera.</li> <li>- <b>1.3. Rotación:</b> Pin de presión.</li> <li>- <b>1.4. Traslación:</b> Rodachinas.</li> </ul>
2.	Alimentación.	Elevador de cangilones con <b>almacenaje de balones y tolva/guía.</b>
3.	Tracción.	Rodillos de fricción con recubrimiento.
4.	Control.	Panel de control análogo.
5.	Potencia.	Motores eléctricos (3).

Fuente: elaboración propia.

Imagen 17. Esquema Alternativa final.



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 21. Parámetros definitivos.

Subsistema	Parámetro	Tipo/Valor	Unidades
<b>Estructura</b>	Capacidad.	150	Kg
	Ergonomía.	Perfil Combinado.	-
	Ensamble.	Pernos y soldadura.	-
	Movilidad.	Manual por rodachinas.	-
	Anclaje.	Sistema de frenado en rodachinas.	-
	Protección.	Techo (Cubierta de policarbonato).	-
	Material.	Resistente a corrosión. (A-36 recubrimiento pintura electroestática)	-
	Rotación.	Ajustable.	-
	Inclinación.	Ajustable.	-
	Altura.	Ajustable.	-
<b>Alimentación</b>	Frecuencia lanzamientos.	15-30	Lanz/min
	Almacenaje balones.	10	Balones
	Capacidad máxima (columna de elevación).	10	Balones
	Lanzamiento automático.	Sí.	-
	Tolva protectora.	Sí (ajustable).	-
<b>Tracción</b>	Velocidad lanzamiento.	80-120	Km/h
	Efectos de lanzamiento.	3	-
	Altura del lanzador.	2,6	m
	Cobertura lanzamiento.	Lado a lado.	-
	Mecanismo lanzador.	Rodillos por fricción (recubiertos).	-
<b>Control</b>	Panel de control (Velocidad variable).	Análogo.	-
	Activación.	Manual.	-
<b>Potencia</b>	Motores.	Eléctricos (Trifásicos 220V).	-
	Alimentación de energía.	Cable de alimentación.	-

Fuente: elaboración propia.

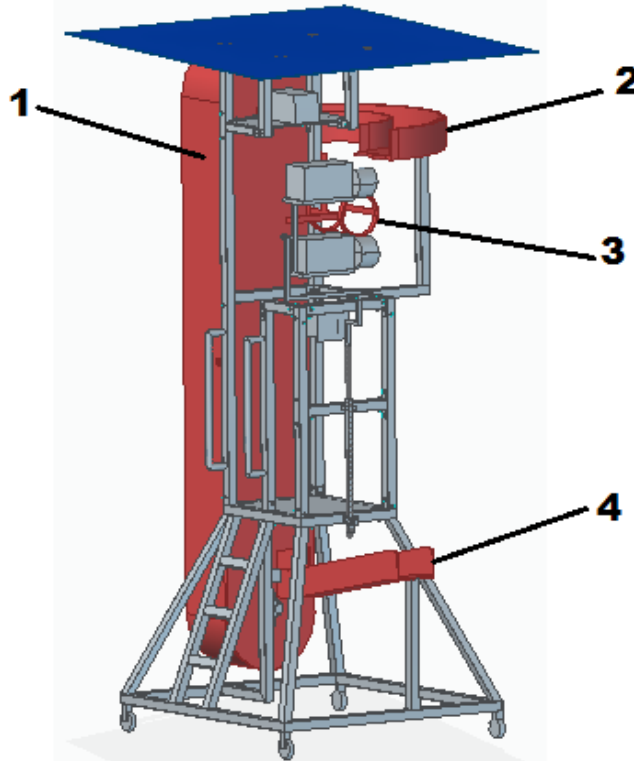
### 3. DISEÑO DETALLADO

Este capítulo se fundamenta como eje central del proyecto, pues una vez se realizó una revisión detallada a los antecedentes y a las especificaciones técnicas de las máquinas que existen en el mercado actual, y además se analiza su modo funcional; Se pudo determinar un referente técnico para el planteamiento del diseño conceptual, este diseño fue evaluado tomando referentes, tanto técnicos, de cliente y funcionales; el diseño fue dividido por subsistemas y a su vez cada subsistema se le realizó una evaluación por componentes, estos componentes serán objeto de diseño y/o selección en este capítulo, pues son aquellos que serán implementados al diseño final de la máquina, el desarrollo del mismo contará con el respaldo de los cálculos relevantes por subsistemas y a su vez por componente.

#### 3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Elevador de cangilones: La función de este tipo de elevadores es transportar material granulado por medio de cangilones y una banda transportadora. En este caso los cangilones serán reemplazados por plataformas que lleven los balones a al punto de salida en la parte superior del elevador.

Imagen 18. Partes del subsistema de alimentación.



Fuente: elaboración propia.



Cuadro 22. Partes subsistema de alimentación.

N.	PARTE
1.	Elevador de cangilones.
2.	Canal salida de elevador.
3.	Tolva/Guía.
4.	Almacenaje/Entrada elevador.

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1 Cálculos del elevador.

Ecuación 1. Peso de la carga.

$$G = i \cdot v \cdot \delta$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html>. P.4. [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$i = \text{Volumen Cangilon [l]}$

$y = \text{Densidad a granel de la carga [Kg/l]}$

$\delta = \text{Coeficiente relleno del cangilón (0,6 - 0,9)}$

En este cálculo se busca encontrar el peso el cual va a llevar cada cangilón por tal motivo, no se hace algún procedimiento puesto que no se llevará una carga a granel sino un solo objeto (balón de voleibol). Finalmente el valor de  $G = 0,28kg$ . Este valor ya se había especificado en el Cuadro 3. Balones.

Ecuación 2. Flujo del material transportado

$$Q = 3,6 \cdot \left( \frac{G \cdot v}{t} \right) = 3,6 \cdot \left( \frac{0,28kg \cdot \frac{0,0933m}{seg}}{2 \cdot (0,02m)} \right) = 2,35Kg/seg$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html>. P.4. [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$G = \text{Peso de la carga [kg]}$ .

$v = \text{Velocidad de desplazamiento lineal [m/seg]}$ .

$t = \text{Distacia entre cangilones. (2 ó 3) * h}$  Altura del cangilón [m].

La velocidad lineal que se asumirá está dada para entregar un balón de voleibol de forma automática cada 3 segundos,  $v = 0,093m/seg$ .

Ecuación 3. Potencia de desplazamiento

$$Fa = \frac{Q}{3,6 \cdot v} \cdot (H + H_0) = \frac{2,35g/seg}{3,6 \cdot (\frac{1,5m}{seg})} \cdot (2,7m + 3,8m) = 2,83kg$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html>. P.5. [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$Q =$  Flujo del material transportado [kg/seg].

$H =$  Altura de elevacion [m].

$H_0 =$  Altura ficticia [m].

$v =$  Velocidad de desplazamiento lineal [m/seg].

Cuadro 23. Sistema de carga elevador cangilones.

Sistema de carga	Tamaño del material	Valor de $H_0$ (m)
A) Por tolva	-	3,8
B) Por inmersión	pequeño	7,6
	mediano	11,4
	grande	15,3

Fuente: DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html>. P.5. [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Se seleccionó un sistema de carga por tolva y un valor  $H_0 = 3,8m$  y una altura de diseño del elevador  $H = 2,7m$ .

Ecuación 4. Tensión máxima de la banda.

$$Ta = Fa \cdot k = (2,83Kg) \cdot (1,64) = 4,64kg$$

Fuente: DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html>. P.5. [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$k$  = Coeficiente tambor

$Fa$  = Potencia de desplazamiento [kg].

Cuadro 24. Condiciones del tambor.

Condiciones del tambor	Valor de k
Liso húmedo	3,20
Liso seco	1,64
Recubierto húmedo	1,73
Recubierto seco	1,49

Fuente: DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html>. P.5. [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Se seleccionó la condición de tambor (Liso seco con valor de  $k = 1.64$ ).

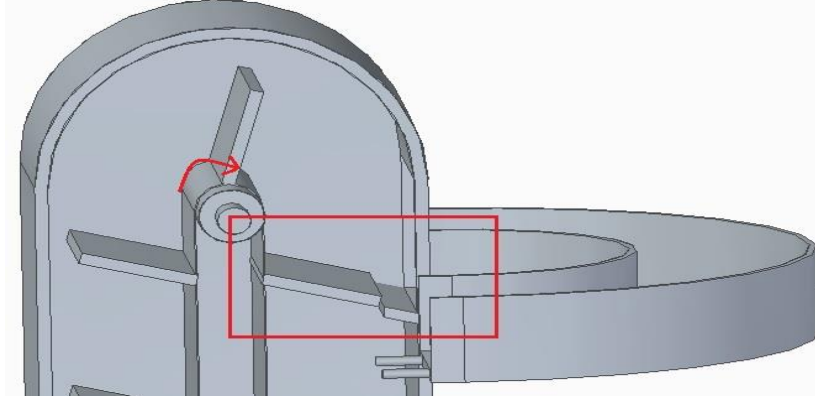
Imagen 19. Selección banda transportadora.

Tipo	Cobertura Sup.			Cobertura Inf.			Características especiales	Temperatura constante °C	Tejidos		Espesor total mm	Peso total Kg/m <sup>2</sup>	a 20°C		Carga trabajo al 1% alargam. N/mm	Ancho máximo mm
	Material	Color	Espesor mm	Material	Color	Espesor mm			Nº de telas	Trama			Ø mm	Ø mm		
FEBOR 31CC	PVC	Blanco	2,00	PVC	Blanco	1,00	FDA EU	-15 +80	3	Flexible	6,10	7,60	200	250	30	2000
FEBOR 32CC	PVC	Blanco	2,75	PVC	Blanco	1,50	FDA EU	-15 +80	3	Flexible	7,40	9,40	300	350	30	2000
FEBOR 41CC	PVC	Blanco	2,00	PVC	Blanco	1,00	FDA EU	-15 +80	4	Flexible	7,40	9,20	300	350	35	2000
FEBOR 61CC	PVC	Blanco	2,30	PVC	Blanco	1,00	FDA EU	-15 +80	3	Flexible	7,70	9,40	350	400	55	2000
FEBOR 91CC	PVC	Blanco	3,00	PVC	Blanco	1,00	FDA EU	-15 +80	3	Flexible	9,60	11,90	400	500	75	2000

Fuente: ESBELT. Bandas para elevadores de cangilones. Propiedades y garantías adicionales de las bandas para elevador esbelt. Disponible en: <https://www.esbelt.com/index.php/project/elevadores-de-cangilones-bandas/> [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

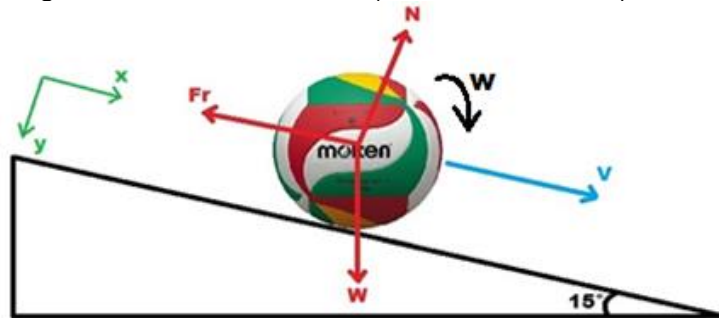
Para la entrega del balón en la parte superior del elevador de cangilones, se muestra como un plano inclinado, en donde el cangilón se alinea con la plataforma de inicio de la canal de descarga, como se muestra en la imagen 20.

Imagen 20. Sección superior elevador de cangilones.



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 7. Plano inclinado (traslación-rotación).



Fuente: Elaboración propia

No se tiene en cuenta una fuerza de arrastre del viento contraria al movimiento Y se harán los cálculos respectivos medidos desde el centro de masa del balón, justo en el centro del cuerpo.

Ecuación 5. Suma de torques.

$$\sum \tau_{cm} = I_{cm} \cdot \alpha$$

Fuente: Elaboración propia con base en: Izquierdo Merlo Cesar Antonio, Univeridad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, video explicativo (Clases 22: cilindro rodando por un plano inclinado). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=yzHZcgQ6GwY> [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

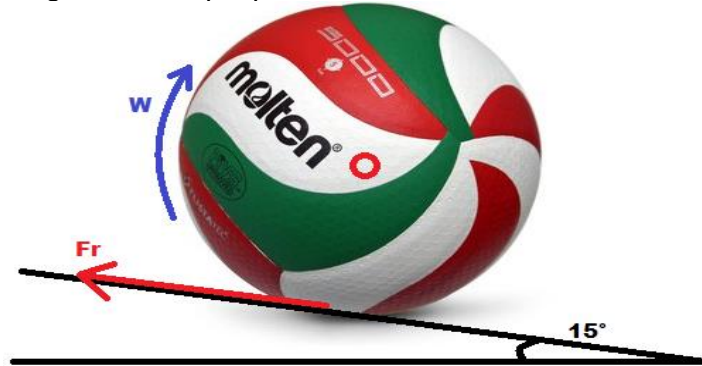
$\tau_{cm}$  = Torque respecto al centro de masa [N.m].

$I_{cm}$  = Momento de inercia respecto al centro de masa [Kg.m<sup>2</sup>].

$\alpha$  = Aceleración angular [s<sup>-2</sup>].

Las líneas de acción de la normal (N) y del peso (W) pasan por el centro de gravedad (O), en cambio la fuerza de fricción no lo hace y genera un torque:

Imagen 21. Torque por fuerza fricción.



Fuente: Elaboración propia

Según esto se genera la siguiente formula:

Ecuación 6. Torque generado por Fuerza de fricción.

$$R \cdot F_r = I_{cm} \cdot \alpha = \frac{1}{2} m \cdot R^2 \cdot \frac{A_{cm}}{R}$$

Fuente: Elaboración propia con base en: Izquierdo Merlo Cesar Antonio, Univeridad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, video explicativo (Clases 22: cilindro rodando por un plano inclinado). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=yzHZcgQ6GwY> [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$R = \text{Radio [m]}$ .

$F_r = \text{Fuerza de fricción}$ .

$A_{cm} = \text{Aceleración del centro de masa [m/seg}^2\text{]}$ .

Se cancelan los radios (R):

$$F_r = \frac{1}{2} \cdot m \cdot A_{cm} \quad (1)$$

Acá se tienen dos incógnitas las cuales son la Fuerza de fricción y la aceleración, por tanto se analizan las fuerzas en el eje x:

Ecuación 7. Sumatoria de fuerzas en x.

$$\sum F_x = m \cdot A_x = [ m \cdot g \cdot \text{sen}\theta - F_r = m \cdot A_{cm} ]$$

Fuente: Elaboración propia con base en: Izquierdo Merlo Cesar Antonio, Univeridad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, video explicativo (Clases 22: cilindro rodando por un plano inclinado). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=yzHZcgQ6GwY> En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$m = \text{Masa [Kg]}$ .

$g = \text{Gravedad [m/seg}^2\text{]}$ .

$\theta = \text{Ángulo [}^\circ\text{]}$ .

Despejando la fuerza de fricción:

$$F_r = m \cdot g \cdot \text{sen}\theta - m \cdot A_{cm}$$

Así se sustituye la fuerza de fricción de la ecuación 1:

$$(1/2) \cdot m \cdot A_{cm_r} = m \cdot g \cdot \text{sen}\theta - m \cdot A_{cm}$$

Se opera:

$$(1/2) \cdot m \cdot A_{cm_r} + m \cdot A_{cm} = m \cdot g \cdot \text{sen}\theta$$

$$(3/2) \cdot m \cdot A_{cm_r} = m \cdot g \cdot \text{sen}\theta$$

Se cancelan las masas:

$$(3/2) \cdot A_{cm_r} = g \cdot \text{sen}\theta$$

Se despeja la aceleración:

$$A_{cm_r} = \frac{2}{3} g \cdot \text{sen}\theta \quad (2)$$

Teniendo la aceleración se procede a determinar la velocidad final con la que saldrá del elevador de cangilones el balón:

Ecuación 8. Velocidad Final.

$$V_f^2 = V_0^2 + 2 \cdot A_{cm} \cdot \Delta X$$

Fuente: Elaboración propia con base en: Izquierdo Merlo Cesar Antonio, Univeridad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, video explicativo (Clases 22: cilindro rodando por un plano inclinado). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=yzHZcgQ6GwY> En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$V_f = \text{Velocidad Final [m/seg]}$ .

$V_0 = \text{Velocidad inicial [m/seg]}$ .

$\Delta X = L = \text{Distancia (longitud de cangilon) [m]}$ .

Se debe tener en cuenta que  $V_0 = 0$

$$V_f^2 = 2 \cdot A_{cm} \cdot L \Rightarrow V_f = \sqrt{2 \cdot A_{cm} \cdot L}$$

Se reemplaza la aceleración obtenida en la ecuación 2:

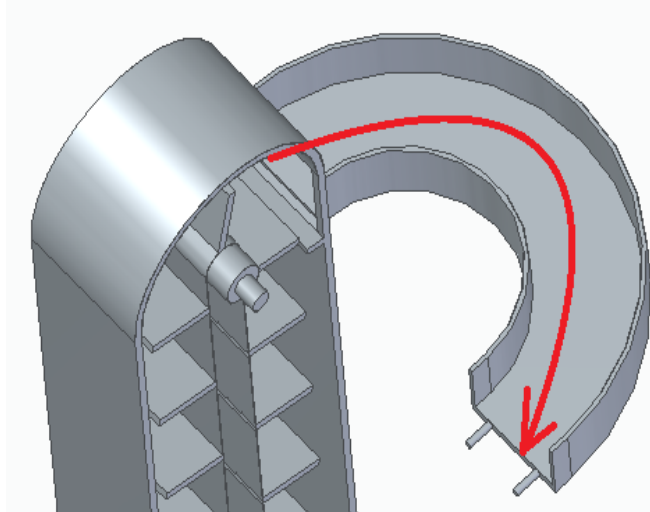
$$V_f = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot g \cdot \text{sen}\theta \cdot L}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot 9,81 \text{m/seg} \cdot \text{sen}(15) \cdot (0,219\text{m} - 0,066)}$$

$$V_f = 0,72 \text{m/seg}$$

Esta es la velocidad saliendo del elevador de cangilones. Así, el balón haría su recorrido por la canal y finalmente llegaría a la tolva/guía para ser lanzado.

Imagen 22. Trayectoria canal a guía.

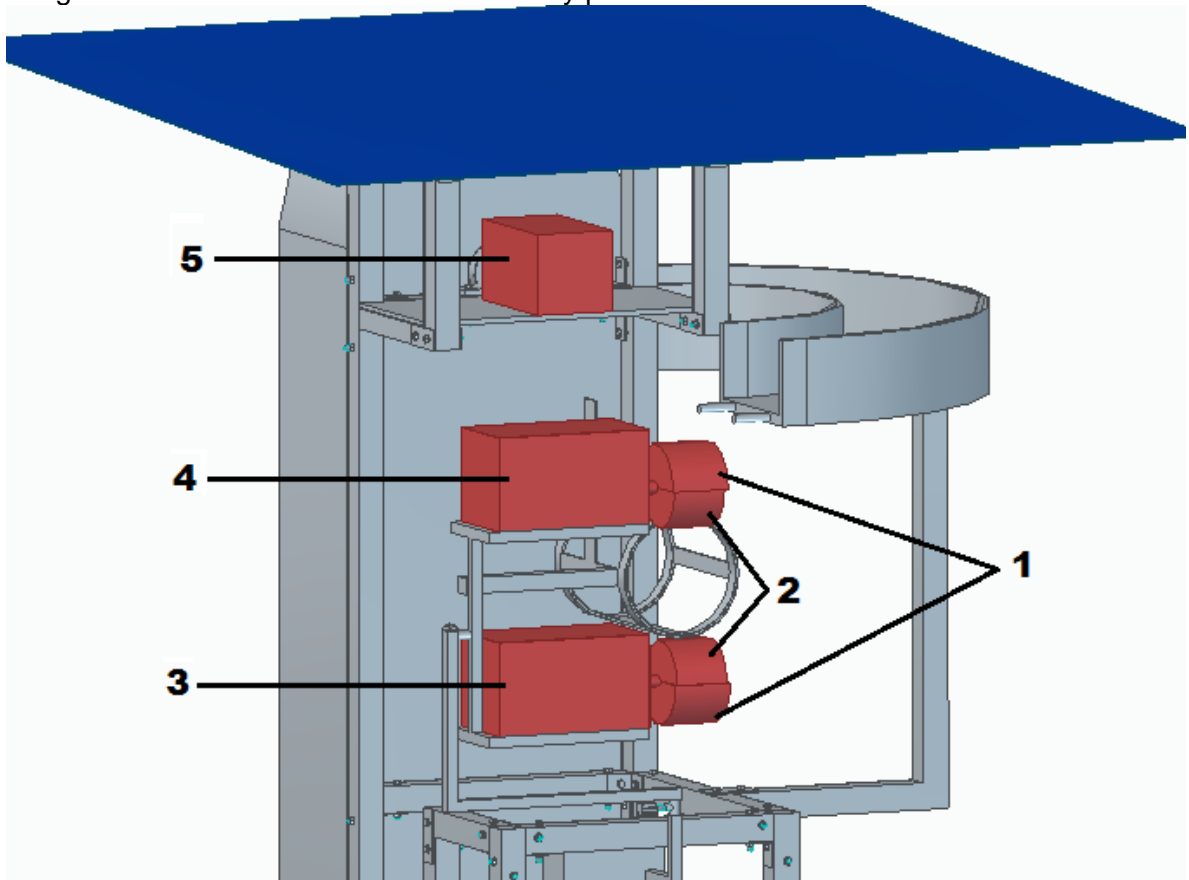


Fuente: elaboración propia

### 3.2 SUBSISTEMA DE TRACCIÓN Y POTENCIA

Se realizan los cálculos referentes a la selección de los componentes de este sistema, pues estos se encuentran estandarizados según la potencia y medidas determinadas.

Imagen 23. Partes del sistema de tracción y potencia.



Fuente: elaboración propia

Cuadro 25. Partes tracción y potencia

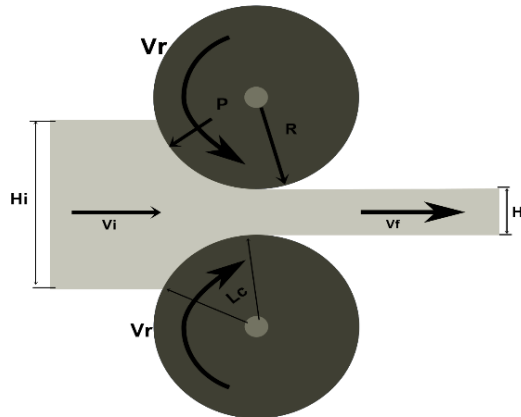
N.	PARTE
1.	Carcaza protectora rodillos.
2.	Rodillos propulsores.
3.	Motor eléctrico sentido horario.
4.	Motor eléctrico sentido antihorario.
5.	Motor elevador de cangilones

Fuente: Elaboración propia



**3.2.1 Determinación del radio de los rodillos impulsores.** Para la determinación del radio y selección de los rodillos impulsores que irán acoplados a los motores, estos se asociaron a un proceso de una laminadora que hace que el balón tenga una deformación volumétrica, como se muestra en la imagen 24:

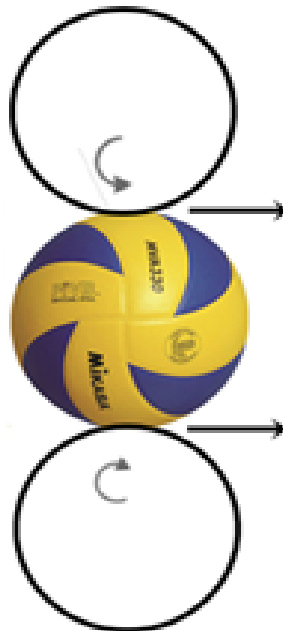
Imagen 24. Proceso de laminación.



Fuente: elaboración propia

De igual manera el balón tendrá una deformación muy mínima, pues el requerimiento funcional es que entre en contacto con la superficie del balón siendo este impulsado por los dos rodillos de la siguiente manera:

Imagen 25. Superficie de contacto balón-rodillo.



Fuente: elaboración propia

Una vez fue descrito el sistema de lanzamiento y conocidos los siguientes datos:

$$V_b = 120 \frac{Km}{h}, \text{Velocidad del Balón.}$$

$$M_b = 0.270 \text{ Kg, Masa del Balón.}$$

$$\phi_b = 0.21 \text{ m, Diametro del Balón.}$$

Se continúa a determinar el radio de los rodillos impulsores, para esto se debe seleccionar un coeficiente de rozamiento cinético entre el área de contacto balón-rodillos, se precisa que el material en contacto será Cuero sintético liso – PVC, como tal relación no se encuentra, se tomará el coeficiente del material más rugoso, en este caso el PVC que es 0,60.

Tabla 8. Valores de los coeficientes de fricción.

Material	Coefficiente $\mu$	Material	Coefficiente $\mu$
PVC	0,60	POM	0,34
PMMA	0,53	PEEK	0,34
ABS	0,48	PP	0,30
PA 6	0,41	PET	0,25
PA 6.6	0,41	PE-HD	0,25
PSU	0,39	E-CTFE	0,18
PC	0,38	PEEK-mod	0,11
PVDF	0.34	PTFE	0.08

Fuente: Elaboración propia, basado en: PLASTICOS MECANIZABLES. Coeficiente de fricción. Disponible en: [http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos\\_coeficiente\\_friccion.html](http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_coeficiente_friccion.html). [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].

Una vez encontrado el coeficiente de fricción y en base al proceso de laminación, detallado en la imagen 20, se obtiene la siguiente ecuación:

Ecuación 9. Proceso de laminación.

Reemplazando:	$\mu^2 R = H_f - H_i$ $H_f - H_i = d_{max}$
---------------	---

Fuente: Elaboración propia, con base en: Procesos de Manufactura. Laminado. Análisis de laminado plano. Disponible en: <http://elizaldevi-proc-manu.blogspot.com/2013/06/laminado.html?m=1> [En línea] [Consultado 25 de Octubre 2019].

Donde:

$\mu$  = Coeficiente de Fricción.

$R$  = Radio del rodillo [mm].

$H_f$  = Grosor del balón final.

$H_i$  = Grosor del balón Inicial.

$d_{max}$  = Diferencia máxima [mm].

Para este caso se asume que la diferencia máxima que el balón puede soportar es de 2.5 cm, este valor fue dado tomando en cuenta ambos extremos del balón y en base a la deformación plástica que el material del mismo resiste.

$$H_f - H_i = 2.5 \text{ mm (Diferencia máxima).}$$

Para finalmente a partir de la anterior relación, obtener el valor del radio de los rodillos que está dado por:

Ecuación 10. Radio rodillos.

Despejando:

$$\mu^2 R = d_{max}$$

$$R = \frac{H_f - H_i}{\mu^2}$$

Reemplazando:

$$R = \frac{25\text{mm}}{(0.60)^2}$$

Se obtiene un valor de:

$$R = 69.44 \text{ mm}$$

$$D = 2r$$

$$D = 2(69.44\text{mm})$$

$$\mathbf{D = 138.88mm}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Procesos de Manufactura. Laminado. Análisis de laminado plano. Disponible en: <http://elizaldevi-proc-manu.blogspot.com/2013/06/laminado.html?m=1> [En línea] [Consultado 25 de Octubre 2019].

**3.2.2 Selección del Rodillo impulsor.** Para la selección de la rueda se aproxima el valor del diámetro que es de 138.88 mm a 150 mm pues es el valor comercial siguiente al obtenido; se consulta en el catálogo de Ruedas Hofer y se selecciona una rueda de núcleo de polipropileno, banda de PVC y rodamientos, de referencia 3726, como se muestra a continuación:

Tabla 9. Especificaciones rueda impulsora.

**RUEDAS SIN SOPORTES**

Núcleo de polipropileno, banda de PVC. Eje liso o rulemanes.

Diámetro	Ancho	Diámetro Interior	Carga Kgs.	Eje	Cod.
75	32	5/16"	80	Liso	4280
75	32	5/16"	80	Ruleman	4875
100	32	5/16"	90	Liso	4281
100	32	5/16"	90	Ruleman	4282
125	32	5/16"	100	Liso	4285
125	32	5/16"	100	Ruleman	4286
150	50	3/4"	250	Liso	3725
150	50	17mm	250	Rulemanes	3726
200	50	3/4"	300	Liso	3727
200	50	20mm	300	Rulemanes	3728

Fuente: RUEDAS HOFER. Nuevo catálogo 2019. Propileno y PVC. Ruedas sin soportes. Disponible en: [https://ruedashofer.com.ar/images/pdf/Ruedas\\_completo.pdf](https://ruedashofer.com.ar/images/pdf/Ruedas_completo.pdf). P.11 [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019]

Imagen 26. Rueda.



Una vez encontrado y seleccionado el radio de los rodillos impulsores y seleccionados para su implementación, se continúa realizando el cálculo de la longitud de contacto que está dada por:

Ecuación 11. Longitud de contacto.

$$L = \sqrt{R(d_{max})}$$

Reemplazando:

$$L = \sqrt{75mm(2.5mm)}$$

Se obtiene un valor de Longitud de contacto:

$$L = 13.69 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Procesos de Manufactura. Laminado. Análisis de laminado plano. Disponible en: <http://elizaldevi-proc-manu.blogspot.com/2013/06/laminado.html?m=1> [En línea] [Consultado 25 de Octubre 2019].

**3.2.3 Determinación de la potencia.** Para el cálculo de la potencia mecánica se debe encontrar el número de revoluciones que desarrolla el par motor, que está dada por la ecuación:

Ecuación 12. Potencia mecánica.

$P = M \cdot \omega$
----------------------

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

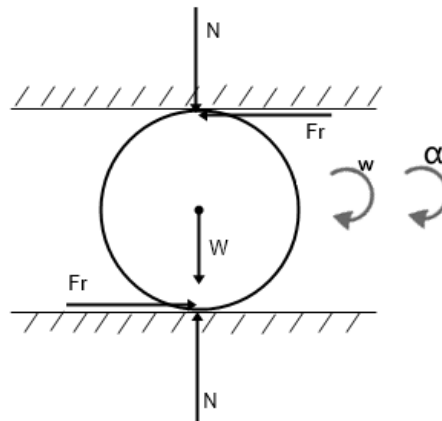
Donde:

$M =$  Momento o Par motor [N.m].

$\omega =$  Velocidad Angular [rad/seg].

Para el cálculo de la velocidad angular, se usará el método de cinemática de cuerpos rígidos, para esto se tiene realiza un diagrama de cuerpo libre de fuerzas actuantes cuando el balón pasa por los rodillos y otro cuando es disparado por los rodillos.

Imagen 27. Diagrama de cuerpo libre - rodillos



Fuente: elaboración propia

Donde:

$N =$  Normal.

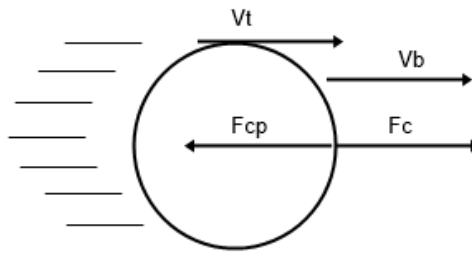
$F_r =$  Fuerza de Rozamiento.

$W =$  Peso del balón.

$\omega =$  Velocidad angular.

$\alpha =$  Aceleración angular.

Imagen 23. Diagrama de fuerzas y velocidades – balón disparado.



Fuente: elaboración propia

Donde:

$V_t$  = Velocidad Tangencial.

$V_b$  = Velocidad del Balón.

$V_{t/B}$  = Velocidad Relativa.

$F_{cp}$  = Fuerza Centripeta.

$F_c$  = Fuerza Centrifuga.

Para calcular la normal, se reemplaza en la fórmula:

Ecuación 13. Normal.

$$N = m \cdot g = 0.270 \text{Kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 = \mathbf{2.646 \text{ N}}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

Conocida la Normal, lo siguiente es, calcular la fuerza de fricción que se debe vencer y está dado por:

Ecuación 14. Fuerza de fricción.

$$F_r = \mu \cdot N = 0.60 \cdot 2.646 \text{ N} = \mathbf{1.587 \text{ N}}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

Una vez encontradas, todas las fuerzas y reacciones que inciden sobre el balón, se procede a encontrar las velocidades:

Ecuación 15. Velocidad tangencial.

$$V_t = \omega \cdot r$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

$$V_t = \omega * 0.105m$$

$$V_t = (\omega)0.105m$$

$$V_B = 120 \frac{Km}{h}, \text{ Velocidad de salida del balón.}$$

$$V_B = 120 \frac{Km}{h} * \frac{1000 m}{1 Km} * \frac{1 h}{3600 Seg}$$

$$V_B = 33.33 \text{ m/s}$$

Ecuación 16. Velocidades de traslación + rotación.

$$V_B = V_t + V_{t/R}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

$$V_B = V_t i + Nk * rj$$

$$33.33 \text{ m/s} = ((\omega)0.105m)i + Nk * (0.105m)j$$

$$33.33 \text{ m/s} = ((\omega)0.105m)i + (0.105m(N))i$$

$$33.33 \text{ m/s} = 0.21m(\omega)$$

$$\frac{33.33 \text{ m/s}}{0.21 m} = \omega$$

$$\omega = 158.71 \text{ rad/seg}$$

$$N = 1515 \text{ RPM}$$

Reemplazando para encontrar la Tangencial:

$$V_t = (158,7)1 * 0.105m$$

$$V_t = 16.66 \text{ m/s}$$

Determinados los valores de fuerzas y velocidades, el siguiente paso es determinar la fuerza centrípeta, que está dada por:

Ecuación 17. Fuerza centrípeta.

$$F_{cp} = m_b \frac{V_t^2}{r}$$
$$F_{cp} = 0.270 \text{ Kg} \frac{(16.66\text{m/s})^2}{0.105\text{m}}$$
$$F_{cp} = 713.71 \text{ N}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

Conocido el valor de la fuerza centrípeta y determinados todas las fuerzas y velocidades actuantes en el sistema se halla la fuerza centrífuga, que está dada por:

Ecuación 18. Fuerza centrífuga.

$$F_c = m_b \cdot \omega^2 \cdot r$$
$$F_c = 0.270 \text{ Kg} \cdot (158.71 \text{ rad/s})^2 \cdot 0.105\text{m}$$
$$F_c = 714.10 \text{ N}$$

Una vez fue hallada la velocidad angular, se continúa calculando el momento o par motor:

Ecuación 19. Momento.

$$M = I \cdot \omega$$

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

Donde:

$I = \text{Momento de Inercia.}$

$\alpha = \text{Aceleración angular [rad/seg}^2\text{].}$

Para este caso el momento de inercia se toma para un cilindro que está dado por:



Ecuación 20. Momento de inercia.

$$I = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} 0.725Kg * 0.075m^2 = \mathbf{0.002039}$$

En el catálogo se especifica que estas ruedas tienen un peso de 725gr.

Fuente: Elaboración propia, con base en: Beer. Johnston. Corwell. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 9na Edición. Disponible en: <https://udomatematica.files.wordpress.com/2018/06/dinamica-beer-johnston.pdf>. [En línea] [Consultado 30 de Octubre 2019].

Se reemplaza en valor, para calcular el momento de la ecuación 19:

$$M = 0.002039 * 158.71 \frac{rad}{seg} = \mathbf{0.323 Nm}$$

Obtenidos los valores de momento y velocidad angular en RPM, se puede calcular la potencia mecánica requerida para la selección de los motores (ecuación 12):

$$P = 0.323Nm * 158.71 \frac{rad}{seg} = \mathbf{51.36 Wt}$$

Tabla 10. Resultados obtenidos.

Datos	Valor
Longitud de contacto	<b>14 mm</b>
Normal	<b>2.646 N</b>
Fuerza de rozamiento	<b>1.587 N</b>
Velocidad angular	<b>158.71 rad/seg, 1515 RPM</b>
Velocidad tangencial	<b>16.66 m/s</b>
Fuerza Centrípeta	<b>713 N</b>
Fuerza Centrífuga	<b>714 N</b>
Inercia	<b>0.002039 N</b>
Momento	<b>0.323 Nm</b>
Potencia	<b>51.36 Wt</b>

Fuente: elaboración propia.

**3.2.4 Selección de los motores.** 1HP= 745,7W. Según la potencia en watts encontrada anteriormente, al convertirla a HP, se tiene una potencia de 0,135HP.

Tabla 11. Motor eléctrico armazón 56.

Potencia CP	Tipo	Catálogo Spiridon	Velocidad nominal RPM	Corriente nominal Amp	Corriente de arranque en % de la corriente nominal	Par nominal Nm	Par de arranque en % del par nominal	Par máx en % del par nominal	Factor de servicio	Peso neto aprox. Kg	Long. L mm	
2 polos, base rígida, brida C y flecha roscada (bomba)												
0.25	1RA32522YK34	1RA32522YK34	3 440	1,0	0,5	450	0,52	230	550	1,5	6,8	284
0.33	1RA32532YK34	1RA32532YK34	3 425	1,4	0,7	470	0,69	250	500	1,35	7,0	284
0.50	1RA32542YK34	1RA32542YK34	3 410	1,9	0,9	480	1,04	290	430	1,25	7,4	284
0.75	1RA32552YK34	1RA32552YK34	3 470	2,5	1,3	540	1,54	190	420	1,25	7,9	284
1.0	1RA92562YK34	1RA92562YK34	3 460	3,0	1,5	730	2,06	280	560	1,25	8,9	304
1.5	1RA92572YK34	1RA92572YK34	3 475	4,2	2,1	880	3,07	360	510	1,15	11,5	326

Fuente: SIEMENS. Motores eléctricos. Motores trifásicos. Armazón 56. Disponible en: [http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod\\_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf](http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf) f. P.37 [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].

Imagen 28. Motor Eléctrico Armazón 56.

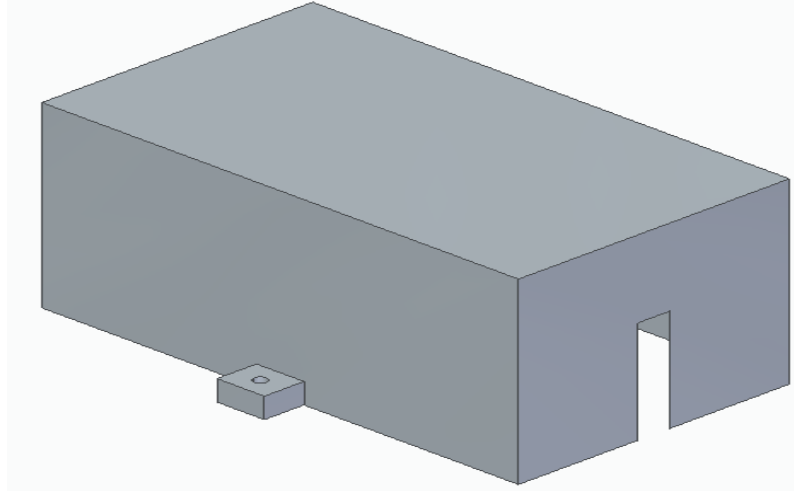


Fuente: SIEMENS. Motores eléctricos. Motores trifásicos. Armazón 56. Disponible en: [http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod\\_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf](http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf). [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].

El catálogo de SIEMENS suministra información sobre las dimensiones del motor seleccionado, como se muestra en el ANEXO D.

Estos dos motores se recubrirán para reducir el impacto de los factores climáticos. Se utilizarán carcasas de un espesor reducido para no aumentar el peso en esta sección de la estructura.

Imagen 29. Carcasa metálica para recubrimiento de motor.



Fuente: Elaboración propia

Ahora se calcula la potencia del motor que accionara el elevador de cangilones:

Ecuación 21. Potencia de accionamiento del motor

$$Na = \frac{Fa \cdot v}{75 \cdot n} = \frac{2,83kg \cdot 1,5m/seg}{75 \cdot (0,7)} = 0,0808 CV = 0,0797HP$$

Los motores eléctricos tienen una eficiencia entre 70% y 85%, se usará el valor más bajo.

Fuente: DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html>. P.5. [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

Donde:

$n$  = rendimiento del motor.

$v$  = Velocidad de desplazamiento lineal [m/seg].

Según este resultado, no se necesita gran potencia en el motor. Debido a que la masa total que desplaza el elevador de cangilones es muy reducida; 10 balones con un peso total de 2.8kg.

Tabla 12. Motor eléctrico 1LA5.

HP	Polos	Tipo*	Velocidad nominal RPM	Tension nominal V	Corriente nominal A	Eficiencia nominal %	Letra de código	Par nominal Nm	Par Arranque % del nom.	Máximo % del nom.	Peso neto aprox. Kg
0.25	2	1LA5 843-2YK30	3470	220/440	1.1/0.55	64.0	L	0.6	260	400	5.8
	4	1LA5 843-4YK30	1720	220/440	1.2/0.60	62.0	J	1.0	165	280	6.1
.033	2	1LA5 844-2YK30	3480	220/440	1.3/0.65	68.0	L	0.7	200	440	6.1
	4	1LA5 844-4YK30	1720	220/440	1.6/0.80	66.0	J	1.3	215	280	6.7
0.50	2	1LA5 845-2YK30	3485	220/440	1.8/0.90	74.0	L	1.0	350	420	6.6
	4	1LA5 845-4YK30	1715	220/440	2.0/1.00	70.0	J	2.0	230	275	7.5
0.75	2	1LA5 846-2YK30	3450	220/440	2.3/1.15	75.5	K	1.5	290	550	7.4
	4	1LA5 846-4YK30	1710	220/440	3.0/1.50	72.0	J	3.0	240	320	8.9
1.00	2	1LA5 847-2YK30	3440	220/440	2.8/1.40	75.5	J	2.0	290	430	8.2
1.5	2	1LA5 848-2YK30	3415	220/440	4.2/2.10	77.0	J	3.0	270	320	9.2

Fuente: SIEMENS. Motores eléctricos. Motores trifásicos. Armazón 56. Disponible en: [http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod\\_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf](http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf) f. P.37 [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].

Debido a que se tendría una misma potencia comparado con los motores encargados de lanzamientos, se hizo énfasis en otro aspecto (en este caso el peso del motor) que ayudaría al funcionamiento de la maquinaria y sus subsistemas.

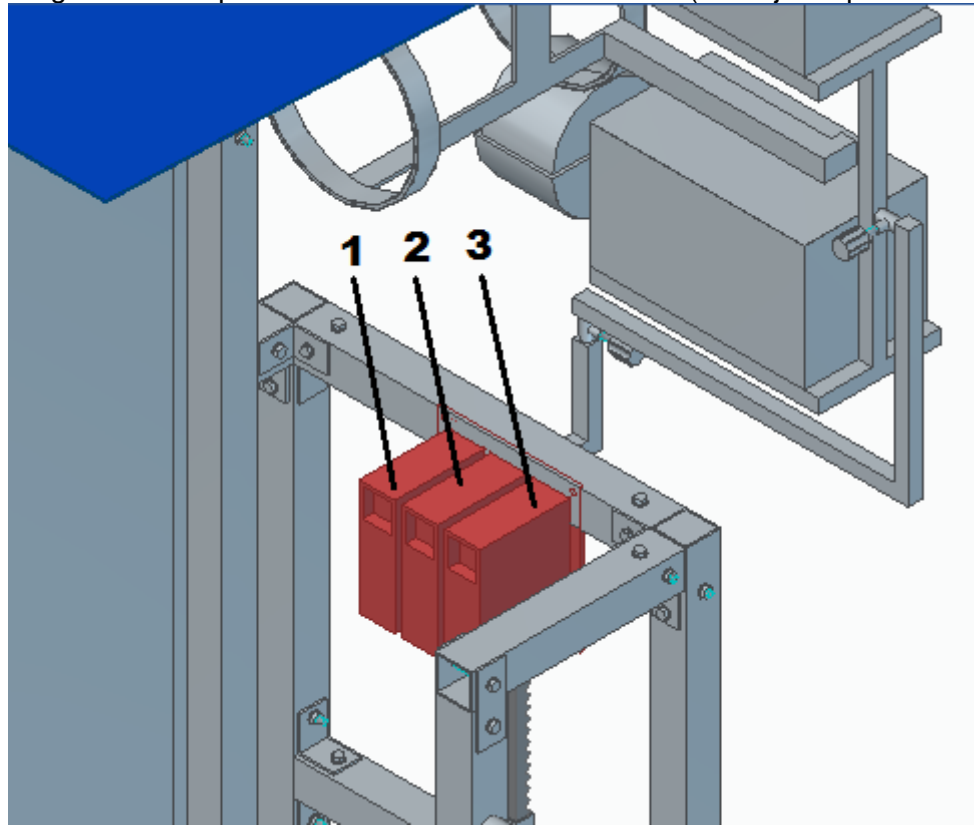
Imagen 30. Motor eléctrico 1LA5.



Fuente: SIEMENS. Motores eléctricos. Motores trifásicos. Armazón 56. Disponible en: [http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod\\_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf](http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf) P.37 [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].

### 3.3 SUBSISTEMA DE CONTROL

Imagen 31. Componentes del subsistema de control (sin caja de protección).



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 26. Elementos subsistema de control.

N.	PARTE
1.	Variador Motor eléctrico sentido horario.
2.	Variador Motor eléctrico sentido antihorario.
3.	Variador Motor eléctrico elevador de cangilones.

Fuente: elaboración propia.

El control de los motores se llevará acabo con tres variadores Invertek (Variador de frecuencia). Este variador es capaz de acoplarse a cualquier tipo de motor eléctrico y lograr cambiar la velocidad en tiempo real, además de lograr invertir el sentido de giro del motor. La configuración de estos equipos no es compleja. Los equipos tienen un manual completo para su montaje y configuración. Tienen un costo de \$565.000 c/u.

Imagen 32. Variadores Invertek.

# VARIADORES DE FRECUENCIA



**Variadores de propósito general fáciles de programar**

- Control vectorial sin sensores de velocidad
- 4 entradas programables: 2 digitales + 2 digitales/análogas
- 2 salidas programables: 1 digital (Relé) + 1 digital/análoga
- Comunicación Modbus RTU y CANopen incorporada
- Montaje en riel DIN o de sobreponer
- Protección IP20
- Modos de operación preconfigurados:

**OPTIDRIVE™ E<sup>3</sup>**

CE c UL us  Fabricados en el Reino Unido



**Tamaño 1**



**Tamaño 2**



**Tamaño 3**

Modo Industrial	Modo Bombas	Modo Ventiladores
Optimizado para aplicaciones típicas de la industria. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bandas transportadoras</li> <li>✓ Mezcladoras</li> </ul>	Control de bombas con alta eficiencia energética. Torque constante o variable. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bombas dosificadoras</li> <li>✓ Bombas de pozo profundo</li> <li>✓ Bombas centrifugas</li> <li>✓ Piscinas</li> </ul>	Ideal para sistemas HVAC simples. Incluye operación para incendios. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Unidades de manejo de aire</li> <li>✓ Ventiladores</li> <li>✓ Cortinas de aire</li> <li>✓ Extractores para cocinas</li> </ul>

Fuente: ELÉCTRICAS BOGOTÁ. Variadores Invertek. Disponible en: <http://electricasbogota.com/articulo/contenido/29-variadores-invertek>. [En línea] [Consultado 25 de Octubre 2019].

Se usarán Variadores de Tamaño 1, referencia ODE-3-120043-3012 los cuales tienen las siguientes especificaciones:

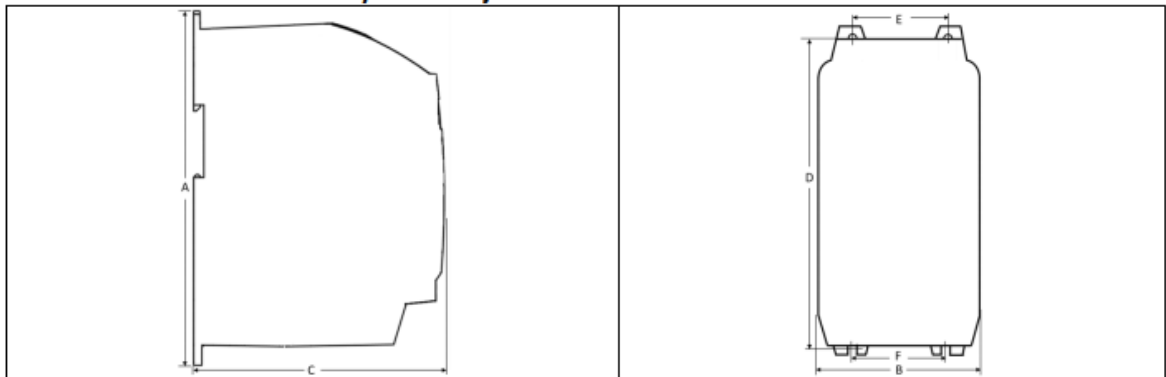
Tabla 13. Especificaciones técnicas variadores de frecuencia Invertek.

REF	POTENCIA		CORRIENTE (A)	TENSIÓN	TAMAÑO	FILTRO DE RED
	Hp	kW				
ODE-3-120023-1F12	0.5	0.37	2.3	200 - 240VAC ±10% Monofásica	1	Categoría C1* (Interno)
ODE-3-120043-1F12	1	0.75	4.3			
ODE-3-120070-1F12	2	1.5	7			
ODE-3-220070-1F42	3	2.2	10.5			
ODE-3-120043-3012	1	0.75	4.3	200 - 240VAC ±10% Trifásica	1	-----
ODE-3-120070-3012	2	1.5	7		2	
ODE-3-220105-3F42	3	2.2	10.5		3	
ODE-3-320180-3F42	5	4	18	380 - 480VAC ±10% Trifásica	1	Categoría C1* (Interno)
ODE-3-140022-3F12	1	0.75	2.2			
ODE-3-140041-3F12	2	1.5	4.1			
ODE-3-240058-3F42	3	2.2	5.8			
ODE-3-240095-3F42	5	4	9.5			
					2	

\*De acuerdo con la norma IEC/EN 61800-3

Fuente: ELÉCTRICAS BOGOTÁ. Variadores Invertek. Disponible en: <http://electricasbogota.com/articulo/contenido/29-variadores-invertek>. [En línea] [Consultado 25 de Octubre 2019].

Tabla 14. Dimensiones mecánicas y de montaje.



Tamaño	A		B		C		D		E		F		Peso	Peso
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	Kg	Kg
1	173	6.81	83	3.27	123	4.84	162	6.38	50	1.97	50	1.97	1.0	1.0
2	221	8.70	110	4.33	150	5.91	209	8.23	63	2.48	63	2.48	1.7	1.7
3	261	10.28	131	5.16	175	6.89	247	9.72	80	3.15	80	3.15	3.2	3.2
4	420	16.54	171	6.73	212	8.35	400	15.75	125	4.92	125	4.92	9.1	9.1
Tornillos de montaje			Tamaño 1 - 3		4 x M5 (#8)		Tamaño 4		4 x M8					
Par de Apriete			Tamaños 1 - 3		Conexión Control		0.5 Nm (4.5 lb-in)		Conexión Potencia		1 Nm (9 lb-in)			
			Tamaño 4		Conexión Control		0.5 Nm (4.5 lb-in)		Conexión Potencia		2 Nm (18 lb-in)			

Fuente: INVERTEK DRIVES. Guía del usuario. [https://www.invertekdrives.com/client-uploads/download-manager/user-guides/ES\\_Optidrive\\_E3\\_User\\_Guide.pdf](https://www.invertekdrives.com/client-uploads/download-manager/user-guides/ES_Optidrive_E3_User_Guide.pdf). P.7. [En línea] [Consultado 25 de Octubre 2019].

Las conexiones de la fuente y la salida a los motores están especificados en el manual (página 11), remítase al ANEXO E. No se necesitará algún tipo de programación con estos equipos; únicamente la configuración inicial explicada en el manual del equipo (página 15).

Los variadores de frecuencia Invertek tienen una protección IP20. Lo que significa: "IP" (Ingress protection), primer dígito numérico "2" (nivel de protección ingreso objetos sólidos), segundo dígito numérico "0" (nivel de protección frente a líquidos).

A continuación se muestra la descripción de cada nivel de protección estipulado en la norma ANSI-IEC 60529 (EL GRADO DE PROTECCIÓN CONTRA INGRESO – IP):

Cuadro 27. ANSI-IEC 60529.

PROTECCION CONTRA INGRESO DE:		
	Objeto Solido	Agua
0	Sin protección.	Sin protección.
1	Protegido contra objetos sólidos con un diámetro superior a 50 mm. Ej. El dorso de una mano.	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua (agua goteando) Duración de la prueba: 10 minutos Agua equivalente a un caudal de 1mm/min de precipitación.
2	Protegido contra objetos sólidos con un diámetro superior a 12,5 mm. Ej. Un dedo.	Protegido contra la caída de gotas de agua con una inclinación de hasta 15° Duración de la prueba: 10 minutos Agua equivalente a un caudal de 3mm/min de precipitación.
3	Protegido contra objetos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm. Ej. Herramientas, un cable gordo.	Protegido contra el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° Duración de la prueba: 5 minutos Agua equivalente a un caudal de 10lts/min y una presión de 80-100kN/m <sup>2</sup> .
4	Protegido contra objetos sólidos con un diámetro superior a 1 mm. Ej. Un alambre, tornillo.	Protegido contra el agua arrojada desde cualquier ángulo. Duración de la prueba: 5 minutos Agua equivalente a un caudal de 10 lts/min y una presión de 80-100kN/m <sup>2</sup> .
5	Protegido contra el polvo. Puede penetrar polvo en cantidad no perjudicial.	Protegido contra el agua arrojada a chorro desde cualquier ángulo a través de una boquilla de 6,3 mm de diámetro Duración de la prueba: 3 minutos Agua equivalente a un caudal de 12,5lts/min, una presión de 30kN/m <sup>2</sup> y tirado desde una distancia de 3mts.



Cuadro 27 (Continuación):

6	Totalmente protegido contra el polvo. Estanca al polvo.	Protegido contra el agua arrojada a chorro desde cualquier ángulo a través de una boquilla de 12.5 mm de diámetro Duración de la prueba: 3 minutos Agua equivalente a un caudal de 100lts/min, una presión de 100kN/m <sup>2</sup> y tirado desde una distancia de 3mts/td>
7		Protegido contra los efectos de una inmersión en agua a 1 metro de profundidad (corresponde con una presión de 100kN/m <sup>2</sup> ). Duración de la prueba: 30 minutos sin dañar ninguna pieza interna.
8		Protegido contra los efectos de una inmersión continuada en agua bajo condiciones más severas que las especificadas para el valor 7. El fabricante se encarga de especificar las condiciones exactas para cada dispositivo.

Fuente: Elaboración propia con base en: AQUAPAC. ANSI-IEC 60529 - EL GRADO DE PROTECCIÓN CONTRA INGRESO. [https://aquapac.es/es/blog/3\\_IEC-60529-grado-proteccion-ingreso-IP.html](https://aquapac.es/es/blog/3_IEC-60529-grado-proteccion-ingreso-IP.html) [En línea] [Consultado 10 Febrero 2020].

Debido a que la maquina estará expuesta a la intemperie se deberá proteger con una caja de protección “Caja sobreponer” para proteger los variadores Invertek.

Son utilizadas para alojar equipos eléctricos de potencia o control y para empalme o halado conductores en sistemas conduit expuestos a polvo e intemperie, además facilitan la inspección y mantenimiento de las conexiones. Evita el ingreso de objetos sólidos y previene los efectos, corrosivos por ingreso de agua (lluvia, rocío chorro directo). Adicionalmente, tiene una protección mejorada contra la corrosión mediante su acabado en pintura electroestática. Metal, unida con tornillos en acero inoxidable. Se pueden realizar diferentes perforaciones con rosca NPT para tubería conduit metálica y accesorios según la necesidad del sistema, condicionado al tamaño dela caja. Cuenta con bases internas de montaje aisladas, que permiten ubicar los equipos eléctricos o partes vivas.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Productos a prueba de intemperie. Caja sobreponer. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P.64 [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

Imagen 33. Protección Variadores.



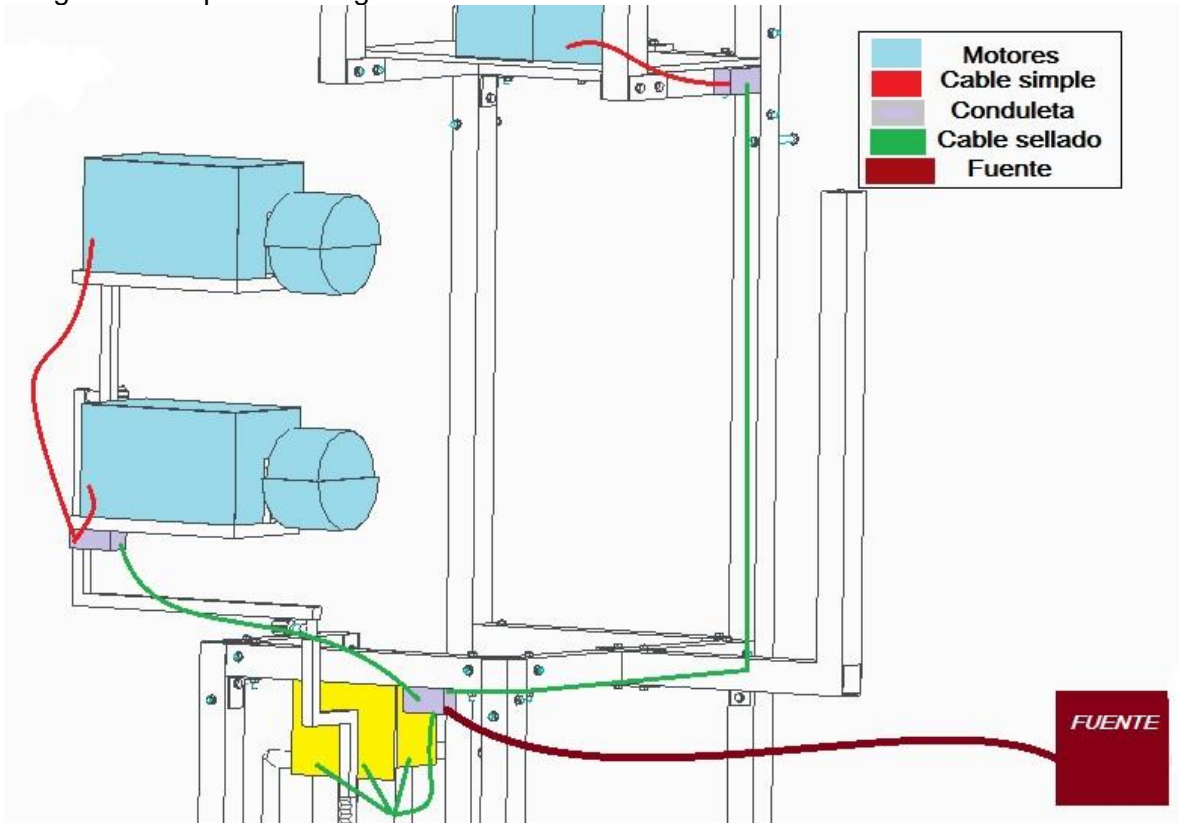
Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Productos a prueba de intemperie . Caja sobreponer. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P.64 [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

Tabla 15. Dimensiones caja sobreponer.

CAJA SOBREPONER				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO	L (cm)	A (cm)	H (cm)
3N42CS0762	Caja Sobreponer 70x60x25	70,00	60,00	25,00
3N42CSA331	Caja Sobreponer 30x30x15	30,00	30,00	15,00
3N42CSC111	Caja Sobreponer 10x5x5	10,00	5,00	5,00
3N42CS0111	Caja Sobreponer 10x10x10	10,00	10,00	10,00
3N42CSF111	Caja Sobreponer 15x15x10	15,00	15,00	10,00
3N42CSA222	Caja Sobreponer 20*20*15	20,00	20,00	15,00
3N42CSE221	Caja Sobreponer 25x20x15	25,00	20,00	15,00
3N42CSG221	Caja Sobreponer 25x25x15	25,00	25,00	15,00
3N42CSC311	Caja Sobreponer 30x15x15	30,00	15,00	15,00
3N42CS0332	Caja Sobreponer 30x3	30,00	30,00	20,00
3N42CS0442	Caja Sobreponer 40x40x20	40,00	40,00	20,00
3N42CSA532	Caja 50x30x25	50,00	30,00	25,00
3N42CS0542	Caja De Sobreponer 50x40	50,00	40,00	20,00
3N42CS0642	Caja De Sobreponer 60x40	60,00	40,00	20,00
3N42CS0652	Caja De Sobreponer 60x50	60,00	50,00	20,00
3N42CS0653	Caja De Sobreponer 60x50	60,00	50,00	30,00
3N42CSC321	Caja Sobreponer 30x25x15	30,00	25,00	15,00
3N42CS0L83	Caja Sobreponer 100x80x3	100,00	80,00	30,00

Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Productos a prueba de intemperie. Caja sobreponer. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P.65 [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

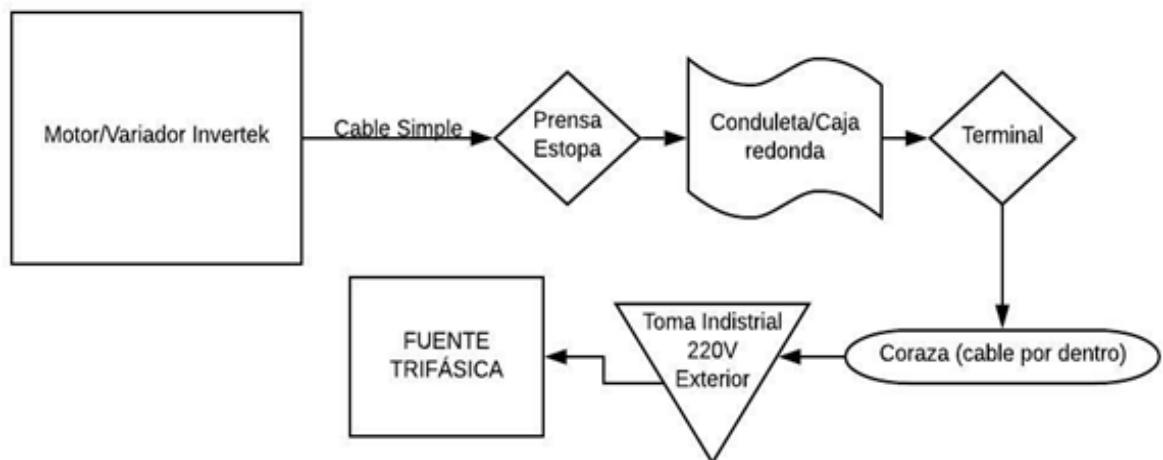
Imagen 34. Esquema configuración cables.



Fuente: elaboración propia.

Esta configuración debe respetarse pero la ubicación de las conduletas puede variar al momento de la instalación de la máquina.

Diagrama 8. Conexiones.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Componentes red eléctrica.

Componente	Cantidad
a. Conduleta tipo LB $\frac{3}{4}$ "	1
b. Conduleta tipo T $\frac{3}{4}$ ".	1
c. Caja redonda $\frac{3}{4}$ ".	1
d. Prensa estopa $\frac{3}{4}$ ".	4
e. Terminal EMT Acero-tub.	3
f. Coraza liquid tight recubierta con PVC.	1 (10m)
g. Toma industrial 220V de exterior.	1
h. Cableado Triplex 3x12 encauchetado	3m

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 35. Conduleta tipo LB.



Imagen 36. Conduleta tipo T.



Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Conduletas. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P-54. [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

Imagen 37. Caja redonda.



Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Conduletas. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P.52. [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

Imagen 38. Prensa estopa.



Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Conduletas. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P.71 [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

Imagen 39. Terminal.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 40. Coraza.



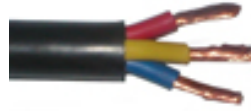
Fuente: elaboración propia.

Imagen 41. Toma industrial 220V ext.



Fuente: ELECTROENERGIAS LR ENCHUFE INDUSTRIAL HEMBRA PROLONGABLE 3X16 220V TYPE: 213.  
<https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

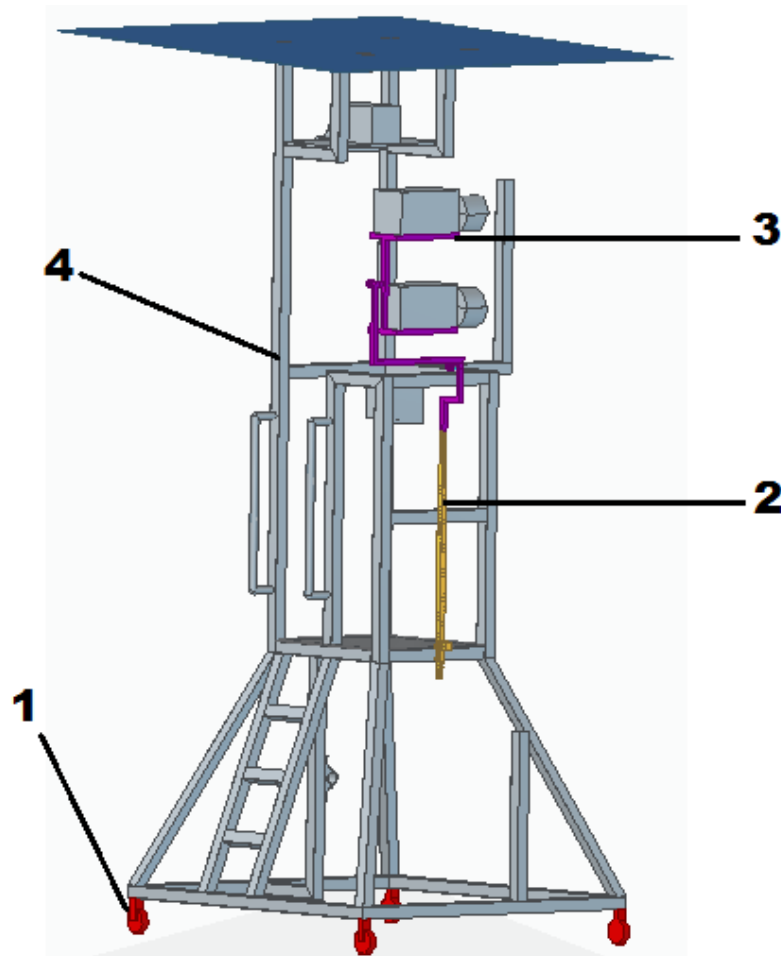
Imagen 42. Cableado Triplex 3x12 encauchetado.



Fuente: INTERELECTRICAS. Cable encauchetado 3x12. Cod. 0230008003312. [http://www.interelectricas.com.co/product.php?idcategoria=1&idsubcategoria=39&idprodu=155&pronom=Cable%20Encauchetado%20%203%20x%2012%20\(METRO\)](http://www.interelectricas.com.co/product.php?idcategoria=1&idsubcategoria=39&idprodu=155&pronom=Cable%20Encauchetado%20%203%20x%2012%20(METRO)). [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

### 3.4 SISTEMA ESTRUCTURAL

Imagen 43. Partes subsistema estructural.



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 28. Elementos subsistema de control.

N.	PARTE
1.	Subsistema traslación.
2.	Subsistema elevación.
3.	Subsistema rotación e inclinación.
4.	Estructura.

Fuente: elaboración propia.

**3.4.1. Subsistema de Traslación.** Este subsistema consta de las ruedas tipo rodachinas con sistema de frenado.

El peso de toda la maquinaria es de 490kg contando al operario sobre la plataforma. Lo que quiere decir que se necesitan rodachinas con la capacidad de carga mayor a 120kg:

Tabla 17. Ruedas con soporte serie M reforzada.

**RUEDAS CON SOPORTES SERIE M REFORZADA**

Soporte de acero estampado. Acabado zincado. Soporte giratorio de doble hilera de bolas. Opcional freno total sobre soporte y rueda

Diámetro	Ancho	Carga Kgs.	Eje	Altura total	Plato mm.	Entre centros	Giratoria c/base	Giratoria c/base y freno	Fija
80	30	80	Liso	108	105x85	80x60	4094	4106	4116
100	30	90	Liso	128	105x85	80x60	4095	4107	4117
125	30	120	Liso	155	105x85	80x60	4097	4109	4119
160	45	200	Liso	195	135x110	105x80	4100	4112	4122
150	50	250	Rulemanes	190	135x110	105x80	4101	4113	4123
200	50	250	Liso	240	135x110	105x80	4104	4114	4126
200	50	300	Rulemanes	240	135x110	105x80	4105	4115	4127

Imagen 44. Vista de ruedas con soporte serie M reforzada.



Fuente: elaboración propia con base en: RUEDAS HOFER. Nuevo catálogo 2019. Polipropileno. Disponible en: [https://ruedashofer.com.ar/images/pdf/Ruedas\\_completo.pdf](https://ruedashofer.com.ar/images/pdf/Ruedas_completo.pdf). P.11 [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].



### 3.4.2 Subsistema de Elevación.

**3.4.2.1 Determinación del módulo.** Para la selección del módulo de la cremallera se debe tener en cuenta la fuerza tangencial, a la que se verá sometida la cremallera y considerar una velocidad lineal de desplazamiento del sistema, todo esto teniendo en cuenta que el sistema funcione de manera ideal, por esto se debe escoger un factor de seguridad que está dado por la siguiente tabla:

Tabla 18. Factores de Seguridad.

Tiempo de Trabajo	Tipo de Carga		
	Uniforme	Moderada	Pesada
Ocasional (1-2 horas)	1.5	1.8	2.3
Intermitente (3 horas)	1.8	2	2.5
8-10 horas	2	2.25	2.8
24 horas	2	2.5	3

Fuente: elaboración propia, con base en <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf>. P.54 [En línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

Se escoge un factor de seguridad de 1.5, por que la cremallera no tendrá un tiempo de trabajo continuo pues solo será manipulada en prácticas deportivas y la altura se fijará dependiendo del propósito de la clase con supervisión del entrenador y además su carga será baja y uniforme.

Tabla 19. Valores de entrada estimados.

Datos	Valor
Longitud de Cremallera	<b>1 m</b>
Velocidad lineal (estimada)	<b>0.15 m/s</b>
Aceleración lineal (estimada)	<b>0.30 m/s<sup>2</sup></b>
Masa a elevar	<b>30 Kg</b>

Fuente: elaboración propia.

El catalogo establece que cuando una cremallera, su velocidad y aceleración no son relevantes estos valores se pueden estimar para obtención de datos relevantes como lo son la fuerza tangencial real y corregida.

En base a las condiciones mecánicas iniciales previas de la tabla 11, que pueden ser estimados pues para este caso no es relevante que el sistema tenga una velocidad y aceleración calculada pues su movimiento será poco y este obedecerá a la necesidad de fijar una posición requerida en la práctica, dado esto se debe calcular las fuerzas corregidas que se verán involucradas en el mecanismo, se debe tener en cuenta que la cremallera irá ubicada en posición vertical, por lo cual se calcularán las fuerzas en sentido vertical, están dadas por:

Ecuación 22. Fuerza tangencial real-vertical.

$$F_{vt} = m \cdot (9.58 \cdot a) = 30kg \cdot (9.58 \cdot 0.30m/s^2) = 86.22 N$$

Fuente: Elaboración propia, con base en <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf> P.54 [En línea] [Consultado 26 de Octubre 2019]

Donde:

$m = Masa a elevar (Kg)$

$a = Aceleración lineal (m/s^2)$

9.58 = Constante establecida por el catálogo

Ecuación 23. Fuerza tangencial corregida-vertical

$$F_{vc} = F_{vt} \cdot K = 86.22N \cdot 1.5 = 129.33 N$$

Fuente: Elaboración propia, con base en <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf> P.54 [En línea] [Consultado 26 de Octubre 2019]

Donde:

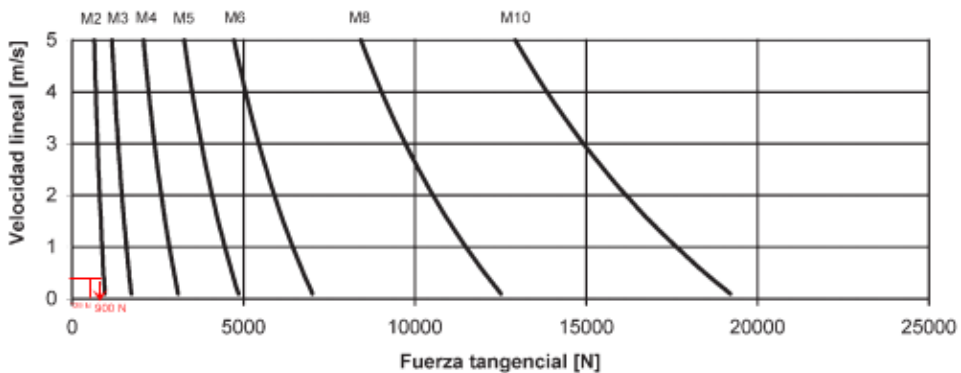
$F_{vt} = Fuerza Tangencial Real (Newton)$

$K = Factor de Seguridad$

Una vez encontrados las fuerzas involucradas se procede a encontrar el módulo que tendrá el mecanismo, se debe tener en cuenta que el material a emplear del sistema es **Acero al carbono F-114 Bonificado** pues este tipo de material se utiliza para aplicaciones generales sin grandes exigencias y cargas medio-pequeñas, por ello el módulo está dado por el siguiente diagrama:

Diagrama 9. Diagrama de selección del módulo dentado.

MATERIAL = F-114 Bonificado



Fuente: KOOM. Transmisión por cremallera piñón. Disponible en: <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf> [En línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

### 3.4.2.2 Selección del piñón. Obteniendo los siguientes valores:

*Módulo seleccionado* = 2

*Fuerza Tangencial Máxima* = 900 N (Obtenido del Diagrama 8)

A partir del módulo se selecciona un número de dientes del piñón en función a la fuerza tangencial:

Tabla 20. Especificaciones del piñón.

Dientes Z	Mod. 1				Mod. 1,5				Mod. 2				Mod. 2,5			
	$d_a$	$d_p$	$d_m$	$D_1$	$d_a$	$d_p$	$d_m$	$D_1$	$d_a$	$d_p$	$d_m$	$D_1$	$d_a$	$d_p$	$d_m$	$D_1$
12	14	12	9	6	21,0	18,0	14	8	28	24	18	10	35,0	30,0	22	10
13	15	13	10	6	22,5	19,5	15	8	30	26	20	10	37,5	32,5	25	10
14	16	14	11	6	24,0	21,0	17	8	32	28	22	10	40,0	35,0	28	10
15	17	15	12	6	25,5	22,5	18	8	34	30	24	10	42,5	37,5	30	10
16	18	16	13	6	27,0	24,0	20	8	36	32	25	10	45,0	40,0	32	12
17	19	17	14	6	28,5	25,5	20	8	38	34	25	10	47,5	42,5	35	12
18	20	18	15	8	30,0	27,0	20	8	40	36	25	10	50,0	45,0	35	12
19	21	19	15	8	31,5	28,5	20	8	42	38	25	10	52,5	47,5	35	12
20	22	20	16	8	33,0	30,0	25	8	44	40	30	10	55,0	50,0	40	12
21	23	21	16	8	34,5	31,5	25	10	46	42	30	12	57,5	52,5	40	14
22	24	22	16	8	36,0	33,0	25	10	48	44	30	12	60,0	55,0	45	14
23	25	23	18	8	37,5	34,5	25	10	50	46	30	12	62,5	57,5	45	14
24	26	24	20	10	39,0	36,0	25	10	52	48	35	12	65,0	60,0	45	14
25	27	25	20	10	40,5	37,5	25	10	54	50	35	12	67,5	62,5	50	14
26	28	26	20	10	42,0	39,0	30	12	56	52	40	12	70,0	65,0	50	14

Fuente: ROSALDA ELEMENTOS DE RODAJE S.L. Engranajes módulo 1 a 2.5. Disponible en: [http://www.rodalsa.net/?page\\_id=2496](http://www.rodalsa.net/?page_id=2496) [En Línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

Tabla 21. Datos piñón.

Altura total «A» para:	Anchura diente «B» para:
Modulo 1 = 25 mm.	Modulo 1 = 15 mm.
Modulo 1,5 = 30 mm.	Modulo 1,5 = 17 mm.
Modulo 2 = 35 mm.	Modulo 2 = 20 mm.
Modulo 2,5 = 45 mm.	Modulo 2,5 = 25 mm.
Modulo 3 = 50 mm.	Modulo 3 = 30 mm.
Modulo 4 = 60 mm.	Modulo 4 = 40 mm.
Modulo 5 = 75 mm.	Modulo 5 = 50 mm.
Modulo 6 = 75 mm.	Modulo 6 = 50 mm.

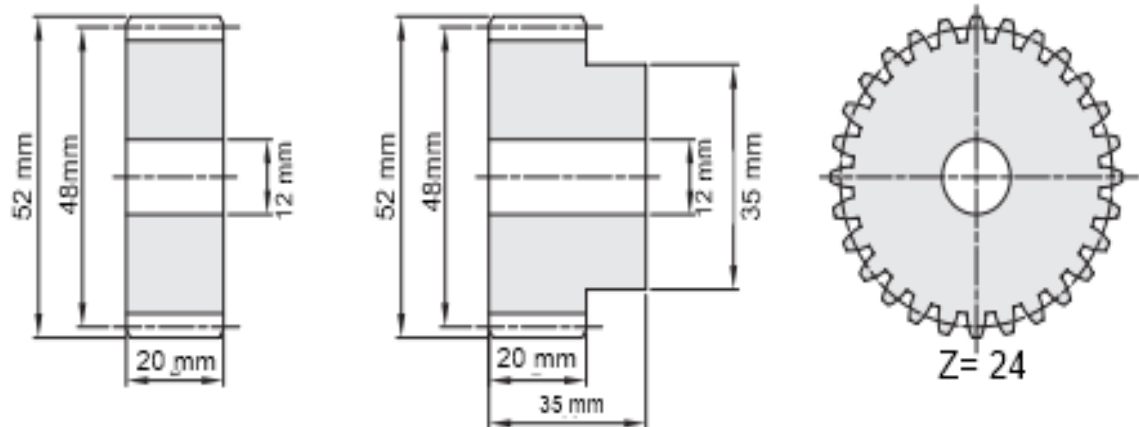
Fuente: ROSALDA ELEMENTOS DE RODAJE S.L. Engranajes módulo 1 a 2.5. Disponible en: [http://www.rodalsa.net/?page\\_id=2496](http://www.rodalsa.net/?page_id=2496) [En Línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

Tabla 22. Datos piñón.

Dato	Valor
Diámetro Primitivo ( $D_p$ )	48 mm
Diámetro Exterior ( $D_e$ )	52 mm
Diámetro Medio ( $D_m$ )	35 mm
Diámetro Interior ( $D_i$ )	12 mm
Anchura diente ( $B$ )	20 mm
Altura total ( $A$ )	35 mm

Fuente: elaboración propia.

Imagen 45. Boceto piñón.



Fuente: elaboración propia.

**3.4.2.3 Calculo especificaciones de cremallera.** Una vez fue seleccionado el módulo y las especificaciones del piñón, se continúa calculando todos los datos correspondientes al dentado de la cremallera.

Tabla 23. Datos de cremallera.

$$Módulo = 2.0$$

Parámetro	Valor
1. $P = \pi(m) = \pi(2.0mm)$	6.283 mm
2. $h = 2.167(m) = 2.167(2.0)$	4.334 mm
3. $e = 0.5(p) = 0.5(6.283)$	3.1415 mm
4. $c = 0.5(p) = 0.5(6.283)$	3.1415 mm
5. $L = m = 2.0$	2.0 mm
6. $\alpha = 20^\circ$	20°
7. $r = 0.3(m) = 0.3(2.0)$	0.6 mm
8. $T = \frac{(P - 4(L)Tan \alpha)}{2}$	1.6856 mm
$T = \frac{(6.283 - 4(2.0)Tan 20^\circ)}{2}$	

Fuente: elaboración propia.

Donde:

$P = \text{Paso.}$

$h = \text{Altura del Diente.}$

$e = \text{Espesor del diente.}$

$c = \text{espacio entre dientes.}$

$L = \text{Altura de la cabeza del diente.}$

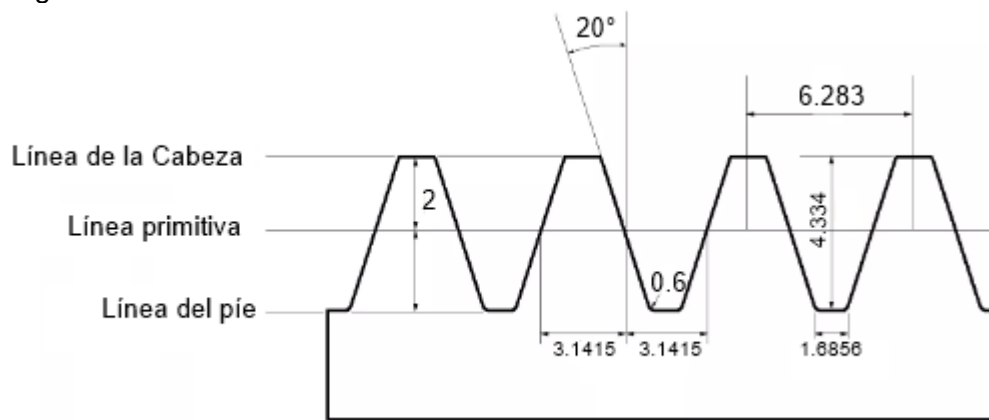
$\alpha = \text{Semiangulo del diente.}$

$r = \text{Radio del pie de diente.}$

$T = \text{Ancho del fondo de diente.}$

$Lo = \text{Longitud de cremallera.}$

Imagen 46. Boceto cremallera.



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del número de dientes de la cremallera se debe tener en cuenta la longitud de la misma, en donde el paso se debe repetir sin sobre pasar el metro de largo, conocido esto el número de dientes estará dado por la relación:

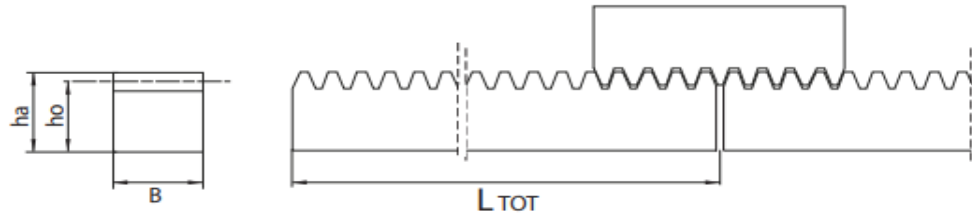
Ecuación 24. Número de dientes.

$$Z = \frac{Lo}{P} = \frac{1000mm}{6.283mm} = 159.15 \approx 160 \text{dientes}$$

Elaboración: Fuente propia, con base en: Norton. Diseño de Maquinas. 4ta edición. Disponible en: [https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o\\_de\\_Maquinas\\_4edi\\_Norton](https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o_de_Maquinas_4edi_Norton). [En Línea] [Consultado 31 de Octubre 2019].

**3.4.2.4 Selección de cremallera.** Según los datos anteriores, se selecciona por catálogo de KOOM, una cremallera de referencia **CKR-I-CTR CR21** que cumple con los requerimientos sustentados por los cálculos, se adiciona un boceto para mayor comprensión de los datos del catálogo.

Imagen 47. Dimensiones cremallera.



Fuente: KOOM. Transmisión por cremallera piñón. Disponible en: <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf> [En línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

Tabla 24. Especificaciones cremallera.

Código	Módulo	Longitud	L TOT	Z	B x ha	ho	Kg
CR105	1	500	499,51	159	15 x 15	14	0,80
CR11	1	1000	1002,17	319	15 x 15	14	1,60
CR12	1	2000	2001,19	637	15 x 15	14	3,30
CR1505	1,5	500	499,51	106	17 x 17	15,5	1,00
CR151	1,5	1000	1005,74	213	17 x 17	15,5	2,10
CR152	1,5	2000	2002,77	425	17 x 17	15,5	4,10
CR205	2	500	502,65	80	20 x 20	18	1,40
CR21	2	1000	1005,31	160	20 x 20	18	2,80
CR22	2	2000	2004,34	319	20 x 20	18	5,60
CR2505	2,5	500	502,65	64	25 x 25	22,5	2,20

Fuente: SPITKOOM. Transmisiones por cremallera piñón. Disponible en: <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf> [En línea] [Consultado 31 de Octubre 2019].

Una vez calculados y seleccionados todos los datos correspondientes al sistema de elevación se calcula el avance del piñón la distancia que avanza la cremallera en una vuelta completa que está dado por:

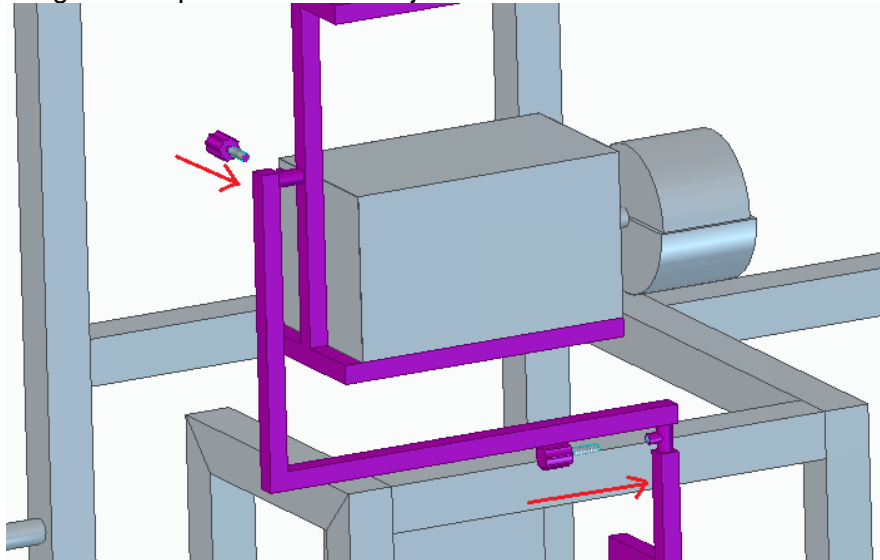
Ecuación 25. Avance.

$$a = \pi \cdot D_p = \pi * 48mm = 150.79 mm$$

Fuente: KOOM. Transmisión por cremallera piñón. Disponible en: <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf> [En línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

**3.4.3 Subsistema de rotación/inclinación.** Esta sección de la maquina trae consigo estructura simple con perfiles rectangulares y circulares. La simplicidad del mecanismo de apriete está dada por pines de presión, los cuales son dos tornillos que generan el ajuste entre las piezas al imprimir presión entre ellos (tornillo y piezas). Existen máquinas de gimnasio muy conocidas que tienen este tipo de apriete además de las maquinas lanzadoras de balones del mercado actual que también lo implementan.

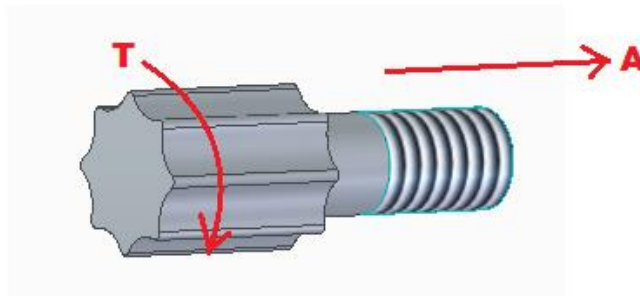
Imagen 48. Apriete tornillo de ajuste.



Fuente: elaboración propia.

Las vueltas que se le den al tornillo generaran un avance del mismo y al llegar a la pieza que se quiere ajustar, el torque será proporcional a la presión de ajuste.

Imagen 49. Torque vs avance



Fuente: elaboración propia.

Para conocer el torque necesario para dar un buen ajuste, se debe tener en cuenta el torque que logra generar la mano humana; A continuación, se muestra una tabla con una sumatoria de torques donde muestra el torque total que puede generar una persona promedio.

Tabla 25. Torque teórico mano humana.

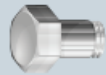
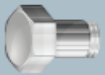
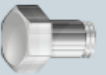
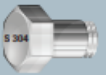

Modelo Dinámico		Teórico [N*mm]
Indice	Torque 1	1,5
	Torque 2	0,38
Medio	Torque 1	2,3
	Torque 2	0,53
Anular	Torque 1	1,7
	Torque 2	0,42
Meñique	Torque 1	0,8
	Torque 2	0,23
Pulgar	Torque 1	2,9
	Torque 2	0,83
Sumatoria de torques		11,59

Fuente: UNIVERSIDAD DE LA SALLE, Cristian David Rodríguez Rincón. Modelamiento y simulación del movimiento de la mano humana, empleando herramientas cae, Disponible en: [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18719/45111003\\_2016.pdf?sequence=1](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18719/45111003_2016.pdf?sequence=1). [En Línea] [Consultado 27 de Octubre 2019]

El apriete de este mecanismo no necesita de un torque elevado debido a que el peso de los mecanismos y la vibración que experimenta el mismo no es de gran magnitud. En resumen, una mano promedio puede generar **T=0,01159N.m**.

A continuación, se muestran los torque que soportan este tipo de tornillos:

Tabla 26. Torque en tornillos.

TORQUE en (Nm)								
	GRADO 2	GRADO 5	GRADO 8	INOX. 304	INOX. 316			
MEDIDA	LUB.	SECO	LUB.	SECO	LUB.	SECO	SECO	SECO
1/4	6	7.5	9.5	12	13.5	17	8.5	9
5/16	12	15	20	25	28	35	15	16
3/8	22	27	35	44	50	63	27	28
7/16	35	44	55	70	80	100	42	44

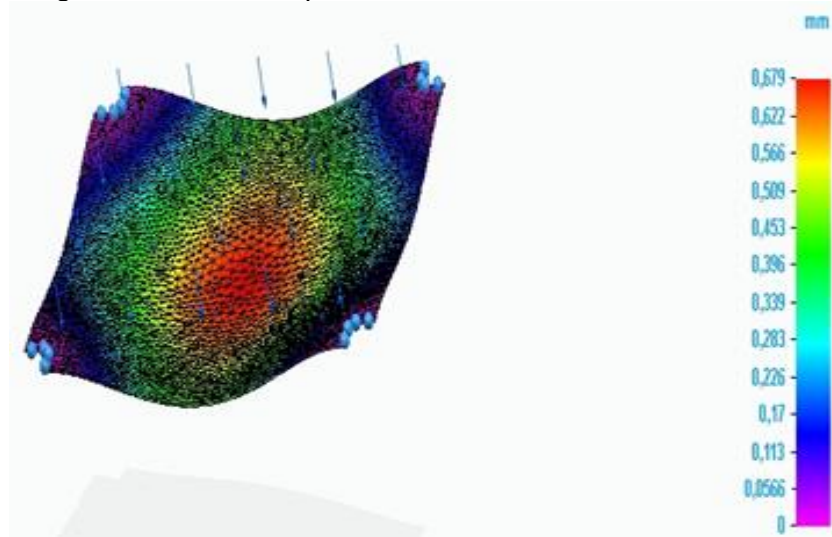
Fuente: IMTOR. Tabla de torques, Disponible en: <http://imtor.com.mx/torques.pdf>. P1. [En Línea] [Consultado 27 de Octubre 2019].



**3.4.4 Estructura.** Los cálculos que se detallan en la estructura de la máquina y correspondiente a los subsistemas que la componen, se basan principalmente en la soldadura, las simulaciones realizadas por software dadas por el análisis por elementos finitos y realizando la verificación de las simulaciones al elemento crítico de la máquina.

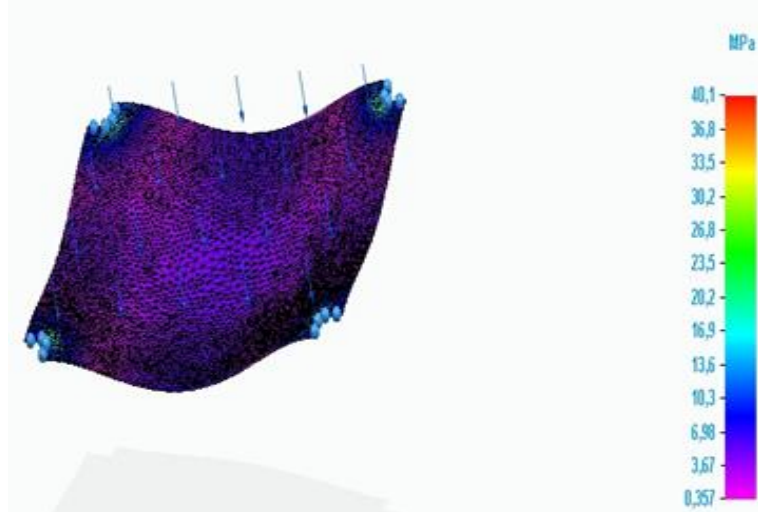
**3.4.4.1 Simulaciones.** Se utilizó el software Solid Edge para la simulación del elemento crítico de la máquina. El enmallado utilizado fue de 7 en una escala de (1 a 10). Se escogieron dos elementos para simular: La cremallera del subsistema de elevación debido a las cargas que soporta y la fuerza de oscilación que se genera sobre esta al realizar cada uno de los lanzamientos; este es el elemento crítico de la máquina y también, se simuló la plataforma donde se soporta el peso del operario. El software entrega resultados de la Traslación (deformación) que se puede presentar en el elemento, esfuerzo de Von Mises (carga) y el factor de seguridad que se desprende del módulo elástico del material sobre la carga máxima soportada. La carga aplicada sobre la plataforma fue de 140Kg, el equivalente a dos personas promedio.

Imagen 50. Traslación plataforma.



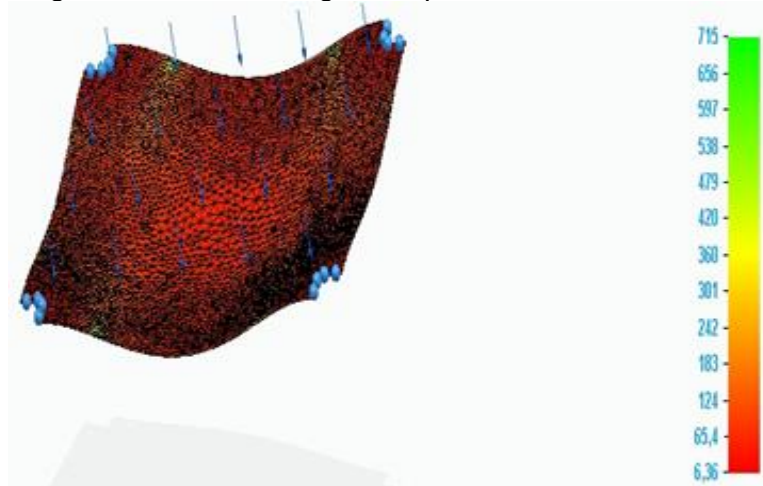
Fuente: elaboración propia.

Imagen 51. Esfuerzo Von Mises plataforma.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 52. Factor de seguridad plataforma.



Fuente: elaboración propia.

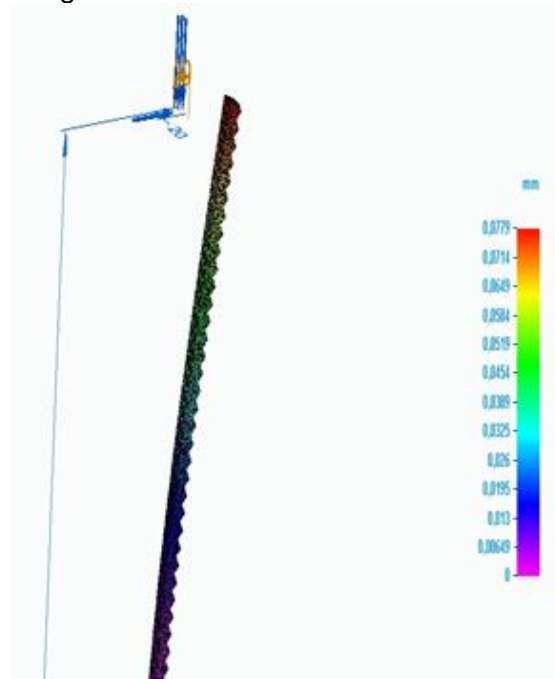
Tabla 27. Resultados simulación plataforma.

<b>Simulación</b>	<b>Extensión</b>	<b>Valor</b>
Traslación	Máxima	0,679mm
Von Mises	Máxima	40,1Mpa
Factor Seguridad	Mínima	6,36

Fuente: elaboración propia.

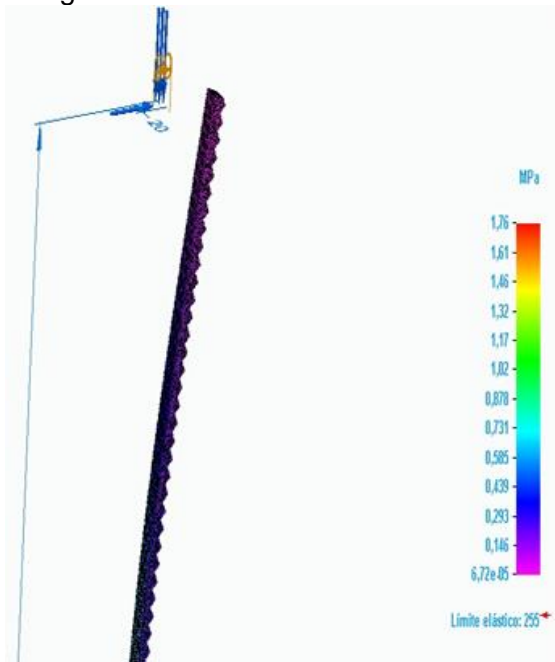
El elemento crítico: **Cremallera.**

Imagen 53. Traslación cremallera.



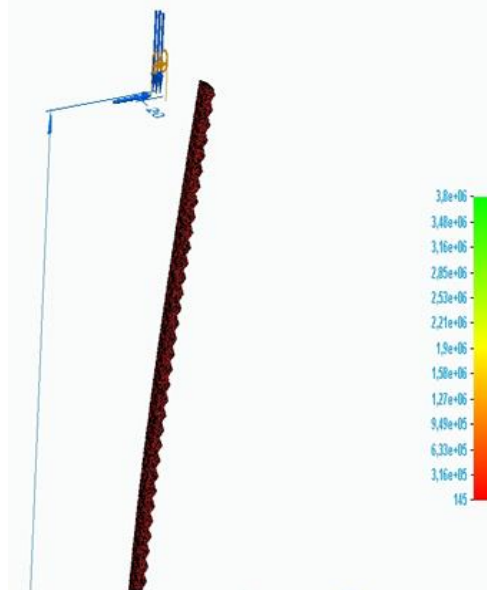
Fuente: elaboración propia.

Imagen 54. Esfuerzo Von Mises cremallera.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 55. Factor de seguridad cremallera.



Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar una carga perpendicular al eje de la cremallera que simula un momento máximo de oscilación de la cremallera y la carga aplicada sobre la cremallera equivale a 40kg, este es el peso de los motores y los elementos sujetos encima de esta. Cabe resaltar que esta cremallera tiene una protección la cual genera dos restricciones a la misma, en la parte inferior y media de la cremallera, simulando dos empotramientos.

Tabla 28. Resultados simulación cremallera.

Simulación	Extensión	Valor
Traslación	Máxima	0,0779mm
Von Mises	Máxima	1,76Mpa
Factor Seguridad	Mínima	6,1

Fuente: elaboración propia.

**3.4.4.2 Soldadura.** La sección baja de la estructura será unificada con soldadura, a continuación se muestra el cálculo y la soldadura escogida, por el método de Norton “CONSIDERAR LA SOLDADURA COMO UNA LÍNEA”:

Los esfuerzos que actúan sobre las soldaduras en las uniones de los elementos involucrados en esta sección son:

Imagen 56. Fórmulas de esfuerzos.

$$\text{tensión o compresión directa} \quad f_n = \frac{P}{A_w}$$

$$\text{cortante directo} \quad f_s = \frac{V}{A_w}$$

$$\text{flexión} \quad f_b = \frac{M}{S_w}$$

$$\text{torsión} \quad f_t = \frac{Tc}{J_w}$$

Fuente: Elaboración propia con base en DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 810. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Se calculan:

Ecuación 26. Esfuerzo cortantes directo.

$$f_s = \frac{V}{A_w} = \frac{V}{2b+2d} = \frac{350lb}{2(0,787in)+2(0,787in)} = \mathbf{111,18lb/in}$$

Fuente: Elaboración propia con base en DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 810. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Donde:

$V$  = Carga total.

$b$  = Ancho.

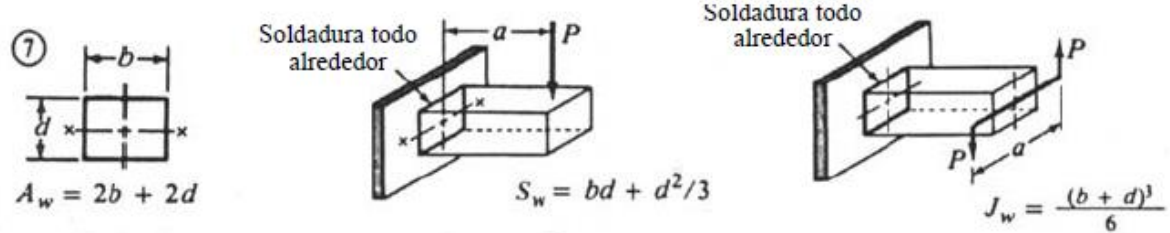
$d$  = Alto.

Ecuación 27. Flexión.

$$f_b = \frac{M}{S_w} = bd + \frac{d^3}{3} = (0,787in \cdot 0,787in) + \frac{(0,787in)^2}{3} = \mathbf{0,856 lb/in}$$

Fuente: Elaboración propia con base en DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 810. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Imagen 57. Dimensiones soldadura.



Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. [https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o\\_de\\_Maquinas\\_4edi\\_Norton](https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o_de_Maquinas_4edi_Norton) Pág. 810. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Ecuación 28. Carga máxima de la soldadura.

$$F_R = \sqrt{f_s^2 + f_b^2} = \sqrt{111,18^2 + 0,856^2} = 111,19 \text{ lb/in}$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. [https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o\\_de\\_Maquinas\\_4edi\\_Norton](https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o_de_Maquinas_4edi_Norton) Pág. 810. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Ecuación 29. Carga por pulgada de la soldadura.

$$t = \frac{F_R}{\tau_{permisible}}$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. [https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o\\_de\\_Maquinas\\_4edi\\_Norton](https://www.academia.edu/38323857/Dise%C3%B1o_de_Maquinas_4edi_Norton) Pág. 812. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Donde:

$F_R =$  Carga de torsión por unidad de longitud de soldadura.

$\tau_{permisible} =$  Esfuerzo cortante permisible.

Imagen 58. Selección del electrodo.

Número de electrodo	Fuerza unitaria permisible lb/in
E60	12 730 w
E70	14 850 w
E80	16 970 w
E90	19 090 w
E100	21 210 w
E110	23 330 w
E120	25 450 w

Fuente: Elaboración propia con base en: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 812. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

El electrodo E60 equivale a  $60.000 \text{ lb/in}^2$  el cual se multiplicara por una constante de 0,3.

Resolviendo la ecuación 29:

$$t = \frac{111,19 \text{ lb/in}}{((0,3) * 60000) \text{ lb/in}^2} = 6,177 \times 10^{-3} \text{ in}$$

Ahora se calcula la dimensión de la garganta o pierna:

Ecuación 30. Dimensión garganta.

$$w = 1,414 \cdot t = 1,414 \cdot (6,177 \times 10^{-3} \text{ in}) = 8,73 \times 10^{-3} \text{ in}$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 812. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Esto quiere decir que no se necesite un filete muy grande o hasta se puede despreciar porque es bastante pequeño; Por ultimo calculamos el factor de seguridad que está dado por la siguiente ecuación:

Ecuación 31. Factor seguridad soldadura.

$$\text{Factor de seguridad: } \frac{\text{Tamaño mínimo de soldadura en filetes}}{w}$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 812. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Tabla 29. Tamaños mínimos de soldadura en filetes.

**Tabla 12-2**

Tamaños mínimos de soldadura en filetes\*

Espesor del metal base (T)	Tamaño mínimo de la soldadura
tamaño en pulgadas	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16

Fuente: Elaboración propia con base en: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 812. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Resolviendo:

$$\text{Factor de seguridad: } \frac{0,125 \text{ in}}{8,73 \times 10^{-3} \text{ in}} = 14.3$$

**3.4.4.3 Tornillos a esfuerzo cortante.** Comprobación del diámetro del tornillo de 5/16" para usarlos en las uniones de la estructura de la maquina lanzadora de balones de voleibol:

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$F_{v.Ed} \leq F_{v.Rd}$$

Donde:

$F_{v.Ed}$  = Solicitación de cortante.

$F_{v.Rd}$  = Resistencia a cortante de un tornillo.



$$F_{v,Ed} = 4100N$$

Este valor es equivalente al peso de la columna a soportar en una de las secciones de la máquina.

Se calcula la resistencia a cortante del tornillo con la siguiente ecuación:

Ecuación 32. Resistencia a cortante.

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,5 \cdot f_{ub} \cdot \frac{A}{\gamma_{M2}}$$

Fuente: Elaboración propia con base en: DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 812. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

Donde:

$n$  = Número de tornillos (según cortadura).

$f_{ub}$  = Tensión última del acero de los tornillo (resistencia).

$A$  = Área del tornillo.

$\gamma_{M2}$  = Coeficiente de minoración del acero estructural para uniones (1,25).

En este caso el número del tornillos será  $n=1$ , se analizará un acero 304, el cual tiene  $f_{ub} = 400N/mm^2$ .

Tabla 30. Valores nominales del límite elástico.

Valores nominales del límite elástico $f_{yb}$ y de la resistencia a tracción última $f_{ub}$ de tornillos							
Tipo de tornillo	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

Fuente: INGEMECANICA. Diseño y cálculo de la uniones atornilladas. Clases de tornillos. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html>. [En línea] [Consultado el 29 de Noviembre de 2019].

$$F_{v,Rd} = (1) \cdot 0,5 \cdot \left( \frac{400N}{mm^2} \right) \cdot \frac{\pi \cdot (7,9375mm)^2}{1,25} = 31669,21N$$

Efectivamente se cumple la condición:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$4100N \leq 31669,21N$$

**3.4.4.4 Distancia a los bordes.** Esta distancia se calcula a partir de la fórmula:

Ecuación 33. Distancia a los bordes.

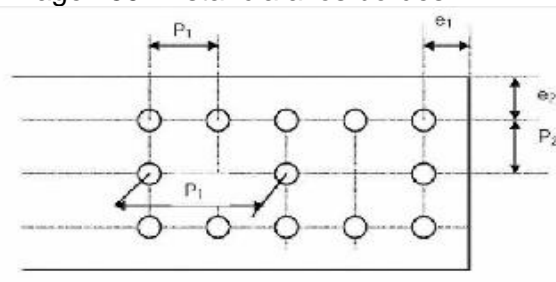
$$e_1 \geq 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot (7,9375mm) = 9,525mm$$

Fuente: INGEMECANICA. Diseño y cálculo de la uniones atornilladas. Distancia a los bordes. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutoriaalsemanal/tutorialn32.html>. [En línea] [Consultado el 29 de Noviembre de 2019].

Donde:

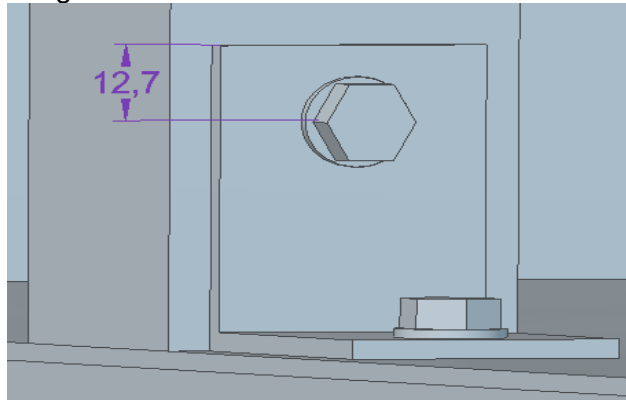
$d_0 =$  *Diametro del agujero.*

Imagen 59. Distancia a los bordes.



Fuente: INGEMECANICA. Diseño y cálculo de la uniones atornilladas. Distancia a los bordes. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutoriaalsemanal/tutorialn32.html>. [En línea] [Consultado el 29 de Noviembre de 2019].

Imagen 60. Borde unión atornillada.



Fuente: elaboración propia.

Según la imagen anterior, y el cálculo de la distancia, se cumple la condición:

$$e_1 \geq 1,2 \cdot d_0$$
$$12,7\text{mm} \geq 9,525$$

**3.4.4.5 Análisis Elemento crítico.** Como se pudo observar en los resultados de las simulaciones el elemento crítico de la maquina será la cremallera que compone el sistema de elevación, pues será un elemento móvil que soporte las cargas correspondientes a los sistemas de elevación y tracción y además fije la altura necesaria para la expulsión del balón, dado lo anterior se procede a realizar un chequeo por esbeltez que re afirma que tanto e material como el componente son adecuados para su funcionamiento sin presentar fracturas.

Al elemento estar fijo a la estructura en un extremo y libre al otro, se escoge un factor de longitud efectiva K de 2.0 como se muestra en la imagen 61..

Imagen 61. Factor de Longitud efectiva K..

TEORICO	0,50	0,70	1,00	1,00	2,00

Fuente: DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A CARGAS AXIALES.

Disponible en:

<https://www.u-cursos.cl> > fau > material\_docente > bajar. [En Línea]

[Consultado 26 de Octubre 2019].

Una vez escogido el factor de longitud efectiva (K), se debe cumplir la siguiente expresión:

Donde:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

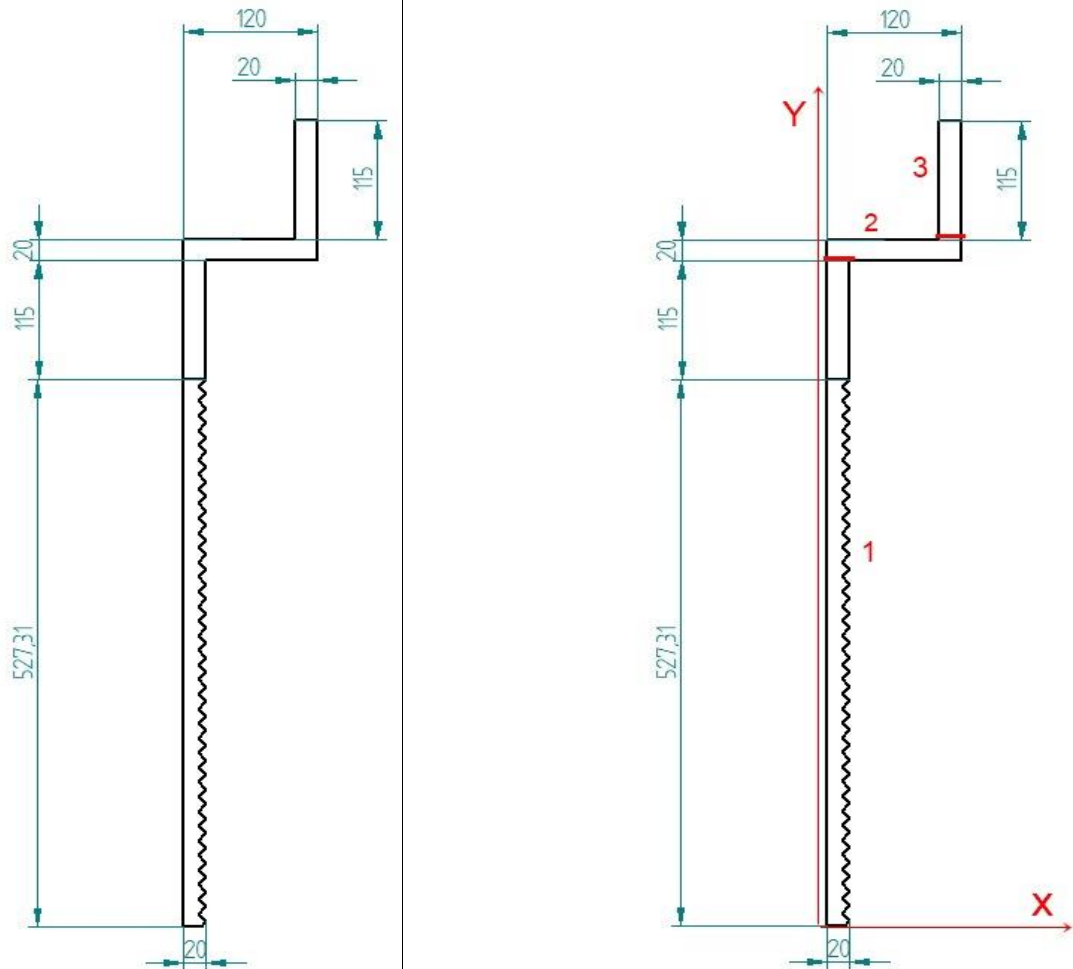
$K$  = Factor de longitud efectiva.

$L$  = Longitud del Elemento (mm).

$r$  = Radio de giro mínimo de la sección Transversal (mm).

El elemento a analizar obedece al siguiente diagrama con las medidas exactas, desde el anclaje del refuerzo del cuerpo hasta el ensamble del sistema de potencia y tracción, en base a esta imagen se forman figuras para aplicar el método.

Imagen 62. Conjunto estructural/Figuras del conjunto.



Fuente: elaboración Propia.

Una vez se tienen definidas las figuras que conforman el conjunto estructural y conocidas las medidas se procede a determinar el radio de giro mínimo de la sección transversal, como se muestra en la tabla 31 a continuación:

Tabla 31. Datos conjunto estructural.

Figura	$b_i$	$h_i$	$A_i$	$X_i$	$Y_i$	$A_i X_i$	$A_i Y_i$	$I_{X_i}$	$I_{Y_i}$	$I_{X_{cgi}}$	$I_{Y_{cgi}}$
1	20	542.3	10846.4	10	271.16	108464	2941109.8	267310381.5	361546.66	365157929	5857418.62
2	120	20	2400	60	552.32	144000	1325568	80000	2880000	83271181.8	4693680.22
3	20	115	2300	110	619.82	253000	1425586	2534791.66	76660.66	150547939	13887470.9
$\Sigma$			<b>15546.4</b>			<b>505464</b>	<b>5692263.8</b>			<b>598977050</b>	<b>24438569.7</b>

Fuente: elaboración Propia

Donde:

$b_i$  = Base de la Figura (m).

$h_i$  = Altura de la Figura (mm).

$A_i$  = Área de la Figura ( $mm^2$ ).

$X_i$  = Centro de gravedad de la figura en plano (mm).

$Y_i$  = Centro de gravedad de la figura en plano (mm).

$I_{X_i}$  = Momento de inercia ( $mm^4$ ).

$I_{Y_i}$  = Momento de Inercia ( $mm^4$ ).

$I_{X_{cgi}}$  = Momento de Inercia del centro de Gravedad de la figura ( $mm^4$ ).

$I_{Y_{cgi}}$  = Momento de Inercia del centro de Gravedad de la figura ( $mm^4$ ).

$A_i X_i, A_i Y_i$  = Producto entre el área y el centro de gravedad ( $mm^3$ ).

Los datos de la Tabla fueron obtenidos de:

$$A_i = \text{Área de la Figura (mm}^2\text{)}$$

Ecuación 34. Área figura.

$$A_i = b_i h_i$$

Fuente: JACK C. MCCORMAC, STEPHEN F. CSERNAK. Diseño de estructuras de acero. 5ta edición. Disponible en <https://civilarq.com/diseño-estructuras-acero-5ta-edición-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>. [En Línea] [Consultado 01 de Noviembre 2019].

Tabla 32. Valores área de la figura.

Figura	Reemplazo	Resultados
1	$A_i = 20\text{mm} * 542.32\text{mm}$	<b>10846.4 mm<sup>2</sup></b>
2	$A_i = 120\text{mm} * 20\text{mm}$	<b>2400 mm<sup>2</sup></b>
3	$A_i = 20\text{mm} * 115\text{mm}$	<b>2300 mm<sup>2</sup></b>

Fuente: elaboración propia

$$I_{xi} = \text{Momento de inercia (mm}^4\text{)}$$

Ecuación 35. Momento de inercia en X..

$$I_{xi} = \frac{1}{12} b h^3$$

Fuente: JACK C. MCCORMAC, STEPHEN F. CSERNAK. Diseño de estructuras de acero. 5ta edición. Disponible en <https://civilarq.com/diseño-estructuras-acero-5ta-edición-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>. [En Línea] [Consultado 01 de Noviembre 2019].

Tabla 33. Valores Momento de inercia en X.

Figura	Reemplazo	Resultados
1	$I_{xi} = \frac{1}{12} 20\text{mm} * 543.32\text{mm}^3$	<b>267310381.5mm<sup>4</sup></b>
2	$I_{xi} = \frac{1}{12} 120\text{mm} * 20\text{mm}^3$	<b>80000 mm<sup>4</sup></b>
3	$I_{xi} = \frac{1}{12} 20\text{mm} * 115\text{mm}^3$	<b>2534791.66 mm<sup>4</sup></b>

Fuente: elaboración propia

$$I_{yi} = \text{Momento de Inercia (mm}^4\text{)}$$

Ecuación 36. Momento de inercia en Y.

$$I_{Yi} = \frac{1}{12} b^3 h$$

Fuente: JACK C. MCCORMAC, STEPHEN F. CSERNAK. Diseño de estructuras de acero. 5ta edición. Disponible en <https://civilarq.com/disenio-estructuras-acero-5ta-edicion-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>. [En Línea] [Consultado 01 de Noviembre 2019].

Tabla 34. Valores momento de inercia en Y.

Figura	Reemplazo	Resultados
1	$I_{Xi} = \frac{1}{12} 20mm^3 * 543.32mm$	<b>361546.66mm<sup>4</sup></b>
2	$I_{Xi} = \frac{1}{12} 120mm^3 * 20mm$	<b>2880000 mm<sup>4</sup></b>
3	$I_{Xi} = \frac{1}{12} 20mm^3 * 115mm$	<b>76660.66 mm<sup>4</sup></b>

Fuente: elaboración propia

Se procede a encontrar el centro de gravedad del conjunto estructural en ambos ejes coordenados que están dados por:

Ecuación 37. Centro de gravedad Conjunto Estructural en X.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n A_i X_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{505464mm^3}{15546.6 mm^2} \quad X = \mathbf{32.51 mm}$$

Fuente: JACK C. MCCORMAC, STEPHEN F. CSERNAK. Diseño de estructuras de acero. 5ta edición. Disponible en <https://civilarq.com/disenio-estructuras-acero-5ta-edicion-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>. [En Línea] [Consultado 01 de Noviembre 2019].

Ecuación 38. Centro de gravedad conjunto estructural en Y.

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n A_i Y_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{5692263.8mm^3}{15546.6 mm^2} \quad Y = \mathbf{366.14 mm}$$

Fuente: JACK C. MCCORMAC, STEPHEN F. CSERNAK. Diseño de estructuras de acero. 5ta edición. Disponible en <https://civilarq.com/disenio-estructuras-acero-5ta-edicion-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>. [En Línea] [Consultado 01 de Noviembre 2019].

Finalmente para la determinación del radio de giro mínimo se debe aplicar el Teorema de los ejes paralelos que determina el momento de inercia del centro de gravedad en ambos ejes y está dado por:

Ecuación 39. Momento de Inercia del centro de gravedad de la figura en ambos ejes.

$IX_{cgi} = I_{Xi} + A_i * (Y - Y_i)^2$ $IY_{cgi} = I_{Yi} + A_i * (X - X_i)^2$
---

Tabla 35. Resultados figura 1.

Reemplazo	Valor
$IX_{cgi} = 267310381mm + 10846mm$ $\quad * (366.14mm - 271.6 mm)^2$	<b>365157929 mm<sup>4</sup></b>
$IY_{cgi} = 361546.66mm + 10846.4mm$ $\quad * (32.51mm - 10mm)^2$	<b>5857418.62 mm<sup>4</sup></b>

Fuente: elaboración propia

Tabla 36. Resultados figura 2.

Reemplazo	Valor
$IX_{cgi} = 80000mm + 2400mm$ $\quad * (366.14mm - 552.32mm)^2$	<b>83271181.76 mm<sup>4</sup></b>
$IY_{cgi} = 2880000mm + 2400mm * (32.51mm - 60mm)^2$	<b>4693680.24 mm<sup>4</sup></b>

Fuente: elaboración propia

Tabla 37. Resultados figura 3.

Reemplazo	Valor
$IX_{cgi} = 2534791.66mm + 2300mm$ $\quad * (366.14mm - 619.82mm)^2$	<b>150547939.2 mm<sup>4</sup></b>
$IY_{cgi} = 76660.66mm + 2300mm * (32.51mm - 110mm)^2$	<b>13887470.89 mm<sup>4</sup></b>

Fuente: elaboración propia

Se procede tomando las sumatorias de las últimas columnas de la tabla XX, para determinar el radio de giro mínimo de la sección transversal, que está dado por:



Ecuación 40. Radio de giro mínimo de la sección transversal en ambos ejes.

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{X_{cgi}TOTAL}}{A_g}} = \sqrt{\frac{598977050mm^4}{15546.6 mm^2}} \quad r_x = 196.28 mm$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_{Y_{cgi}TOTAL}}{A_a}} = \sqrt{\frac{24438569.75mm^4}{15546.6 mm^2}} \quad r_y = 39.69 mm$$

Fuente: JACK C. MCCORMAC, STEPHEN F. CSERNAK. Diseño de estructuras de acero. 5ta edición. Disponible en <https://civilarq.com/disenio-estructuras-acero-5ta-edicion-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>. [En Línea] [Consultado 01 de Noviembre 2019].

Finalmente se realiza el correspondiente chequeo por esbeltez reemplazando los datos obtenidos:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$\frac{2.0 * 777.37mm}{39.69mm} \leq 300$$

$$39.17 \leq 300$$

$$K = 2.0$$

$$L = 527.37mm + 115mm + 20 mm + 115 mm = 777.37 mm$$

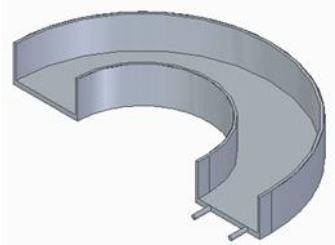
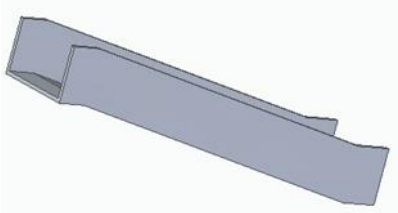
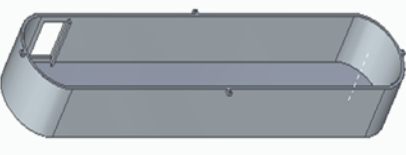
$$r = 39.69 mm$$

Fuente: JACK C. MCCORMAC, STEPHEN F. CSERNAK. Diseño de estructuras de acero. 5ta edición. Disponible en <https://civilarq.com/disenio-estructuras-acero-5ta-edicion-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>. [En Línea] [Consultado 01 de Noviembre 2019].


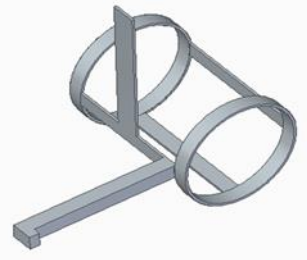
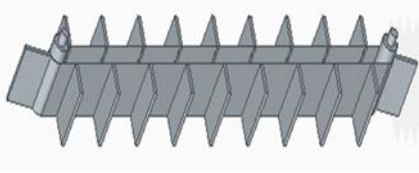

Lo que indica que el elemento soportará las cargas a las que se verá sometido pues cumple la condición del chequeo por esbeltez.

### 3.5 PARTES, MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN

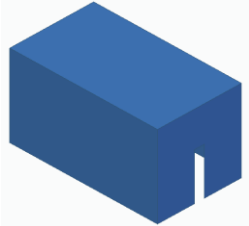


Cuadro 29. Partes Maquina lanzadora de balones voleibol.

Componente	Material	Especificaciones	Proceso recomendado	
	Acero A-36	<p><b>(Canal salida del elevador)</b>                      Por ser un acero austenítico y no magnético no requiere de tratamiento térmico, además de su resistencia y fácil maquinado adicionalmente posee alta resistencia a la corrosión.</p>	<p>Corte de Lámina por Plasma, Formado en Caliente y Uniones Soldadas</p>	
			<p><b>(Almacenaje)</b> Por ser un acero austenítico y no magnético no requiere de tratamiento térmico, además de su resistencia y fácil maquinado adicionalmente posee alta resistencia a la corrosión.</p>	<p>Corte de Lámina por plasma y Uniones soldadas</p>
			<p><b>(Carcasa Elevador)</b> Se debe usar el mismo material en lámina de la estructura pues el fin de ser inoxidable es contrarrestar la corrosión producida por el ambiente al que estará expuesto.</p>	<p>Corte de Lámina por plasma y ovalado en caliente</p>


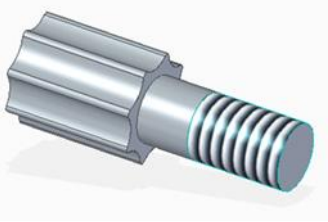
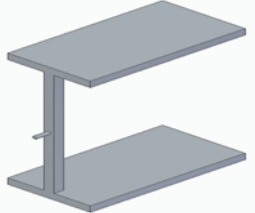
Cuadro 28 (Continuación):

	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(Tapa Carcasa Elevador)</b> Se debe desarrollar en el mismo material de la carcasa para facilidad en el desmonte en caso de mantenimiento del elevador.</p>	<p>Corte de lámina por plasma</p>
		<p><b>(Tolva de Seguridad)</b> Al ser un elemento sujeto en un extremo y flotante su cuerpo se usará por la variedad de espesores que posee en catálogo el material, ya que debe ser ligero pero resistente.</p>	<p>Doblado en caliente con uniones soldadas</p>
	<p>Banda: PVC / Cangilones: Nylon</p>	<p><b>(Elevador de cangilones)</b> Este será un elevador que no llevara grandes cargas y a su vez los cangilones no serán en forma de recipientes debido a que cargaran balones y no material en granel.</p>	<p>NO APLICA</p>
	<p>Núcleo de Polipropileno y banda de PVC</p>	<p><b>(Rueda)</b> Se determinó que al ser un material con un alto coeficiente de fricción, será idóneo para asegurar el lanzamiento del balón</p>	<p>NO APLICA</p>

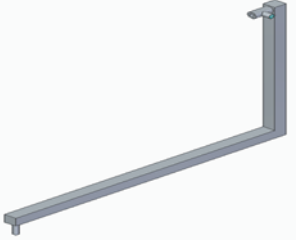
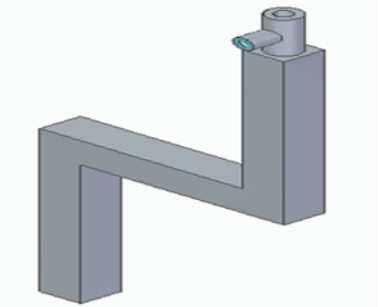

. Cuadro 28 (Continuación):

	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(Carcasa Motores)</b> irá sujeto con tornillos para su fácil desmonte.</p>	<p>Corte de lámina por plasma con uniones soldadas, sujetado por tornillos.</p>
	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(Carcasa Sistema de Control)</b> Protección de los variadores contra agentes externos que pueden presentarse</p>	<p>Corte de lámina por troquel.</p>
	<p>Acero al Carbono F-114</p>	<p><b>(Cremallera de Elevación)</b> Este tipo de material se utiliza para aplicaciones generales sin grandes exigencias y cargas medio-pequeñas, condiciones previamente seleccionadas.</p>	<p>NO APLICA.</p>

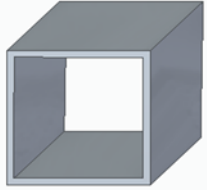
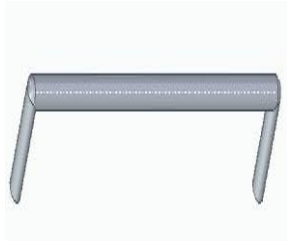

Cuadro 28 (Continuación):

	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(Carcasa Cremallera y Caja protectora piñón)</b> Hace parte del conjunto estructural que protege los subsistemas en movimiento de la máquina, además debe ser ligero</p>	<p>Dobladora de lámina con unión soldada.</p>
		<p><b>(Pin de Presión)</b> El cuerpo de roscado debe ser de un material inoxidable para evitar Ludimiento en la rosca y la cabeza de un Nylon para facilidad de agarre por el usuario.</p>	<p>Cabeza en impresión 3D, cuerpo torneado.</p>
		<p><b>(PIN 3: Soporte Motor)</b> Debe ser ligero para un fácil movimiento, pero resistente a la carga del motor.</p>	<p>Corte de láminas por plasma, tubos uniones soldadas con Mecanizado.</p>

Cuadro 28 (Continuación):

	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(PIN 2: Rotación e Inclinación)</b> Debe ser ligero para un fácil movimiento, pero resistente a la carga del motor, además el perfil debe ser macizo.</p>	<p>Corte con Tronzadora, uniones soldadas</p>
		<p><b>(PIN 1: Estructura Inclinación)</b> Debe ser ligero para un fácil movimiento, pero resistente a la carga del motor, además el perfil debe ser macizo y estará acoplado al sistema piñón cremallera en la parte inferior.</p>	<p>Corte con Tronzadora, uniones soldadas</p>
	<p>Cubierta plana de Policarbonato</p>	<p><b>(Cubierta)</b> Lámina de 4mm pues será esencial para la protección de los componentes de la máquina, con excelentes propiedades de resistencia al ambiente.</p>	<p>Catálogo según dimensiones, ensamble con tornillos autoperforantes para cubiertas.</p>

Cuadro 28 (Continuación):

	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(Perfil Estructural)</b> Perfil cuadrado de 50mmx50mm con un espesor en pared de 2,5mm, distribuido en todo el cuerpo estructural de la máquina.</p>	<p>Corte con Tronzadora.</p>
	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(Agarradera)</b> Perfil circular de 25 mm de diámetro, debe ser de un material resistente pues estará en constante contacto con el usuario.</p>	<p>Doblado en caliente, pulido y uniones soldadas.</p>
	<p>Acero A-36</p>	<p><b>(Estructura)</b> Sistema estructural de la máquina en donde se acoplarán todos los sistemas y subsistemas de la máquina, se escoge este material por ser ergonómico pero a la vez resistente.</p>	<p>Uniones inferior soldadas y las secciones media y superior atornilladas con pernos.</p>

Fuente: elaboración propia.

## 4 MANUALES

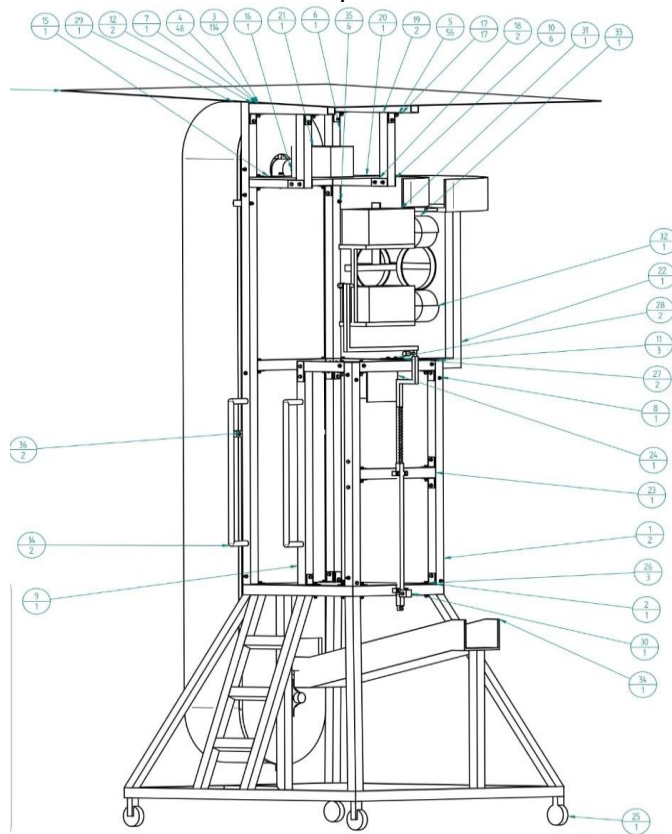
### 4.1 MANUAL DE INSTALACIÓN

Tenga en cuenta las notas técnicas presentadas en el siguiente manual, pues darán información relevante al momento de ensamblar todos los sistemas pues el buen funcionamiento de la máquina dependerá de la correcta instalación de todos sus componentes, antes de empezar verifique que los bordes de los perfiles estén limpias, libres de óxido, aceite y grasa, Una vez verificado, identifique cada componente de la máquina los cuales conforman la estructura como se muestra en la ilustración 1, y se detalla en el cuadro 1.<sup>17</sup>

*X = Número de Componente*

*X = Cantidad Necesitada*

Ilustración 1. Partes de la máquina.



Fuente: elaboración propia.

<sup>17</sup> **Nota:** Tenga en cuenta que en la ilustración



Cuadro 1. Detalle partes de la máquina.

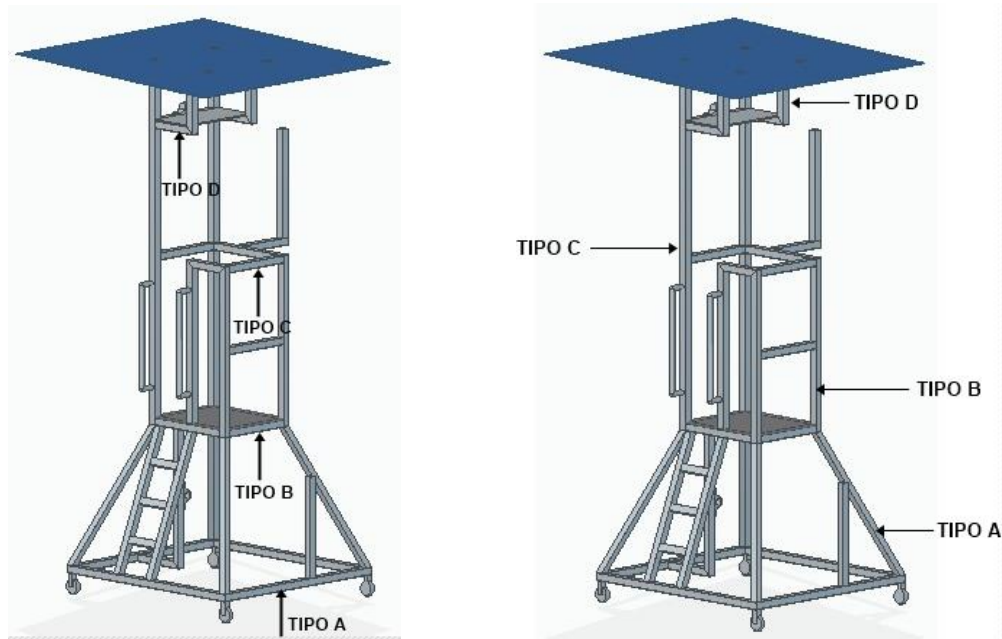
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
1. Columna Principal	2
2. Plataforma	1
3. Arandela de Ajuste	114
4. Tornillo de Ajuste	48
5. Tuerca	56
6. Protector Motor Cangilón	1
7. Soporte Trasero Cubierta	1
8. Soporte usuario	1
9. Columna trasera plataforma	1
10. Lamina Escalera	6
11. Soporte Motor Cangilón	1
12. Tapas	3
13. Soporte Cubierta	2
14. Cubierta	1
15. Agarradera	2
16. Soporte Elevador	1
17. Buje	2
18. Angulo Estructural	17
19. Soporte Lamina Cangilón	2
20. Soporte Cubierta Cangilón	1
21. Soporte Motor Cangilón	1
22. Motor Elevador	1
23. Soporte Canal	1
24. Soporte Cremallera	1
25. Sistema de Control	1
26. Rodachinas	1
27. Esquineros	3
28. Platinas de unión	2
29. Tornillo de Ajuste	2
30. Elevador	1
31. Cremallera	1
32. Sistema Lanzador	1
33. Rodillo-Motor 1	1
34. Rodillo-Motor 2	1
35. Canal Almacenaje	6
36. Tornillo de Ajuste Carcasa	2

Fuente: elaboración propia.

### 1. Armado de la estructura.

Tenga en cuenta la clasificación de las vigas y columnas de la estructura, estarán clasificadas por tipo, de abajo hacia arriba como se muestra en la ilustración 2, de igual manera verifique la cantidad de componentes mostrados en el cuadro 2

Ilustración 2. Tipos de Componente.



Fuente: Elaboración propia.

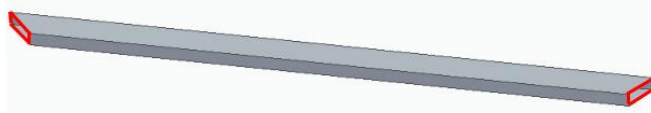
Cuadro 2. Cantidad de componentes estructurales.

Viga	Cantidad	Columna	Cantidad
Tipo A	4	Tipo A	4
Tipo B	4	Tipo B	3
Tipo C	4	Tipo C	2
Tipo D	2	Tipo D	2

Fuente elaboración propia.

- i. Empiece ubicando la Vigas Tipo A que serán la base de la estructura de la máquina, las puede ubicar de manera más rápida por el Angulo de corte que posee en sus filos como se muestra en la ilustración 3.

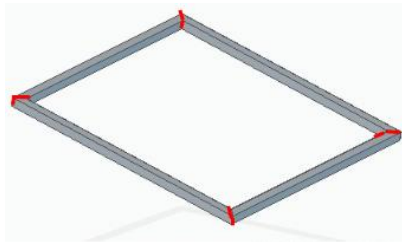
Ilustración 3. Viga tipo A.



Fuente: elaboración Propia.

- ii. Junte los elementos hasta formar un cuadrado, verifique que los bordes están bien unidos y aplique el hilo de la soldadura en los cuatro lados del perfil, como se muestra en rojo en la ilustración 4.

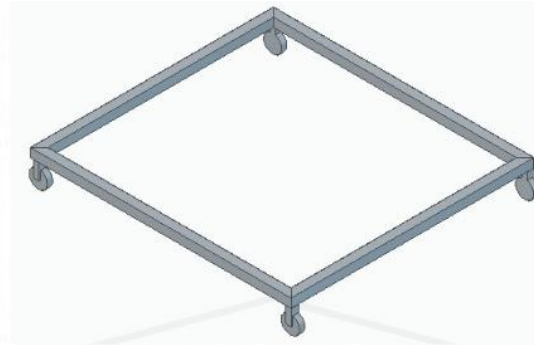
Ilustración 4. Base soldada.



Fuente: Elaboración Propia.

- iii. Una vez los elementos se encuentren acoplados, proceda a atornillar las rodachinas en los extremos del ensamble como se muestra en la ilustración 5.<sup>18</sup>

Ilustración 5. Ensamble rodachinas.



Fuente: Elaboración Propia.

---

<sup>18</sup> **Nota:** Se recomienda que una vez ensamblados las cuatro rodachinas, sean activados los frenos, para evitar cualquier tipo de accidente en el armado completo de la estructura.

- iv. Una vez soldada la base de la estructura, ubique las columnas Tipo A, de igual manera por su ángulo de corte, como se muestra en la ilustración 4

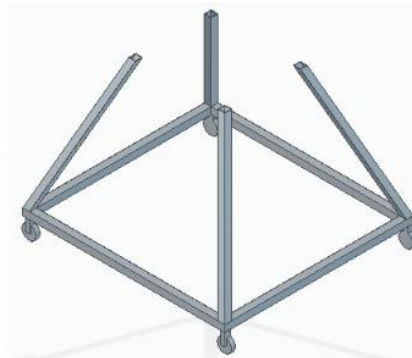
Ilustración 4. Columna tipo A.



Fuente: Elaboración propia.

- v. Ubique el elemento a Tope con la base ya armada, verifique que las puntas estén alineadas del ensamble, estén alineadas con el de la columna, una vez verificado aplique el cordón de soldadura en los cuatro lados de la columna, como se muestra en la ilustración 5, repita el mismo procedimiento con las columnas restantes, obteniendo la parte inferior de la estructura.<sup>19</sup>

Ilustración 5. Ensamble columna.



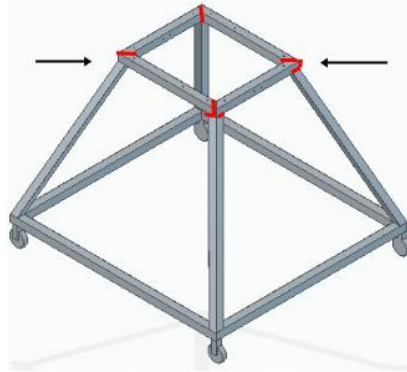
Fuente: Elaboración propia.

- vi. Ubique las vigas Tipo B, que serán el soporte de la plataforma de acceso de la máquina y la parte media, este tipo de elemento posee un corte diagonal en 45°, para más información consulte el plano, una vez realice el hilo de soldadura, con los cuatro componentes para formar el soporte de la plataforma como se muestra en rojo, en la ilustración 6.

---

<sup>19</sup> **Nota:** Se recomienda que sean dos personas en instalación para evitar desalineamientos.

Ilustración 6. Ensamble base.



Fuente: Elaboración propia.

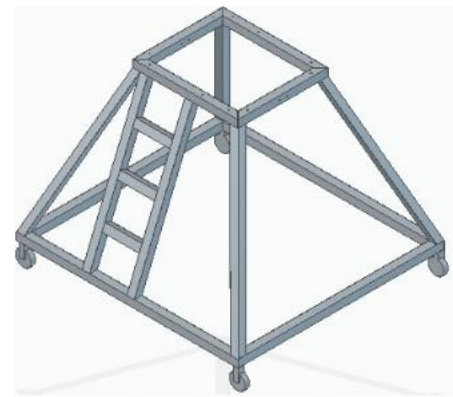
- vii. Defina una parte trasera para el ensamble hasta el momento armado, posteriormente la escalera de acceso a la máquina debe ser soldada en todos sus puntos, las medidas de la escalera y la separación de sus componentes se encuentra especificada en el plano, una vez identificada junte los extremos a tope con la columna definida como trasera de la máquina y realice el hilo de soldadura como se muestra en rojo en la ilustración 7 y ensámblela en la estructura como se muestra en la ilustración 8.

Ilustración 7. Soldadura Escalera.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 8. Ensamble escalera.



Fuente: elaboración propia.

- viii. Para finalizar las partes soldadas de la estructura, agregue los soportes que servirán de base al sistema de alimentación y a la canal de almacenamiento

de los balones como se muestra en la ilustración 9 que especifica las distancias a las que deben ser soldadas y los puntos de soldadura en rojo.<sup>20</sup>

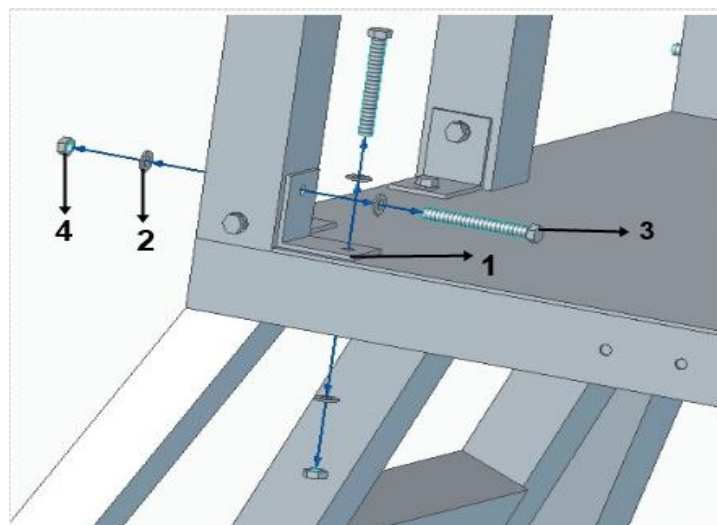
Ilustración 9. Ensamble soportes alimentación.



Fuente: elaboración propia.

- ix. Para ensamblar la parte media y alta de la estructura, recuerde que es necesario ubicar los puntos de perforación y las distancias requeridas que se pueden encontrar en los planos de cada componente, para ensamblar las columnas verifique que cuenta con los esquineros y tornillos de unión y siga el orden de ensamble como se muestra en la ilustración 10.

Ilustración 10. Orden de ensamble atornillado.

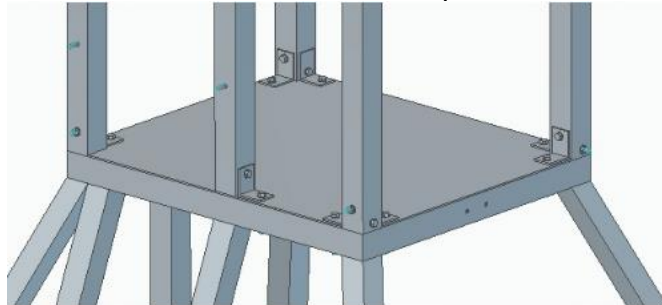


<sup>20</sup> **Nota:** Recuerde que las medidas del soporte del almacenaje están debidamente medidas y que la parte superior de este quedará a tope con la parte superior de la estructura.

Fuente: elaboración propia.

1. Ubique el esquinero de soporte y haga que concuerde con las marcas de la columna
  2. Ubique las arandelas en los puntos de encaje y recuerde que todas las partes atornilladas deben poseer arandelas.
  3. Introduzca el tornillo por el agujero hasta que este salga por el costado posterior.
  4. Ajuste la unión introduciendo una arandela a la salida para finalmente ajustar con la tuerca.
- x. Repita el mismo procedimiento para el montaje de las columnas de la parte media (Tipo B y C) Frontal y Lateral Respectivamente de la máquina en todos los casos los componentes se repiten para las columnas como se muestra en detalle en la ilustración 11 y como debe quedar en la ilustración 12.<sup>21</sup>

Ilustración 11. Detalle de uniones perforadas.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 12. Ensamble de columnas tipo B y C.



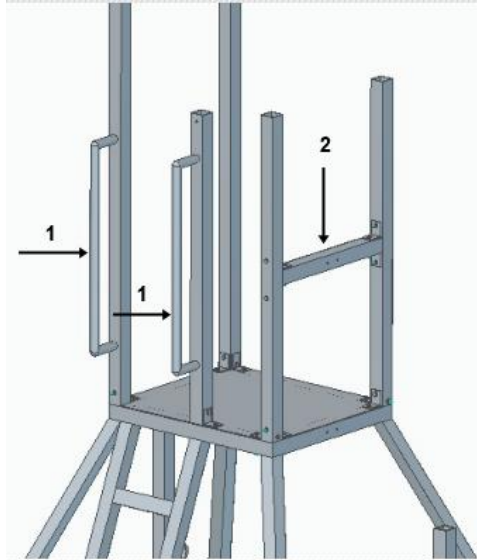
Fuente: elaboración propia.

---

<sup>21</sup> **Nota:** Tenga en cuenta que es necesario que más de una persona realicen el proceso de unión, pues las columnas deben quedar totalmente rectas.

- xi. Una vez instaladas las columnas y verificado que los puntos de marca de los demás componentes están correctamente orientados, prosiga a instalar las vigas tipo C que conforman la parte media baja y media de la máquina, posicione las agarraderas y ubíquelas en las marcas como se muestra en la ilustración 13 y así mismo ensamble la viga de apoyo de la cremallera mostrado en la misma ilustración.<sup>22</sup>

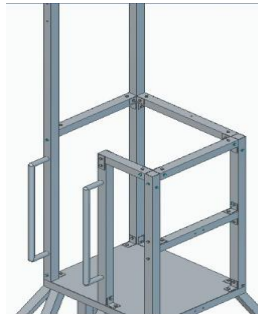
Ilustración 13. Ensamble agarraderas.



Fuente: elaboración propia.

- xii. Prosiga instalando las vigas tipo C que hacen parte del soporte para el usuario y la parte media de la máquina repitiendo el mismo procedimiento en las partes atornilladas mencionadas en el paso 10, una vez instalados asegúrese que la unión es firme como se muestra en la ilustración 14.<sup>23</sup>

Ilustración 14. Ensamble vigas tipo C.



Fuente: elaboración propia.

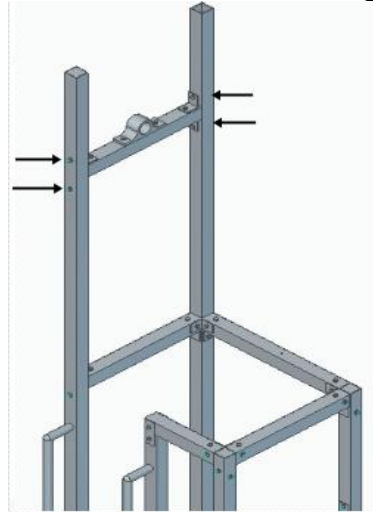
<sup>22</sup> **Nota:** Recuerde que como se muestra en la ilustración la viga tipo C, enumerada como 2 aportara firmeza al momento de ensamblar las siguientes vigas.

<sup>23</sup> **Nota:** Para ubicar las medidas de los componentes remítase al plano de las vigas tipo C y su subtipo como C1, Tienen medidas diferentes.



- xiii. Prosiga ubicando los puntos en las columnas laterales como indican las flechas en la ilustración 15 y ubique la viga tipo D, recuerde que este tipo estará acoplada con un buje, repita el procedimiento de unión.

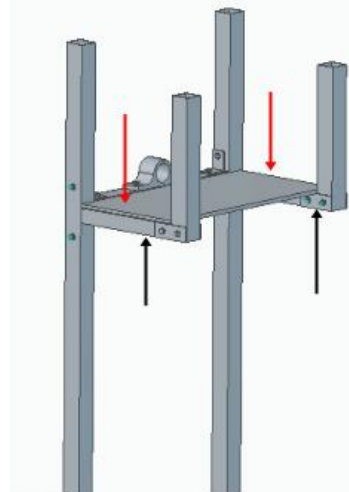
Ilustración 15. Ensamble viga tipo D.



Fuente: elaboración propia.

- xiv. Prosiga alineando las vigas restantes Tipo D1, y las columnas tipo D, para este paso use las platinas de unión rectas como lo indican las flechas negras en la ilustración 16 y una vez ensambladas agregue el soporte del elevador en donde irá ensamblado el motor del elevador, como se muestra a continuación en rojo.

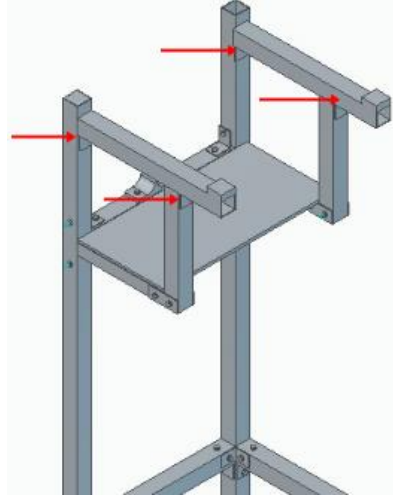
Ilustración 16. Ensamble vigas tipo D.



Fuente: elaboración propia.

- xv. Para finalizar utilice los puntos de unión de las columnas tipo C y apoye los soportes de la cubierta en la parte superior de la columna tipo D, utilice esquineros de unión en la parte inferior del conjunto como muestran las flechas en la ilustración 17.

Ilustración 17. Ensamble soporte de cubierta.



Fuente: elaboración propia.

- xvi. Finalmente con los tornillos ubique la cubierta en los cuatro puntos de soporte para la misma, verifique que quede centrada pues debe cubrir todos los componentes de la máquina, finalice juntándolas con los tornillos auto perforantes a la estructura de la máquina como muestra la ilustración 18<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> **Nota:** Tenga en cuenta que la cubierta trae las marcas en donde se debe, introducir los tornillos auto perforantes, sin embargo rectifique que cubra toda la estructura, una vez armada la estructura verifique por favor la firmeza de todos sus componentes y que las uniones hayan quedado acopladas según lo indicado por los planos y el presente manual.

Ilustración 18. Ensamble cubierta.

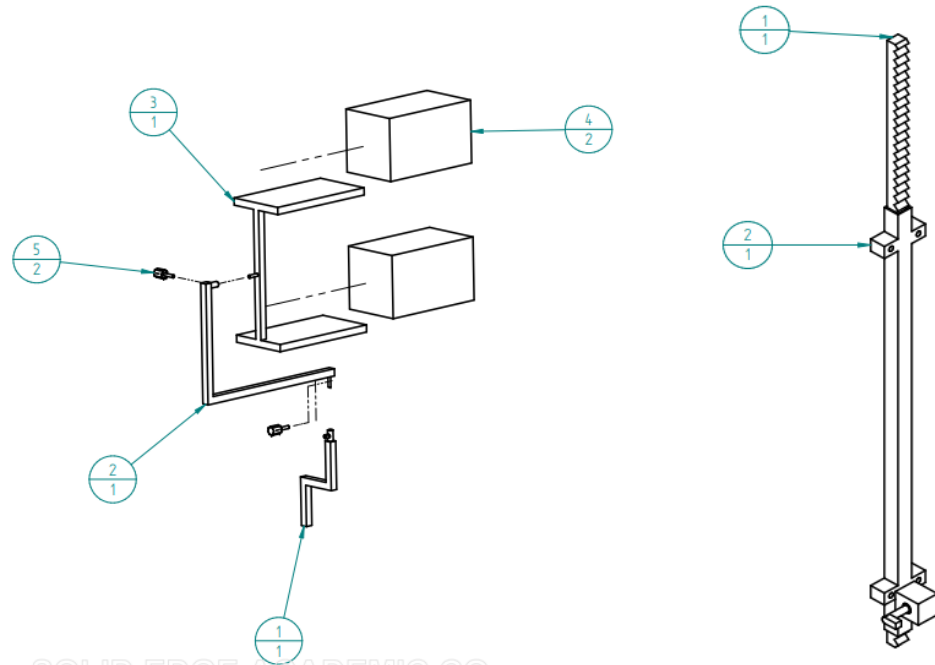


Fuente: elaboración propia.

## 2. ENSAMBLE SISTEMA DE ELEVACIÓN-ROTACIÓN- INCLINACIÓN

**Nota:** Tenga en cuenta que la cremallera estará unida a un piñón, por tal motivo al momento de realizar el montaje recuerde lubricar el sistema para preservar el material y obtener un movimiento fácil y suave de manipular, verifique las partes como se muestra en la ilustración 19 y las partes del cuadro 3 y 4.

Ilustración 19. Partes del Sistema



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3. Detalle de las partes rotación-inclinación

Componente	Cantidad
1. PIN 1: Estructura Inclinación	1
2. PIN 2: Rotación e Inclinación	1
3. PIN 3: Soporte Motor	1
4. Carcasa Motores Lanzador	2
5. Pin de presión	2

Fuente: Elaboración propia.

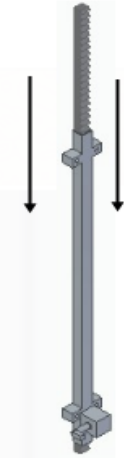
Cuadro 4. Detalle de las partes elevación

Componente	Cantidad
1. Cremallera	1
2. Protector Cremallera	1

Fuente: Elaboración propia.

- i. Introduzca la cremallera previamente fabricada por catálogo, en el diseño de la carcasa, hasta llegar a la caja que graduara la altura del elemento, gire la manivela para acoplar los dientes del piñón con los de la cremallera, como se muestra en la ilustración 20.

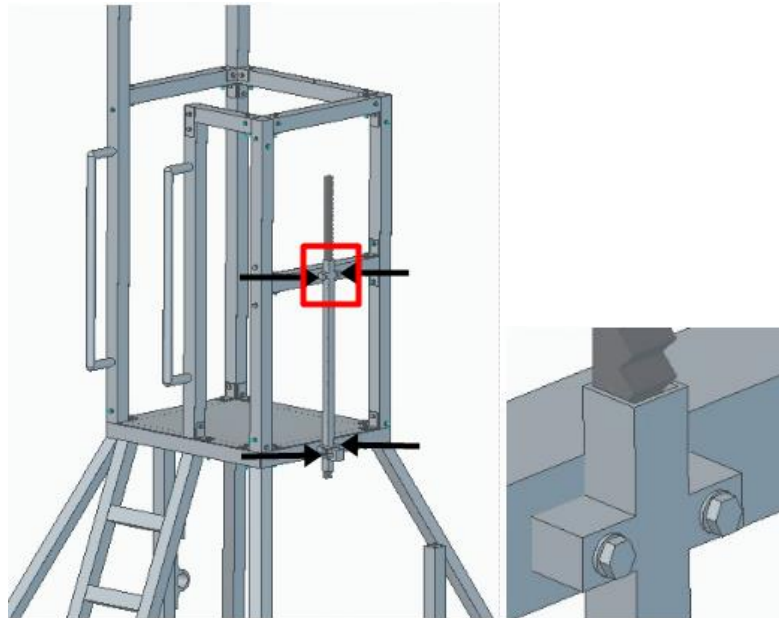
Ilustración 20. Acoplamiento cremallera.



Fuente: elaboración Propia

- ii. Una vez acoplado el sistema, realice el montaje en la estructura verificando que los puntos de apoyo concuerdan con las vigas de la estructura como lo muestran las flechas en la ilustración 21, realice la unión con tornillos como se muestra en detalle en la misma imagen.

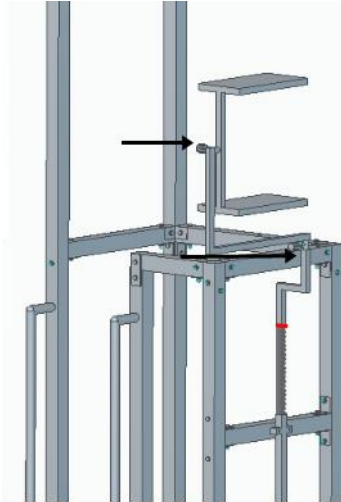
Ilustración 21. Ensamble cremallera-estructura.



Fuente: elaboración propia.

- iii. Paso siguiente una el sistema de rotación e inclinación realizando un hilo de soldadura en el extremo superior de la cremallera y en el inferior del soporte, los demás componentes de rotación e inclinación se ensamblarán mediante los pines de presión como se muestra en la ilustración 22.<sup>25</sup>

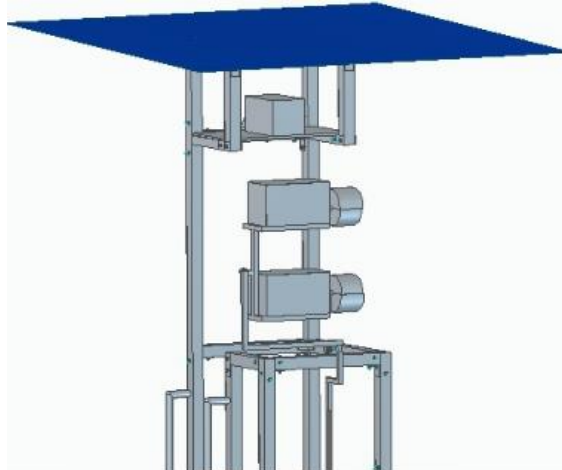
Ilustración 22. Ensamble sistema de rotación-inclinación.



Fuente: elaboración propia.

- iv. Una vez instalado todo el sistema estructural del sistema acople los motores a los soportes y alinee el centro de los rodillos con los ejes del motor como se muestra en la ilustración 23.<sup>26</sup>

Ilustración 23. Acoplamiento de los rodillos.



Fuente: elaboración propia.

---

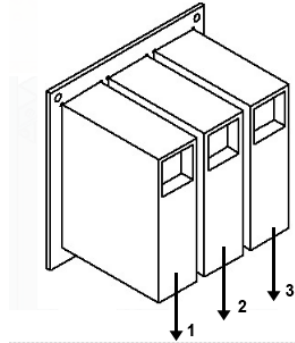
<sup>25</sup> **Nota:** En los soportes irán acoplados los motores mediante tornillos, como se puede verificar en la sección de los mismos, se recomienda que los protectores estén fijos al soporte pero estos sean sencillos de desmontar en caso de realizar una revisión a los motores.

<sup>26</sup> **Nota:** Recuerde que si quiere prologar la vida útil de los rodillos, se puede diseñar un sistema de protección para los mismos, de manera tal que no interfiera con el giro de los mismos.

### 3. ENSAMBLE SISTEMA DE CONTROL

**Nota:** Recuerde que el cableado debe ser unificado y en lo posible que este aislado del exterior, el sistema de control cuenta con cajas acopladas a la estructura con tornillos auto perforantes pues el peso no es considerable como se muestra en la ilustración 24.

Ilustración 24. Soportes sistema de control.

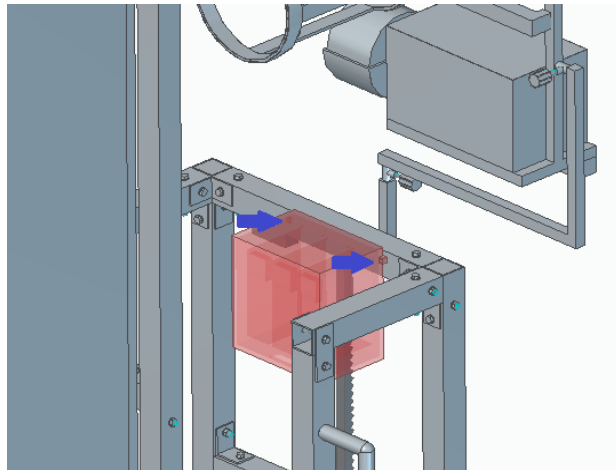


Fuente: Elaboración propia.

1. Controlador Motor Superior del Lanzador
2. Controlador Motor Inferior del Lanzador
3. Controlador del Elevador de Cangilones

- i. Alinee el centro de la caja con la línea de la cremallera del sistema de elevación, la cada de protección tiene dos pestañas en la parte superior para ajustar a la estructura de la maquina con tornillos pasantes. La elección del tornillo de ajuste de la caja de protección decisión del instalador al momento del montaje. Se debe anclar a la frontal del cuadrante de seguridad del operario como se muestra en la ilustración 25.

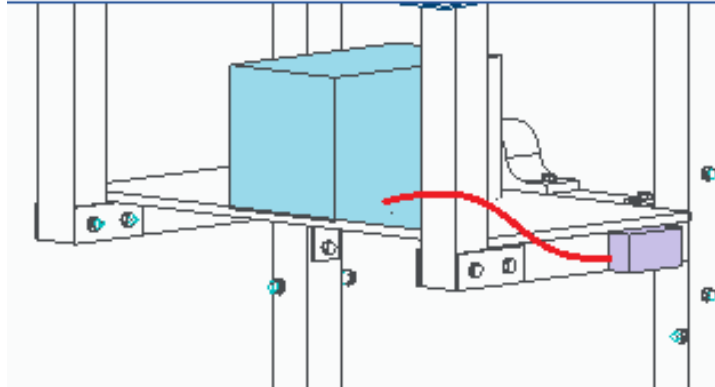
Ilustración 25. Ensamble Sistema de control



Fuente: elaboración propia.

- ii. Introduzca el cable del motor del elevador en una prensa estopa y posteriormente conéctela a la conduleta tipo L roscándola por el orificio axial de la conduleta, como se muestra en azul y morado respectivamente en la ilustración 26.

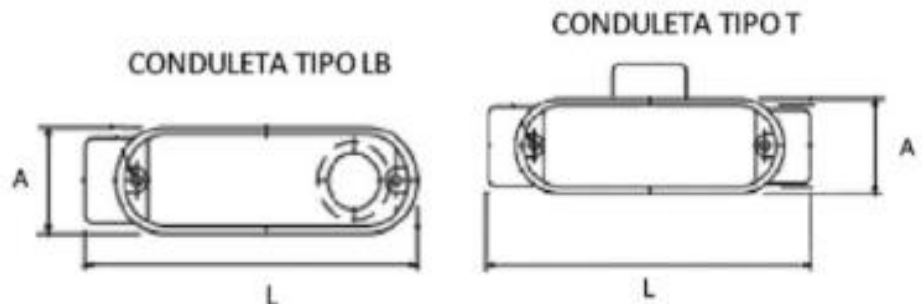
Ilustración 26. Cableado motor elevador



Fuente: elaboración propia.

La instalación de la condeleta tipo L se hace por medio de tornillos pasantes que se colocan dependiendo el tipo de condeleta:

Ilustración 27. Plano condeleta tipo L.



Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Condeletas. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P-54. [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

Cabe resaltar de dentro de la condeleta se debe hacer una conexión entre el cable que viene del motor y el cable adicional encauchetado 3x12 que se protegerá con la coraza como se describe en el siguiente paso.

- iii. Extraiga el cable por el segundo orificio perpendicular al eje de la condeleta tipo L e introdúzcalo en la coraza (verde). Conecte la coraza a la terminal y esta acóplela a la condeleta roscando. La coraza debe bordear por la estructura de la máquina, hasta llegar a la caja redonda como se muestra en la parte inferior de la ilustración 28 y la cual se debe instalar con tornillos pasantes a la estructura media de la maquina por medio de las pestañas mostrados de la ilustración 29.

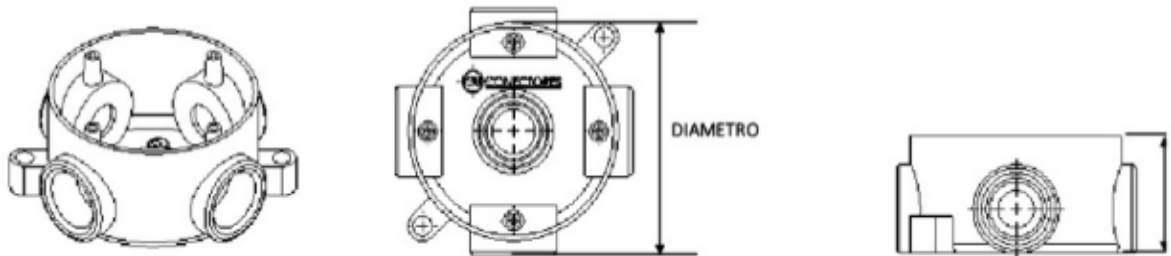
Ilustración 28. Cableado sellado 1





Fuente: elaboración propia.

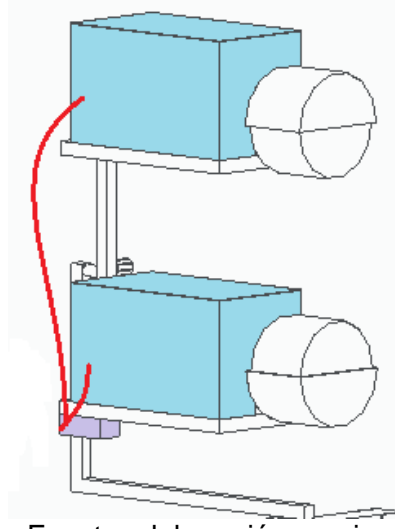
Ilustración 29. Plano caja redonda.



Fuente: CUCONECTORES. Catálogo de productos. Conduletas. <https://cuconectores.com/blog/catalogo-de-CU-Conectores>. P-52. [En línea] [Consultado 11 Febrero 2020].

- iv. Introduzca el cable de los motores lanzadores en una prensa estopa respectivamente y posteriormente conéctelas a la conduleta tipo T roscando en 2 de los 3 orificios disponibles, como se muestra en azul y morado respectivamente en la ilustración 30.

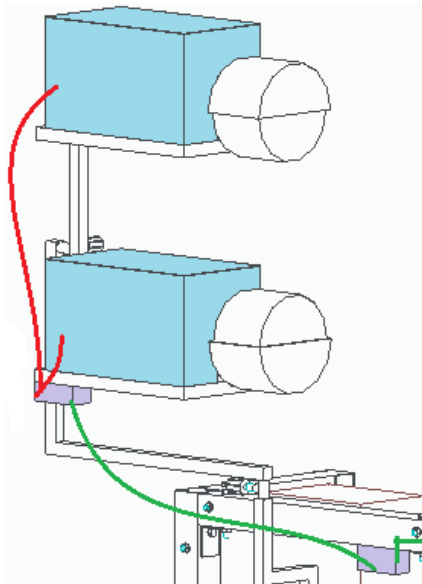
Ilustración 30. Cableado Motores lanzadores



Fuente: elaboración propia.

- v. Extraiga el cable por el tercer (3) orificio de la conduleta tipo T e introdúzcalo en la coraza (verde). Conecte la coraza a la terminal y esta, ajústela a la conduleta roscando. El cable con recubrimiento de la coraza debe quedar suelto (tolerancia) hasta llegar a la caja redonda, debido a que en este punto el lanzador debe girar con libertad. Ajuste la coraza roscando otra terminal en la caja redonda.

Ilustración 31. Cableado sellado 2

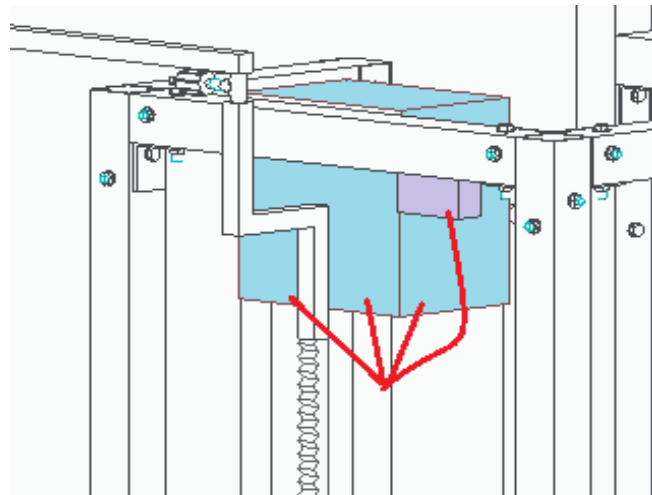


Fuente: elaboración propia.

- vi. Se debe instalar la caja de protección como se describe en el capítulo 3 del diseño detallado, recuerde que deben hacer agujeros sobre esta caja en la parte inferior de la misma con rosca NPT para tubería conduit o accesorios.

- vii. Introduzca los tres (3) cables de los variadores de frecuencia en una prensa estopa respectivamente y posteriormente conéctelas roscando a la caja de protección instalada previamente en la sección media de la máquina. Finalmente reúna los cables con bisagra plástica y pásela por una última prensa estopa para asegurarla roscando a la caja redonda como se muestra en azul y morado respectivamente en la ilustración 32.

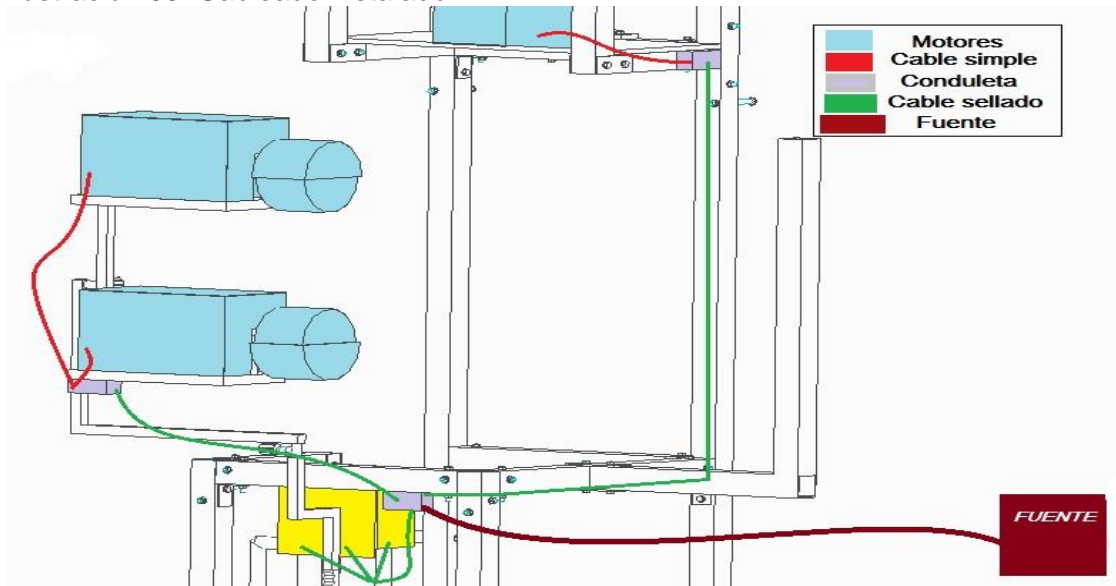
Ilustración 32. Cableado sellado 2



Fuente: elaboración propia.

- viii. Revise que los cables se encuentran instalados como se muestra en la ilustración 33 y energice el sistema para verificar que los sistemas funcionan correctamente antes de montar el sistema restante, remítase al manual de los variadores en caso de falla en instalación.

Ilustración 33. Cableado instalado

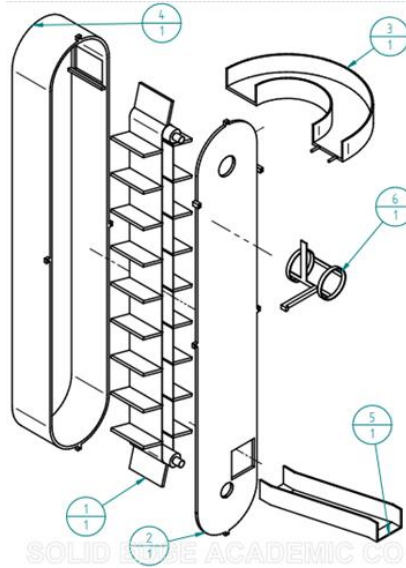


Fuente: elaboración propia.

#### 4. ARMADO ELEVADOR.

**Nota:** Tenga en cuenta cada uno de los componentes del sistema de alimentación como se muestra en la ilustración 34 y en el cuadro 5, antes de montarlo en la estructura, arme el sistema de manera independiente para evitar posible desmonte por mal funcionamiento.

Ilustración 34. Partes sistema de alimentación.



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Detalle partes Sistema de Alimentación

Componente	Cantidad
1. Banda-Cangilones	1-20
2. Tapa Frontal Elevador	1
3. Canal de Salida elevador	1
4. Carcaza Elevador	1
5. Canal almacenaje	1
6. Tolva guía	1

Fuente: elaboración propia.

- i. Para empezar el montaje del sistema de alimentación empiece tomando la tapa frontal del elevador y ubique las pestañas de ensamble como se muestra en la ilustración 35, luego alinee los agujeros que se encuentran a las columnas de la estructura con las pestañas de ensamble de la tapa y únalo a la estructura con tornillos como indican las flechas en la ilustración 36.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> **Nota:** Recuerde que la cubierta ya ha sido instalada, para fines de mayor entendimiento del ensamble del sistema de alimentación se omiten en las ilustraciones.

Ilustración 35. Tapa Frontal Elevador

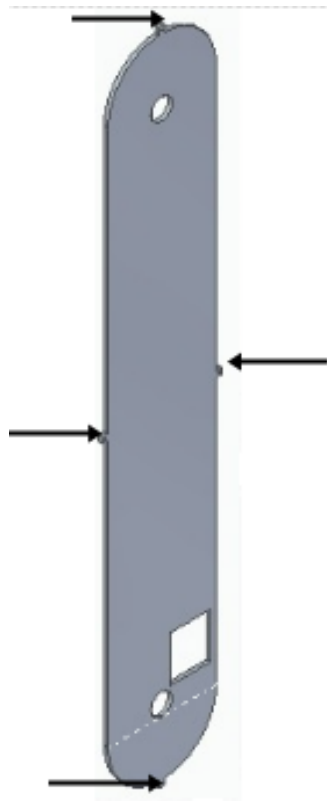
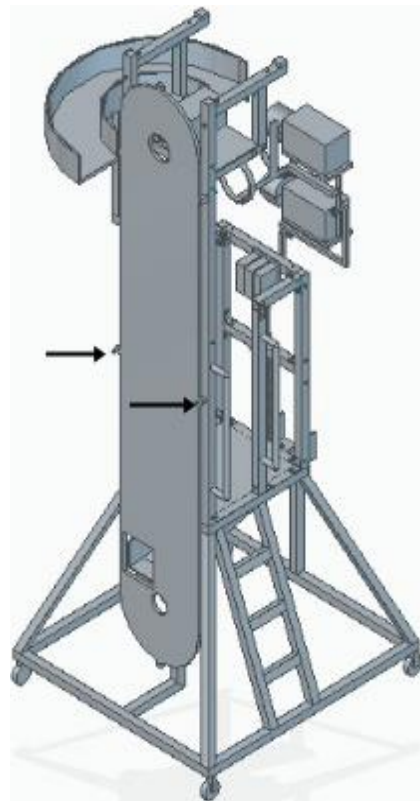


Ilustración 36. Ensamble Tapa



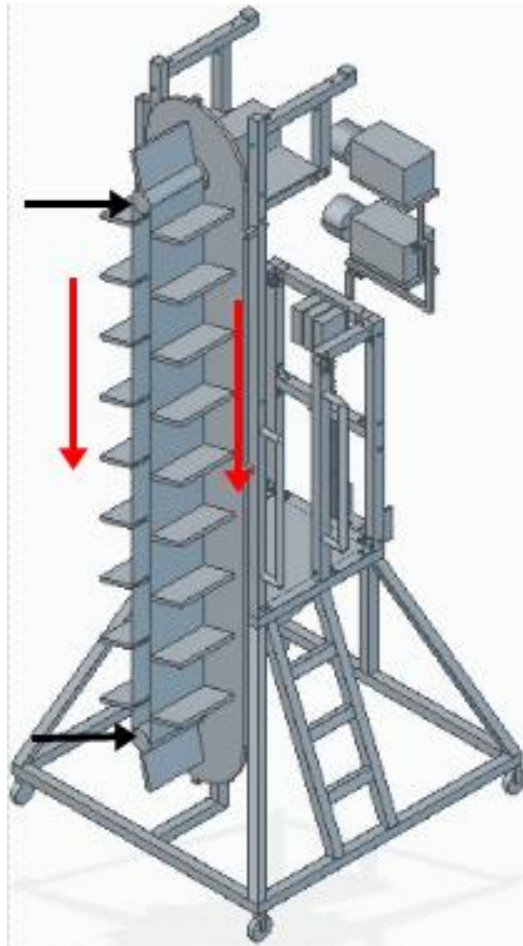
Fuente: elaboración propia.

- ii. Una vez se encuentre la tapa ensamblada ubique el agujero superior por donde sale el eje del motor del elvador y el agujero inferior donde se encuentra el buje, alinee los tambores de la banda e introduzca los tambores en el eje y el agujero del buje como lo indican las flechas negras en la ilustración 37, una vez fijos, instale la banda transportadora con los cangilones como se muestra con flechas rojas en la misma ilustración.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> **Nota:** El modo de instalar la banda debe hacerlo desde el punto superior tensionando hasta el punto inferior par mayor facilidad, recuerde revisar que la banda no quede con desalineamientos y los cangilones estén bien acoplados y sin daños recuerde que la banda debe quedar tensionada para asegurar la trasmisión de movimiento.

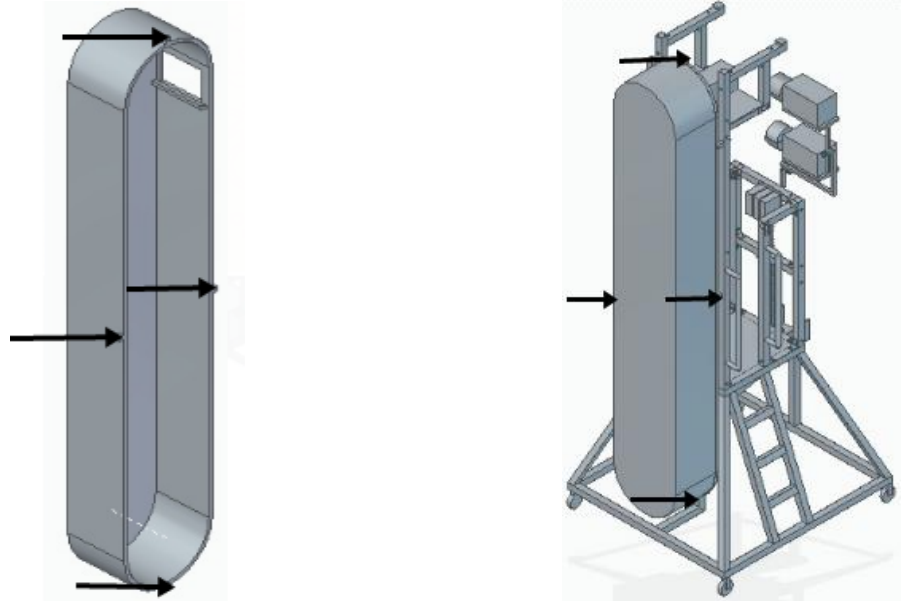
Ilustración 37. Ensamble Banda-Cangilones



Fuente: elaboración propia.

- iii. Una vez instalada la banda y verificados todos los puntos tome la carcasa del elevador y ubique los puntos concordantes con la tapa como indican las flechas en la ilustración 38, alinee los agujeros y atornille el sistema en los puntos indicados por las flechas en la ilustración 39.

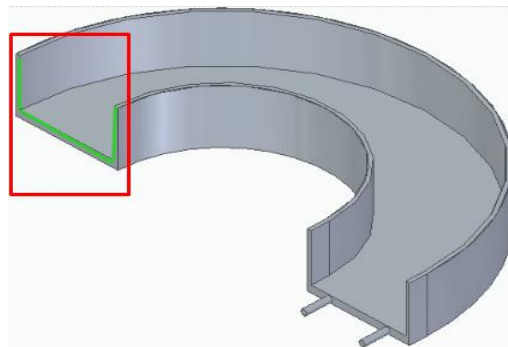
Ilustración 38. Carcasa Elevador. Ilustración 39. Instalación Carcasa elevador.



Fuente: elaboración propia.

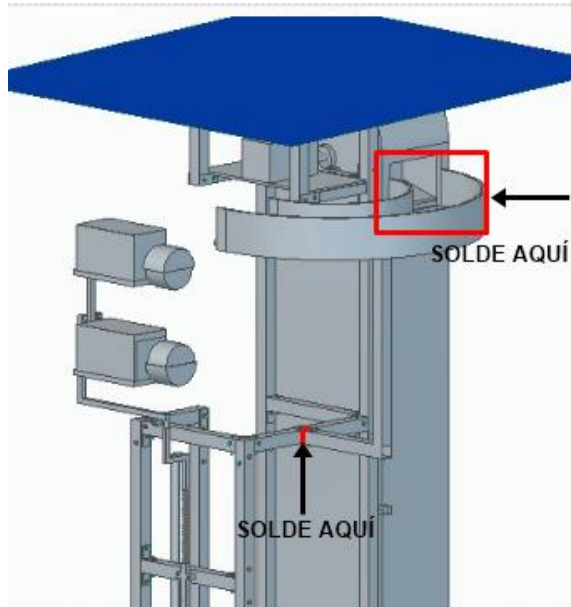
- iv. Una vez instalado y acoplado tome el canal de salida del balón y ubique el extremo a tope como se muestra en el recuadro rojo en la ilustración 40 y alinee la salida de la carcasa del elevador con el extremo que se muestra en verde en la misma ilustración, luego ubíquela con la carcasa del elevador y realice el cordón de soldadura como se muestra en la ilustración 41, así mismo realice la instalación del brazo de soporte del lanzador y realice el jilo de soldadura solo en el extremo empotrado a la estructura mostrado en rojo en la misma ilustración.

Ilustración 40. Canal de salida elevador.



Fuente: elaboración propia.

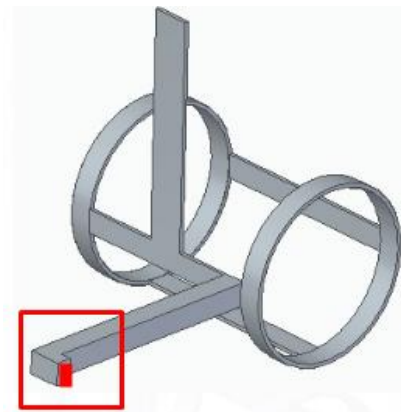
Ilustración 41. Montaje de Canal de salida



Fuente: elaboración propia.

- v. Prosiga tomando la tolva guía del sistema, que es la encargada de conducir el balón hasta los rodillos lanzadores, ubique el brazo que tiene dicho elemento como se muestra en la ilustración 42, y realice un cordón de soldadura como se muestra en rojo, para acoplarlo al sistema de inclinación sin que esta interfiera en el libre movimiento de los rodillos como se muestra en rojo en la ilustración 42 a 79.5mm de la parte superior del elemento.

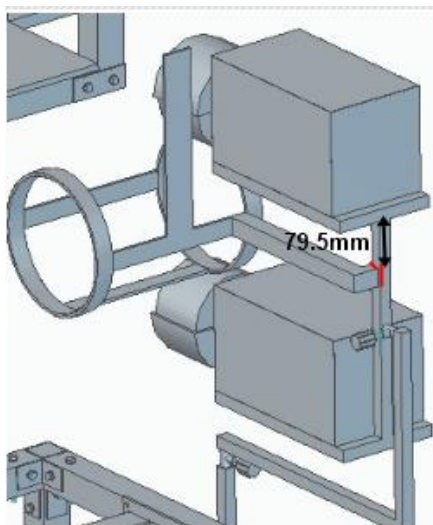
Ilustración 42. Tolva guía.



Fuente: Elaboración propia.



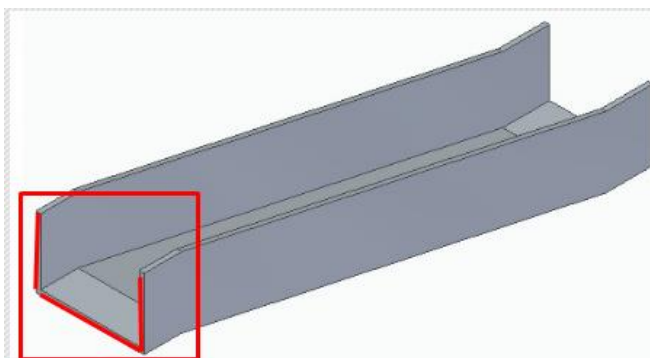
Ilustración 43. Ensamble tolva guía.



Fuente: elaboración propia.

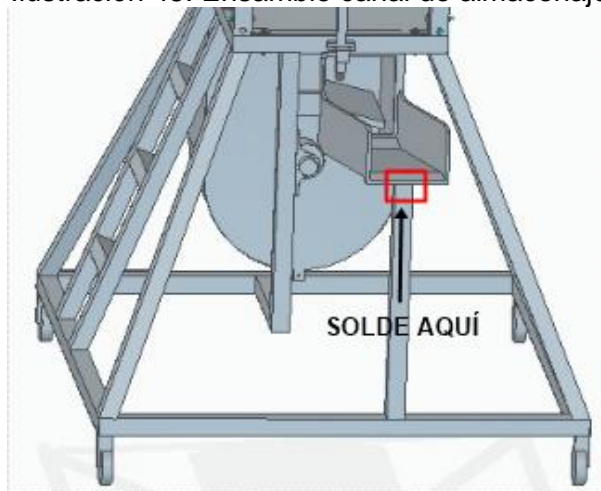
- vi. Para finalizar el ensamble del sistema de alimentación tome el canal de almacenaje y ubíquelo en las columnas previamente instaladas en la parte baja de la máquina, alinee la entrada del elevador con el extremo bajo de la canal como se muestra en la ilustración 44 y el extremo alto céntralo con la columna de apoyo, verifique que quede ensamblado correctamente como se muestra en la ilustración 45.

Ilustración 44. Canal de almacenaje.



Fuente: elaboración propia.

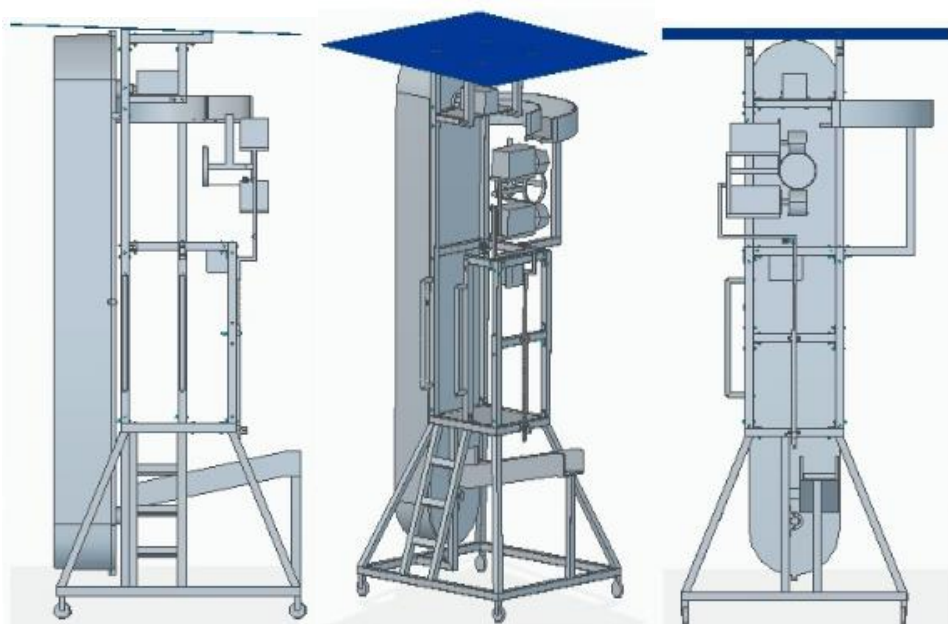
Ilustración 45. Ensamble canal de almacenaje



Fuente: elaboración propia.

Para finalizar el armado de la máquina verifique que todos los puntos de unión están bien instalados, que la estructura se encuentre firme y que todos sus sistemas funcionen correctamente antes de operar, recuerde que la máquina se desplazara por el terreno de juego, por tal motivo no tendrá una señalización en el suelo, pues el lugar no es fijo, en la ilustración 46 podrá ver cómo debe quedar la máquina armada. ¡DISFRUTE LA MÁQUINA!

Ilustración 46. Ensamble total máquina.



Fuente: elaboración propia.

## 4.2 MANUAL DE OPERACIÓN

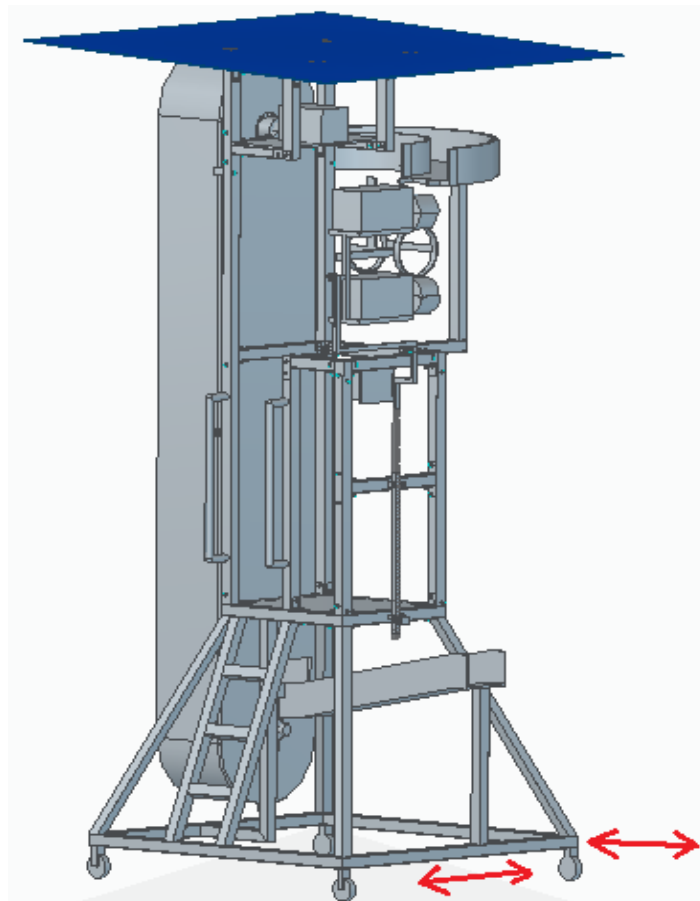
Este manual se dividirá en dos modos de operación; El modo manual y el modo semiautomático.

**Modo Manual:** Este funcionamiento será asistido completamente por el operario de la máquina.

**Posicionamiento de la máquina.** La máquina lanzadora de balones tiene 4 formas de posicionamiento.

1. Rodachinas para la traslación de toda la maquina en cualquier sentido sobre la superficie del campo de juego:

Ilustración 1. Movimiento sobre planta.



Fuente: elaboración propia.

Debido al peso de la máquina se recomienda la movilización de la misma entre dos (2) o más personas.

Ilustración 2. Frenado ruedas.

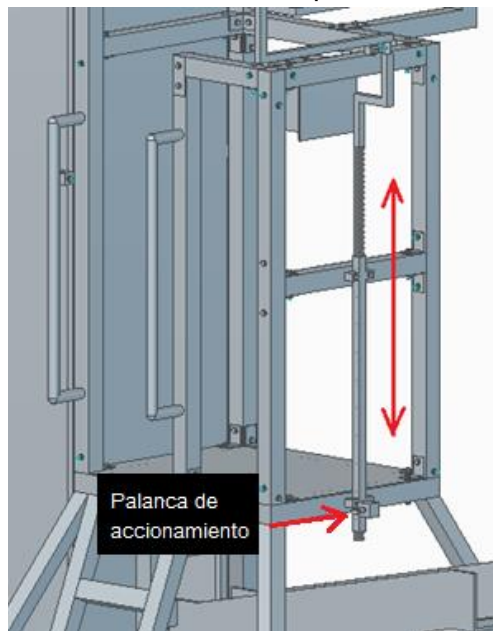


Fuente: elaboración propia.

Al llevar la máquina a la posición final, se debe anclar con el sistema de frenado de cada rodachina, esta se acciona bajando la palanca y se desbloquea al levantarla.

2. Mecanismo de cremallera para la elevación del lanzador: Este mecanismo eleva el lanzador al girar la palanca/volante en sentido horario (movimiento de las manecillas del reloj), y baja el lanzador girándolo en sentido contrario.

Ilustración 3. Elevación por cremallera.

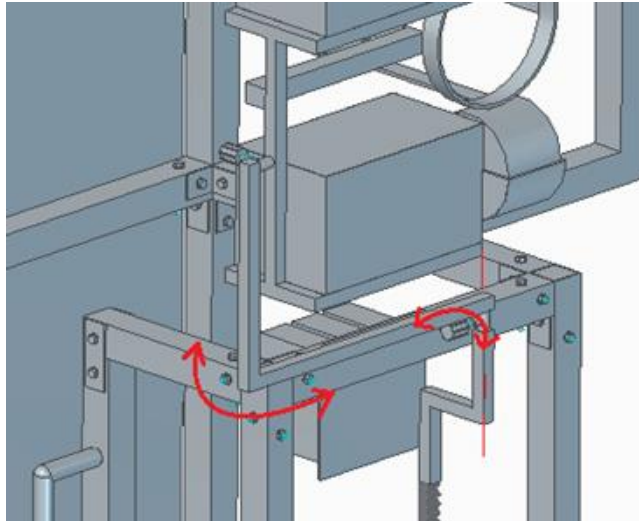


Fuente: elaboración propia.

Es recomendable que la altura de la tolva/guía quede por encima de la altura de la malla de la cancha de voleibol.

3. Pin de presión para rotación: Este tornillo de ajuste aprieta y suelta las piezas, para así poder girar sobre su eje o restringir ese movimiento.

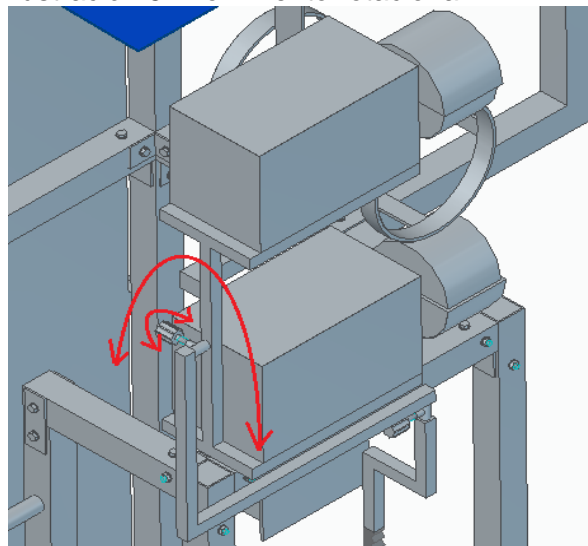
Ilustración 4. Movimiento de inclinación.



Fuente: elaboración propia.

4. Pin de presión para inclinación: Este tornillo de ajuste aprieta y suelta las piezas, para así poder girar sobre su eje o restringir ese movimiento.

Ilustración 5. Movimiento rotacional.



Fuente: elaboración propia.

Una vez puesto en posición el lanzador se recomienda apretar los pines de presión a una fuerza manual considerable para garantizar una posición fija; ahora se dará inicio a la activación de los variadores de velocidad.

**Operación de la los motores.** La operación de la máquina lanzadora de balones de voleibol está controlada por 3 variadores de velocidad inverttek. La configuración de estos variadores no se especificará en este manual, puesto que al adquirir alguno de estos equipos, ya trae un manual de configuración.

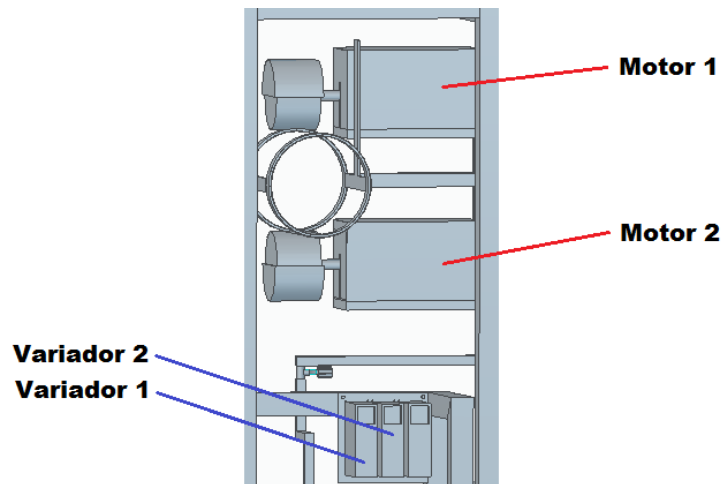
Ilustración 6. Variador Inverttek.



Fuente: elaboración propia.

Cada variador está conectado a un motor eléctrico que desempeñará una función diferente dentro de la maquina lanzadora. Se debe encender los variadores (1) y (2), lo que activará los motores (1) y (2) respectivamente, dispuestos para el mecanismo lanzador de balones.

Ilustración 7. Variador-Motor.



Fuente: elaboración propia.

Se debe oprimir la tecla verde en cada variador de velocidad cuando la pantalla diga “STOP” y así iniciar la operación.

Ilustración 8. Inicio variador Invertek.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez se enciendan estos variadores, la frecuencia de los motores ira aumentado hasta llegar a la frecuencia máxima configurada con anterioridad en los variadores Invertek.

**Lanzamiento de balones.** La frecuencia de los motores es proporcional a la velocidad con la que saldrá el balón. Esta se puede Modificar con las teclas Arriba/Abajo del equipo.

Ilustración 9. Frecuencia motor.



Fuente: Elaboración propia.

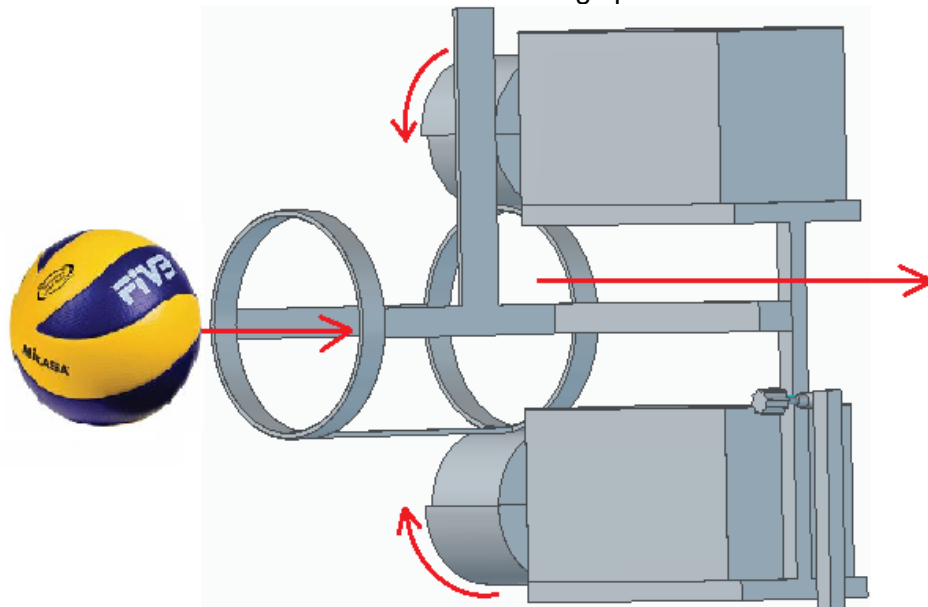
La modificación de la frecuencia debe ser la misma en ambos variadores de velocidad para que solo se cambie la velocidad del lanzamiento y no se genere

ningún tipo de efecto. Así se generaría el lanzamiento de “Golpe seco” en el que no se describe ningún tipo de curva en la trayectoria del balón camino al campo contrario sino se genera un lanzamiento con una trayectoria recta.

Los motores de la máquina tienen la capacidad de hacer lanzamientos a más de 120km/h. **Por seguridad no se deben realizar lanzamientos a más de esta velocidad.** Aunque la frecuencia óptima del lanzamiento se definirá experimentalmente por el operario y asistentes a la puesta en marcha de la maquina lanzadora de balones. Es recomendable no superar H - 50.0 en la frecuencia de lanzamiento que muestra el display del variador de velocidad.

Una vez se hayan encendido los variadores (1) y (2) y los motores giren a la frecuencia deseada solo falta colocar el balón sobre la Guía/Tolva y dejar que este pase por los dos rodillos propulsados por los motores.

Ilustración 10. Lanzamiento golpe seco.



Fuente: elaboración propia.

Cabe resaltar que la inclinación del mecanismo debe ser favorable para que el balón viaje por la Guía/Tolva y llegue sin problema a los rodillos propulsores.

Los motores se pueden configurar para bloquear el sentido de giro y no poder invertirlos por motivos de seguridad, remítase al manual (ANEXO D).

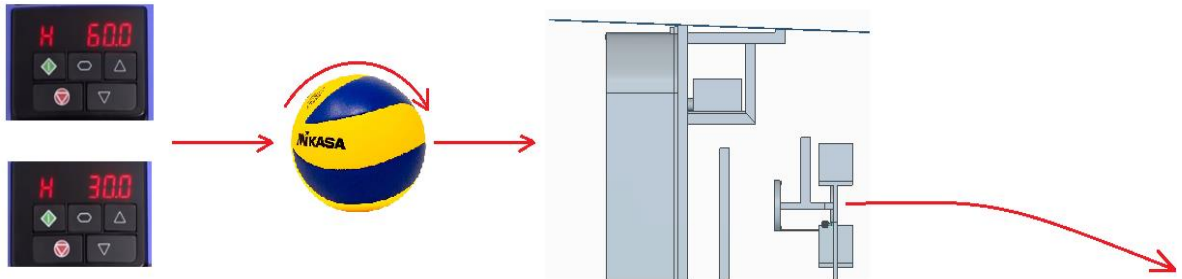


## Lanzamientos con efecto

Si se desean generar lanzamientos con efectos, habrá que modificar la frecuencia de giro ya sea del motor (1) o (2).

Si se busca un lanzamiento descendente, se debe configurar la frecuencia del Motor (2) menor en comparación a la Frecuencia del Motor (1):

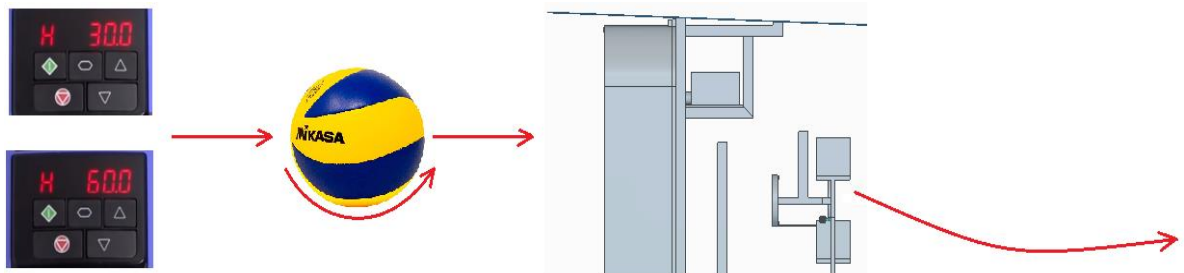
Ilustración 11. Lanzamiento descendente..



Fuente: elaboración propia.

Si por el contrario se busca un lanzamiento que tienda a elevarse se deben configurar los motores (1) y (2) de tal forma que el Motor (1) tenga una frecuencia menor a la del Motor (2):

Ilustración 12. Lanzamiento ascendente.



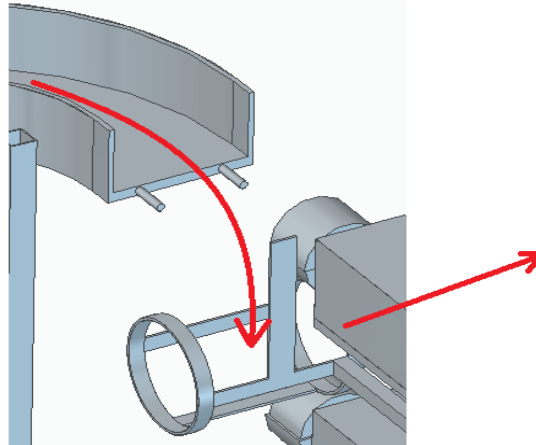
Fuente: elaboración propia.

En este caso también se hará de manera experimental la relación que se debe establecer entre los variadores para generar los efectos que se necesiten en la práctica deportiva.

**Modo Semiautomático:** A diferencia con el Modo manual, este modo de operación entrega balones de manera semiautomática a la Guía/tolva sin necesidad de estar sobre la plataforma de lanzamiento proporcionando balón por balón.

**Posicionamiento de la máquina.** La estructura se debe posicionar de la misma manera que se hace en el primer modo de operación. Pero se debe tener en cuenta que la posición final de la Guía/Tolva debe coincidir con la salida del canal que viene del elevador de cangilones como se muestra en la siguiente imagen:

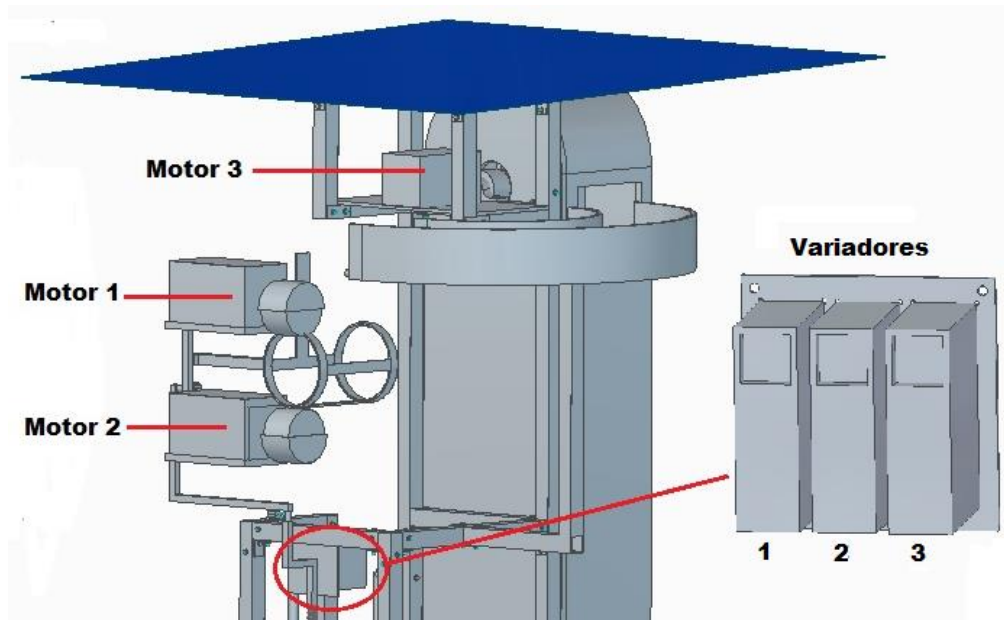
Ilustración 13. Caida de balón a canal/guia.



Fuente: elaboración propia.

**Operación de la los motores.** Adicional al modo manual de operación, se tiene que agregar la activación del tercer (3) y último variador de velocidad Invertek. Este activara el Motor (3) ubicado en la parte superior del elevador de cangilones y será el encargado de poner en marcha la alimentación por medio de este elevador.

Ilustración 14. Activación total de motores.



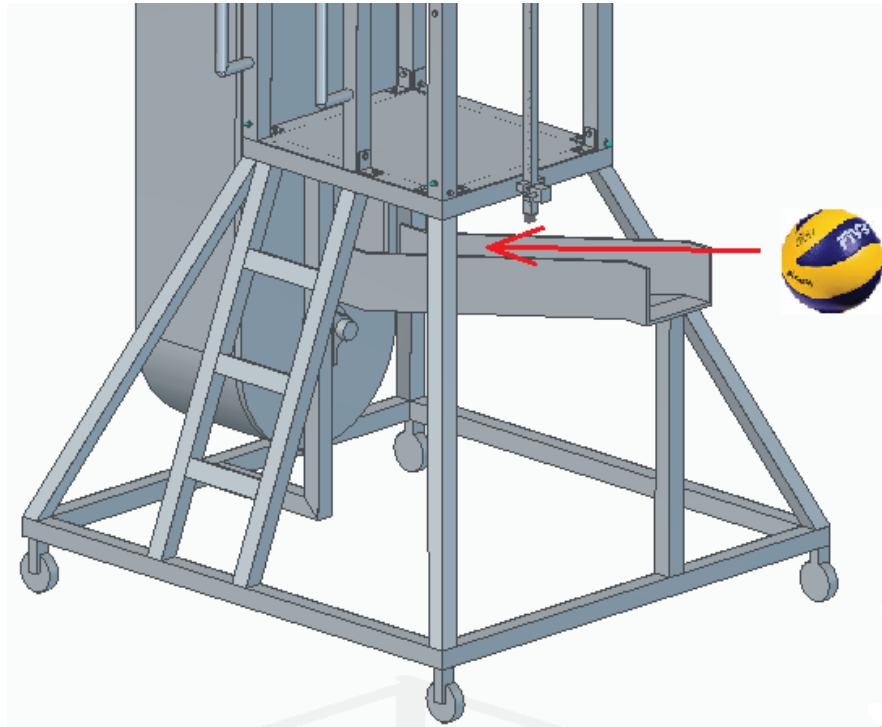
Fuente: elaboración propia.

El Motor (3) trabajará a revoluciones bajas y la velocidad de entrega de balones será de 3 balones/segundo que en el variador se vería representado en  $H - 10.0$ .

Recuerde modificar la velocidad de los motores (1) y (2) para lograr efectos en los lanzamientos

**Lanzamiento de balones.** Debido a que es una alimentación semiautomática, se deberán entregar balones al Canal/Almacenaje, el cual llevara directamente balones al elevador de cangilones.

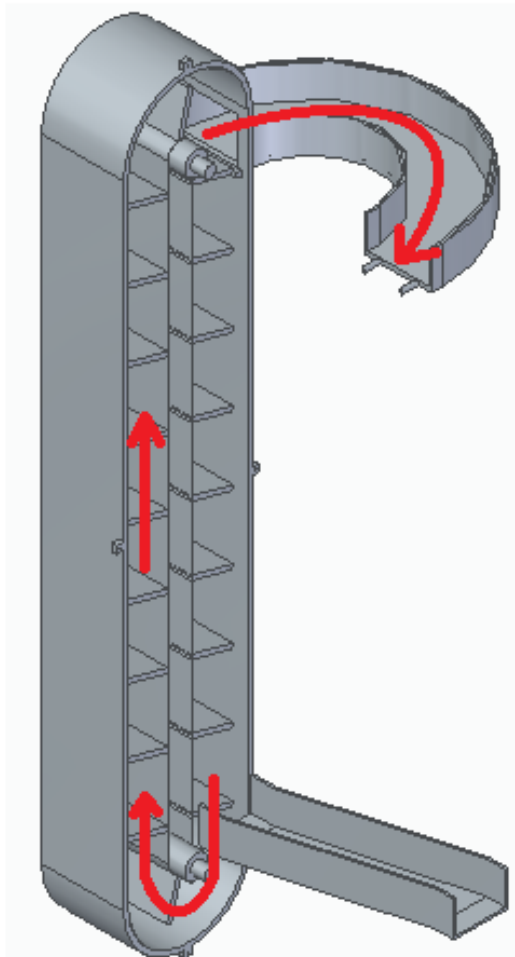
Ilustración 15. Balón alimentación.



Fuente: elaboración propia.

Así se vería el movimiento del balón, que se haría de forma automática justo antes de llegar a la Guía/Tolva y generarse el lanzamiento:

Ilustración 16. Movimiento total del Balón.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente al llegar a la Guía/Tolva se generara el lanzamiento en la dirección que se posicionó, y a la velocidad y efecto que se configuraron los motores.

#### **Recomendaciones:**

- *La configuración inicial* de los variadores de velocidad no debe de modificarse pues están configurados a los motores que estos controlan.
- Los variadores de velocidad logran invertir el sentido de giro de los motores, esta funcionalidad no debe de modificarse en una práctica deportiva. Solo en un ambiente de configuración y mantenimiento. De todos modos existe un seguro de esta función. Remítase al manual.
- Se pueden agregar almacenajes sobre el costado opuesto a la escalera de acceso a la plataforma. Estos almacenajes no deben superar los 10Kg.

- La máquina está diseñada para operar solamente con balones de voleibol. No se deben utilizar ningún otro tipo de balón ya que puede afectar gravemente la máquina.
- La Guía/tolva está diseñada para proteger al operario, por ningún motivo se debe acceder a los rodillos cuando están en funcionamiento.
- La estructura está diseñada para soportar el peso de un solo operario con un peso no mayor a los 120Kg.

### **4.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO**

Para el desarrollo del mismo, se realiza una descripción de la máquina en donde se detallan especificaciones técnicas de los sistemas, de igual manera se especifican las componentes que forman los sistemas de esta, y así se realiza la ficha técnica de la máquina, todo esto en aras de realizar un manual de mantenimiento detallado para finalmente elaborar la tabla de fallas.

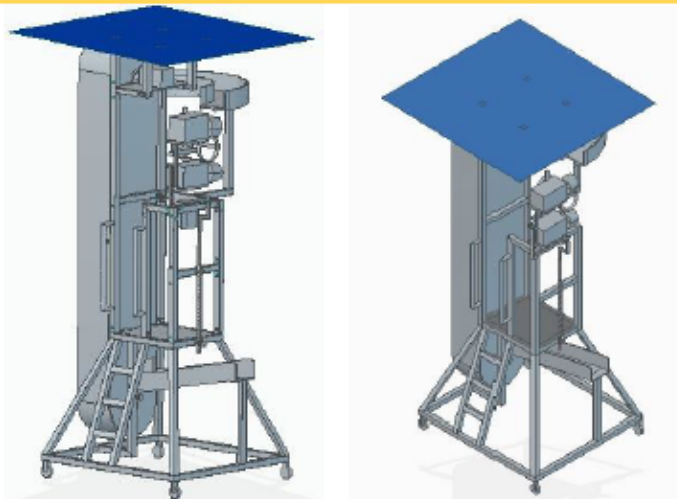
**4.3.1 Descripción de la máquina. Máquina lanzadora de balones de voleibol** implementada para entrenamiento en prácticas deportivas, la maquina consta de tres motores trifásicos de  $\frac{1}{2}$  hp de 220 v que tienen la función de realizar el lanzamiento del balón y de accionar el alimentador semiautomático y un panel de control, diseñada para operar en espacio abierto con componentes de ajuste manual, cada sistema de la máquina tiene la función de establecer una dirección y trayectoria definida del balón al momento de realizar el lanzamiento, simulando así un lanzamiento de juego real, la máquina consta de ocho sistemas catalogados por su modo funcional y un flujo de energía en el accionamiento de la misma.

### 4.3.2 Ficha Técnica

## MÁQUINA LANZADORA DE BALONES DE VOLEIBOL

### DESCRIPCIÓN

Es utilizado en prácticas deportivas desarrolladas al aire libre, mediante su sistema de control genera 3 tipos de lanzamientos requeridos en la práctica, con una estructura móvil que permite el desplazamiento del equipo por el terreno de juego. El lanzador consiste en un dispositivo de almacenaje, alimentación y descarga, sistema de control y accionamiento que controlan los motores conectados a los rodillos generando así la salida del balón.



### NOMBRE TECNICO

Lanzador de balones de Voleibol

### PROCEDENCIA

Bogotá D.C., Colombia

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones: 3.617m x 1.373 m x 1.473m

Potencia: 3 Motores Trifásicos ¼ HP

Almacenamiento: 4 Balones en Canal

Alimentación: 10 Balones en línea de subida

Frecuencia de Lanzamientos: 20 Lanzamiento/min

Velocidad de Lanzamientos: 80 -120 Km/h

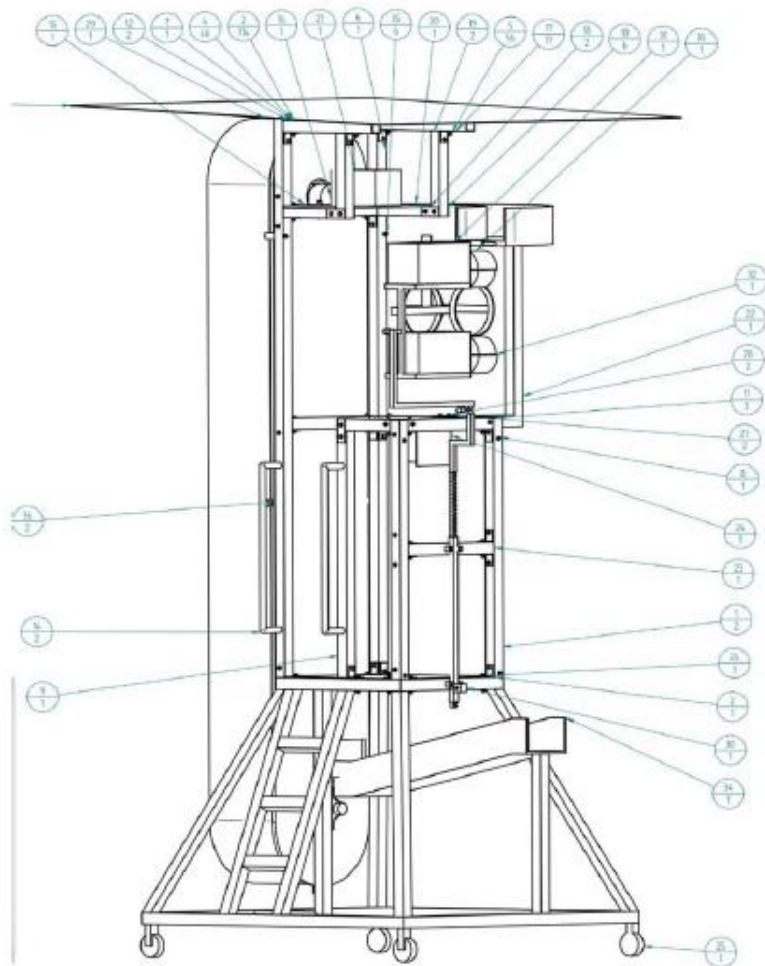
Fuente de energía: Toma de corriente 220 V

Requerimiento eléctrico: Conexión Trifásica AC

Control: Variadores de Velocidad Invertek

Diámetro de rueda de Lanzamiento: 150 mm

Peso Máquina: 370 Kg



### Listado de partes

1. Columna principal
2. Plataforma
3. Arandela de Ajuste
4. Tornillo de Ajuste
5. Tuerca
6. Protector Motor Cangilón
7. Soporte trasero Cubierta
8. Soporte usuario
9. Columna trasera perforada
10. Soporte motor Cangilón
11. Tapas
12. Soporte Cubierta
13. Cubierta
14. Agarradera
15. Soporte Elevador
16. Buje
17. Angulo estructural
18. Soporte Lamina Cangilón
19. Soporte Cubierta-Cangilón
20. Soporte Motor Cangilón
21. Motor Elevador
22. Soporte Canal
23. Soporte Cremallera
24. Sistema de Control
25. Rodachinas
26. Esquineros
27. Platinas de unión
28. Tornillo de Ajuste
29. Elevador
30. Cremallera
31. Sistema Lanzador
32. Rodillo-Motor 1
33. Rodillo-Motor 2
34. Canal Almacenaje
35. Tornillo Ajuste Tapa Elevador
36. Tornillo Ajuste carcasa



#### Proveedores Nacionales



Antioquia  
PBX: +57 (4) 448 46 72



Bogotá D.C.  
PBX: (+571) 742 8300



Línea Nacional: 01 8000 12 7373

#### Proveedores Internacionales



Buenos Aires, Argentina  
PBX: (011) 4443-1439 / 6412  
[info@ruedashofer.com.ar](mailto:info@ruedashofer.com.ar)



Victoria, España  
Tel. +34 945 28 93 95  
[rodalsa@infonegocio.com](mailto:rodalsa@infonegocio.com)



Barcelona, España  
Tel. +34 93 656 80 50  
[tp@tecnopower.es](mailto:tp@tecnopower.es)



San Sebastián, España  
[koom@koom.es](mailto:koom@koom.es)

## LISTADO DE REPUESTOS

### | REPUESTOS MAS UTILIZADOS |

1. Rodillos
2. Cubierta
3. Cremallera
4. Piñón
5. Rodachinas
6. Cangilones
7. Banda
8. Tambores Elevador

**4.3.3 Manual de mantenimiento.** En base a los sistemas, subsistemas y componentes, se realiza el siguiente manual de mantenimiento:

Cuadro 30. Manual de mantenimiento.

Equipo	Sistema	Subsistema	Componente	Inspección	Análisis	Falla	Periodicidad
Máquina lanzadora de balones de Voleibol	Tracción	N/A	Rodillos	1. Revisar que los rodillos no estén desajustado y causen desbalanceo 2. Revisar que la banda de PVC no este desalineado con el cuerpo del rodillo. 3. Revisar que los ejes estén acoplados en el centro del rodillo. 4. Revisar el desgaste de la banda de PVC	Desajuste Desbalanceo Acoplamiento Alineación	Fractura Desalineación Desgaste	De 45 días a 60 días
			Rodamientos	1. Revisar que no exista contaminación en el rodamiento 2. Revisar que no exista escape de lubricante entre los rodamientos 3. Revisar que los balines no tengan deformación en su cuerpo	Lubricación Escapes Deformación	Fricción Desgaste Deformación	Mensual
			Eje	1. Verificar la alineación del eje 2. Verificar que este correctamente acoplado al motor y el rodillo	Acoplamiento Alineación	Desalineación Deformación	Mensual
			Carcasa	1. Verificar que la carcasa no tiene fisuras 2. Revisar que no existe filtración de contaminación o humedad en el cuerpo del rodillo	Filtraciones Ajustes Apriete	Polución Desgaste	Cada 2 meses

Cuadro 29 (Continuación):

<b>Máquina lanzadora de balones de Voleibol</b>	<b>Panel de Control</b>	<b>N/A</b>	<b>Tablero de mando</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que los botones tengan contacto con el sistema.</li> <li>2. Revisar que el tablero este energizado y no tengo intermitencias.</li> <li>3. Realizar pruebas para verificar que el variador está controlando de manera correcta los motores.</li> <li>4. Revisar que los cables no tengan laceraciones o cortes.</li> <li>5. Revisar que no existan filtraciones de agua dentro del control de mando.</li> </ol>	<p>Filtraciones. Cortos. Intermitencias. Escapes de energía.</p>	<p>Sobrecarga. Daño en Contactos. Corto Circuito.</p>	<p>Mensual (1, 2,5). Cada 2 meses (3,4).</p>
	<b>Potencia</b>	<b>N/A</b>	<b>Motores - Lanzador</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar de manera periódica los niveles de aislamiento y protección.</li> <li>2. Revisar la temperatura (Bobinas y soportes).</li> <li>3. Examinar los niveles vibración cuando el motor este encendido.</li> <li>4. Revisar que esté ajustado el anclaje del motor en la plataforma.</li> <li>5. Revisar que el consumo energético no sobrepase los niveles normales.</li> <li>6. Revisar que la alineación con acoplamiento del eje.</li> </ol>	<p>Vibraciones. Desalineaciones.</p>	<p>Corto Circuito Desgaste. Esfuerzo.</p>	<p>Mensual (1, 2,3,5). Cada 2 meses (4,6).</p>

Cuadro 29 (Continuación):

Máquina lanzadora de balones de Voleibol	Potencia	N/A	Motor - Elevador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que no existan obstrucciones en el sistema que frenen el funcionamiento normal del motor.</li> <li>2. Revisar la temperatura (Bobinas y soportes).</li> <li>3. Examinar los niveles vibración cuando el motor este encendido.</li> <li>4. Revisar que esté ajustado el anclaje del motor en la plataforma.</li> <li>5. Revisar que el consumo energético no sobrepase los niveles normales.</li> <li>6. Revisar que la alineación con el acoplamiento del Tambor.</li> </ol>	Vibraciones. Desalineaciones. Obstrucciones.	Corto Circuito. Ruido. Desgaste. Esfuerzo.	Mensual (1,2,3,5). Cada 2 meses (4,6).
	Alimentación	N/A	Deposito	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar que no hay taponamientos a la salida del depósito.</li> <li>2. Revisar que no hay obstrucciones dentro del depósito.</li> <li>3. Revisar que no hay filtraciones de agua dentro del depósito.</li> </ol>	Obstrucciones. Filtraciones. Sellamientos.	Taponamiento.	Cada mes.

Cuadro 29 (Continuación):

<b>Máquina lanzadora de balones de Voleibol</b>	<b>Alimentación</b>	<b>N/A</b>	<b>Banda</b>	1. Revisar que no exista ruptura 2. Verificar que en el anclaje de los cangilones haya ajuste. 3. Revisar la tensión de la banda.	Anclaje. Retroceso. Tensión.	Polución. Desgaste. Deslizamiento.	De 45 días a 60 días.
			<b>Carcasa</b>	1. Revisar los sellos y ajustes de la tapa. 2. Revisar que no tenga daños estructurales por golpes y corrosión	Filtraciones. Ajustes. Apriete.	Polución Desgaste.	Cada 2 meses.
			<b>Plataformas</b>	1. Verificar que no hay desajuste en las plataformas de transporte. 2. Revisar no hay obstrucciones en el recorrido normal de las plataformas 3. Revisar daños internos por desgaste.	Obstrucciones. Desajuste. Desgaste.	Taponamiento. Desgaste.	Cada 2 meses.
	<b>Estructural</b>	<b>General</b>	<b>Pernos</b>	1. Revisar que no hay corrosión en el cuerpo del elemento. 2. Verificar que no hay ruptura o deformación en el cuerpo del elemento. 3. Revisar que hay un ajuste fuerte de unión de elementos.	Deflexión. Deformación. Materiales.	Flexión. Desajuste. Deformación.	Cada 6 meses.

Cuadro 29 (Continuación):

Máquina lanzadora de balones de Voleibol	Estructural	General	Perfiles	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar la linealidad del elemento crítico.</li> <li>2. Revisar que no existe corrosión en la estructura del material.</li> <li>3. Revisar que no haya pérdida de energía que esté en contacto con el material de la estructura.</li> </ol>	Materiales. Pandeo. Conducción.	Corrosión. Fractura por fatiga. Conducción.	Cada 6 meses.
			Plataforma	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar que la plataforma no sufra deformación.</li> <li>2. Revisar que el material no tenga fisuras o rupturas.</li> <li>3. Revisar si hay puntos de corrosión.</li> </ol>	Deflexión. Fisuras. Deformación.	Flexión. Fractura por fatiga. Corrosión.	Cada 6 meses.
			Platinas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que no tengan concavidad por el ajuste.</li> <li>2. Revisar si hay puntos de corrosión.</li> </ol>	Concavidad. Fisura.	Fractura por fatiga.	Cada 6 meses.
		Traslación	Rodachinas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar la concetricidad de la rueda.</li> <li>2. Verificar que el freno funcione.</li> <li>3. Verificar el ajuste de la rueda.</li> </ol>	Concentricidad. Ajuste. Desplazamiento.	Deformación. Fractura.	Mensual.
			Anclaje	1. Revisar que la maquina quede estática cuando se accionen los anclajes.	Firmeza.	Desajuste.	Mensual.

Cuadro 29 (Continuación):

<b>Máquina lanzadora de balones de Voleibol</b>	<b>Traslación</b>		<b>Soprote</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que la tornillería esté ajustada.</li> <li>2. Verificar que no exista corrosión en los materiales.</li> </ol>	Ajuste. Materiales. Fuerza.	Corrosión. Desajuste.	Mensual.
	<b>Elevación</b>		<b>Cremallera</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que no existan fracturas en los dientes de la cremallera.</li> <li>2. Revisar que no existan obstrucciones entre la altura de los dientes.</li> <li>3. Revisar que la cremallera esta lubricada.</li> </ol>	Rupturas. Obstrucciones. Lubricación.	Fractura por fatiga. Desgaste.	Semanal.
			<b>Piñón</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar que el sistema suba y baje sin ningún esfuerzo adicional.</li> <li>2. Revisar que la manivela esté alineada con el centro del piñón.</li> <li>3. Revisar que no existan ruidos extraños en el interior del sistema.</li> </ol>	Rupturas. Obstrucciones. Lubricación.	Fractura por fatiga. Desgaste.	Semanal.
			<b>Manivela</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar alineación del cuerpo de la manivela.</li> <li>2. Revisar que el giro se realice, sin ningún tipo estancamiento.</li> <li>3. Revisar que no exista movimiento cuando se fija una posición.</li> </ol>	Rupturas. Obstrucciones. Estancamiento.	Fractura por fatiga. Desgaste.	Semanal.

Cuadro 29 (Continuación):

<b>Máquina lanzadora de balones de Voleibol</b>	<b>Elevación</b>	<b>Carcasa</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que la caja no tenga aperturas que permitan el ingreso de polvo.</li> <li>2. Revisar que la carcasa está ajustada en todos sus puntos</li> <li>3. Revisar que el sistema este lubricado y sellado correctamente.</li> </ol>	<p>Filtraciones. Ajustes. Sellamiento.</p>	<p>Polución Desgaste.</p>	<p>Cada 2 meses.</p>
	<b>Inclinación/Rotación</b>	<b>Tornillo (Pin de Presión)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que el cuerpo de la rosca no este corroída.</li> <li>2. Revisar que el pin genere el apriete suficiente, para fijar direcciones e inclinaciones.</li> <li>3. Revisar que no existan daños en la rosca que desajusten el sistema.</li> </ol>	<p>Ajuste. Concentricidad. Fuerza.</p>	<p>Fractura por fatiga. Desgaste. Ludimiento.</p>	<p>Semanal.</p>

Fuente: elaboración propia.



#### 4.3.4 Tabla de Fallas

Cuadro 31. Fallas.

<b>Falla</b>	<b>Característica</b>	<b>Metodología</b>	<b>Recurso a emplear</b>
Sobre Carga	Aumento en el consumo de los componentes eléctricos de la máquina, como los motores e intermitencia en el panel de control.	Des energizar todo el sistema, desmontar el panel de control y verificar que no hay daños en el cableado	Personal de mantenimiento, manual del fabricante.
Daño en Contactos	Daño en los contactos de los botones por causa externa o interna, lo que hace que no se pueda accionar ni controlar los motores.	Cambiar los contactos de los botones del panel y realizar las pruebas de funcionamiento una vez cambiados.	Personal de mantenimiento, Herramientas básicas.
Corto Circuito	Aumento brusco de intensidad en la corriente eléctrica de una instalación por la unión directa de dos conductores de distinta fase, por cables mal empalmados o sueltos.	Des energizar todo el sistema, realizar el desmonte de cableado interno, verificar uniones y empalme de todos los cables y si lo requiere cambiarlo.	Fabricante de motor, manual y ficha técnica del motor.
Desgaste	Daño en los componentes mecanismos por múltiples causas, como falta de lubricación y rozamiento de piezas.	Realizar el desmontaje de la carcasa protectora del motor, revisar que este lubricado el eje y verificar si hay daño en piezas.	Personal de mantenimiento, manual y ficha técnica del motor.
Esfuerzo	Aumento en la capacidad funcional de los componentes mecánicos que hace que requieran un mayor esfuerzo al establecido.	Hacer una revisión periódica a los tres motores, en caso de sobreesfuerzo desmontar el motor para realizar mantenimiento preventivo.	Personal de mantenimiento, manual de operación.
Ruido	Puede ser causado por daños internos cuando dos o más componentes entran en contacto produciendo un ruido mayor al que normalmente produce.	Desmontar y abrir todas las tapas de las carcasas para verificar que no existan agentes que estén causando ruido excesivo en el sistema.	Personal de mantenimiento, manual y ficha del motor, manual de operación.
Fractura por Fatiga	Ruptura del material cuando un material está sometido a cargas cíclicas es posible que el material acabe por romperse, como el elemento crítico o la plataforma	Desmontar la pieza fracturada, definir si la pieza provoca una falla funcional o de servicio y establecer si se puede reforzar o se debe cambiar toda la pieza o componente, establezca tiempo de entrega.	Mínimo 3 personas de mantenimiento, catálogo de aceros y/o recubrimientos.
Polución	Contaminación en los sistemas mecanismos, por posibles aperturas o mal sellamiento de las carcasas.	Desmontar carcasas de las cajas de los sistemas y realizar una limpieza en los componentes.	Personal de mantenimiento.
Ludimiento	Formación de depósitos en la rosa del tornillo que va asociado a los desplazamientos oscilantes.	Revisar que el torque de apriete sea el requerido por el pin de presión, para evitar la pérdida del torque de servicio.	Personal de mantenimiento

Cuadro 31 (Continuación):

Desalineación	Movimiento vibratorio en los componentes que se mueven linealmente, haciendo que no se lance el balón correctamente.	Desmante los rodillos del sistema y verifique que la banda de PVC está alineada con el cuerpo de la rueda, realice el mismo procedimiento con ejes y tambores.	Personal de mantenimiento, repuestos de bandas a la mano.
Fricción	Rozamiento entre las piezas que en principio no se deberían tocar, haciendo que los materiales se vean afectados.	Mantenga lubricado el sistema, en caso de fricción de componentes realice intervención de la máquina.	Personal de mantenimiento, Lubricante.
Corrosión	Daño en el material estructural por causa de los cambios bruscos del ambiente.	Desmante la pieza corroída y aplique límpiela y aplique un recubrimiento, en caso de que está muy corroída, reemplace la pieza.	Personal de mantenimiento, recubrimientos
Desajuste	Al ser una estructura móvil, esta tenderá a desajustarse a medida del tiempo.	Apriete constantemente los pernos y tornillos de la estructura.	Personal de mantenimiento, herramientas básicas.
Flexión	Debido al peso o cargas que sobrepasen el establecido, puede presentarse flexión en los elementos que estén sometidos a cargas constantes.	Revise el manual de operación, para verificar si se está excediendo el peso en la plataforma, en dado caso desmóntela y realice un estirado.	Personal de mantenimiento, manual de operación de la máquina.
Conducción	Paso de corriente por el sistema estructural de la máquina a raíz de cables mal aislados o dañados.	Verifique todo el sistema está aislado, verificar el cuerpo del cableado.	Personal de mantenimiento, cinta aislante o cables de reemplazo.
Taponamiento	Obstrucción en los sistemas de almacenaje que impidan que el balón entre al elevador de manera correcta.	Realizar el desmante de los sistemas de almacenamiento, limpiar su interior y/o sellar correctamente.	Personal de mantenimiento, planos del depósito al interior.
No enciende	El sistema de control de la máquina no acciona los motores aun cuando la máquina ya se encuentra energizada.	Realizar el desmante del sistema de control, revisar conexiones y cables, verificar que no se esté recalentando el sistema.	Electricista, Manual de los Variadores, Planos de la caja de protección.
No giran los motores	Los motores se encuentran energizados y emiten sonidos que se encuentran encendidos, el eje se encuentra detenido pues no hay giro.	Realizar el desmante del motor de la base del lanzador, revisar que no hay obstrucciones o doblamientos en el eje.	Proveedor y fabricante de los motores, manual y catálogo de los motores.

Fuente: elaboración propia.

## 5. COSTOS DE LA MÁQUINA

### 5.1. COSTOS DE MATERIALES ACERO A36 CON RECUBRIMIENTO

Los costos de la máquina estarán separados por cada subsistema y los costos de los procesos de fabricación.

Tabla 38. Costos materiales estructura.

Componente	Cantidad	Valor (Und.)	Total
a. Perfil 50x50x2,5	30m	\$12.367	\$371.008
b. Varilla	2m	\$4.375	\$8.750
c. Lamina 3mm 700x600	1	-	\$53.781
d. Lamina 10mm 600x300	1	-	\$45.378
e. Techo	1	-	\$410.000
f. Rodachinas	4	\$60.000	\$240.000
g. Accesorios ajustes	48	-	\$102.000
			<b>\$1.356.917</b>

Fuente: elaboración propia.

**a.** Perfil 50x50x2,5: Los perfiles estructurales se consiguen con una longitud de 6m c/u. Haciendo una medición lineal de cada una de las vigas y columnas que sostienen la estructura de la máquina, se calculan 29m lineales, pero debido al corte y falta de aprovechamiento en su longitud total, se agregan un perfil más.

**b.** La varilla utilizada hace referencia solamente a las barras de sujeción que ayudan al operario a subir por la escalera.

**c.** Lámina 3mm hace referencia a la lámina usada en la plataforma.

**d.** Lámina 10mm hace referencia a la lámina usada en la plataforma donde se instala el motor tres (3).

**g.** Conjunto de Tornillos, arandelas y tuercas estándar en acero inoxidable.

### 5.2. COSTOS SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN.

Tabla 39. Costos subsistema elevación.

Componente	Cantidad	Valor (Und.)	Total
a. Cinta transportadora	1	\$300.000	\$300.000
b. Cangilones	20	\$20.000	\$400.000
c. Lámina 20mm	5	-	\$3.547.060
d. Lámina 10mm	1	-	\$110.924
e. Tolva/Guía	1	-	\$320.000
			<b>\$4.677.984</b>

Fuente: Elaboración propia.

- a. Banda transportadora para el elevador vertical.
- b. Paletas de material polimérico distribuidos en toda la banda transportadora.
- c. Esta lámina de 20mm hace referencia a los siguientes componentes con sus respectivas medidas:

Tabla 40. Costos con lámina 20mm.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida (mm)</b>	<b>Valor (Und.)</b>	<b>Total</b>
Tapa elevador	2	3300x550	\$915.126	\$1.830.252
Costados laterales carcaza	2	2700x350	\$476.471	\$952.942
Costados superior e inferior carcaza	2	600x350	\$105.882	\$211.764
Piso canal salida	1	1120x600	\$340.366	\$340.366
Paredes canal salida	1	1200x350	\$211.766	\$211.766
				<b>\$3.547.060</b>

Fuente: elaboración propia.

- d. La lámina de 10mm de espesor se usara para realizar dos componentes, necesarios para ensamblar la canal de almacenaje:

Tabla 41. Costos con lámina 10mm.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida (mm)</b>	<b>Valor (Und.)</b>	<b>Total</b>
Piso canal almacenaje	1	1120x230	\$65.546	\$65.546
Paredes canal salida	1	1200x150	\$45.378	\$45.378
				<b>\$110.924</b>

Fuente: elaboración propia.

### **5.3. COSTOS SUBSISTEMA ROTACIÓN/INCLINACIÓN/ELEVACIÓN.**

Cada uno de los perfiles cuadrados utilizados en cada uno de las partes del sistema de rotación/inclinación y los componentes del subsistema de elevación con el mecanismo cremallera:

Tabla 42. Costos subsistema rotación/inclinación.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Cremallera	1	\$98.700
Protector de cremallera	1	\$250.000
Pin1	1	\$150.000
Pin2	1	\$220.000
Pin3	1	\$465.500
		<b>\$1.184.200</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4. COSTOS SUBSISTEMA DE POTENCIA/TRACCIÓN.

Los elementos encargados de la potencia y el control.

Tabla 43. Costos potencia/tracción.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor (Und.)</b>	<b>Total</b>
a. Rueda Hofer	2	\$40.000	\$80.000
b. Motor Eléctrico	3	\$380.000	\$1.140.000
c. Variador Invertek	3	\$565.000	\$1.695.000
d. Montaje eléctrico	-	\$213.050	\$140.000
			<b>\$3.055.000</b>

Fuente: Elaboración propia.

d. El montaje eléctrico está compuesto por:

Tabla 44. Componentes Montaje electrico

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor (Und.)</b>	<b>Total</b>
a. Conduleta tipo LB ¾"	1	\$7.300	\$7.300
b. Conduleta tipo T ¾".	1	\$7.500	\$7.500
c. Caja redonda ¾".	1	\$13.500	\$13.500
d. Prensa estopa ¾".	4	\$2.100	\$2.100
e. Terminal EMT Acero-tub.	3	\$3.150	\$3.150
f. Coraza liquid tight recubierta con PVC.	1 (10m)	\$60.450	\$60.450
g. Toma industrial 220V ext.	1	\$28.000	\$28.000
h. Cableado adicional.	3m	\$18.000	\$18.000
			<b>\$140.000</b>

Fuente: elaboración propia.

***\*No están contemplados los costos de la adecuación de energía trifásica que se necesita para energizar estos componentes.***

## 5.5. COSTO DE PROCESO DE FABRICACIÓN E INGENIERÍA.

Haciendo referencia general a todo el proceso dentro de la elaboración y producto final terminado.

Tabla 45. Costos procesos de fabricación e ingeniería.

<b>Proceso</b>	<b>Valor</b>
a. Corte	\$200.000
b. Transporte	\$290.000
c. Ensamble	\$1.500.000
d. Soldadura	\$1.100.000
e. Ingenieril	\$7.000.000
	<b>\$10.090.000</b>

Fuente: elaboración propia.

- a. Todo el corte que se le deben realizar a cada una de las láminas en cuestión.
- b. Transporte total de la empresa de fabricación, al campus de la universidad de américa.
- c. Ensamble contemplando las perforaciones de la estructura, el uso de andamios y los días de ensamble. Se calculan 3 días de instalación.
- d. Este costo está dividido en dos:

Tabla 46. Costos soldadura.

<b>Proceso</b>	<b>Valor</b>
Sección baja (falda) COMPLETA	\$800.000
Remates de piezas sección media y alta.	\$300.000
	<b>\$1.100.000</b>

Fuente: elaboración propia.

Se estima que el tiempo de duración de la soldadura es de 2 días con todos los detalles de calidad y ergonomía.

## 5.6. COSTOS TOTALES:

A continuación se presenta un acumulado del valor total de los costos de materiales, fabricación e ingeniería de la máquina:

Tabla 47. Costos totales.

<b>COSTO</b>	<b>Valor</b>
Estructurales.	\$1.356.917
Elevación.	\$4.677.984
Rotación/Inclinación.	\$1.184.200
Potencia/Tracción.	\$3.055.000
Fabricación/Instalación.	\$10.090.000
Recubrimiento pintura electroestática.	\$350.000
	<b>\$20.714.101</b>

Fuente: elaboración propia.

## 5.7 ANÁLISIS DE COSTOS.

Se realiza un análisis de costos de tipo comparativo, tomando de referencia el valor de los equipos que actualmente se encuentran en el mercado con el valor total de los costos de la máquina, en el siguiente análisis se toman en cuenta los costos de envío nacionalización y armado de los equipos detallados.

Tabla 48. Costos máquinas con valor agregado.

<b>OPCIÓN</b>	<b>Valor Máquina</b>
Winshot 1500	\$20'544.830
Winshot 800	\$14'859.776
Total Attack	\$17'270.156
Attack	\$14'859.776
Attack II	\$13'826.756
Skill Attack	\$10'383.356
Air Cat	\$11'764.160
S6638 SIBOA SI	\$27'204.365

Fuente: elaboración propia.

Tabla 49. Comparativo costos máquina.

<b>COSTO</b>	<b>Valor</b>
<b>a.</b> Máquina con alimentación (Total)	<b>\$20.714.101</b>
<b>b.</b> Máquina con alimentación (Sin costos de ingeniería).	<b>\$13.714.101</b>

Fuente: elaboración propia.

- a. Costo total del equipo.
- b. Costos totales del equipo sin contemplar el gasto ingeniería en la fabricación de la máquina. Esto debido a que la universidad no invertiría en este gasto.

El equipo tiene un costo inferior en comparación con las máquinas que compiten directamente en funcionamiento, sin embargo el diseño de esta nueva lanzadora de balones de voleibol tiene un equipo de alimentación adicional que genera lanzamientos semiautomáticos y que aumenta la productividad del equipo además de acomodarse más a las necesidades que se requieren.

Esto se traduce en que el diseño y la alternativa de máquina planteada son viables para dar paso a la construcción de la misma.



## 6. CONCLUSIONES

- Se compararon 8 máquinas lanzadoras de balones de voleibol, las cuales presenta características variadas en sus subsistemas. El 90% de las máquinas evaluadas utilizan los rodillos de fricción como principal componente en la generación de lanzamientos. Además, el 50% de estas, logran velocidades promedio de 120km/h en cada lanzamiento. Las estructuras son móviles, el control de sus motores eléctricos se hace de manera análoga y pueden llegar a generar entre 15 a 30 lanzamientos por minuto. Esto permitió plantear el modo funcional de la maquina a diseñar.
- Los resultados obtenidos por la metodología empleada permitió separar por subsistemas el diseño de la máquina pues en base a las necesidades planteadas se escogió un material resistente a la corrosión para la estructura, un ensamble que combina pernos y soldadura y una estructura móvil para que la máquina sea desplazada a cualquier parte del terreno de juego, de igual manera permitió establecer un modo funcional de tipo análogo seleccionando variadores de velocidad que permiten una frecuencia de lanzamientos de balones 15-20 balones/minuto, así como una velocidad precisa en el movimiento de giro de los motores, de igual manera se da un modelo CAD de entrada para diseñar detalladamente cada componente seleccionado.
- Con el diseño detallado se logró determinar los elementos críticos de la máquina, los cuales cumplen con los parámetros de diseño establecidos; De igual manera se modelaron los componentes de cada subsistema de la máquina con su respectivo plano de fabricación y se seleccionó un tablero de control compuesto por variadores de frecuencia, los cuales permiten la variación de velocidad de los motores para la generación de lanzamientos de manera precisa, simulando de manera efectiva escenarios reales de juego. Así mismo se precisaron los materiales de cada componente, justificación de su selección y proceso de fabricación recomendado para realizar la pieza.
- El desarrollo de los manuales permitirá guiar de manera óptima y efectiva el uso correcto y vida útil de la máquina, pues el manual de montaje e instalación fue realizado basado en optimizar tiempo de armado, pues contiene notas técnicas y orienta paso a paso como ensamblar todos los sistemas y partes de la máquina con un tiempo estimado de armado total en cuatro horas, el manual de operación muestra detalladamente como realizar el tipo de lanzamiento deseado y la manipulación de cada componente manual de la máquina pues a

comparación de los controles de otras máquinas, los variadores usados permiten fijar de manera más precisa la velocidad, finalmente la ficha técnica y el manual de mantenimiento básico permite establecer una periodicidad en las inspecciones que busca prolongar el buen funcionamiento del equipo antes de presentar falla.

- El costo del diseño de la máquina lanzadora de balones de voleibol es inferior a las máquinas que cumplen con la mayoría de parámetros de diseño establecidos; pero el diseño planteado tiene alimentación agregada lo que genera un impacto positivo en la producción y dinámica de los lanzamientos, lo cual cumpliría por completo los parámetros de diseño.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en el desarrollo de la máquina se establezcan a detalle los procesos de fabricación de cada componente de la máquina, determinando tiempos de fabricación y el costo a profundidad.
- Diseñar un panel de control que involucre los variadores en 1 solo tablero y, permita automatizar los componentes manuales en cuanto a rotación, elevación e inclinación para logra generar lanzamientos secuenciales con características diferentes.
- Minimizar los costos de los materiales estructurales utilizados, proponiendo materiales más económicos o dimensiones más reducidas.
- Diseñar un depósito de balones que permita aumentar la capacidad de almacenaje y aumente la alimentación autónoma de la máquina.

## BIBLIOGRAFIA

ABIA G. José L., (Fecha de publicación no identificada), Elementos de dibujo mecánico y diseño, Bogotá, Colombia, U. Nacional de Colombia.

BEER Johnston, (2010), Mecánica vectorial para ingenieros Dinámica, México, McGrawHill.

BISAGNO ELISA, Sergio Morra (2018), How do we learn to “kill” in volleyball?: The role of working memory capacity and expertise in volleyball motor learning, Elsevier. Emerald Group Publishing Limited, (2003), “Self-Lube bearings offer a ready engineered solution, optimising build times and costs on revolutionary new swing bucket elevator”, Industrial Lubrication and Tribology. Emerald Group Publishing Limited.

BUDYNAS Richard, Nisbett Keith. (2008). Introducción al diseño en la ingeniería mecánica. En Diseño en ingeniería mecánica. México. McGrawHill.

C. kuo Benjamin, (1996), Sistemas de Control Automatic, México, Prentice Hall hispanoamericana S.A.

CALLISTER William D. traducción de Raúl Arriola Juárez, (2009), Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, México, Limusa – Wiley.

CHRISTOPHER James Robinson (1997), Bucket elevator construction bolt, United States, Patents Google.

D.K. Anand, P.F. Cunniff ; traducción Armando Garza Cárdena, (1976), Mecánica para ingenieros : Estática, México, Editorial Continental.

DEGARMO E. Paul, J. TEMPLE Black, Ronald A. Kohser ; traducción J. Vilar, (1994), Materiales y procesos de fabricación, España, Reverte.

DEGARMO Paul E.; traducción de Hugo Palamidessi (1978), Materiales y procesos de fabricación, Barcelona, España, Reverté.

DISEÑO DE MAQUINAS. Soldadura. Considerar la soldadura una línea. Robert L. Norton. Pág. 810. Pdf. [En Línea] [Consultado 25 de Noviembre 2019].

DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A CARGAS AXIALES. Disponible en: [https://www.u-cursos.cl › fau › material\\_docente › bajar](https://www.u-cursos.cl/fau/material_docente/bajar) [En Línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

DR R. Thomson, (1966), A ball in flight, Education + Training, Vol. 8 Issue: 9, pp.410-412, MCB UP Ltd.

DKSPORTBOT. Máquina de práctica inteligente de voleibol S6638 SIBOASI a la venta. Disponible en: <http://m.ballmachine-es.com/volleyball-machine/s6638-siboasi-intelligent-volleyball-practice.html> [En línea]. [Consultado 30 de Julio 2019].

DOCPLAYER. Elevadores de cangilones. Disponible en: <https://docplayer.es/11004582-Elevadores-de-cangilones.html> [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

ESBELT. Bandas para elevadores de cangilones. Propiedades y garantías adicionales de las bandas para elevador esbelt. Disponible en: <https://www.esbelt.com/index.php/project/elevadores-de-cangilones-bandas/> [En línea] [Consultado 21 de Octubre 2019].

ELÉCTRICAS BOGOTÁ. Variadores Invertek. Disponible en: <http://electricasbogota.com/articulo/contenido/29-variadores-invertek>. [En línea] [Consultado 25 de Octubre 2019].

FEDERACIÓN CHILENA DE VOLEIBOL. Historia del vóleibol. Disponible en [http://www.fevochi.cl/?page\\_id=12](http://www.fevochi.cl/?page_id=12) [En línea]. [Consultado 4 Julio 2019].

FIVB. Congress 2018. Disponible en: <https://www.fivb.com/congress2018> [En línea]. [Consultado 1 de Julio 2019].

FIVB. Volleybal Rules. Disponible en: [http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball\\_Rules\\_2017-2020-SP-v01.pdf](http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball_Rules_2017-2020-SP-v01.pdf) [En línea] P.31-32 [Consultado el 5 de Julio de 2019].

GARCÍA GARRIDO Santiago, (2009), Ingeniería del mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento, España, Renovetec.

GLOBUS CORPORATION. Whinshot 1500. Disponible en: <https://www.globuscorporation.com/en/product/winshot-1500/> [En Línea]. [Consultado 20 de Julio 2019].

HENAO ROBLEDO Fernando, (2009), Riesgos eléctricos y mecánicos, Bogotá, Colombia, Ecoe Ediciones.

HIBBELER R.C.; traductor Carlos Roberto Cordero Pedraza; revisión técnica Javier León Cárdenas., (1996), Ingeniería mecánica: Estática, México, Pearson Educación.

IMTOR. Tabla de torques, Disponible en: <http://imtor.com.mx/torques.pdf>. P1. [En Línea] [Consultado 27 de Octubre 2019].

INTERNATIONAL VOLLEYBALL HALL OF FAME. SportsEngine. William G Morgan – Father of volleyball. Disponible en: <https://www.volleyhall.org/page/show/3821592-william-g-morgan-father-of-volleyball> [En línea]. [Consultado 2 de Julio 2019]

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS T CERTIDICACIÓN. Comprendido de normas para trabajos escritos. NTC-1486- 6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN9789588585673 153 p.

JENSEN CECIL Howard, Jay D. Hesel, Dennis R. Short; traducción María de Lourdes Amador Araujo... [y otros], revisión técnica Sergio Saldaña. (2004), Dibujo y diseño en ingeniería, México, Mc Graw Hill.

K. PETE Arges y Aubrey E. Palmer., (1963) Mecánica de los materiales, México, Continental.

KOOM. Transmisión por cremallera piñón. Disponible en: <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf> [En línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

Koyo Jtekt Group, (2011), Manual de rodamientos : Mantenimiento - Fallas – Designaciones, Tokio, Jtekt Group.

MAJUMDAR S.R, (2016) 5ta Ed., Sistemas neumáticos principios y mantenimiento, México, McGrawHill.

MANGONON Pat L., traducción Héctor Javier Escalona y García; revisión técnica Antonio De Ita de la Torre. (2001), Ciencia de materiales: selección y diseño, México, Pearson.

MIRAVETE Antonio, LARRODÉ Emilio, (1996), Transportadores y elevadores, Barcelona, España, Reverté.

MIRAVETE Antonio, Larrodé Emilio, (2007), Elevadores: principios e innovaciones, España, Reverté.

MOTT Robert L.; traductor Arturo Cordova Just; revisión técnica Miguel Chacón Paz, (1995), Diseño de elementos de máquinas, México, Prentice – Hall.

PLASTICOS MECANIZABLES. Coeficiente de fricción. Disponible en: [http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos\\_coeficiente\\_friccion.html](http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_coeficiente_friccion.html). [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].

ROSALDA ELEMENTOS DE RODAJE S.L. Engranajes módulo 1 a 2.5. Disponible en: [http://www.rodalsa.net/?page\\_id=2496](http://www.rodalsa.net/?page_id=2496) [En Línea] [Consultado 26 de Octubre 2019].

SHIGLEY Joseph E., Charles R. Mischke; traductor Francisco G. Noriega; revisor técnico Leopoldo Pérez Zúñiga, (1995), Fundamentos de diseño, Mexico, Mc Graw Hill.

SHIGLEY Joseph Edward; traductor Francisco Paniagua Bocanegra; revisión técnica Armando Garza Cárdenas. (1978), Diseño en ingeniería mecánica, México, Mc Graw Hill.

SIEMENS. Motores eléctricos. Motores trifásicos. Armazón 56. Disponible en: [http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod\\_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf](http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf). P.37 [En línea] [Consultado 18 de Octubre 2019].

SLAYMAKER R.R., (1969) Diseño y análisis de elementos de máquinas, México Limusa.

SPORTS ATTACK. Volleyball. The story behind the design. Disponible en: <https://sportsattack.com/volleyball/> [En Línea]. [Consultado 21 de Julio 2019].

TIMOSHENKO Stephen P. y Gere James., (1974), Mecánica de materiales, México, Centro Regional de Ayuda Técnica.

ULRICH Karl T, Eppinger Steven P. (2004), Diseño y desarrollo de productos, México, McGrawHill.

UNIVERSIDAD DE LA SALLE, Cristian David Rodríguez Rincón. Modelamiento y simulación del movimiento de la mano humana, empleando herramientas cae, Disponible

en:[http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18719/45111003\\_2016.pdf?sequence=1](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18719/45111003_2016.pdf?sequence=1). [En Línea] [Consultado 27 de Octubre 2019].

VOLEY POR EL MUNDO. Efecto Magnus en voleibol y vóley playa ¿Cómo utilizar la física a nuestro favor? Disponible en: <https://voleyporelmundo.com/2015/11/02/efecto-magnus-en-voleibol-y-voley-playa-como-utilizar-la-fisica-a-nuestro-favor/> [En línea]. [Consultado 10 de Julio de 2019].

VOLEY EN LA ENSEÑANZA MEDIA. Técnica de saque. Disponible en: <https://sites.google.com/site/voleibolenlaensenanzamedia/tecnica-de-saque> [En línea]. [Consultado 11 de Julio 2019].



## ANEXOS

Anexo A. Planos.  
Ver CD ROM

Anexo B. Reglas FIVB-Volleyball  
Ver CD ROM

Anexo C. Bandas elevadores.  
Ver CD ROM

Anexo D. Motores Siemens.  
Ver CD ROM

Anexo E. Manual Usuario Invertek.  
Ver CD ROM